

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Influencia de Acolchados Fotoselectivos en el Crecimiento, Absorción de Nutrientes y Rendimiento del Cultivo de Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L.)

Por:

MARCO ANTONIO VEGA VÁZQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2013

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Influencia de Acolchados Fotoselectivos en el Crecimiento, Absorción de Nutrientes y
Rendimiento del Cultivo de Pimiento Morrón (*Capsicum annum* L.)

Por

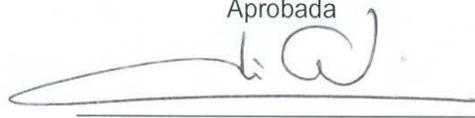
MARCO ANTONIO VEGA VÁZQUEZ

TESIS

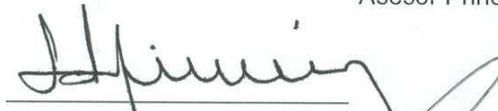
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

Aprobada



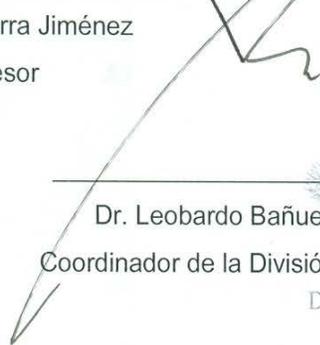
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Asesor Principal



Dr. Luis Ibarra Jiménez
Coasesor



Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2013

Agradecimientos

A Dios por haberme dado la vida y brindarme la oportunidad de cursar y concluir una carrera profesional, agradeciéndote sinceramente haberme cuidado a lo largo de toda mi vida, dándome salud, fortaleza e iluminándome en todo momento y por no permitir que desfalleciera en el intento.

A mi familia que siempre me han apoyado y confiado en mí, siempre han estado al pendiente de mis necesidades y afortunadamente nunca carecí nada, brindándome lo necesario y que a pesar de la distancia siempre nos mantuvimos cerca los quiero mucho, gracias de todo corazón por todo.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la oportunidad de cumplir mi sueño de ser Ingeniero Agrónomo, por todos los servicios proporcionados durante mi estancia en este lugar, por las enseñanzas, conocimientos y todas las experiencias adquiridas, pero principalmente por ser mi hogar durante esta grandiosa etapa de mi vida de más de cuatro años, gracias por todo lo que me diste.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por la hospitalidad y todo el apoyo brindado. Por abrirme las puertas de sus instalaciones y brindarme los materiales necesarios para hacer posible la realización de este trabajo de investigación.

Al Dr. Luis Ibarra Jiménez por haberme permitido participar en este proyecto de investigación, por la confianza depositada en mí y en mis capacidades, por el apoyo que siempre recibí de su parte, por sus consejos, paciencia y comprensión para la realización de este trabajo de tesis.

Al Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos por aceptar formar parte de este proyecto y por su apoyo, dedicar parte de su tiempo y sus consejos para que se llevara a cabo este trabajo.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar por brindarme su ayuda en este proyecto, por haber dedicado parte de su valioso tiempo, así como por sus consejos y aportaciones para poder concluir este trabajo de tesis.

A aquellos maestros que marcaron mi vida con sus enseñanzas y consejos, por proporcionarme de sus conocimientos que es lo que ahora conozco y podre llevar a la práctica el día de mañana en mi vida como profesionista.

Al grupo Vida Estudiantil por permitirme formar parte de él y brindarme su amistad, por los consejos recibidos y hacer de mí una mejor persona, enseñándome que todo es posible en esta vida con la ayuda de dios, siempre estarán presentes en mi mente, sigan realizando esta labor de vital importancia muchas personas la necesitamos.

Dedicatorias

A dios por hacer posible la realización de este trabajo y brindarme la oportunidad de colaborar en él, cambiando las expectativas de mi vida.

A mis padres José Claudio Vega y Tomasa Vázquez por darme la vida es por ustedes que en este momento estoy aquí, por confiar en que lo lograría, por sus consejos y por el apoyo recibido en todo momento han logrado lo que hoy en día soy, por todo el amor y el cariño a pesar todo. Por guiarme y enseñarme a recorrer los duros caminos de la vida.

A mis hermanos: Blanca, Daniel, Julio y Vane, así como a mis cuñados Reynaldo y Esteban es por ustedes y por todo el apoyo tanto económico como afectivo que me han brindado, que este sueño lo hemos podido hacer realidad, incluso limitando sus propias aspiraciones y deseos.

Y a ti especialmente pues desde que te conocí, afortunadamente mi vida cambió drásticamente, estoy seguro que sin ti nada sería los mismo, si dios cruzo nuestros caminos y ha permitido todo esto es porque somos el uno para el otro no lo dudo, gracias por brindarme tu apoyo, aconsejarme, estar siempre a mi lado y soportarme, me das la fortaleza para seguir adelante. Gracias por darle sentido a mi vida y permitirme estar a tu lado.

A mis sobrinos Elizabeth, Fátima, Esmeralda, Juan, Alexis y Esteban, espero servirles como ejemplo que es posible alcanzar los sueños, con dedicación, esfuerzo y el apoyo de dios nada es imposible en esta vida.

A la familia Velázquez Vázquez por la amistad y el cariño brindado, al abrirme las puertas de su hogar y hacerme sentir como un miembro más de su familia, hicieron de mi estancia en saltillo algo inolvidable, siempre estarán presentes en mi mente, los quiero mucho.

A mis amigas: Mónica, Karina, Lilita, Lupita, Sandra, Yesenia, por brindarme su amistad y cariño haciendo de mi estancia en la Narro más placentera, llevándome gratos recuerdos de todos aquellos momentos que pasamos juntos así como sus consejos, les deseo lo mejor y las quiero mucho.

A mis compañeros de cuarto que me brindaron la oportunidad de convivir con ellos durante mi estancia en este lugar haciéndola más grata, Quevedo, Michel, Manuel, Iván, y Aristeo. A Francisco Jiménez (pako) donde encontré un hermano con el que siempre estuvimos al pie del cañón echándole ganas para lograr realizar este sueño de ser Ingenieros.

A mis compañeros que a pesar del poco tiempo que tenemos conociéndonos hicieron que mi estancia en CIQA fuera más llevadera brindándome la oportunidad de convivir con ustedes: Edgar, Gema y Humberto.

	Pág.
Agradecimientos	I
Dedicatoria	II
ÍNDICE DE CONTENIDOS	III
ÍNDICE DE CUADROS	V
INDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. OBJETIVO E HIPÓTESIS	4
Objetivo	4
Hipótesis	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
Generalidades de cultivo	5
Morfología	6
Planta	6
Sistema radicular	6
Tallo principal	6
Hoja	6
Flor	7
Fruto	7
Semillas	7
Requerimientos Ambientales	7
Altitud	8
Temperatura	8
Humedad Relativa	8
Requerimientos Lumínicos	9
Requerimientos Edáficos	9
Requerimientos Hídricos	9
Requerimientos Nutricionales	10
Siembra	11
Marcos de Plantación	11
Cosecha	11
Importancia nutricional y económica	11
Elementos minerales esenciales y sus funciones en la planta	12
Nitrógeno	13
Fosforo	13
Potasio	14
Azufre	14
Magnesio	15
Hierro	15
Manganeso	16
Zinc	16
Cobre	16
Extracción de nutrientes en el cultivo de pimiento morrón	17
Generalidades de los acolchados	18
Ventajas del uso de acolchado	20
Temperatura del suelo	20
Humedad del suelo	21
Fertilidad del suelo	21
Desarrollo radical	22
Salinidad	22

pH	22
Estructura del suelo	23
Actividad microbiana	23
Plagas y enfermedades	23
Reflexión de luz	23
Precocidad	24
Control de malezas	24
Consideraciones para el uso de acolchados	24
Duración de los plásticos	25
Colores de acolchado	26
Negro	26
Plata/negro	27
Blanco/negro	27
Aluminio	28
Radiación fotosintéticamente activa	28
Fotosíntesis	29
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	31
Descripción del sitio	31
Características climáticas	31
Material genético	31
Establecimiento del experimento	32
Producción de plántula	32
Tratamientos evaluados y diseño experimental	32
Preparación del área experimental	32
Trasplante	33
Labores culturales	33
Riego y fertilización	34
Control sanitario	34
Tutorado	35
Deshierbes	35
Cosecha	35
Variables evaluadas	35
Crecimiento	35
Área foliar	36
Materia seca	36
Temperatura del suelo	36
Análisis mineral	37
Fotosíntesis y otras variables evaluadas	37
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
Altura de planta	38
Área foliar	39
Peso seco de planta	40
Temperaturas del suelo	41
Rendimiento precoz	44
Rendimiento total	45
Análisis de contenido mineral	47
Fotosíntesis y otras variables	47
VI. CONCLUSIONES	49
VII. LITERATURA CITADA	50
APENDICE	56

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro1. Temperaturas óptimas para el cultivo de pimiento morrón en cada etapa de desarrollo.	8
Cuadro 2. Necesidades nutricionales del cultivo de pimiento morrón en invernadero.	10
Cuadro 3: Contenido de Macro y micronutrientes en la hoja de pimiento morrón.	17
Cuadro 4. Comparación de medias para temperaturas mínimas de suelo de los 0-70 días después del trasplante (ddt) en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.	42
Cuadro 5. Comparación de medias para temperaturas medias de suelo de los 0-70 días después del trasplante (ddt) en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.	43
Cuadro 6. Comparación de medias para temperaturas máximas del suelo de los 0-70 días después del trasplante (ddt), en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.	44
Cuadro 7. Comparación de medias para contenido de macroelementos (%) en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.	47
Cuadro 8. Comparación de medias para fotosíntesis y transpiración en el cultivo de pimiento morrón, a los 40, 55 y 77 días después del trasplante (ddt), con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera-verano 2012, Saltillo, Coahuila.	48

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Altura de planta (cm) en el cultivo de pimiento morrón, a los 40, 55 y 70 días después del trasplante (ddt), con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.	39
Figura 2. Área foliar ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) en el cultivo de pimiento morrón, a los 40, 55 y 70 días después del trasplante (ddt), con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.	40
Figura 3. Peso seco de planta (g) en el cultivo de pimiento morrón, a los 40, 55 y 70 días después del trasplante (ddt), con diferentes colores de acolchado, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.	41
Figura 4. Rendimiento precoz (kg/m^2) en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.	45
Figura 5. Rendimiento total (kg/m^2) en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.	46

Resumen

El pimiento morrón es una de las hortalizas de mayor importancia económica para nuestro país, debido a la gran derrama económica generada, al destinarse principalmente al mercado de exportación, siendo su principal destino Estados Unidos. El presente trabajo se estableció con el objetivo de determinar el efecto del color del acolchado en la temperatura del suelo, crecimiento, rendimiento y contenido mineral del cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L) bajo condiciones de casa sombra, para lograrlo se evaluaron cuatro diferentes colores de películas plásticas para acolchado. Se utilizó el híbrido SGW-46, el diseño utilizado fue el de bloques al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones. El experimento se estableció en el área experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada, en la ciudad de Saltillo, Coahuila, del 23 de febrero al 15 de octubre del 2012. Se realizaron tres muestreos durante el ciclo del cultivo, a los 40, 55 y 70 días después del trasplante (ddt). Las variables evaluadas fueron: altura de planta, área foliar, peso seco, rendimiento total y precoz, así como el contenido mineral. Se realizaron lecturas para fotosíntesis, y se registró la temperatura de la zona radical a 10 cm de profundidad durante los primeros 70 ddt. Las variables fueron analizadas con el paquete computacional Statical Analysis System (SAS), obteniendo las medias y los análisis de varianza. Los resultados muestran que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) para altura de planta, área foliar, y peso seco durante los muestreos a los 40 y 55 ddt. En cuanto a la temperatura de la zona radical se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), para temperaturas mínimas, medias y máximas entre los diferentes tratamientos. La mayor temperatura se registró el en acolchado plástico negro (APN) mientras que la menor en el testigo con suelo desnudo. En el caso del contenido mineral solo se presentaron diferencias significativas para nitratos, fosfatos, potasio y sulfatos. En cuanto al rendimiento se presentaron diferencias ($p < 0.05$) para precoz y total, registrando los mayores rendimientos en el APN y los menores en el testigo. Para las variables fisiológicas solo se presentaron diferencias ($p < 0.05$) para fotosíntesis y transpiración a los 40 ddt.

Palabras clave: Pimiento morrón (*Capsicum annuum*), Acolchado plástico, Colores

INTRODUCCION

A nivel mundial la producción de chiles ha registrado incrementos considerables durante los últimos años. Este aumento se debe principalmente al incremento en la demanda. Respecto al pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) México es el segundo productor a nivel mundial (2004-2009) con un volumen de producción de 1, 941, 560 ton, siendo el principal exportador a nivel mundial, satisfaciendo el 64.6% del mercado estadounidense, generando una derrama económica de \$ 641, 987, 000 (Lucero y Sánchez, 2012). Sinaloa es el principal productor con el 96% de la producción, el pimiento ocupa solamente el 4% de la superficie sembrada y representa el 15% de la producción de chiles.

Anteriormente la técnica de acolchado de suelo se asociaba normalmente con el empajado, el cual consistía en cubrir el suelo con residuos vegetales. En la actualidad esas prácticas han quedado en desuso, siendo remplazadas por las películas plásticas, principalmente las de polietileno que son las más utilizadas a nivel mundial, debido a su bajo costo y los beneficios que ofrecen en comparación con las cubiertas vegetales. Entre los beneficios podemos mencionar mayor ahorro de agua y fertilizantes, además de mejorar la calidad y cantidad de las cosechas brindando protección al suelo, elevando la rentabilidad de los cultivos.

Con el uso de los acolchados se permite el aprovechamiento de las tierras que antiguamente se consideraban improductivas, transformándolas en modernas explotaciones agrícolas. Debido a que nos permite modificar los factores ambientales que interviene en el desarrollo de los cultivos. En la actualidad existe una amplia gama de películas, las cuales difieren en espesor y/o color adaptándose mejor a determinados cultivos y regiones, ofreciendo ciertos beneficios principalmente en la zona radical. Como son la temperatura, humedad, estructura y fertilidad. Además de modificar algunos externos como son: reducción de la presencia de malezas en las películas opacas, y de las poblaciones de plagas en las reflejantes, así mismo modificando factores como la PAR, fotosíntesis, transpiración, evaporación entre otros, interviniendo en los procesos metabólicos del cultivo.

Los acolchados representan una alternativa para cultivos altamente rentables, debido al incremento que ocasionan en los costos de producción. Justificando su uso debido a los múltiples beneficios que brindan. La implementación de este tipo de técnicas debe realizarse por personal capacitado con conocimientos al respecto, esto para evitar efectos nocivos en el desarrollo de los cultivos, reduciendo posibles pérdidas. En investigaciones anteriores se han conseguido incrementos en la temperatura de la zona radical y en los rendimientos respecto al suelo desnudo, los cuales dependen del color de la película utilizada.

