

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE INGENIERIA



**ANALISIS DE LA DISTRIBUCION ESPECTRAL DE ACOLCHADOS
BIODEGRADABLES Y FOTOSELECTIVOS EN EL CULTIVO DE
PEPINO
(*Cucumis sativus* L.)**

Por:

EDWIN OSVALDO MONTOYA ROMAN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2015

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCION DE LICENCIATURA

ANALISIS DE LA DISTRIBUCION ESPECTRAL DE ACOLCHADOS
BIODEGRADABLES Y FOTOSELECTIVOS EN EL CULTIVO DE
PEPINO
(*Cucumis sativus* L.)

TESIS

POR

EDWIN OSVALDO MONTOYA ROMAN

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de:

INGENIERO AGRONOMO EN
IRRIGACION

COMITÉ PARTICULAR

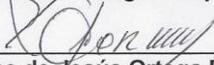
Asesor principal:


M.C Luis Edmundo Ramírez Ramos

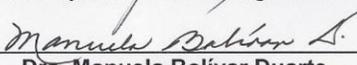
Asesor:

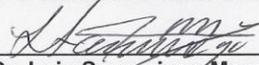

Dr. Juan P. Munguía López

Asesor:


Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera

Asesor:


Dra. Manuela Bolívar Duarte


Dr. Luis Samaniego Moreno
Coordinador de Ingeniería

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
Mayo 2015



Coordinación de
Ingeniería

Agradecimientos

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A la UAAAN por la oportunidad brindada para continuar con mis estudios profesionales y por el apoyo recibido.

A mis maestros del Departamento de Riego y Drenaje que me instruyeron durante ese tiempo otorgándome los conocimientos necesarios para mi formación académica. Por su amistad y confianza.

A mis asesores de tesis el M. C. Luis Edmundo Ramírez Ramos, Doc. Juan P. Munguía López, a la Doc. Manuela Bolívar Duarte, al Doc. Felipe de Jesús Ortega Rivera y al Doc. Ramiro Guerrero Santos, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

A mis compañeros de generación con los cuales compartí una etapa maravillosa de mi vida y múltiples experiencias durante mi estancia en la UAAAN.

A mis Compañeros de dormitorio con los cuales formamos un lazo muy fuerte de hermandad y compañerismo.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Dedicatorias

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre Candelaria Román Cadena y a mi Padre Juan Antonio Aragón Alcay, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi esposa Itzel y a mi hija Debanhi Camila por compartir conmigo su amor y comprensión ya que son el motor de mi vida para salir a delante a cada una de las pruebas que nos presenta la vida.

A mis hermanos Patricia, Guadalupe, Prisila y David, que con sus consejos me ha ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

Agradezco a cada uno de mis tíos y primos, sin hacer mención alguna para no menos preciar a alguno de ellos a quienes con su ayuda, sabiduría, cariño y comprensión han sido parte fundamental de mi vida.

A mis amigos Santiago y Juan, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con ellos.

A Doña Mila que nos ofreció el calor de un hogar lejos de casa, compartiendo su sabiduría y cariño de madre, guiándonos en el transcurso de nuestra estancia en la UAAAN.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCION	1
1.2 Hipótesis.....	2
1.3 Objetivos	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Producción de Hortalizas en México	3
2.2 Importancia de los Plásticos en la Agricultura	4
2.3 Acolchado Plástico	4
2.4 Efecto del Uso de Acolchados Plásticos	5
2.4.1 Efectos del acolchado en la temperatura del suelo	6
2.4.2 Efecto de los acolchados plásticos en la humedad del suelo.....	7
2.4.3 Efecto de los acolchados plásticos en el control de malezas	8
2.4.4Efecto de los acolchados plásticos en la estructura física del suelo	8
2.4.5 Efecto de los acolchados plásticos en la fertilización del cultivo	8
2.5 Acolchado Plástico Fotoselectivos	9
2.6 Acolchados Biodegradables	10
2.7 Generalidades de la Radiación Solar	11
2.8 Efectos de la Radiación en la planta.....	13
2.8.1 Fotomorfogénesis	13
2.8.2 Los fotorreceptores.....	14
2.9 Radiación Fotosintéticamente Activa.....	14
2.10 Morfología del pepino.....	15
2.10.1 Clasificación taxonómica del pepino	15
2.10.2 Descripciones de la especie.....	16
2.10.3 Floración.....	16