México se encuentra por debajo de la media mundial de 40 ton/ha. Registrando 13.17 ton/ha, por debajo de países como Israel o España altamente tecnificados en comparación con la mediana a baja tecnología de algunas regiones de nuestro país. Por estas razones surge la necesidad realizar estudios que nos permitan incrementar los rendimientos sin la necesidad de mucha inversión, ya que la mayoría de los productores carecen de recursos económicos para realizar inversiones en sus sistemas de producción.

El presente trabajo tiene la finalidad de evaluar y conocer los efectos de diferentes colores de películas para acolchado y su influencia en el rendimiento. Debido a nuestra cercanía con el mayor consumidor y a la creciente demanda, así como por las condiciones climáticas de nuestro país.

Esta técnica representa una ventaja competitiva debido a la baja inversión requerida y sus múltiples beneficios, la finalidad del trabajo fue determinar el color de acolchado adecuado para el cultivo de pimiento morrón en la región sureste de Coahuila, durante el ciclo primavera-verano, bajo condiciones de casa sombra.

OBJETIVO E HIPÓTESIS

Objetivo

Determinar el efecto del color del acolchado en la temperatura de la zona radical y su influencia en la absorción de nutrientes, crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento morrón bajo condiciones de casa sombra.

Hipótesis

La temperatura de la zona radical se modificara en función del color del acolchado.

El crecimiento del cultivo de pimiento morrón será influenciado por efecto del color de la película utilizada, modificando los rendimientos esperados.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del cultivo

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) es originario de América tropical, central y México. Es en estas regiones donde se encuentra la mayor diversidad de especies silvestres, así como también en la región andina, en el norte de Chile y noroeste de Argentina donde se encuentran otras especies como *Capsicum chacoense* y *Capsicum microcarpum*. De América fue llevado a Europa en el siglo XVI por Cristóbal Colón se trataba de un fruto al cual llamaban chile. Los herbolarios le dieron el nombre de *Capsicum*; en 1753 Carl Linné estableció la clasificación que perdura hasta nuestros días (Vela,1993).

El *Capsicum* conocido como chile representa una tradición cultural, ya que se considera una de las primeras plantas cultivadas en Mesoamérica, en especial el *Capsicum annuum* que se domesticó desde la época prehispánica. Y es común observarlo en las mesas de las diferentes clases sociales (Long,1986).

Por hallazgos de restos fechados en la fase del Riego (7000 y 5000 a.C.) en la cueva de Coxcatlán, Puebla y en Ocampo, Tamaulipas es probable que el chile fuera el primer cultivo domesticado en Mesoamérica, y las semillas de chile más antiguas que se encontraron son pequeñas con características del grupo silvestre, y probablemente sean de chiles de recolección (Long, 1986).

Forma parte del reducido género de hierbas tropicales de la dulcamara perteneciente a la familia de las Solanáceas. Referente a las variedades de chiles dulces de las cuales existen muchas que difieren en cuanto a crecimiento, tamaño, forma, color y la pungencia del fruto (Sagarpa, 2012).

Considerado como condimento dentro de la dieta básica de nuestro país durante mucho tiempo y hasta la actualidad, ahora se comprueba en investigaciones médicas que es un potencial aportador de vitaminas en especial la "C" y como anestésico muy efectivo. La domesticación del chile precede a la del maíz, el frijol y la calabaza, sus principales acompañantes a través de la historia (Long, 1986).

Morfología

El pimiento morrón es un chile para consumo en fresco, normalmente de color verde oscuro o rojo, aunque también se encuentra en colores amarillo y anaranjado, de gran tamaño, lustroso y carnoso (Sagarpa,2012).

Planta

Planta herbácea perenne, de ciclo de cultivo anual con porte variable que va desde 0.5 m para las variedades de crecimiento determinado y de más de 2 m para cultivo en invernadero principalmente híbridos (Lucero y Sánchez, 2012).

Sistema radicular

Consta de raíz pivotante y profunda, con abundantes raíces adventicias las cuales pueden tener una longitud de entre 0.5 y 1 metro horizontalmente (Haifa, 2008).

Tallo principal

Tallo de crecimiento limitado y erecto. A partir de la primera cruz emite de 2 a 3 ramificaciones dependiendo de la variedad, posteriormente continua ramificándose en forma dicotómica hasta el final de su ciclo (FFlugsa, 2003).

Hoja

Tiene hojas simples, lampiñas y lanceoladas, con un ápice muy pronunciado y peciolo largo. El haz es glabro y de color verde más o menos intenso dependiendo de la variedad, y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del peciolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto (Nuez et al. 1996).

Flor

Tiene flores hermafroditas las cuales aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas, en ocasiones aparecen en pares o racimos. Son pequeñas y constan de una corola blanca. Su polinización es autógama, aunque en algunos casos puede presentarse un porcentaje de alogamia el cual no supera el 10 % (Nuez et al. 1996).

Fruto

Los pimientos son técnicamente una Baya hueca la cual se encuentra dividida de dos a cuatro costillas verticales, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde pocos gr hasta más de 500 g, la forma depende de la variedad pudiendo ser cubico, cónico o esférico (Lucero y Sánchez, 2012).

Los tipo california se caracterizan por ser cortos (7-10 cm), ancho (6-9 cm), de tres o cuatro cascos bien marcados, con el cáliz y la base del pedúnculo por debajo o a nivel de los hombros de carne más o menos gruesa (3-7 mm). Son los más exigentes en cuanto a temperatura, su plantación se realiza temprano, para alargar el ciclo productivo y evitar problemas de cuajado por el descenso excesivo de la temperatura nocturna (FFlugsa, 2003).

Semillas

Las semillas se encuentran insertas en la placenta cónica de disposición central; son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 mm (Lucero y Sánchez, 2012).

Requerimientos Ambientales

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el adecuado funcionamiento del cultivo, ya que se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno incide en el resto (FFlugsa, 2003).

Altitud

Su cultivo va desde cerca del nivel del mar, hasta los 2500 msnm (Coveca, 2011).

Temperatura

Los saltos térmicos ocasionan desequilibrios vegetativos. En temperaturas bajas no crecen, pudiendo provocar endurecimientos o parones que pueden provocar un excesivo cuajado de frutos pequeños y de mala calidad (Haifa, 2008).

Las temperaturas altas también pueden mermar la calidad del fruto por pérdida de tamaño y color. Considerando rangos de temperatura adecuada para esta etapa de 21 a 30°C, evitando inferiores a 18°C debido a que ocasiona detención del crecimiento. Así como superiores a los 35°C (Cuadro 1), resistiendo hasta los 40°C con humedad relativa al 70%. Se huela a 0°C (Del Castillo et al. 2004).

Cuadro 1. Temperaturas óptimas para el cultivo de pimiento morrón en cada etapa de desarrollo.

Etapa de crecimiento	Temperatura (°C)		
	Mínima	Máxima	Óptima
Germinación	13	40	20-25
Crecimiento vegetativo	15	32	20-25 (día), 16-18 (noche)
La floración y fructificación	18	35	26-28 (día), 18-20 (noche)

Fuente: Nutritional recommendations for pepper in open-field, tunnels and greenhouse, Haifa, 2008.

Humedad relativa

La óptima oscila entre el 50-70%. Cuando es muy elevada favorece el desarrollo de enfermedades aéreas y se dificultan la polinización. La coincidencia de baja humedad relativa y altas temperaturas puede ocasionar caída de flores y frutos recién cuajados como consecuencia de la excesiva transpiración ocasionada por las temperaturas con mínimas diferencias entre el día y la noche (Sagarpa, 2012).

Requerimientos lumínicos

Poco exigente en fotoperiodo, siempre que la intensidad sea alta. Muy exigente en cuanto a intensidad, sobre todo en las primeras etapas de desarrollo y durante el periodo de floración. Temperatura alta sin luminosidad provoca caída de flor y gran producción de forraje (Del Castillo et al. 2004).

Requerimientos edáficos

Los suelos más adecuados para el cultivo de pimiento en los cuales se obtienen los mejores resultados son los ligeros, de textura franco arenosa o suelos francos, profundos, ricos en materia orgánica con un contenido del 3-4% y esencialmente bien drenados, debido a su sensibilidad a asfixia radicular (Haifa, 2008).

Los valores de pH preferibles para un óptimo desarrollo de las plantas oscilan entre un 6.5 y 7 pudiendo resistir ciertas condiciones de acidez (hasta 5.5). En suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH próximos a 8 (Haifa, 2008).

Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, aunque en menor medida que el tomate (Haifa, 2008).

Requerimientos hídricos

El riego es imprescindible en el cultivo de pimiento, ya que se caracteriza por poseer un ciclo vegetativo muy largo y gran desarrollo aéreo en comparación con el pobre y superficial sistema radical. Por lo que requiere mayor cantidad de agua. En cuanto el pH óptimo del agua varía entre el 5.5 a 7.

Requiere de riegos ligeros y frecuentes generalmente la frecuencia es de 4 a 8 días, la mayor demanda ocurre durante la floración y el cuajado de frutos sin embargo un exceso también puede provocar caída de flores (Nuez et al. 1996).

El momento de riego se puede determinar por tensión mátrica y se determina mediante la instalación de tensiómetros y debido a que el 75% del sistema radicular del pimiento se encuentra en los primeros 30-40 cm se coloca a una profundidad de 15-20 cm manteniendo lecturas entre 11 y 14 cb (FFlugsa, 2003).

Están en función del estado fenológico de la planta, condiciones ambientales en las cuales se desarrolla el cultivo (suelo, climáticas, calidad del agua etc.). A peor calidad de agua mayores volúmenes para lavar sales (Nuez et al. 1996).

Requerimientos Nutricionales

Respecto a la nutrición, las plantas de pimiento morrón son muy exigentes en nitrógeno durante las primeras fases del cultivo, disminuyendo la demanda tras la primera cosecha, por lo que se debe controlar muy bien su dosificación a partir de este momento, debido a que un exceso retrasaría la maduración de los frutos.

El máximo requerimiento de fosforo coincide con la aparición de las primera flores y la maduración de semillas. El potasio es determinante en la precocidad, coloración y la calidad de los frutos por lo que su demanda aumenta progresivamente hasta la floración y posteriormente se estabiliza. Es una planta muy exigente respecto a magnesio, incrementando su absorción durante la etapa de maduración (Haifa, 2008).

Cuadro 2. Necesidades nutricionales del cultivo de pimiento morrón en invernadero.

Fase	Días después de siembra	kg / ha / fase/ Plantación				
		N	P2O5	K2O	CaO	MgO
Siembra	1	0	0	1	0	0
Vegetativa	2 -25	10	3	14	1	0
Floración	26- 35	4	1	6	0	0
Fructificación	36-45	4	1	6	0	0
1ª cosecha	46-70	21	6	29	2	1
Cosecha	71-120	42	13	58	3	2
Cosecha	121-170	85	26	117	6	4
Última cosecha	171-240	89	27	123	7	4
Total		255	77	354	19	11

Fuente: Nutritional recommendations for pepper in open-field, tunnels and greenhouse, Haifa, 2008.

Siembra

El pimiento morrón se siembra por trasplante o a chorrillo, mediante siembra mecánica o manual, debe realizar cuando el suelo está debidamente preparado, a una profundidad de 2 a 3 cm, cuando es manual, se depositan de 10 a 15 semillas/mata, con distanciamiento de 50 cm entre las matas, la siembra indirecta implica el método de almácigo para el trasplante posterior (Sagarpa, 2012).

Marcos de plantación

Se establece en función del porte de la planta, que depende de la variedad cultivada. El más frecuentemente empleado en invernadero es de 1 metro entre líneas y 0,5 metros entre plantas, cuando se trata de plantas de porte medio según el tipo de poda, es posible aumentar la densidad de plantación a 2.5-3 plantas/m². Es frecuente disponer líneas de cultivo pareadas, distantes entre sí 0.80 m y dejar pasillos de 1.2 m entre cada par de líneas con objeto de favorecer la realización de las labores culturales, evitando daños indeseables al cultivo (FFlugs, 2003). Bajo invernadero la densidad recomendada es de 20,000 a 25,000 plantas/ha. En campo abierto se suele llegar hasta las 60.000 plantas/ha (Sagarpa, 2012).

Cosecha

Los pimientos verdes usualmente se cosechan cuando están grandes y firmes en la fase verde inmadura, también se puede permitir que maduren al color rojo, amarillo, naranja, morado dependiendo la variedad utilizada (Sagarpa, 2012).

Importancia nutricional y económica

Está constituido principalmente por el aporte de vitamina C (ácido ascórbico) que va desde 50-130 mg por cada 100 gramos de materia fresca en frutos inmaduros, aumentando a 150-180 mg en los maduros. Comparado con la naranja que aporta 50 mg /100 gramos de fruto, un pimiento maduro cubre el triple del requerimiento diario de vitamina C 70 mg. Además de contener tocoferoles precursores de la vitamina E, niacina, retinol (vitamina A) (Waizel-Bucay y Camacho, 2011).

Debido a los cambios en los hábitos de consumo dirigiéndose hacia lo sano, los consumidores prefieren productos frescos, incrementando considerablemente la demanda, exigiendo productos que cumplan con estándares de calidad, presentación y precio. La situación muestra que prefieren productos de acuerdo a su sistema de producción eligiendo los de invernadero, orgánico o al aire libre.

En México los pimientos se encuentran entre las principales hortalizas frescas más demandadas, representando un negocio en plena expansión con oportunidades y posibilidades de alta rentabilidad. Datos obtenidos de TRADE MAP reportan que las exportaciones de pimiento son adquiridas principalmente por Estados Unidos con un total de 640, 671 t para el año 2010. FAOSTAT reporta para el año 2007 un consumo per cápita de 19 kg en EE.UU.

En el año 2010 Estados Unidos representó una participación del 99.4% en las exportaciones realizadas por México y el restante 0.6% para Canadá. La Unión Europea representa un atractivo mercado para los pimientos mexicanos frescos esto debido principalmente a su demanda y la tendencia creciente por el consumo de productos frescos y libres de residuos químicos (Lucero y Sánchez, 2012).

Elementos minerales esenciales y sus funciones en la planta

Para ser considerado esencial un elemento en el crecimiento de las plantas, debe cumplir los tres criterios de esencialidad de Arnon y Stout: 1) la planta no podrá completar su ciclo de vida normal en la ausencia del elemento, 2) la acción del elemento debe ser específica y ningún otro elemento puede sustituirlo completamente y 3) el elemento deberá estar directamente implicado en la nutrición de la planta, ser un constituyente de un metabolito o ser necesaria su presencia para la acción de una enzima esencial y no ser simplemente la causa de que otros elementos sean más fácilmente asimilables (Resh, 2001). Solamente 17 elementos están considerados como esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Los cuales se dividen en macro nutrientes, que son aquellos requeridos en gran cantidad por las plantas; y micro nutrientes, aquellos que son requeridos en menor cantidad (Salisbury y Ross, 1994).

Los carbohidratos constituyen la estructura básica o esqueleto de las plantas y son la fuente de energía metabólica, dentro de ellos se incluyen a numerosos ácidos orgánicos, azúcares simples y complejos, polímeros de azúcares como almidón, celulosa y hemicelulosa. Del peso total de la planta el 45 % corresponde al carbono, 6 % al hidrógeno y 43 % al oxígeno. Por ello, más de 90 % del peso seco de un cultivo se deriva del aire y del agua (Resh, 1992).

Nitrógeno

Es esencial en la división y expansión celular, por lo tanto en el crecimiento. La adenina es una base púrica con nitrógeno en el anillo y es parte de muchos nucleótidos y nucleoproteínas, como el ADN y ARN. También constituye una multitud de compuestos llamados alcaloides, que no son metabolitos esenciales y se cree sirven como compuestos que almacenan este elemento (Jones, 1991).

Aunque el nitrógeno inorgánico puede acumularse en forma de nitrato, el nitrógeno orgánico predomina en las plantas como proteínas de alto peso molecular. Del nitrógeno total en el tejido, las proteínas representan aproximadamente de 80 a 85%, los ácidos nucleicos 10% y el amino soluble 5% (Mengel y Kirkby, 1982). En los cloroplastos de las células foliares, 75% del nitrógeno orgánico se encuentra como proteínas enzimáticas (Marschner, 1986).

Consiste del 1.5 a 6.0% del peso seco de muchos cultivos, con valores de suficiencia de 2.5 a 3.5% en tejido foliar. Los valores críticos varían dependiendo de la especie, etapa de crecimiento y parte de la planta. Las concentraciones más altas se encuentran en las hojas nuevas (Marschner, 1986).

Fósforo

Es un constituyente de los compuestos que transfieren energía “forma enlaces ricos en energía en metabolitos importantes como ATP, ADP, AMP y PPI”, del sistema de información genética (ADN y ARN), de la membrana celular (fosfolípidos), fosfoproteínas, aminoácidos y coenzimas (Alpi y Tognoni, 1991). La energía puede

ser transportada a varios procesos como la absorción de iones y la síntesis de varios compuestos orgánicos (Mengel y Kirkby, 1982).

Consiste de 0.15 a 1.0 % del peso seco de muchos cultivos con valores de suficiencia de 0.2 a 0.4 % en hojas recientemente maduras (Jones, 1991).

Potasio

El potasio tiene un efecto benéfico en la síntesis de ATP, como éste se requiere para numerosas reacciones de síntesis, el potasio puede indirectamente promover la síntesis de varios compuestos orgánicos como proteínas, azúcares y polisacáridos (Gardner, 1985).

Está involucrado en el mantenimiento del estado hídrico de la planta, en la presión de turgencia de las células e interviene en la apertura y cierre de estomas, por lo que las plantas bien abastecidas con potasio pierden poca agua, incrementan el potencial osmótico y se influye favorablemente el cierre estomático. La poca pérdida de agua se debe a la reducción de la tasa de transpiración, que depende del potencial osmótico de las células del mesófilo y de la apertura y cierre de estomas, mecanismos que dependen completamente del flujo de potasio. En los tejidos jóvenes el potasio es indispensable para obtener una turgencia celular óptima que se requiere para la expansión celular (Mengel y Kirkby, 1982).

El potasio consta del 1.0 a 5.0 % del peso seco del tejido foliar recientemente maduro con valores de suficiencia de 1.5 a 3.0 % (Jones, 1991).

Azufre

La mayor parte del azufre en las plantas se encuentra en las proteínas, específicamente en los aminoácidos cisteína y metionina (Gardner, 1985). Se encuentra presente en todos los centros activos de las enzimas SH; forma parte de las vitaminas Tiamina (B1) y Biotina, la coenzima A, el péptido glutatión, la Ferredoxina y en los glucósidos (Jones, 1991).

El contenido en el tejido foliar varía de 0.15 a 0.5 % del peso seco. El contenido varía de un cultivo a otro y de una etapa de crecimiento a otra (Jones, 1991).

Magnesio

Es el centro de la molécula de clorofila, y necesario para la formación de otros pigmentos. Forma quelatos con ADP, ATP y varios ácidos orgánicos, por lo que es esencial en cientos de reacciones enzimáticas, durante la formación de DNA y RNA funciona como un puente entre las estructuras piro fosfatadas del ATP o ADP y la molécula de la enzima, la activación de la ATPasa por el magnesio se produce por esta función de puente.

Activa las enzimas de la fosforilación oxidativa, además de las fosfoquinasas y algunas deshidrogenasas y enolasas. Una reacción clave del magnesio es la activación de la RUBISCO, como consecuencia de esa activación, el magnesio tiene un efecto favorable en la asimilación de CO₂ y procesos relacionados como producción de azúcar y almidón.

El contenido en la planta varía entre 0.15 a 1.0 % del peso seco del tejido foliar, con valor de suficiencia de 0.25 % para la mayoría de los cultivos (Jones, 1991).

Hierro

Forma parte de numerosos complejos orgánicos relacionados principalmente con los procesos de óxido reducción de la planta. La absorción del hierro se realiza mediante actividad metabólica, siendo influenciada por la temperatura. También es afectada por la competencia con otros cationes, tales como cobre, zinc y manganeso (Geocities, 2009).

Puede ser absorbido como ión ferroso (Fe²⁺) o asociado a complejos orgánicos en forma de quelatos. El ión férrico (Fe³⁺) debe ser reducido previamente a la absorción, lo que se realiza en la superficie externa de la membrana celular por suministro de electrones desde el interior de la célula.

Es esencialmente inmóvil en la planta, debiéndose ser enviado de modo continuo a través del xilema a los nuevos tejidos. En sentido descendente se mueve a través del floema en forma de citrato. El contenido de hierro en la planta es del orden de 100 ppm, Sobre la materia seca (Geocities, 2009).

Manganeso

Se encuentra en la planta generalmente en forma iónica o asociado a complejos orgánicos (quelatos). La absorción se realiza bajo la forma de ión manganeso (Mn^{2+}). Es un elemento poco móvil en la planta. Niveles excesivos en la planta resultan tóxicos produciendo síntomas como moteados marrón de las hojas más viejas y distribución desigual de la clorofila. También puede aparecer puntos necróticos en los peciolo y nervios de las hojas (Geocities, 2009).

El contenido de manganeso en la planta es muy bajo variando entre 20y 200 ppm sobre la materia seca. El nivel crítico es de 15-25 ppm (Geocities, 2009).

Zinc

Actúa principalmente como enlace en sistemas enzimáticos, entre la enzima y sustrato. Importante en la resistencia a la salinidad en pimiento (Haifa, 2008).

El contenido en la planta es muy pequeño sin que se superen normalmente las 100 ppm. Sobre materia seca. Los síntomas de deficiencia corresponden generalmente a contenidos en la planta inferiores a 15ppm (Geocities, 2009).

Cobre

La absorción se realiza mediante un proceso activo metabólicamente. No es afectado por la competencia de otros cationes. Existen especies más sensibles a su deficiencia que otras debido a las características genéticas diferenciales. El contenido es inferior a 20 ppm, Sobre la materia seca (Geocities, 2009).

Extracción de nutrientes en el cultivo de pimiento morrón

Son diversos los factores que influyen en la absorción de nutrientes en los cultivos, entre los que destacan se encuentran: el material vegetal, las condiciones ambientales, la calidad del agua de riego así como el manejo del cultivo.

Las hojas son los órganos más ricos en elementos minerales ofreciendo información precisa respecto a la absorción de nutrientes (hasta 50 % de la materia seca) en comparación con las raíces, probablemente porque las raíces son órganos de paso. Con el cambium, las yemas y los órganos florales son el centro más activo de la fisiología de la planta, sin embargo, aquí también es muy grande la variabilidad (5 a 25 %) (Baeyens, 1970).

A continuación se muestran los valores medios de referencia de la concentración mineral de la hoja del pimiento.

Cuadro 3. Contenido de macro y micronutrientes en la hoja de pimiento morrón.

	Deficiencia	Óptimo	Alto
	% de materia seca.		
N	2-2.5	3-4	4-5
P	0.25	0.3-0.4	0.4-0.6
K	2	3.5-4.5	4.5-5.5
Mg	0.25	0.25-0.4	0.4-0.6
	Ppm de materia seca		
Fe	50-100	200-300	300-500
Mn	25	80-120	140-200
Zn	25-40	40-50	60-200
Cu		15-20	24-40

Fuente: Nutritional recommendations for pepper in open-field, tunnels and greenhouse, Haifa, 2008.

Generalidades de los Acolchados

Antiguamente la técnica de acolchado de suelo se asociaba directamente al empajado, en la actualidad el plástico ha desplazado considerablemente a los residuos vegetales que eran empleados con la finalidad de proteger la estructura del suelo de la acción de los agentes climáticos adversos, que sin lugar a duda causan serios problemas para la agricultura. En nuestros días y debido a los requerimientos cada vez más exigentes de las explotaciones agrícolas, se ha ampliado significativamente el uso de esta técnica de semiforzado ya que nos permite ahorrar agua, obtener cosechas más precoces, frutos de mejor aspecto comercial y mayor inocuidad.

Los acolchados brinda efectos favorables sobre el suelo y el ambiente en el cual se desarrollan las plantas entre los que podemos mencionar la conservación de la humedad, mantenimiento de una buena estructura, mejor aprovechamiento de los nutrientes, reducen considerablemente perdidas por lixiviación, además de brindar protección a los frutos contra posibles daños y la eliminación de las malas hierbas cuando se utilizan plásticos opacos, favoreciendo un ahorro considerable en los costos de producción, elevando la rentabilidad de los cultivos (Rebolledo, 1996).

Las cubiertas plásticas producen un efecto térmico en el suelo muy diferente al generado con los acolchados orgánicos que dieron origen a esta técnica. Debido a que las cubiertas no porosas anulan el componente de evaporación, transmitiendo una parte importante de la radiación solar al interior del suelo, elevando así la temperatura de la zona radical, ofreciendo la capacidad de anticipar cosechas y la utilización de técnicas como la solarización, donde se incrementar la temperatura hasta niveles letales para muchos organismos del suelo (Pullman, 1981).

Hoy en día la agricultura dispone de las películas plásticas, principalmente las de polietileno para cubrir el suelo, siendo las de color negro las más utilizadas a nivel mundial. La película actúa como una barrera de separación entre el suelo y el ambiente amortiguando los efectos negativos. Las camas cubiertas con polietileno ofrecen muchas ventajas como son la opacidad a la luz solar que impide el desarrollo

de la vegetación espontánea que compite por los fertilizantes; la absorción de calor durante el día y su posterior restitución al ambiente exterior durante la noche generando un microclima que se convierte en un excelente medio de defensa contra las bajas temperaturas nocturnas, contribuyendo notablemente en la aceleración del desarrollo que se traduce en precocidad e incremento en los rendimientos. El uso de polietileno como cobertura de las camas proporciona excelentes resultados y su utilización se incrementa de manera sustantiva alrededor del mundo (Henao, 2001).

En México y en muchas partes del mundo la utilización de los plásticos como acolchado de suelo, es una de las innovaciones que mayor impacto ha tenido en la agricultura moderna, por los beneficios que aporta en aquellas tierras donde se dificulta la producción agrícola eficientando el uso de los recursos como agua y suelo, además de la influencia en los factores climáticos y sus efectos positivos en la planta. Estos materiales además han permitido convertir tierras aparentemente improductivas en modernísimas explotaciones agrícolas, ya que pueden utilizarse en sistemas de cultivo donde le proporcionan a la planta mayor o menor protección contra frío, calor, viento y heladas (De Santiago, 1996).

El uso de los plásticos también se ha introducido en las explotaciones agropecuarias donde han adquirido nuevos usos los plásticos, comprenden la cubierta de las naves, así como de los sistemas de ensilado utilizado películas coextruidas en las construcciones agro-ganaderas. La condición desfavorable de alguno de estos factores, limita el potencial de diversas prácticas agrícolas hasta el punto de que estas lleguen a perder su interés económico (Gálvez, 1999).

La técnica de la protección de los cultivos ya sea forzado o semiforzado y del acolchado mismo que modifica total o parcialmente las variables agronómicas y ambientales hace que los cultivos se desarrollen en cierta independencia de los factores climáticos. Con la implementación de las películas plásticas de diversas propiedades químicas, sin lugar a duda facilita el abatimiento de los costos de producción; entre las ventajas del uso de esta técnica se busca lograr un cierto adelanto a la cosecha (15 a 30 días) en algunos cultivos, situación deseable en zonas con inviernos prolongados o con heladas tardías (Gálvez, 1999).

El plástico puede ser un problema, después del uso durante el ciclo del cultivo, se hace pedazos y se queda en el suelo. Con el transcurso de los años, tantos pedazos resultan ser un problema en el campo y puede disminuir la producción en un 10–50 %. Existen varias alternativas para resolver el problema; uno de ellas es el uso de películas fotodegradables que después del ciclo de cultivo se reduce a elementos separados y desaparece, el uso de películas para acolchado que resiste el envejecimiento, y otra puede ser el reciclado del plástico.

Ventajas del uso de acolchado

Como se mencionó anteriormente las camas cubiertas con acolchado plástico sufren importantes modificaciones en el ambiente donde se desarrollan las plantas, principalmente en la zona radical, dichas modificaciones estarán en función del tipo de material utilizado así como del color. Entre los factores que sufren modificaciones podemos mencionar: Temperatura, Humedad, Estructura, Fertilidad y en algunos casos la iluminación, además de ofrecer los siguientes beneficios inhibe el desarrollo de malezas, mejorar la calidad de los frutos, inducir precocidad en los cultivos, favorecen la reducción de las poblaciones de plagas, además de brindar protección contra bajas temperatura, lo que se refleja con un incremento en la calidad y rendimiento de los cultivos (Alvarado y Castillo, 2003).

Temperatura del suelo

Las películas utilizadas tienen la capacidad de transmitir al suelo la energía calorífica recibida del sol durante el día produciendo un micro clima de efecto invernadero en la zona radical, limitando durante las noches las fugas de las radiaciones IR (energía calorífica creada por el plástico y las plantas) incrementando la temperatura de la zona radical, ofreciendo un aislamiento entre el suelo y la atmósfera el cual depende del material utilizado, registrando menores fluctuaciones en suelos arcillosos y húmedos respecto a los arenosos y secos (Lament, 1993).