2.10.3.1	Numero promedio de flores por planta	16
2.10.3.2	Tipo de polinización	17
2.10.4	Fruto	17
2.10.4.1	Tamaño y tipo de fruto.....	17
2.10.4.2	Número de frutos.....	17
III.	MATERIALES Y METODOS.....	18
3.1	Ubicación del Sitio de Estudio	18
3.2	Películas Plásticas de Acolchado	18
3.3	Material Vegetativo.....	19
3.4	Método y Variables de Medición	19
3.5	Equipos para la Medición de Variables.	20
3.5.1	Medidor de área foliar	20
3.5.2	Medidor de radiación fotosintéticamente activa	20
3.6	Prácticas Culturales	20
3.7	Establecimiento del Cultivo.....	21
3.8	Manejo del Cultivo	21
3.8.1	Método del tanque evaporímetro	22
3.8.2	Coeficiente del tanque evaporímetro (K_p)	22
3.8.3	Coeficiente del tanque evaporímetro (K_p)	23
3.8.4	Tensiómetros.....	24
3.9	Análisis de Crecimiento	24
3.9.1	Cobertura de planta	25
3.9.2	Radiación fotosintéticamente activa (RFA)	25
3.9.3	Diseño experimental	25
3.9.4	Análisis de datos.....	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27

4.1 Variables Fenológicas Evaluadas en el Cultivo de Pepino	27
4.1.1 La emergencia para los tratamientos.....	27
4.1.2 Altura de planta (H).....	30
4.1.3 Índice de área foliar (IAF)	32
4.1.4 Peso seco de la hoja (PSH)	33
4.1.5 Peso seco de tallo (PST).....	35
4.1.6 Número de flores	37
4.1.7 Potencial hídrico en la hoja (ψ_w)	39
4.1.8 Parámetros de calidad.....	42
4.1.8.1 Longitud de fruto.....	42
4.1.8.2 Diámetro de fruto	43
4.1.8.3 Rendimiento.....	45
4.2 Radiación Fotosintéticamente Activa Reflejada	48
4.2.1 RFA reflejada para dos días significativos en las etapas fenológicas del cultivo de pepino.	48
4.2.1.1 RFA reflejada para dos significativos días en la etapa fenológica de establecimiento.	48
4.2.1.2 RFA reflejada para dos días significativos en la etapa fenológica de desarrollo.	49
4.2.1.3 RFA reflejada para dos días significativos en la etapa fenológica de cosecha.....	50
4.2.2 RFA acumulada por día para la etapa fenológica de cosecha en el cultivo de pepino. ...	51
4.2.2.1 RFA acumulada por día para la etapa fenológica de cosecha.....	51
4.2.3 RFA acumulada para las etapas de establecimiento, desarrollo, floración y cosecha en el cultivo de pepino.....	52
4.2.4 RFA acumulada para el ciclo del cultivo de pepino.....	53
V. CONCLUSION	55
VI. BIBLIOGRAFIA	56