Los suelos acolchados presentan una diferencia de temperatura de 2-3°C más alta con respecto al suelo desnudo en cualquier época del año incluso en invierno, el incremento en la temperatura dependerá principalmente del color de la película

utilizada, pero estas no llegaron a afectar el desarrollo de las plantas, inclusive provocan un incremento en los rendimientos (Tpagro,2002).

Los efectos favorables de los acolchados plásticos son consistentes durante el desarrollo del cultivo, pero decaen gradualmente las temperaturas del suelo. Las mayores amplitudes de las temperaturas del suelo se presentan en los primeros días del trasplante, debido a que en este periodo de desarrollo, el cultivo no tiene cobertura completa de follaje que cubra el acolchado plástico (Martínez, 1997).

Humedad del suelo

La impermeabilidad de las películas de polietileno impide la evaporación del agua del suelo, favoreciendo con esto una mayor retención de agua la cual permanecerá disponible durante más tiempo, proporcionando con esto un abasto regular y constante de agua el cual favorecerá el movimiento hacia la zona radicular ofreciendo un mejor aprovechamiento. Logrando además reducir considerablemente el consumo de agua (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Con el uso del acolchado se favorece la conservación de un 27–31% de la humedad, logrando incrementar la producción. En condiciones climáticas semiáridas se puede ahorrar hasta un 50% del agua de riego, obteniendo una producción equivalente a otra con un suelo sin acolchado (Pawar, 1990).

La economía del agua con el acolchado es substancial, todas las reservas existentes son aprovechables y consecuentemente los nutrientes en los cultivos son más regulares y constantes. El acolchado puede conservar el agua suministrada a un suelo, pero no puede suplirla en un suelo seco. La capacidad para conservar el agua está en función del tipo de plástico (Ibarra, 1997).

Fertilidad del suelo

El incremento en la temperatura y humedad del suelo, favorecen la mineralización de los suelos generando una mayor asimilación y absorción de nutrientes de la materia orgánica del suelo como el nitrógeno y fosforo. También mantiene más adecuados y uniformes las temperaturas y la humedad, ocurriendo una descomposición más

rápida de la materia orgánica, favoreciendo la liberación de nutrientes, al brindar protección del viento y del efecto de las lluvias se disminuye el lavado de los suelos por lo que los fertilizantes no son arrastrados a profundidades donde las raíces no llegan. Eliminando casi por completo la lixiviación de nutrientes por acción del lavado de suelo (Hochmuth, 1995).

Desarrollo radical

El uso del acolchado favorece una estructura adecuada del suelo para un óptimo desarrollo de las raíces. Como consecuencia las plantas desarrollaran un sistema radical más abundante y horizontal debido a las condiciones de humedad. Provocando un incremento en el número de raicillas las cuales estimulan una mejor succión de agua, sales minerales y demás fertilizantes, ocasionando con esto un incremento en los rendimientos(Tpagro, 2002).

El suelo acolchado ofrece una estructura adecuada para un óptimo desarrollo radicular. Haciéndose más abundantes y largo horizontalmente, localizando la humedad a poca profundidad. El incremento en el número de raicillas estimula una mayor succión de aguas, sales minerales y demás fertilizantes, produciendo incremento en los rendimientos. La técnica de acolchado con polietileno contribuye efectivamente a evitar la erosión y endurecimiento de la tierra (Rodríguez, 1994).

Salinidad del Suelo

El movimiento del agua debajo del acolchado es dirigido hacia arriba del bordo o surco, entre la película y el suelo, ocasionando la acumulación de sales sobre el bordo. La conductividad eléctrica en la superficie del suelo es más alta en un suelo cubierto con plástico, en comparación con un suelo desnudo (Toshio, 1991).

pH del Suelo

El pH es más bajo en los suelos acolchados, el N, P, K, Ca y Mg son absorbidos de 1.4–1.5 veces más que en un suelo desnudo (Toshio, 1991).

Estructura del suelo

Con el uso del acolchado plástico se favorece la estructura del suelo, debido a que ayuda a mantener la porosidad desde el establecimiento del cultivo hasta el final del ciclo, siempre y cuando no se pisotee la cama al realizar las labores culturales.

Con la implementación de los acolchado se brinda protección al suelo con lo que se asegura la conservación de una estructura óptima para el desarrollo radical permaneciendo mullido, por efecto del abasto constante de humedad en la superficie del suelo, evitando de esta manera la compactación del suelo por la acción de deshidratación además de prevenir la erosión (Robledo y Martín, 1988).

Actividad microbiana

El intercambio gaseoso entre el aire y el suelo también es modificado por las películas plásticas ya que el CO_2 liberado por las raíces se acumula debajo del plástico y se difunde hacia la parte aérea de la planta a través de las perforaciones del acolchado. Por lo que la cantidad de CO_2 disponible para las hojas estará en función de los factores climáticos, condiciones de humedad, así como la estructura del suelo (Serrano, 1990).

Plagas y Enfermedades

La utilización de películas de colores plata o blanco en la parte superior consiguen un efecto de reflexión de la luz solar. Teniendo gran influencia en la presencia de algunos insectos como mosca blanca y otros áfidos debido a su propiedad de reflexión. Además de que no les es atractivo el color del acolchado. Disminuyendo la incidencia de plagas portadoras de enfermedades (Tpagro, 2002).

Reflexión de luz

Algunos tipos de acolchados como los de colores claros en las caras superiores (blancos y platas) tienen la propiedad de reflejar la luz solar por el reverso de las hojas proporcionando una mayor cantidad a las plantas, estimulando incrementos en

la fotosíntesis, dando como consecuencia un incremento en la calidad de los frutos así como la ventaja de obtener cosechas tempranas (Tpagro, 2002).

Precocidad

El incremento en la temperatura de la zona radical ocasionado por el acolchado es determinante para el desarrollo de las plantas, está directamente relacionado en el número de días necesarios en cada una de las etapas de desarrollo del cultivo, por lo que se acortan los periodos requeridos para la etapa de maduración ocasionando un adelanto en la entrada a producción (Alvarado y Castillo, 2003).

El acolchado plástico transparente, es muy utilizado en las temporadas muy frías y de poca luz, ya que este posee un 80 % de transmitancia lo que le permite incrementar la temperatura del suelo y proporciona mejores condiciones para el desarrollo del cultivo; ocasionando un adelanto de cosecha. (Rick, 1997) menciona que con la utilización de acolchados transparentes en variedades de maíz dulce proporciona rendimientos abundantes y de 6 a 10 días de adelanto la cosecha. Esto lógicamente dependerá del cultivar establecido y de la temporada de crecimiento, la anticipación de la cosecha puede variar desde 3 hasta 28 días; pudiendo alcanzar un mejor precio en el mercado (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Control de malezas

La impermeabilidad a la luz solar de casi todos los polietilenos, impide e inhibe el crecimiento de casi la totalidad de las malezas, excepto algunas como el “coquillo” (*Cyperus rotundus* L.). Por lo que la presencia y desarrollo de malezas estará en función del color utilizado el cual determina la transmitancia de radiación solar. Las películas transparentes favorecen su desarrollo mientras que las opacas las inhibirán, debido a que a mayor transmitancia mayor desarrollo (Ibarra, 1997).

Consideraciones para el uso de acolchados

La técnica de acolchado de suelos no solo consiste en la aplicación de los plásticos sobre las camas de cultivo, ya que involucra una serie de operaciones que van desde la elección del tipo de película, forma de aplicación, así como las modificaciones de

las técnicas de cultivo, control integrado de plagas y enfermedades, la nutrición entre otros, es una técnica compleja que requiere un análisis integral y específico para cada caso en cuestión (Berardocco, 2010).

Representa un incremento en los costos de producción debido al costo del material plástico, que representa una de las principales desventajas de los pequeños productores, condicionándolo exclusivamente a aquellos cultivos altamente rentables, otro factor a considerar es la instalación debido a que si se realiza de forma manual se requiere de mano de obra extra lo cual eleva la inversión. Así como la necesidad de los conocimientos técnicos, ya que si no se manejan adecuadamente se pueden generar una serie de problemas para los cultivos debidos a excesos de humedad ocasionando un aumento en las plagas y enfermedades, inclusive propiciar la solarización del suelo (Vuelvas et al. 1995).

Como se mencionó anteriormente el uso de las películas plásticas para acolchados proporciona números beneficios, además de que generan una reducción en los costos de mano de obra, favorecen la producción de frutos de mayor calidad, y permiten una reducción en las aplicaciones de agroquímicos con lo que se justifica económicamente la inversión requerida en su utilización.

Brindan una importante reducción en las cantidades utilizadas tanto de agua como de fertilizantes logrando una reducción en los costos de producción. Aunado a su costo relativamente bajo lo que justifica su utilización (Tpagro, 2002).

Duración de los plásticos

Varios son los factores que influyen en la duración de los plásticos. Entre los que podemos mencionar se encuentran los siguientes: la calidad del polímero, factores climáticos (viento, temperatura, precipitación, latitud de la zona de cultivo y estación del año). En primavera-verano los rayos ultravioleta degradan más fácilmente los plásticos que en otras estaciones. La incorporación de diversos aditivos en las películas plásticas como son: contra rayos ultravioleta, sistemas estabilizantes, antioxidantes, manejo adecuado, aspectos que también hacen posible una mayor y/o menor duración de los plásticos (Serrano, 1990).

Colores de acolchado

En la actualidad se utilizan diferentes tipos de plásticos para el acolchado de suelos, así mismo también existe una amplia gama de colores los cuales varían dependiendo las necesidades de los diferentes cultivos y las condiciones climáticas donde son empleados, ya que poseen características específicas las cuales ofrecen diferentes efectos en los cultivos, por lo que resulta fundamental el conocimiento de los efectos y las condiciones ambientales del ciclo y la región por parte de los productores previo al uso de dicha técnica, esto con la finalidad de minimizar los efectos negativos que se pudieran presentar en los cultivos. Debido a que el no considerar estos factores se enfrenta una serie de problemas cuando el tipo de acolchado utilizado no es el correcto, ocasionado efectos negativos para el desarrollo de los cultivos, razón por la cual resulta fundamental contar con los conocimientos de dicha técnica (Robledo y Martín, 1988).

La cantidad de radiación reflejada, absorbida y transmitida por efecto de los diferentes tipos de acolchados determina fundamentalmente las temperaturas generadas en la zona radical, así como el efecto positivo o negativo de la temperatura sobre el desarrollo y rendimiento de los cultivos (Berardocco, 2010).

Negro

Asegura un perfecto control de malezas, a menor costo que los otros materiales. Presenta la menor reflexión 9% y absorbe un 91% de la radiación solar que incide sobre él, como consecuencia es el que más se calienta pudiendo llegar a ocasionar causas quemaduras en aquellas estructuras de la planta o frutos que se encuentren en contacto con el plástico principalmente en cultivos de porte bajo y en los primeros estadios de desarrollo pues más adelante follaje del cultivo intercepta la radiación evitando el calentamiento excesivo de la película (Berardocco, 2010).

La radiación absorbida por el plástico negro incrementa la temperatura del suelo, si bien la temperatura tiene una gran influencia en la activación de todos los procesos que se lleva a cabo en la planta, la cantidad de radiación solar incidente y la calidad de la misma también son importantes (Robledo y Martín, 1988).

Plata/negro

Esta película plástica del tipo coextruida. Presenta una ventaja en comparación con las coberturas negra y transparente, permitiendo una mayor reflexión de la luz entorno a la planta. Presentando la limitante de ser deficiente en transmitir temperatura al suelo.

Asegura un perfecto control de malezas mientras que la capacidad de reflexión va del 20-30% de la luz, repele ciertos insectos protegiendo la planta, su transmisión de energía al suelo es menor que la del negro disminuyendo la temperatura del suelo evitando el calentamiento excesivo en climas cálidos, aumenta la radiación fotosintética que llega a la planta (Berardocco, 2010)

Blanco/Negro

Este tipo de película coextruidas conocida también como bicolor debido a su coloración blanca refleja parte de la radiación con lo cual proporciona una mayor iluminación, al refleja los rayos solares disminuye la temperatura del suelo y aumenta la radiación que llega a la planta por lo que habrá mayor fotosíntesis induciendo precocidad en los cultivos y mejor tamaño de frutos. También presenta un efecto de disminución de insectos (Berardocco, 2010).

Refleja el mayor porcentaje de la radiación incidente, aportando luz extra a las plantas, permitiendo que la temperatura del suelo por lo general sea más fresca. El uso que se le da es para lugares infestados con mala hierba, zonas sin riesgo de helada, o muy caliente, aumenta el rendimiento y calidad, además de evitar el riesgo de quemaduras de planta y frutos y repele algunos insectos (Solplas, 2002).

El acolchado blanco se recomienda para los meses más calurosos ya que presenta la cualidad de mantener el suelo fresco se calienta menos que los negros, además tiene la propiedad de brindar una excelente reflexión de luz por el lado blanco e impide el paso de la luz por el lado negro, asegurando un perfecto control en el desarrollo de malezas por debajo del plástico (Orzoleky Otjen, 1996).

Aluminio

La utilización de estos plásticos es recomendable en siembras de primavera y verano, porque reflejan los rayos solares, evitando el calentamiento excesivo del suelo y posibles daños al sistema radicular y repele algunos insectos. Su inconveniente es que durante la noche no aporta calor a la planta dejándolo completamente al riesgo de heladas, su costo es más alto que las películas tradicionales. Este plástico no aumenta la temperatura del suelo, debido a que el mayor porcentaje de radiación es irradiada hacia la atmósfera, no se recomienda en zonas con riesgo de heladas y no provoca quemaduras de frutos (Itesm, 2002).

Proporciona un perfecto control de malezas, se calienta menos que los negros, disminuye la temperatura del suelo al reflejar la radiación aumentando la radiación fotosintética que llega a la planta ocasionando precocidad y mejor tamaño de frutos, es una excelente alternativa por sus propiedades (Berardocco, 2010).

Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)

Las longitudes de onda que las plantas utilizan se conocen como radiación fotosintéticamente activa o PAR (400 a 700 nm), cerca de 45 al 50% de la radiación total). Esta radiación actúa sobre la asimilación de carbono, la temperatura de las hojas, en el balance hídrico, así como en el crecimiento de órganos y tejidos, principalmente en el desarrollo y curvatura de tallos, la expansión de hojas; interviniendo también en la germinación de semillas y la floración. Sin embargo, la radiación sobre los organismos no es homogénea ni en calidad ni en intensidad. Variando ligeramente en la naturaleza, principalmente de acuerdo a la localización de la zona de producción (Caldari, 2007).

La radiación PAR, es la longitud de onda utilizada por las plantas para los procesos bioquímicos de la fotosíntesis, y así realizar la conversión de la energía lumínica a energía química para el desarrollo de la biomasa (Stephen, 2001).

Es un factor imprescindible para llevar a cabo una serie de procesos fisiológicos en las plantas, siendo el más importante la "Fotosíntesis", mediante el cual las plantas

producen materia vegetal en crecimiento y desarrollo. Parte de este es el producto cosechable pudiendo ser: fruto, hoja, tallo o raíz. Existiendo una relación directa entre la cantidad de radiación solar recibida y los rendimientos (Caldari, 2007).

De los factores ambientales que afecta a las plantas la luz es el que presenta la mayor heterogeneidad. En una formación vegetal más o menos densa las hojas se superponen entre ellas sombreándose unas a otras. La radiación es rápidamente absorbida por el dosel de la planta en la parte superior y posteriormente penetra hasta llegar a la parte inferior (1 a 2 % de la luz incidente); donde la fracción es menos intensa debido a que en la parte superior ya ha sido absorbida. Esta desigual distribución de radiación que llega a las diferentes partes de las plantas tiene consecuencias directas en la composición de los pigmentos. Dicho de otra manera, en un día soleado se puede asumir que todas las hojas de la planta están recibiendo un exceso de energía lumínica; en realidad esta es distinta tanto para las diferentes partes de la planta como entre plantas. En el transcurso del día a medida que cambia el ángulo de incidencia solar, las hojas que están siendo soleadas en un momento dado pueden dejar de estarlo momentos después y viceversa (Manrique, 2003).

Los diferentes colores de plástico para acolchado absorben y reflejan diferentes longitudes de onda de luz y las plantas son muy sensibles al color de la luz que reciben en las hojas por efecto de la energía solar incidente y reflejadas por las superficies (Orzolek y Otjen, 2003).

Fotosíntesis

Las plantas requieren de radiación solar para la fotosíntesis, y su índice de crecimiento es proporcional a la cantidad recibida, no subestimando a otros parámetros ambientales que son restrictivos (Stephen, 2001).

La actividad fotosintética se encuentra determinada en relación con el dióxido de carbono, la intensidad de la luz y el incremento de la luminosidad (Zannon, 1990).

Las plantas son organismos especializados en la captura y transducción energética de la radiación a través de la fotosíntesis, siendo capaces de regular la morfogénesis

(forma y estructura) por medio de la percepción de las características de la radiación, siendo aprovechada mediante la manipulación de la radiación transmitida o reflejada por la película plástica (Benavides, 2002).

La temperatura del suelo juega un papel importante dentro de la actividad fotosintética de la planta. La máxima actividad Fotosintética es obtenida a un grado definido de temperaturas (Zannon, 1990).

Por encima de cierto nivel de irradiación, conocido como saturación lumínica, el incremento de la luz ya no causa efecto alguno en las actividades fotosintéticas (Salisbury y Ross, 1994).

El efecto de la temperatura del medio ambiente sobre la fotosíntesis depende de la especie, las condiciones ambientales en que ha crecido la planta y las condiciones ambientales imperantes durante el periodo del cultivo (Salisbury y Ross, 1994).

La alta o baja tasa fotosintética de las plantas no es un factor que se exprese directamente en el rendimiento del cultivo (Nuez et al. 1996).

MATERIALES Y METODOS

Descripción del Sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo Primavera-Verano del 2012, bajo condiciones de casa sombra en el área experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) ubicado al Noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México; las coordenadas geográficas de su ubicación son: 25° 27' de latitud Norte y 101° 02' longitud Oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud de 1610 msnm.

Características Climáticas

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen (modificada por García (1987), el clima de Saltillo corresponde a un tipo estepario, con fórmula climática $BSoK(x')(e')$.

Dónde:

Bs: seco (árido y semiárido).

BSo : Es el clima más seco de los Bs.

K : Templado con verano cálido, con temperatura media anual entre 12 y 18 °C.

(x') : Régimen de lluvias intermedias entre verano e invierno, con una precipitación anual de 320 mm, siendo los meses más lluviosos los comprendidos entre Julio y Septiembre, acentuándose en el mes de Julio.

(e') : Extremoso con oscilaciones entre 7 y 14 °C. La evaporación promedio mensual es de 178 mm, presentándose las más altas en los meses de Mayo y Junio con 236 y 234 mm respectivamente.

La temperatura media anual es de 18 °C y la precipitación pluvial de 365 mm, los meses más lluviosos son Julio-Septiembre, concentrándose la mayor parte en Julio.

Material genético

Se utilizó semilla de pimiento morrón del tipo california, variedad. SWG-46 para consumo en fresco.

Establecimiento del Experimento

Producción de plántula

El 27 de Febrero se realizó la siembra de las semillas de pimiento morrón, actividad en la cual se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades colocando una semilla en cada orificio, utilizando como sustrato peat moss marca BM2. Las charolas permanecieron en el invernadero durante la etapa de plántula que fue del 27 de Febrero al 20 de Abril donde se regaban diariamente.

Tratamientos evaluados y diseño Experimental

El diseño experimental utilizado para este trabajo fue el de bloques al azar consistiendo en 5 tratamientos y 3 repeticiones, obteniendo un total de 15 unidades experimentales. Las películas evaluadas fueron:

- 1)Acolchado plástico Negro (APN).
- 2) Acolchado plástico Aluminio (APA).
- 3)Acolchado plástico Plata/Negro (APP).
- 4) Acolchado plástico Blanco/Negro (APB/N).
- 5) Sin acolchar (Testigo).

Cada unidad experimental constituía en una cama de 6 metros de longitud, en un total de 327 m². Los plásticos utilizados fueron de 1.20 m de ancho y 30 micras de espesor.

Los datos fueron analizados usando el método general lineal univariado en el software SAS Versión 9.2. Las medias de los datos obtenidos se analizaron usando la prueba DMS ($P < 0.05$).

Preparación del área experimental

La preparación del área experimental se realizó de forma mecánica llevando a cabo las siguientes labores: barbecho, rastreo y nivelación del terreno. Posteriormente se realizó el trazado de las camas el día 9 de Marzo, de forma manual con las

siguientes dimensiones: 6 m de largo x 60 cm con un espaciamiento de 1.80 m entre camas.

El día 12 de Marzo se llevó a cabo la colocación de las cintillas para el riego acomodándolas en las orillas de las camas con los goteros hacia arriba el espaciamiento entre goteros fue de 30 cm, finalmente se colocaron las películas plásticas sobre las camas que iban a llevar y se cubrieron con tierra para evitar que fueran removidos o se levantaran.

El día 14 de Marzo se aplicó un riego pesado, y se llevó a cabo la instalación de los tensiómetros, colocándose uno en el testigo y otro en el acolchado color aluminio para el monitoreo de la humedad del suelo. Así como la colocación de los cables sensores y el termopar para el registro y almacenamiento de los datos de las temperaturas de la zona radical.

Posteriormente el día 20 de Marzo con el suelo a capacidad de campo se realizó la desinfección con metan sodio en dosis de 450 L/ha.

Finalmente se realizó la perforación de los acolchados el día 30 de Marzo, con un arreglo a tresbolillo, con espaciamiento de 30 cm entre filas y 35 cm entre plantas.

Trasplante

El trasplante se realizó el día 20 de Abril cuando las plántulas obtuvieron una altura apropiada y suficiente sistema radicular para poder ser llevadas a campo, se utilizó un marco de plantación de 35 cm entre plantas y 30 cm entre hileras a tresbolillo, previo la trasplante se aplicó un riego pesado llevando el suelo a capacidad de campo para favorecerlo, el 26 de Abril se realizó la reposición de fallas de aquellas plántulas que no toleraron el trasplante.

Labores Culturales

Dentro de las labores culturales se llevaron a cabo una serie de actividades las cuales se describen a continuación:

Riego y Fertilización

Para un desarrollo óptimo de las plantas se requiere de un sistema de riego que sea preciso, con la capacidad de satisfacer las necesidades de agua y nutrientes en periodos cortos y con bajos volúmenes. Para el riego y la fertirrigación del cultivo se realizó un programa de fertirriego, con la fórmula 200-100-100, variando las concentraciones de acuerdo con las diferentes etapas fenológicas del cultivo (crecimiento, floración y fructificación) (Cuadro 2).

La frecuencia de los riegos dependía de las condiciones ambientales según la época del año, así como de la etapa de desarrollo en la cual se encontraba el cultivo. El volumen de agua aplicado era constante 1,100 litros en los cuales se agregaban los fertilizantes según la programación, los cuales eran previamente disueltos y posteriormente se agregaban a un tinaco el cual contenía 350 ml de ácido nítrico para bajar el pH,. Para determinar el momento de riego se contaba con tensiómetros de presión barométrica con los cuales se monitoreaba la humedad presente en el suelo y mediante esta se determinaba la necesidad de riego manteniendo el cultivo a capacidad de campo.

También se realizaron aplicaciones foliares para la corrección de deficiencia de calcio aplicando nitrato de calcio, así como sulfato de magnesio heptahidratado para las de magnesio las cuales se presentaron durante el desarrollo del cultivo, así como algunas preventivas para micronutrientes con Microultrasol con el fin obtener plantas sanas y darles un mejor aspecto.

Control sanitario

Con el fin de prevenir y en algunos casos combatir la presencia de organismos dañinos en el desarrollo del cultivo se realizaron aplicaciones de los siguientes productos de naturaleza química, así como de algunos orgánicos. En las dosis e intervalos recomendados según nuestra superficie de cultivo:

Tecto 60, Ridomil, Dicarsol 50, Aceite de Neem, Bio crack, Axión líquido y Bacillus thuringiensis, Rally 40 y Nematrol.

Tutorado

Actividad que se realiza con el fin de mantener las plantas erguidas dado que son de porte indeterminado y por consiguiente no logran mantenerse verticales por si solas. Evitando que las hojas y frutos estén en contacto con el suelo, proporcionando una mayor aireación y mejor captación de radiación solar, además de facilitar las labores culturales (aplicaciones, cosecha, etc.) y el control sanitario.

Consistía en la colocación de tutores en este caso estacas de madera en los extremos y al centro de las camas, los cuales eran enterrados para fijarlos y posteriormente colocar hilos de rafia horizontalmente con un espaciamiento aproximado de 10 cm entre hilos los cuales eran sujetos de los tutores brindando función de espaldera deteniendo las plantas evitando que se acamaran.

Deshierbes

Los deshierbes se realizaron de forma manual durante el ciclo de cultivo principalmente en el testigo y en los pasillos que era donde se desarrollaban las malezas, así como en las orillas del área experimental.

Cosecha

La recolección de los frutos se realizó cuando estos presentaban cierta firmeza al tacto siendo este nuestro índice de cosecha, se realizaron 10 cortes durante el ciclo del cultivo, se contaba el número de frutos y se pesaban en cada repetición y en cada tratamiento para posteriormente determinar rendimiento por corte así como el rendimiento final.

Variables Evaluadas

Crecimiento

Se realizaron tres muestreos para la evaluación de las variables de crecimiento de las plantas para determinar la influencia de los colores del acolchado sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo. Realizando el primer muestreo a los 40 días después del trasplante (ddt) (30 de Mayo), el segundo los 55 ddt (14 de Junio) y el

tercero a los 70 ddt (29 de Junio), muestreando las 3 repeticiones de cada tratamiento tomando la planta más representativa. Posteriormente eran retiradas de la unidad experimental, tomando la altura de la planta, para poder llevar a cabo el muestreo de tipo destructivo. Se trasladaban al laboratorio para realizar las siguientes mediciones:

Área foliar

En el laboratorio las plantas eran defoliadas. El área foliar se determinó con un LI-3100, LI-COR, Inc. (Lincoln, Nebraska, E. U.) en el cual se iban pasando todas las hojas para obtener el área foliar de toda la planta

Materia Seca

Para la obtención de esta variable, se separaban los componentes de las plantas, se colocaban en bolsas de papel las cuales eran llevadas a la estufa para su secado a una temperatura de 65-70°C por periodos de 72 hrs aproximadamente dependiendo de la humedad de las muestras, ya secas se procedía a pesarlas en la balanza y los resultados fueron expresados en gramos.

Temperatura de suelo

Para llevar a cabo el registro de la temperatura del suelo se colocaron 10 termopares (dos por tratamiento) de cobre constantan (0.6 mm de diámetro) al centro de la cama a 10 cm de profundidad del suelo. Los termopares se conectaron a un data-logger (CR850; Campbell Scientific, Logan, Utah, USA) conectado a un multiplexor (AM25T; Campbell Scientific). El cual se programó para registrar la temperatura y almacenar promedios de cada 24 horas, registrando la temperatura máxima, mínima y media durante todo el ciclo de cultivo. Periódicamente se realizaba la recuperación de los datos con la ayuda de la computadora la cual se conectaba al equipo.

Análisis mineral

La determinación del contenido de los minerales de interés se realizó con una muestra tomada del último muestreo de las plantas, el cual se realizó el día 29 de junio, a partir de una mezcla de materia seca de todas las hojas de la planta, molidas a un tamaño de partículas menor a 2 mm, los elementos que se determinaron fueron: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Magnesio (en %), y Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc (en ppm), mediante el método de espectrometría de ICP con ayuda del equipo DR/2000 Spectrophotometer.

Fotosíntesis y otras variables evaluadas

Para la toma de la fotosíntesis, humedad relativa, concentración de CO₂, transpiración, temperatura de la hoja y conductancia estomática, se utilizó un equipo portátil de Fotosíntesis LI-6250, (LICOR, Nebraska) realizando 3 muestreos a los 40, 55 y a los 70 días después del trasplante.

Las lecturas debían tomarse en días soleados, totalmente despejados y en las horas de mayor radiación solar de 11am–2pm, para esto se tomaba la tercera hoja en orden descendente para poder obtener una lectura correcta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

En cuanto a la altura de planta se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos estudiados a los 40 ddt, siendo el APN superior en altura al testigo, los tratamientos acolchados tuvieron un comportamiento similar en esta variable. A los 55 ddt los tratamientos APN y APB superaron ($p < 0.05$) al testigo en altura, nuevamente en esta fecha los tratamientos acolchados tuvieron un comportamiento similar en dicha variable. A los 70 ddt todos los tratamientos acolchados y el testigo tuvieron un comportamiento similar (Figura.1). Los resultados del presente estudio concuerdan con los trabajos de Canul y Bustamante (2011) quienes reportan una mayor altura de planta en los tratamientos acolchados en relación con el testigo en el cultivo de pimiento. Las películas de acolchado por ellos evaluadas fueron de color blanco, negro y plata dichas películas también fueron evaluadas en nuestro estudio. Cenobio et al. (2006) reporta un mayor crecimiento en plantas de sandía con el uso acolchados plásticos, argumentando un uso más eficiente de agua y nutrientes que se refleja en plantas más vigorosas en comparación con las desarrolladas en el suelo descubierto.