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Comparación de medias de emergencia del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado para los dos muestreos realizados.	28
Cuadro 2.- Comparación de medias de altura de planta del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado para los seis muestreos realizados.	30
Cuadro 3.- Comparación de medias de índice de área foliar del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado para los seis muestreos realizados.	32
Cuadro 4.- Comparación de medias de peso seco de la hoja del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos para los seis muestreos realizados.	34
Cuadro 5.- Comparación de medias de peso seco de tallo del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado biodegradable y fotoselectivos para los seis muestreos realizados en el cultivo de pepino.	36
Cuadro 6.- Comparación de medias de numero de flores en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos para los tres muestreos realizados en el cultivo de pepino.	38
Cuadro 7.- Comparación de medias de potencial hídrico en la hoja del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos para los cuatro muestreos realizados.	40
Cuadro 8.- Comparación de medias de longitud de fruto del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado biodegradable y fotoselectivos para los dos muestreos realizados.	42
Cuadro 9.- Comparación de medias de diámetro de fruto del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado biodegradable y fotoselectivos para los dos muestreos realizados.	44
Cuadro 10.- Comparación de medias de rendimiento acumulado para periodos de cinco días en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado biodegradable y fotoselectivos.	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Distribución del espectro electromagnético en función de la longitud de onda en nanómetros.....	12
Figura 2.- Preparación de la superficie del terreno para el experimento, desarrollando labores culturales como: arado, barbecho y rastra de la superficie.....	21
Figura 3.- Medias de emergencia en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.	29
Figura 4.- Medias de altura de planta en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos	31
Figura 5.- Medias de índice de área foliar en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.	33
Figura 6.- Medias de peso seco de la hoja en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.	35
Figura 7.- Medias de peso seco de tallo en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.	37
Figura 8.- Medias de número de flores en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.	39
Figura 9.- Medias de potencial hídrico en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.	41
Figura 10.- Medias de longitud de fruto en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos	43
Figura 11.- Medias de diámetro de fruto en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.	45
Figura 12.- Medias de rendimiento acumulados para periodos de cinco días en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.....	47
Figura 13.- RFA reflejada para la etapa fenológica de establecimiento del cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: a) APN, b) APR y c) APB.	49
Figura 14.- RFA reflejada para la etapa fenológica de desarrollo del cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: a) APN, b) APR y c) APB.	50
Figura 15.- RFA reflejada para la etapa fenológica de cosecha del cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: a) APN, b) APR y c) APB.	51

Figura 16.- RFA acumulada por día para la etapa fenológica de cosecha del cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: a) APN, b) APR y c) APB. 52

Figura 17.- RFA acumulada para las etapas fenológicas de establecimiento, desarrollo, floración y cosecha del cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: a) APN, b) APR y c) APB..... 53

Figura 18.- RFA acumulada para el ciclo de cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: APN, APR y APB..... 54

Correo Electrónico; Edwin Osvaldo Montoya Román, Montoya_roman@live.com.mx

**ANALISIS DE LA DISTRIBUCION ESPECTRAL DE ACOLCHADOS
BIODEGRADABLES Y FOTOSELECTIVOS EN EL CULTIVO DE PEPINO
(*Cucumis sativus* L.)**

EDWIN OSVALDO MONTOYA ROMAN

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la distribución espectral de acolchados biodegradables y fotoselectivos en el cultivo de pepino, el experimento consistió en la evaluación de diferentes colores de acolchados en el cultivo de pepino (*cucumis sativus* L.) híbrido Conquest (PSX 50183), se utilizaron 6 películas de polietileno de baja densidad con un espesor de 25 micras calibre 100 para blanco y negro; un espesor de 37.5 micras calibre 150 para los colores azul, rojo, y metalizado/negro, además de una película biodegradable en color blanco compuesta de almidón y un Testigo sin acolchar, el estudio se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano del año 2013, en el campo agrícola experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) en el municipio de Saltillo Coahuila de Zaragoza, para evaluar las variables fenológicas de: Emergencia que se midió a los 5, 6, 7, 10, 11, 13, 14 y 15 DDS, altura de planta, área foliar, peso seco de hoja, peso seco de tallo, estas mediciones se realizaron a los: 31, 40, 51, 62, 73 y 88 DDS, número de flores se evaluaron a los 43, 45, 46 y 47 DDS, el potencial hídrico de la hoja se midió a los : 53, 66, 75 y 84 DDS; Además se evaluó la radiación fotosintéticamente activa (RFA) reflejada durante todo el ciclo del cultivo y el rendimiento por cortes y total del cultivo. Para medir la radiación fotosintéticamente activa se colocaron 7 barras de luz de frente al acolchado a 30 cm de altura sobre los diferentes colores de acolchado y en la superficie sin acolchar en el centro de la cama. Todas se conectaron a un Data Logger modelo CR23X, Cambell Sci, Inc., el cual se programó para tomar las lecturas de cada minuto y hacer promedios cada media hora durante toda la etapa del cultivo.