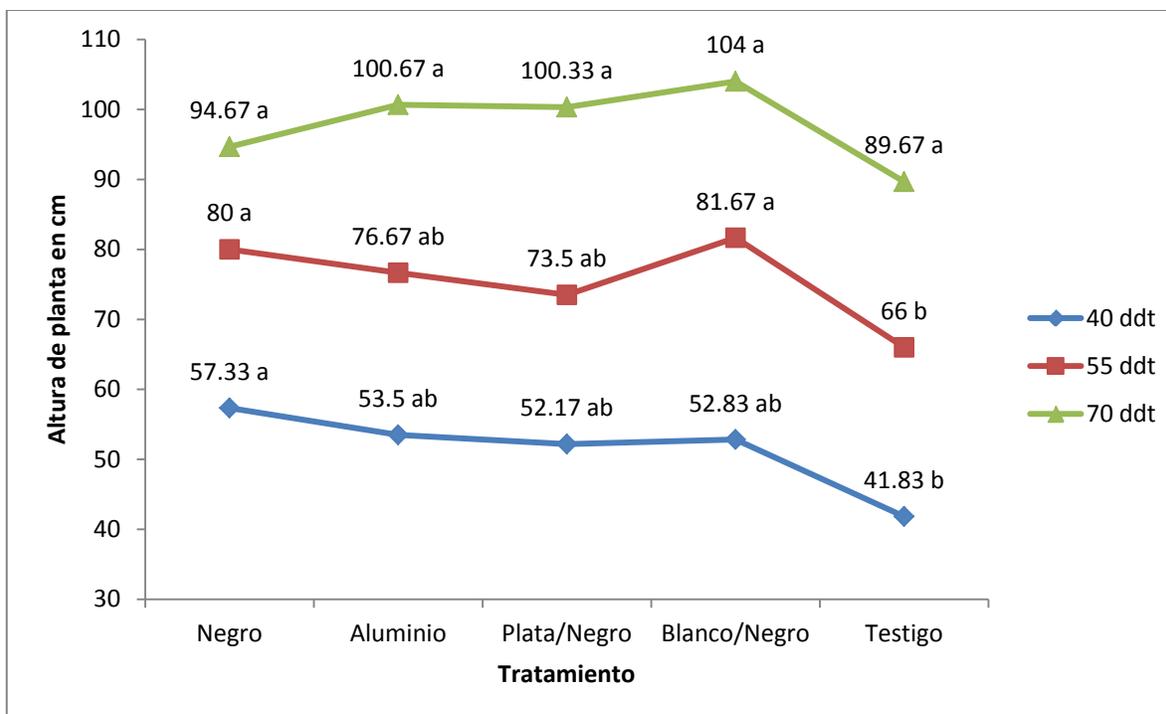


Figura 1. Altura de planta (cm) en el cultivo de pimiento morrón, a los 40, 55 y 70 días después del trasplante (ddt), con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.

Área foliar

Respecto al área foliar nuevamente se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) de los tratamientos acolchados con respecto al testigo a los 40 ddt, no existiendo diferencia en área foliar entre los tratamientos acolchados. A los 55 ddt el APB/N fue superior al testigo en cuanto al área foliar, los tratamientos, APN, APP y APA tuvieron una área foliar similar al testigo. Finalmente a los 70 ddt no se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos acolchados y el testigo (Figura 2). Los resultados obtenidos coinciden con los de Quezada et al. (2004) que reportó mayores índices de área foliar en el APB/N, superando al APN en una mayor área foliar que el testigo. Asimismo Ibarra et al. (2011) reportan en papa que el área foliar se incrementa con el aumento de la temperatura del suelo, ocasionado por el uso de acolchados, lo que también sucedió en el presente estudio.

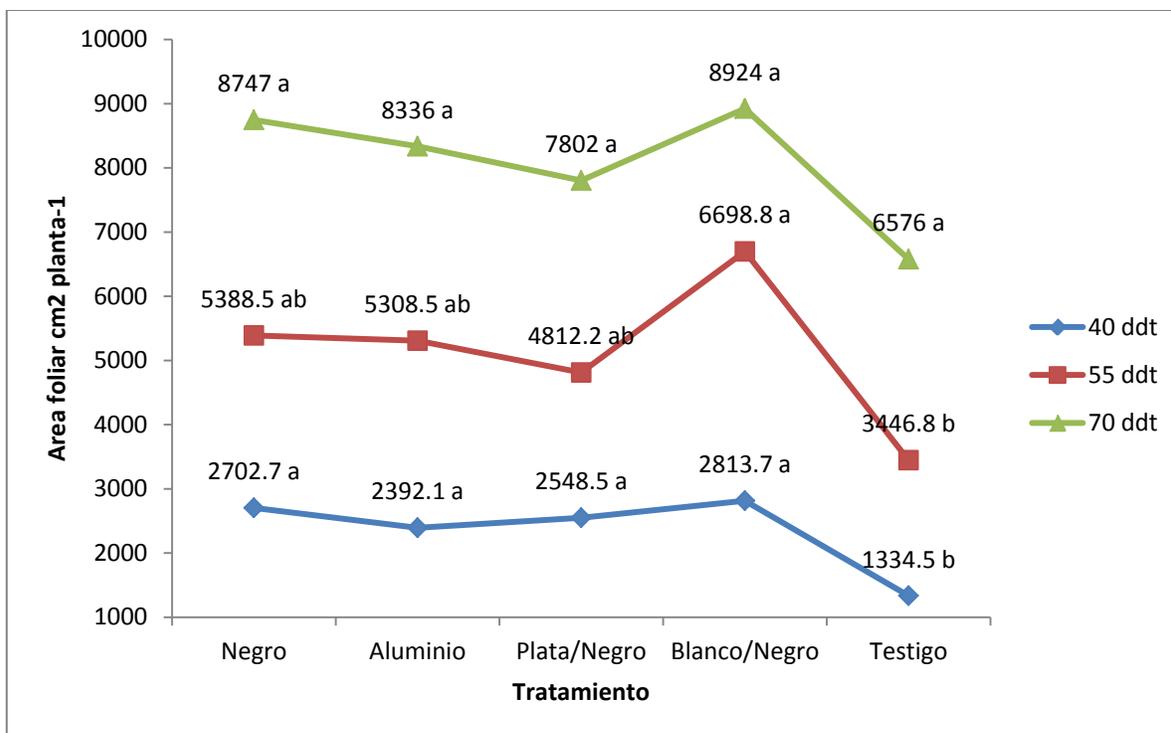


Figura 2. Área foliar ($\text{cm}^2 \text{planta}^{-1}$) en el cultivo de pimiento morrón, a los 40, 55 y 70 días después del trasplante (ddt), con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.

Peso seco de planta

Se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los tratamientos acolchados que superaron en peso seco de planta al testigo a los 40 ddt, no existiendo diferencias entre los tratamientos acolchados, que registraron un comportamiento similar. A los 55 ddt el APB/N fue superior al testigo ($p < 0.05$) respecto al peso seco de planta, los tratamientos acolchados registraron un comportamiento similar para el peso seco de planta. Finalmente a los 70 ddt no se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) registrando un comportamiento similar en los tratamientos acolchados y el testigo en cuanto al peso seco de planta (Figura 3). Los resultados del presente estudio coinciden con lo reportado por Díaz-Pérez et al. (2007), quienes reportan que debido al incremento de la temperatura del suelo ocasionado por el APB/N y el APN que registran mayores pesos, además estos resultados concuerdan

con lo reportado por Quezada et al. (2004) que reportaron en pimiento mayor crecimiento en los tratamientos acolchados APB/N el cual superó al APN en cuanto a crecimiento, así mismo reportan que con el uso de acolchados las plantas registran mayor crecimiento en relación con el testigo sin acolchar.

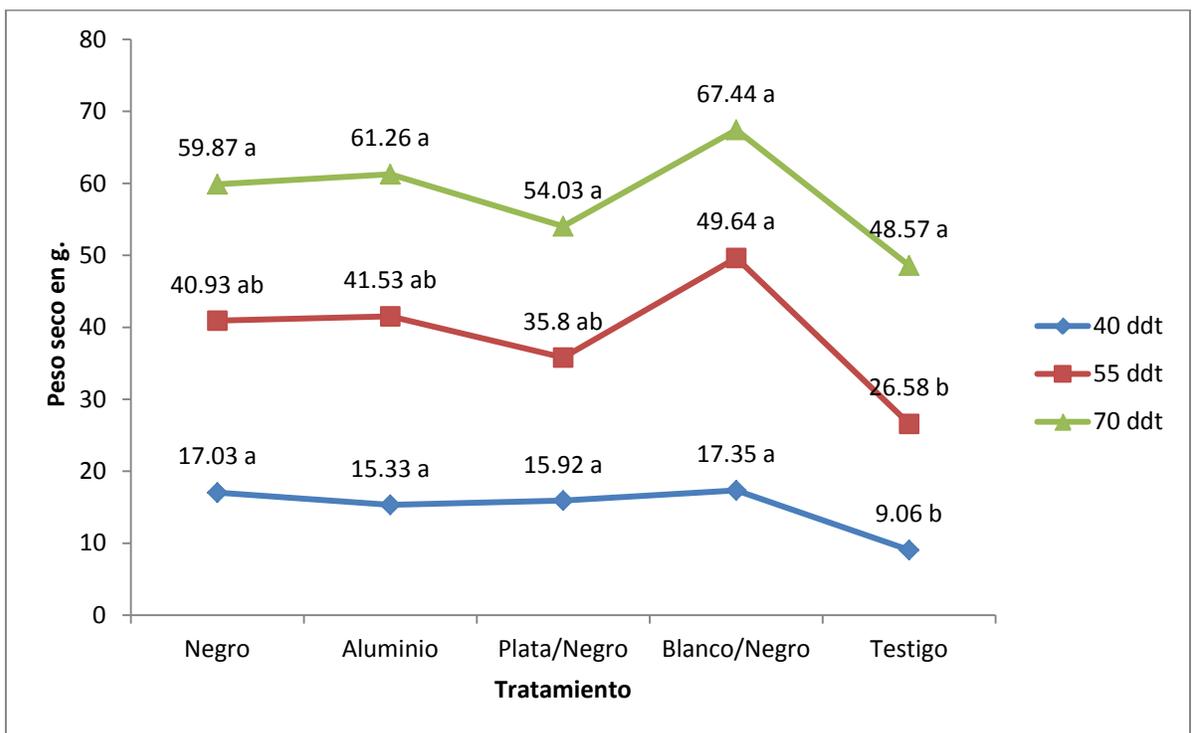


Figura 3. Peso seco de planta (g) en el cultivo de pimiento morrón, a los 40, 55 y 70 días después del trasplante (ddt), con diferentes colores de acolchado, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.

Temperaturas del suelo

Al realizar los análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), para las temperaturas mínimas, medias y máximas, entre los diferentes tratamientos evaluados y con respecto al testigo sin acolchar, durante los primeros 70 días después del trasplante del ciclo de cultivo, los resultados obtenidos se muestra a continuación:

Temperaturas Mínimas

Respecto a las temperaturas mínimas durante los 70 ddt los tratamientos acolchados superaron al testigo sin acolchar, los tratamientos acolchados registraron temperaturas similares entre sí. A los 40–50 ddt el APN y APB/N son superiores en temperatura mínima al APA y al testigo, el APA solamente es superior al testigo, los tratamientos acolchados son similares. A los 60-70 ddt los tratamientos acolchados plásticos superaron en temperatura mínima al testigo (Cuadro 4). Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Berardocco (2010) que debido a la absorción de la radiación que presenta el acolchado negro es el que registra el mayor calentamiento del suelo, lo que se registró en este trabajo. Concuerda también con lo indicado por el Itesm (2002) que menciona que el acolchado aluminio no incrementa la temperatura del suelo debido a que refleja la mayor cantidad de radiación solar, lo que sucedió en parte en este trabajo.

Cuadro 4. Comparación de medias para temperaturas mínimas de suelo de los 0-70 días después del trasplante (ddt) en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera-verano 2012, Saltillo, Coahuila.

Temperaturas mínimas (°C) / días después del trasplante (ddt)							
Tratamientos	10 ddt	20 ddt	30 ddt	40 ddt	50 ddt	60 ddt	70 ddt
Negro	24.82 a	24.01 a	23.34 a	24.65 a	23.55 a	23.62 a	24.06 a
Aluminio	23.9 a	23.19 a	23.28 a	23.84 b	22.86 b	22.89 b	23.26 c
Plata/Negro	24.33 a	23.06 a	23.15 a	24.09 ab	23.1 ab	23.11 ab	23.47 bc
Blanco/Negro	24.32 a	23.41 a	23.11 a	24.6 a	23.48 a	23.48 ab	23.75 ab
Testigo	20.57 b	20.23 b	19.77 b	21.52 c	20.69 c	20.84 c	20.94 d

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$)

Temperaturas Medias

En las temperaturas medias se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) los tratamientos acolchados son superiores al testigo sin acolchar durante el periodo de registro. Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Canul y Bustamante (2011), que obtuvieron incrementos por el uso de los acolchados, siendo

mayores los incrementos en el APN, seguidos por el APA, en comparación con el testigo, suelo desnudo que registró las menores temperaturas (Cuadro 5). También coincide con lo reportado por Orzoleky Otjen (1996) que mencionan que el APB/N tiene la característica de mantener el suelo más fresco, en comparación con el APN que se calienta más. Lament (1993) menciona incrementos en la temperatura del suelo por efecto del uso de acolchados los cuales son en función del color utilizado, coincidiendo con los incrementos registrados en esta investigación los cuales variaron de acuerdo al color de la cubierta del suelo.

Cuadro 5. Comparación de medias para temperaturas medias de suelo de los 0-70 días después del trasplante (ddt) en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera-verano 2012, Saltillo, Coahuila.

Temperaturas medias (°C) /días después del trasplante (ddt)							
Tratamientos	10 ddt	20 ddt	30 ddt	40 ddt	50 ddt	60 ddt	70 ddt
Negro	27.69 a	27.03 a	26.45 a	26.94 a	25.82 a	25.39 a	25.75 a
Aluminio	26.77 a	26.35 b	26.54 a	26.79 a	25.71 a	25.09 a	25.6 ab
Plata/Negro	27.47 a	26.13 b	26.05 a	26.64 a	25.7 a	24.96 a	25.21 c
Blanco/Negro	26.77 a	26.19 b	26.12 a	26.87 a	25.6 a	25.08 a	25.3 bc
Testigo	22.96 b	22.6 c	22.73 b	23.94 b	23.13 b	22.42 b	22.32 d

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$)

Temperaturas Máximas

En cuanto a las temperaturas máximas todos los tratamientos acolchados superaron al testigo durante los primeros 70 días de medición de la temperatura de suelo (Cuadro 6). Coincidiendo con lo registrado por Canul y Bustamante (2011) que obtuvieron los mayores incrementos en las temperaturas del suelo por el uso de acolchados y las menores temperaturas en el testigo sin acolchar. Tpagro (2002) indica que en los suelos cubiertos con acolchados registran una diferencia en la temperatura del suelo de 2-3°C mayor con relación al suelo desnudo provocando un incremento en los rendimientos.