Sé observó que el uso de acolchado plástico favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos comparados con el suelo desnudo, debido a sus propiedades ópticas mejora la producción y rendimiento del cultivo

Palabras clave: RFA (radiación fotosintéticamente activa), pepino (*cucumis sativus L.*)

I. INTRODUCCION

El objetivo de la explotación agrícola es la obtención de los máximos beneficios sociales-económicos y ambientales. Esto implica por un lado un uso más racional de los recursos del medio ambiente (suelo-agua-clima) y por otro lado usar sistemas de producción, que tomen en cuenta los elementos como: fertilizantes, genotipos con mayor capacidad productiva, biocidas (sustancias químicas sintéticas o de origen natural o microorganismos que están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo considerado nocivo para el hombre), tecnologías de riego y técnicas de cultivo apropiadas, Guzmán (2004) citado por Rodríguez (2007).

El cambio climático en el mundo es un efecto de gran importancia en este ámbito debido a que está modificando la productividad de los cultivos agrícolas, así como la calidad de los vegetales y hortalizas. La variabilidad natural de las lluvias, de la temperatura y de otras condiciones del clima es el principal factor que explica la variabilidad de la producción agrícola, lo que a su vez constituye uno de los factores principales de la falta de seguridad alimentaria.

La producción de hortalizas para consumo propio en las zonas rurales está ligado en gran medida al clima: la temperatura, luz y agua. Y se están viendo repercusiones en la producción agrícola debido a la variabilidad y cambio climático, reduciendo el rendimiento de las cosechas y orillando al productor a utilizar nuevas formas de producción que se adapten a las condiciones adversas actuales.

El problema de la productividad y rentabilidad de los cultivos, son las plagas que han elevado su nivel de incidencia y dañado la producción agrícola provocado por las malas prácticas culturales que incrementan su capacidad de reproducción y distribución. Acompañado de un excesivo uso de insecticidas que generan la aparición de nuevas plagas resistentes difíciles de controlar.

El uso de acolchado plástico en los suelos en la actualidad, se ha presentado como una alternativa para contrarrestar la problemática que conlleva la variabilidad y el cambio climático. Sin embargo, es importante conocer el comportamiento de los diferentes colores de acolchado que existen ya que la respuesta de las plantas está en función de la interacción de la calidad de la luz reflejada por la superficie de acolchado y por la capacidad de cada color para permitir el paso de la radiación solar e incrementar las temperaturas del suelo (Ramírez, 1996)

1.2 Hipótesis

Los acolchados biodegradables y fotoselectivos reflejan la misma cantidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) que afectan el desarrollo del cultivo de pepino en sus diferentes etapas fenológicas.

1.3 Objetivos

Evaluar el efecto del acolchado biodegradable y fotoselectivo sobre la radiación fotosintéticamente activa y su relación con establecimiento, desarrollo, floración y rendimiento del cultivo de pepino.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Producción de Hortalizas en México

México es uno de los mayores productores de hortalizas en el mundo y se encuentra entre los principales países exportadores de hortalizas hacia EE.UU. Además que cuenta con diferentes climas y ecosistemas que permiten una adecuada producción de hortalizas durante todo el año (SAGARPA, 2011).

México se encuentra en el cuarto lugar de productores y exportadores de hortalizas a nivel mundial y el primero en el continente. Otros de los máximos exportadores son: Países Bajos, España, Francia, Bélgica y Canadá. Que entre los 10 principales productores de hortalizas suman alrededor del 70% de la producción en el mundo (Financiera Rural, 2008).

México posee una riqueza de climas y ecosistemas que permiten la adecuada producción de hortalizas durante todo el año, lo cual constituye una de las principales ventajas ante otros competidores potenciales (Financiera Rural, 2008).

El cultivo de pepino tiene gran importancia ya que tiene un elevado índice de consumo. El cultivo de esta hortaliza tiene gran estabilidad de la superficie y aumento de la producción y exportación. En el año del 2008 México obtuvo una producción de 475,376 toneladas (FAO, 2008).

La comercialización de los productos agrícolas como las hortalizas es de gran importancia ya que son productos de exportación que generan ingresos y fuentes de empleo. Cabe señalar que el uso del agua para la producción de las hortalizas es de suma importancia ya que este recurso cada vez es más escaso, lo cual conlleva a implementar nuevos sistemas de producción que permitan un uso más eficiente.

2.2 Importancia de los Plásticos en la Agricultura

Los materiales plásticos, para cualquiera de sus usos o modalidades de fabricación, han contribuido de forma importante al desarrollo y al progreso en múltiples campos de aprovechamiento para el hombre.