Cuadro No.6. Comparación de medias para temperaturas máximas del suelo de los 0-70 días después del trasplante (ddt), en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.

Temperaturas máximas (°C)/ días después del trasplante (ddt)							
Tratamientos	10 ddt	20 ddt	30 ddt	40 ddt	50 ddt	60 ddt	70 ddt
Negro	30.60 a	30.39 a	29.51 a	29.39 a	27.86 a	26.96 ab	27.45 ab
Aluminio	29.78 ab	29.61 a	30.03 a	29.92 a	28.19 a	27.18 a	28.15 a
Plata/Negro	29.73 ab	29.13 a	29.07 a	29.38 a	27.96 a	26.60 ab	26.9 b
Blanco/Negro	29.17 b	29.11 a	28.96 a	29.34 a	27.43 a	26.43 b	26.88 b
Testigo	25.46 c	25.20 b	25.69 b	26.58 b	25.38 b	23.84 c	23.63 c

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$)

Es de esperarse una disminución en las temperaturas, debido al sombreo generado por el follaje de las plantas sobre la cubierta plástica, como lo menciona Martínez (1997) los efectos son consistente, pero las temperatura del suelo decae gradualmente con el paso del tiempo hasta finalizar el ciclo vegetativo, registrando mayores temperaturas durante los primeros días de desarrollo del cultivo. Y coincidiendo con lo reportado por Robledo (1988) que indica que la radiación absorbida por los plásticos incrementa la temperatura del suelo, siendo mayor el incremento en el APN, y modificándose dependiendo del color de la cubierta utilizada como se pudo observar en este trabajo. Kasperbauer et al. (1990) mencionan que los acolchados oscuros reflejan menor radiación solar por lo registran mayores temperaturas del suelo en comparación con los acolchados de colores claros como el blanco que se calientan menos como se registró en nuestro trabajo.

Rendimiento precoz

Se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el rendimiento precoz, los tratamientos APN y APA son superiores al testigo, los tratamientos acolchados presentaron un rendimiento precoz similar (Figura 4). Los resultados de este estudio coinciden con lo mencionado por Alvarado y Castillo(2003) quienes reportan que

debido al incremento de la temperatura del suelo ocasionado por el uso de los acolchados se obtiene un adelanto en el inicio de la producción en comparación con el suelo desnudo, coinciden también con lo reportado por Rick (1997) que obtuvo mayores rendimientos y adelantos en la cosecha con el uso de acolchados plásticos respecto al suelo desnudo, similares resultados son reportados por Ibarra y Rodríguez(1991) en varios cultivos con acolchado, incluyendo al pimiento.

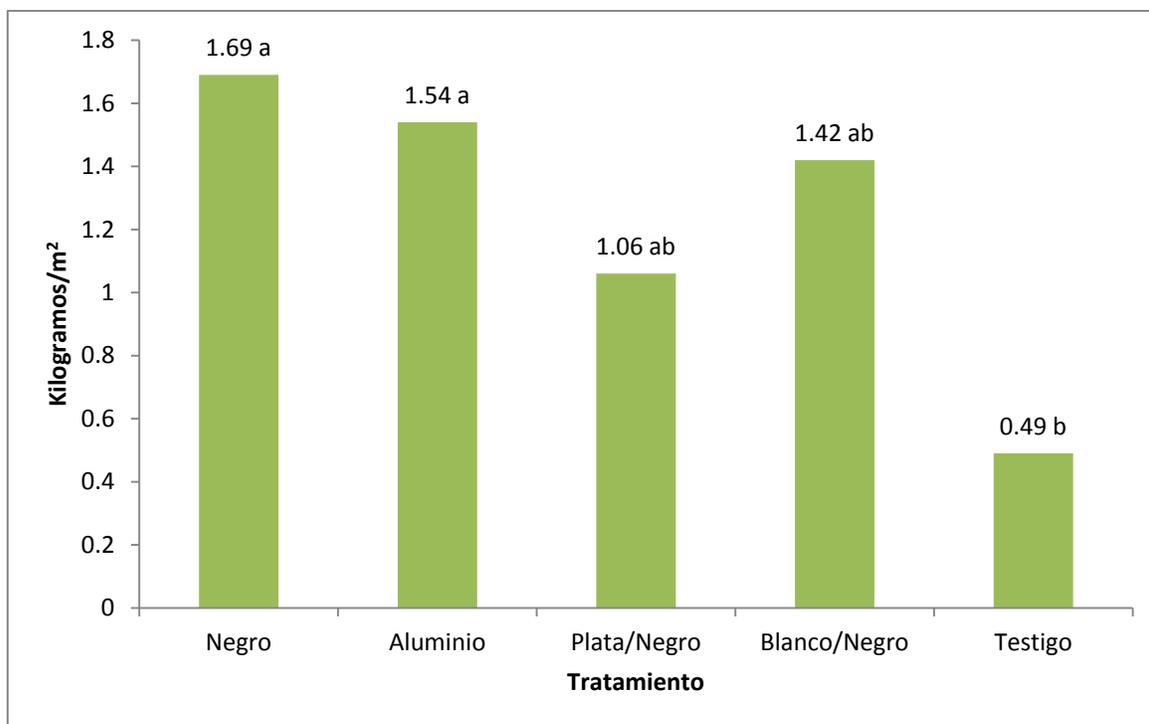


Figura 4. Rendimiento precoz (kg/m²) en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera-verano 2012, Saltillo, Coahuila.

Rendimiento total

Respecto al rendimiento total se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), todos los tratamientos acolchados superaron al testigo, siendo superior el APN en el rendimiento total, seguido por el APA y APB/N y APP, finalmente el menor rendimiento se registró en el testigo (Figura 5). Los resultados obtenidos coinciden

con lo reportado por Siwek et al. (1994) que menciona incrementos en los rendimientos que van desde el 6% para el tratamiento APB/N y de 10% para el APN en relación con el testigo sin acolchar, los incrementos obtenidos con acolchado en el presente estudio fueron mayores a los mencionados por dicho autor. En adición, Cenobio et al. (2006) menciona que la sandía registró mayores rendimientos en los tratamientos acolchados, debido al aprovechamiento más eficiente del agua y los fertilizantes en relación con el testigo. Tpagro (2002) indica que con el uso de los acolchados se favorecen las condiciones del suelo, proporcionando un desarrollo óptimo a las plantas traduciéndose en incrementos en los rendimientos en relación con el testigo. Rodríguez (1994) menciona que a consecuencia del uso de los acolchados las plantas desarrollaran un mayor sistema radicular ocasionando con esto un incremento en los rendimientos.

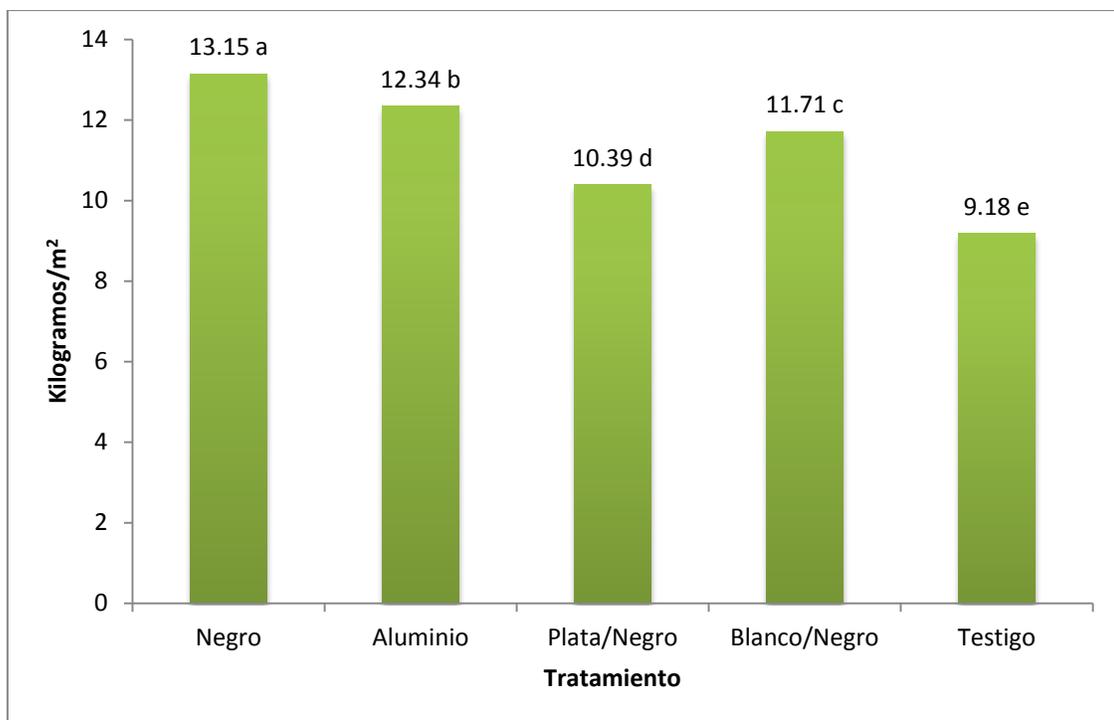


Figura 5. Rendimiento total (kg/m²) en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.

Análisis de contenido mineral

Macroelementos

Las concentraciones de nitratos, fosfatos, potasio y sulfatos presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados (Cuadro 7). En cuanto a magnesio se obtuvieron concentraciones similares en los tratamientos acolchados y el testigo sin cubrir (Cuadro 7). Obteniendo concentraciones dentro de las recomendadas para análisis foliar por Haifa 2008 (Cuadro 3).

Cuadro 7. Comparación de medias para contenido de macroelementos (%) en el cultivo de pimiento morrón, con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera- verano 2012, Saltillo, Coahuila.

Tratamientos	Nitratos	Fosfatos	Potasio	Magnesio	Sulfatos
Negro	2.80 ab	0.53 ab	2.79 b	0.56 a	0.41 bc
Aluminio	3.03 a	0.4 b	3.07 ab	0.40 a	0.40 c
Plata/Negro	2.70 ab	0.63 a	2.90 ab	0.56 a	0.50 ab
Blanco/Negro	2.36 b	0.5 ab	3.28 a	0.56 a	0.53 a
Testigo	2.33 b	0.6 ab	3.00 ab	0.56 a	0.45 abc

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$)

Microelementos

Las concentraciones de fierro, manganeso zinc y cobre en el follaje no presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados, registrando un comportamiento similar en el contenido de manganeso, fierro, zinc y cobre para los tratamientos acolchados y el testigo sin cubrir (Cuadro A1). Obteniendo concentraciones dentro de las óptimas recomendadas (Cuadro 3).

Fotosíntesis y otras variables

La radiación fotosintéticamente activa, concentración de CO_2 ambiental, temperatura de la hoja, concentración intercelular de CO_2 y conductancia estomática no presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los tratamientos evaluados, registrando un comportamiento similar en las concentraciones obtenidas de radiación

fotosintéticamente activa, concentración de CO₂ ambiental, temperatura de la hoja, concentración intercelular de CO₂, y conductancia estomática en los tratamientos acolchados y el testigo sin cubrir (Cuadro A1).

Fotosíntesis y transpiración

Solo en el caso de fotosíntesis y transpiración se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados a los 40 días después del trasplante (ddt), el testigo es superior a los tratamientos acolchados en la fotosíntesis y transpiración, los tratamientos acolchados registraron un comportamiento similar en cuanto a fotosíntesis y transpiración. Posteriormente a los 55 y 70 ddt los tratamientos acolchados y el testigo presentaron un comportamiento similar en cuanto a Fotosíntesis y transpiración (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias para fotosíntesis y transpiración en el cultivo de pimiento morrón, a los 40, 55 y 70 días después del trasplante (ddt), con diferentes colores de acolchado plástico, bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera-verano 2012, Saltillo, Coahuila.

Tratamientos	Fotosíntesis($\mu\text{molCO}_2\text{m}^2\text{s}$)			Transpiración		
	40 ddt	55 ddt	70 ddt	40 ddt	55 ddt	70 ddt
Negro	10.06 b	14.21 a	13.58 a	9.53 b	17.47 a	14.03 a
Aluminio	9.88 b	12.67 a	13.69 a	11.20 b	16.87 a	14.02 a
Plata/Negro	8.73 b	16.19 a	10.95 a	9.78 b	17.78 a	13.39 a
Blanco/Negro	9.14 b	12.97 a	12.70 a	10.97 b	18.30 a	15.38 a
Testigo	16.75 a	13.48 a	11.61 a	15.72 a	17.12 a	12.71 a

Tratamientos con la misma literal en cada columna son iguales entre sí, Duncan ($p \leq 0.05$)

CONCLUSIONES

- En cuanto a crecimiento expresado como altura de planta y área foliar el APN registró los mayores valores respecto a los tratamientos acolchados y el control especialmente a los 40 y 55 ddt. A los 70 ddt los tratamientos acolchados y el testigo registraron un comportamiento similar respecto a la altura de planta, y área foliar ocasionado quizá por el incremento de la temperatura del suelo con el uso de acolchado.
- En cuanto a las temperaturas del suelo todos los tratamientos acolchados fueron superiores al testigo registrando mayor temperatura máxima, mínima y media la superioridad en magnitud está determinada por el color de la película, siendo mayor la temperatura en los colores opacos y menor en los claros.
- En la absorción de nutrientes se presentaron diferencias para los macroelementos no existiendo en el caso de los microelementos, presentando un comportamiento similar en los tratamientos acolchados y el testigo sin acolchar
- El mayor rendimiento precoz se registró en el APN y APA con valores de 1.69 y 1.54 kg/m², el testigo registró 0.49 kg/m². Todos los tratamientos acolchados superaron en rendimiento total al testigo con valores de 13.15 kg/m², 12.34 kg/m², 10.39 kg/m² y 11.71 kg/m² para los tratamientos APN, APA, APP y APB/N, respectivamente, el testigo registró 9.18 kg/m².
- Las variables relacionadas con la fotosíntesis no presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) excepto la fotosíntesis y la transpiración a los 40 ddt, donde el testigo es superior a los tratamientos acolchados, los tratamientos acolchados presentaron un comportamiento similar. A los 55 y 70 ddt los tratamientos acolchados y el testigo sin acolchar registraron un comportamiento similar.