El uso de materiales plásticos en las actividades agrícolas a partir de los años 40's y 50's inició una modificación profunda en el curso de la producción de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. En la actualidad un sistema de agroplasticultura bien diseñado y manejado muestra buenas ventajas como son: el uso eficiente del agua, de fertilizantes, producción precoz, aumento en el rendimiento, disminución en la aplicación de pesticidas y mejor calidad del fruto (Cenobio, 2004).

Las características micro ambientales son definidas por los intercambios de energía y materia que se llevan a cabo entre las superficies de suelo desnudo o con vegetación, la atmósfera y espacio circundantes (Zermeño, 2001). Dichos intercambios dan lugar a un balance energético cuya dinámica depende de la radiación incidente, la temperatura y humedad del aire, la velocidad del viento y el grado de cobertura por vegetación.

Al colocar una película plástica entre el suelo y la atmósfera ésta actúa como una barrera amortiguadora disminuyendo las variaciones en los factores ambientales. Las características de la película tales como el color, grosor y transparencia a la radiación influyen sobre el intercambio energético en la superficie de la cubierta plástica y consecuentemente sobre el balance energético del suelo bajo ella. Adicionalmente, la presencia de la película restringe la difusión de vapor de agua y CO₂ desde el suelo hacia la atmósfera consiguiéndose de esa manera un microambiente adecuado para el crecimiento de las plantas (Ghawi *et al.*, 1986).

2.3 Acolchado Plástico

Los acolchados plásticos en la horticultura han obtenido un gran desarrollo debido a que proporcionan grandes beneficios agronómicos y ambientales. Los acolchados más utilizados en la actualidad son de polietileno negro. Entre las ventajas de su utilización cabe destacar el incremento de los rendimientos, prevenir la aparición de las malas hierbas, un uso más eficiente del agua y de los fertilizantes, y reducción de la erosión del

suelo. Además, el aumento de la temperatura en la zona de las raíces se traduce en una mayor precocidad de los cultivos e incluso en la posibilidad de realizar plantaciones más tempranas. El uso de acolchados al aire libre en cultivos de primavera-verano en conjunto con un sistema de riego localizado permite un sistema de cultivo en el que se potencializan las ventajas para ambos (Mucua, 2005).

El motivo principal del uso de los acolchados es la mejora de la productividad del cultivo debida al control de las malas hierbas y de la temperatura del suelo, al aumento de la precocidad de la cosecha, y a la disminución de la evaporación de agua del suelo. Constituye una alternativa a los métodos tradicionales de control de malas hierbas ya que no produce contaminación del medio por problemas sanitarios ni erosión (Zribi *et. al.*, 2011). El acolchado del suelo con materiales opacos evita la penetración de la luz y constituye una barrera física para la emergencia de la flora arvense o maleza (Teasdale, 2003).

El uso de acolchados también puede tener desventajas como son los riesgos medioambientales originados por algunos acolchados de material plástico no biodegradable cuyos residuos pueden contaminar los campos donde se instalaron (Lamont, 1993; Briassoulis, 2006). La recogida de estos residuos y su reciclaje es complicada ya que se encuentran mezclados con el suelo, lo cual dificulta su separación (González *et al.*, 2003).

A pesar de estas desventajas, el acolchado es un elemento indispensable en ciertas técnicas de producción, principalmente en hortofruticultura, por lo cual la mayoría de los trabajos de investigación se concentran en el estudio de los efectos del acolchado sobre los cultivos, los agentes patógenos, las plagas y las malas hierbas (Zribi *et. al.*, 2011).

2.4 Efecto del Uso de Acolchados Plásticos

Las plantas son organismos especializados en la captura y conversión energética de la radiación a través de la fotosíntesis. Son capaces también de regular la morfogénesis (generación de la forma y estructura) por medio de la percepción de las características de la radiación (Benavides, 2000). Por ello las mayores oportunidades de conseguir el control del metabolismo y la morfogénesis se relacionan con la manipulación de las características de la radiación transmitida o reflejada por películas plásticas.

Las características clave de la radiación que permiten el control de las respuestas de las plantas son: la cantidad de radiación y la calidad de dicha radiación o balance espectral (Valadez, 1989).

Las modificaciones micro ambientales inducidas por el plástico se refieren a los cambios en la cantidad y distribución de la humedad en el suelo (Sanders *et al.*, 1986), mayor concentración del CO₂ en el dosel vegetal (Benavides *et al.*, 1998), mayor disposición de radiación activa para la fotosíntesis (o PAR en inglés) útil para la planta al funcionar el plástico como material reflejante (Quero *et al.*, 1993), aumento o disminución en la temperatura del suelo, normalmente en el perfil 0-30 cm (Taber, 1983; Hanna *et al.*, 1997; Tarara, 2000), de acuerdo a si el material plástico funciona como absorbente o reflejante de radiación así como a su capacidad para retener la radiación infrarroja de onda larga. Esta última propiedad es la que genera el conocido efecto invernadero inducido por los plásticos.

2.4.1 Efectos del acolchado en la temperatura del suelo

El acolchado modifica la energía que llega al suelo, el intercambio de calor, el balance de energía y el régimen térmico (Gonzalo, 2009). Un aspecto positivo del acolchado es la disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo, amortiguando los picos máximos y mínimos principalmente en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007).

El efecto del acolchado en la temperatura del suelo depende de las características del material de acolchado, siendo siempre la temperatura diurna más baja y la nocturna más alta que en el suelo desnudo (Robinson, 1988) (Citado por Zribi *et al.*, 2011).

El acolchado plástico se comporta como un filtro de doble efecto, acumulando calor en el suelo durante el día por el efecto invernadero y perdiendo parte del mismo durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire (Zribi *et al.*, 2011).

El incremento de la temperatura del suelo por efecto de algunos tipos de acolchado puede ser beneficioso para los cultivos debido al aumento de la mineralización de los nutrientes del suelo, pero puede también aumentar la desecación del suelo y generar un estrés hídrico en el cultivo (Walsh *et al.*, 1996) Citado por (Zribi *et al.*, 2011).

Debido al calentamiento del suelo, el uso del acolchado sobre todo los de material plástico, proporciona al productor una herramienta de gran interés para aumentar la precocidad de los cultivos especialmente en variedades tempranas hortícolas y frutícolas (Zribi *et al.*, 2011).

En el cultivo de pimiento morrón bajo acolchado plástico a campo abierto, se observó que la temperatura de la zona radical del cultivo (TZR) mostró una tendencia decreciente en la temporada de otoño y una tendencia creciente en la primavera. Las películas de los acolchados plásticos, difieren en su capacidad de calentamiento del suelo en TZR, tanto en las temporadas de primavera y otoño, la temperatura más alta se registró en el acolchado negro y la temperatura más baja en el acolchado plata. El grado de fluctuación térmica varía entre los acolchados plásticos, los acolchados plásticos plateados mostraron la menor fluctuación diurna (Díaz - Pérez, 2010).

2.4.2 Efecto de los acolchados plásticos en la humedad del suelo

El acolchado reduce la evaporación directa del agua desde la superficie del suelo, mantiene una mayor humedad en el suelo, favorece la estabilidad estructural, fertilidad del suelo y reduce la evapoconcentración y salinización del suelo. Los materiales inorgánicos incluyen varios tipos de piedras (piedra volcánica, gravas), arena, materiales plásticos y materiales geotextiles, entre otros. En general los acolchados inorgánicos tardan mucho tiempo en descomponerse por lo que no necesitan ser reinstalados con frecuencia (International Society of Arboriculture-ISA, 2009). Los materiales orgánicos pueden ser astillas o virutas de madera, hojas de pino, corteza de árboles, cáscaras de cacao, hojas, paja, papel, mulch mixto y una gran variedad de otros productos generalmente derivados de los restos vegetales de las plantas cultivadas. Los acolchados orgánicos se descomponen a diferentes ritmos dependiendo del tipo de material y las condiciones ambientales. Los que se descomponen con mayor rapidez se tienen que reponer con más frecuencia (ISA, 2009).

Desde el punto de vista térmico, el acolchado orgánico amortigua las fluctuaciones de temperatura del suelo, mientras que el acolchado plástico favorece el calentamiento del suelo lo que puede provocar la precocidad beneficiosa de ciertos productos hortícolas (Zribi *et al.*, 2011).