LITERATURA CITADA

- Alpi, A.; F. Tognoni. 1991. Cultivo en invernadero. 3a edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 347 p.
- Alvarado, V. P.; Castillo, G. H. 2003. Acolchado de suelos mediante filmes de polietileno. Chile. Editorial del Cardo. Biblioteca Virtual Universal.
- Baeyens, J. 1970. Nutrición de las plantas de cultivo (Fisiología Aplicada a las Plantas Agrícolas). Ed. Lemos. Madrid, España. 631 p.
- Benavides, A. 2002. Control Microambiental, Control Metabólico y Morfogénesis. <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Runway/8787/plastfot.htm>
- Berardocco, G. H. 2010. Acolchado plástico. Departamento técnico Inplex Venados S A. www.inplexvenados.com
- Cadahia, L. C. 1988. Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 435p.
- Caldari, J.P.2007. Manejo de la Luz en Invernaderos. Los Beneficios de la Luz de Calidad en el Cultivo de Hortalizas. I simposio Internacional de invernaderos. México. Pp.: 1-5.
- Canul, K.J.; Bustamante, O. J. D 2011. Efecto herbicida y productivo de acolchados plásticos de diferentes tonalidades en melón (*cucumis melo* L.). Investigación agropecuaria. Volumen 8, numero 1, enero-junio. pp. 31-42.
- Cenobio, P. G.; Inzunza, I. M. A.; Mendoza, M. S. F.; Sánchez, C. I; Román, L. A. Acolchado plástico de color en sandía con riego por goteo. *TERRA Latinoamericana*, Vol. 24, Núm. 4, octubre-diciembre, 2006, pp. 515-520.
- Coveca. 2011. Monografía de Chile. Gobierno del estado de Veracruz.
- Díaz-Perez, 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. 90–95.

- Del Castillo, J. A.; Uribarri, A.; Sadaba, S.; Aguado, G.; Galdeano, J.S. 2004. Guía de cultivo de pimiento en invernadero. ITG agrícola. Navarra Agraria.
- De Santiago, J., 1996. Programación de siembra de chiles verdes. Revista Productores de Hortalizas. Publicaciones Periódicas Meister Media Worldwide. Octubre. México, D. F.
- Estadísticas de países productores y comercializadores de productos agrícola. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/>.
- FFlugsa. 2003. El cultivo del pimiento (BELL PEPPER). FFLUGSA, S.A. de C. V. <http://fflugsa.tripod.com/pimiento.htm>
- Gálvez, L., J. 1999. Producción bajo invernadero. Revista productores de Hortalizas. Publicaciones Periódicas Meister Media Worldwide. Agosto. pp. 14-21. México. D. F.
- García, M. E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios. México. 4a. Edición.
- Gardner, F. P.; Brent, P. R.; Mitchell, R. L.; 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University. 327p.
- Geocities. 2009. <http://www.oocities.org/ar/agrotecnica1/page21.html>
- Haifa. 2008. Nutritional recommendations for PEPPER in open-field, tunnels and greenhouse. Haifa Chemicals México. Teaspoon-feeding tm by Haifa www.haifachem.com
- Henao, O. F. 2001. Acolchamiento de suelos con polietileno. Agroterra Tecnologías Agrarias S. L. <http://www.agroterra.com/profesionales/articulos.asp?IdArticulo=180>
- Hochmuth, G. 1995. Maneje mejor el nitrógeno con acolchado plástico. Revista Productores de Hortalizas, Publicaciones Periódicas Meister Media Worldwide. Septiembre. pp. 52-53. México. D. F.

Ibarra, J. L y Rodríguez P. A.1991. Acolchado de Suelos con Películas Plásticas. Editorial Limusa, México.

Ibarra, J. L. 1997. Acolchado de suelos con películas plásticas. Curso nacional de plásticos en la agricultura. UAAAN-Centro de Investigación en Química Aplicada. Del 3-7 de noviembre de 1997. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Ibarra, J.L., Lira. S.R.H., Valdez A.L.A., Lozano del rio J. 2011. Colored plastic mulches affect soil temperature and tuber production of potato, Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science, 61:4, 365-371

Itesm, 2002. Generalidades de acolchado.

<http://www.gro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/DaacolchadoGeneralidades.html>

Jones, JR. J. B.; Wolf, B.; Mills, H. A. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. USA. pp. 213.

Lament, W. J. Jr. 1993. Plastic Mulches for the production of vegetable crops. HortTechnology, Jan/Mar. 3(1): pp. 35-39.

Long, T. J. 1986. "Capsicum y cultura, La historia del chilli". Fondo de Cultura Económica. México.

Lucero-Flores, J.M. y Sánchez-Verdugo, C. 2012. Inteligencia de mercado de pimiento morrón verde. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. pp. 83

Manrique, E. 2003. Los pigmentos fotosintéticos, algo mas que la captación de luz. Ecosistemas. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente: 1:11

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. San Diego, CA. 674 p.

Martínez, R. 1997. Efecto del Acolchado en la Temperatura del Suelo Superficial del Suelo y su Relación con el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo. Tesis de

- Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México.
- Mengel, K. y Kirkby, E. 1982. Principles of Plant Nutrition. 3a edición. International Potash Institute. Switzerland. 635 p.
- Nuez, F., R. Gil y J. Costa, 1996. El cultivo de pimientos, Chiles y Ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid; España.
- Orzolek, M. D. and L. Otjen. 1996. Is there a difference in red mulch? Proc. 26 Natl. Agr. Efecto en la estructura física del suelo. <http://extension.psu.edu/plasticulture/technologies/plastic-mulches>
- Orzolek, M. D. and I. Otjen, 2003. Is there a difference in red mulch?. Journal Article- Colored Mulch Trial. Center For Plasticulture. The Pennsylvania State University. <http://plasticulture.cas.psu.edu/RedMulch.htm>.
- Pawar, H.K. 1990. Use of Plastic as a Mulch in Scheduling of Irrigation to Ginger in Semi-arid Climate. Proceedings of the International Congress on the Use of Plastics in Agriculture. Feb. 26 – March 2. New Delhi. India.
- Pullman, G. S; De Vay, J. E; and Garber, R. H. 1981. Soil Solarization and Thermal Death: A Logarithmic Relationship Between Time and Temperature for Four soilborne plant pathogens. The American Phytopathological Society. Vol.71, No.9. pp. 959-964.
- Quezada-Martin, M., Munguía-López, J., Ibarra-Jiménez, L., de la Rosa-Ibarra M., y Cedeño-Rubalcaba, B. 2004. Efecto de Acolchados Fotoselectivos Sobre la Acumulación de Materia Seca y Rendimiento en Pimiento Morrón. *In*: Acuña C., J. F. y J. Medina P. Memorias VI Congreso Iberoamericano para el Desarrollo y Aplicación de Plásticos en Agricultura. Bogotá, Colombia.
- Quezada, M. Ma. R.; Munguía L.J.; Ibarra. J. L; Arellano, G. M.A.; Valdez, A. L. A; Cedeño, R. B. 2011. Fisiología y producción de pimiento morrón cultivado con diferentes colores de acolchado. Terra Latinoamericana, vol. 29, núm. 4,

- octubre-diciembre, 2011, pp. 421-430 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Rebolledo, M. A. Uriza, A. D. 1996. Uso del acolchado plástico para la piña. Memorias del Simposium Internacional. Veracruz, México.
- Resh, H. 1992. Cultivos hidropónicos, Nuevas Técnicas de Producción. 3a edición. Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.
- Resh, H. 2001. Cultivos Hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. Tercera edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.
- Rick, M., 1997. Practica de acolchado para maíz Dulce. Productores de Hortalizas. Publicaciones Periódicas. Enero pp. 25-26. México.
- Robledo, de P. F. y Martin, L. 1988 Aplicación de los plásticos en la agricultura. Madrid España. Ediciones Mundi-Prensa. 573 p.
- Rodríguez, G., J. G. 1994. Evaluación de películas fotodegradables para acolchado y su influencia en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill.) cv Flora-Date. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Sagarpa. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación. www.sagarpa.gob.mx. Monografías/hortalizas/chileVM.
- Salisbury, F. B.; y Ross C. W. 1 994. Fisiología Vegetal. Ed. Iberoamericana S.A de C.V. D.F., México 759p.
- Serrano, C. Z. 1990. Técnicas de invernadero. PAO, Suministro Gráficos, S. A Sevilla, España.
- Siwek, P., Cebula, S., Libik, A. and Mydlarz, J. 1994. THE EFFECT OF MULCHING ON CHANGES IN MICROCLIMATE AND ON THE GROWTH AND YIELD OF SWEET PEPPER GROWN IN PLASTIC TUNNELS. Acta Hort. (ISHS) 366:161-168

- Solplas, 2002. Características del Films. <http://www.solplast.com/sp/acolchados.html>
- Stephen, K. 2001. Solar Radiation availability for plant growth in Arizona controlled environment agriculture systems. University of Arizona. <http://www.ag.arizona.edu/ceac/research/archive/solar-radiation-kania.pdf>
- Toshio, H. 1991. The effect of mulching and row covers on vegetable production. Agr. Exp. Stn. Japón.
- Tpagro, 2002. Tecnología para el Agro y soluciones Agropecuarias T.P Agro Colombia. <http://www.tpagro.com/espanol/acolchamiento.htm>
- TRADE MAP. Trade statistics for international business development. <http://www.trademap.org/Index.aspx>.
- Vela, E. 1993. El chile breve taxonomía. Editorial Raíces S.A de C.V.
- Vuelas, C. A. T.; Díaz de L. y T. J. M. Arreola. 1995. Perspectivas del riego presurizado en la agricultura de bajío. Memorias del Simposium Internacional León, Guanajuato, México.
- Waizel-Bucay, J y Camacho, M. R. 2011. El género Capsicum spp. ("chile") una visión panorámica. ALEPH ZERO. Universidad de las Américas Puebla. Año 16. Numero 60, Abril-Junio. pp. e60-0067-0079.
- Zannon, M. 1990. Synergy between plastics reasearch and protected agriculture. Proceedings of International Congress. The Use of Plastics in Agriculture. Feb. 26 – March 2. New Delhi. India.

Apéndice

APENDICE

Cuadro A1. Análisis de varianza (Cuadrados Medios) de las variables evaluadas en el cultivo de pimiento morrón con diferentes colores de acolchado plástico, a los 40, 55 y 70 días después del trasplante (ddt), bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera-verano 2012, saltillo, Coahuila.

FV	GL	Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)						
		Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	40 ddt	55 ddt	70 ddt
Tratamientos	4	2.81 NS	21.35NS	116.79NS	16.49 NS	11388.77NS	2489.59NS	33015.80NS
Bloques	2	22.95 NS	210.04NS	3717.40NS	506.56 NS	6948.31NS	5349.51NS	58440.15NS
Error Exp	8	2.22	190.12	515.04	14.02	7769.91	4249.35	23467.46
CV (%)		19.57	14.98	16.32	5.88	13.01	9.76	28.93

NS,*,**= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Continuación Cuadro A1.

FV	GL	Concentración de CO ₂ ambiental			Temperatura hoja (°C)		
		40 ddt	55 ddt	70 ddt	40 ddt	55 ddt	70 ddt
Tratamientos	4	4930.31NS	1663.09NS	256.11NS	1.64 NS	0.17 NS	1.06 NS
Bloques	2	3979.33NS	1880.91NS	607.52NS	13.36 NS	8.04 NS	0.082 NS
Error Exp	8	5889.01	3038.30	1675.81	3.19	0.26	1.32
CV (%)		20.97	17.99	13.21	4.88	1.65	4.02

NS,*,**= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Continuación Cuadro A1.

FV	GL	Concentración intercelular CO ₂			Conductancia estomática (cms ⁻¹)		
		40 ddt	55 ddt	70 ddt	40 ddt	55 ddt	70 ddt
Tratamientos	4	3008.67 NS	1234.25 NS	106.17 NS	0.25 NS	0.56 NS	0.72 NS
Bloques	2	521.63 NS	2874.82 NS	1212.61 NS	0.19 NS	8.23 NS	0.69 NS
Error Exp	8	1714.07	2405.36	1771.91	0.16	0.37	0.63
CV (%)		16.25	18.36	15.41	52.04	16.42	24.29

NS,*,**= No significancia, significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro A2. Comparación de medias de las variables evaluadas en el cultivo de pimiento morrón con diferentes colores de acolchado plástico, a los 40, 55 y 70 días después del trasplante (ddt), bajo condiciones de casa sombra. Ciclo primavera-verano 2012, saltillo, Coahuila.

Tratamientos	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Radiación Fotosintéticamente Activa		
					40 ddt	55 ddt	70 ddt
APN	7.88 a	94.83 a	138.22 a	64.75 a	569.65 a	653.88 a	505.2 a
APA	6.01 a	90.83 a	128.98 a	60.82 a	704.42 a	631.90 a	692.4 a
APP	8.33 a	90.89 a	140.57 a	63.09 a	724 a	710.25 a	422.6 a
APB/N	8.36 a	87.39 a	141.96 a	66.97 a	699.84 a	672.99 a	563.3 a
Testigo	7.49 a	90.04 a	145.59 a	62.45 a	690.48 a	670.54 a	463.9 a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre si DMS (0.05)

Continuación del Cuadro A2.

Tratamientos	Concentración de CO ₂ ambiental.			Temperatura hoja (°C).		
	40 ddt	55 ddt	70 ddt	40 ddt	55 ddt	70 ddt
APN	360.53 a	288.44 a	314.80 a	36.17 a	31.04 a	27.93 a
APA	342.75 a	301.99 a	315.03 a	36.71 a	30.92 a	29.17 a
APP	357.45 a	346.52 a	305.87 a	37.67 a	31.13 a	28.12 a
APB/N	333.05 a	290.20 a	295.35 a	36.94 a	31.12 a	29.19 a
Testigo	435.60 a	304.60 a	317.85 a	35.74 a	31.55 a	28.33 a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre si DMS (0.05)

Continuación del Cuadro A2.

Tratamientos	Concentración intercelular de CO ₂			Conductancia estomática (cms ⁻¹).		
	40 ddt	55 ddt	70 ddt	40 ddt	55 ddt	70 ddt
APN	252.67 a	249.20 a	278.72 a	0.65 a	3.88 a	3.46 a
APA	233.97 a	264.64 a	276.98 a	0.66 a	3.45 a	3.02 a
APP	241.50 a	301.99 a	273.82 a	0.56 a	3.49 a	3.29 a
APB/N	235.89 a	258.66 a	263.39 a	0.66 a	4.36 a	3.94 a
Testigo	309.92 a	261.58 a	272.74 a	1.27 a	3.28 a	2.63 a

Tratamientos con la misma literal no difieren entre si DMS (0.05)