2.4.3 Efecto de los acolchados plásticos en el control de malezas

El crecimiento de malezas bajo acolchado depende del color del plástico, es decir, de su transmisividad a la luz solar. El polietileno transparente posee una alta transmisión de radiación solar fotosintéticamente activa, lo que favorece el crecimiento de malezas que compiten por agua y nutriente con el cultivo y además le provocan daño mecánico por levantamiento del acolchado plástico. Sin embargo, se puede evitar totalmente el crecimiento de malezas utilizando un filme que impida el paso de la luz, como es el color negro, el aluminizado coextruido bicolor en que una de sus caras sea de color negro (Valenzuela, 2003).

2.4.4 Efecto de los acolchados plásticos en la estructura física del suelo

La estructura del suelo acolchado se mantiene en un mejor estado que la del suelo desnudo durante más largo plazo gracias a la protección contra los agentes atmosféricos como: el viento y la precipitación. El efecto beneficioso del acolchado en la estructura del suelo es consecuencia principalmente de una amortiguación de la energía cinética de las gotas de lluvia (y aspersion en su caso) que reduce la dispersión física del suelo y el sellado superficial, manteniendo la tasa de infiltración de agua en el suelo (Erenestein, 2002). Además el aumento de la temperatura y de la humedad del suelo favorece la mineralización del suelo, lo que genera una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas (entre otros el nitrógeno) y un aumento de la materia orgánica del suelo.

El acolchado protege el suelo de la erosión de la lluvia, de las tormentas de granizo y de la desecación del suelo por el viento (Smets *et al.*, 2009).

2.4.5 Efecto de los acolchados plásticos en la fertilización del cultivo

El acolchado plástico reduce la lixiviación de fertilizantes puesto que la cama fertilizada es cubierta, por lo que el fertilizante esta menos expuesto a la lixiviación por la precipitación (Santos *et al.*, 2009).

2.5 Acolchado Plástico Foselectivos

En el mercado se encuentra gran diversidad de láminas plásticas utilizadas para el acolchado del suelo, la diferencia es el color, ya que el plástico presentará efectos diferentes puesto que el reflejo será diferente para cada uno los colores.

El color del acolchado plástico determina su comportamiento de energía radiante y su influencia sobre el microclima alrededor del cultivo. La respuesta de las plantas está en función de la interacción de la calidad de la luz reflejada por la superficie del acolchado y por la capacidad de cada color para permitir el paso de la radiación solar e incrementar las temperaturas del suelo (Munguía, 2004).

Actualmente se utilizan diferentes tipos de plástico para el acolchado de suelo, variando en cuanto a espesor y color (negro, gris, blanco, rojo, azul, verde, marrón, metalizado, transparente, café, entre otros).

Dependiendo de las propiedades del acolchado (reflexión, transmisión y absorción), será el grado de influencia sobre la temperatura del suelo y el microclima del follaje del cultivo (Ramírez, 1996).

El impacto micro ambiental del plástico agrícola depende en buena medida de las propiedades ópticas del material (Benavides *et al.*, 1998). La reflectancia (albedo), la absorbancia y la transmitancia (transparencia) en longitudes de onda específicas cambian dramáticamente tanto la radiación transmitida directamente al suelo por el material como la absorbida por el propio plástico, radiación que posteriormente es irradiada como radiación térmica de mayor longitud de onda (Tarara, 2000). Asimismo la cantidad (irradiancia) y la calidad (balance espectral) de la radiación reflejada tienen influencia sobre la actividad fotosintética de la planta (Kasperbauer, 1988), sobre la temperatura del dosel, la composición química de la biomasa vegetal y sobre las respuestas morfogénicas de la planta (Kasperbauer, 1992). Para describir esta última capacidad se utilizan los llamados índices espectrales que se relacionan con las respuestas de crecimiento y de reparto selectivo de biomasa observadas en las plantas (Kasperbauer, 1992; Benavides *et al.*, 1998, 2000).

2.6 Acolchados Biodegradables

Los materiales de acolchado tradicionales son polietilenos lineales de baja densidad, opacos o transparentes, según el ciclo de cultivo en el que se emplee y el efecto que se pretenda de su uso. Estos materiales plásticos tienen unas propiedades mecánicas y ópticas excepcionales, siendo muchas veces los responsables directos del éxito de la plantación (López *et al.*, 2008).

Pero estas mismas cualidades hacen que, cuando se usa de forma reiterada y no se retiran sus restos tras la recolección final, provoquen problemas de contaminación edáfica cuando se entierran, o paisajística, cuando se quedan superficiales y son trasladados por los agentes climáticos a distintos lugares y ecosistemas. La alternativa de los acolchados degradables podría constituir la solución al problema. La aparición de materiales opcionales al polietileno podría dar continuidad al ejercicio del semiforzado en zonas de amplia presencia de esta modalidad de cultivo y donde los costes, la topografía, la dificultad de aplicar sistemas mecanizados, etc., impidieran la retirada de este tipo de material; o bien, porque la introducción de estos materiales no contaminantes, puedan adjudicar a esas producciones el marchamo (Distintivo que se pone a un producto para su reconocimiento) de Integrado o Ecológico (López *et al.*, 2008).

Desde hace tiempo se está investigando sobre la acción microbiana que altera la estabilidad de diversos compuestos plásticos (Abrusci *et al.*, 2003, 2004), siendo un hecho que se produce en los polímeros de síntesis integrados por macromoléculas de altos pesos moleculares. Esto puede estar favorecido por una acción previa prooxidante provocada por la incidencia de la radiación ultravioleta, de 180 a 220 nanómetros y de la temperatura. En otros casos, la acción prooxidante puede estar motivada por la aditivación con metales pesados (Bonhomme *et al.*, 2003), lo que puede provocar una contaminación no deseada (Fenilloley *et al.*, 2003).

La estructura de estos nuevos materiales se creó con la combinación del polietileno y almidón, unidos a poliésteres de origen bacteriano, y que posteriormente eran transformados a productos con características mecánicas próximas a las de los comerciales, pero que al mismo tiempo mostraban su degradabilidad (Bastioli *et al.*, 1990, 1993). Estos materiales, de acuerdo con los componentes que los integran, se podrían

englobar en cuatro grandes grupos; en primer lugar por su origen natural, si este es vegetal, en cuyo caso sería almidón y sus mezclas, acetato de celulosa, etc., o el segundo lugar si es bacteriano, normalmente de poli-3-hidroxibutirato. Un tercer grupo correspondería a los de origen sintético, formulados con materiales renovables, como el ácido poliláctico; y en cuarto, los correspondientes a elementos procedentes de la petroquímica, tal como la policaprolactona, poliésteramida, polivinilalcohol, etc. (Groot *et al.*, 2000).

La duración del período de degradación es una característica fundamental que debe ser claramente especificada en estos materiales, sobre todo en los materiales oxobiodegradables, ya que en los biodegradables generados a partir de materias vegetales, en teoría se degradarán en CO₂ y agua en un corto espacio de tiempo, de 6 a 8 meses, en presencia de las condiciones y medios adecuados. Mientras que en los acolchados formados por sustancias de síntesis, el período de descomposición es mucho más largo, aparentemente entre 18 y 24 meses, aunque no está demostrado en condiciones de campo (López *et al.*, 2007).

2.7 Generalidades de la Radiación Solar

La radiación solar es la fuente de poder que dirige la circulación atmosférica y el único medio de intercambio de energía entre la tierra y el resto del universo, además constituye la base sobre la cual se organiza la vida en nuestro planeta. El origen de la radiación se encuentra en el núcleo del sol, donde se producen reacciones de fusión nuclear entre átomos de hidrógeno que dan origen a átomos de helio.

El defecto de masa producida por esta reacción es liberado en forma de energía. Esta energía es emitida desde la superficie del sol hacia el universo, parte de la cual va a llegar a nuestro planeta. De la enorme cantidad de energía irradiada por el sol, sólo una pequeña fracción incide sobre la atmósfera terrestre (1379 Wm⁻²). Esta cantidad de radiación, conocida como constante solar, está compuesta por radiación ultravioleta (UV), radiación visible y radiación infrarroja (IR). La mayor parte del UV e IR es absorbida por los gases de la atmósfera: en el caso de la radiación UV por el ozono (O₃) en la estratósfera y en el caso de la infrarroja, por el vapor de agua y el bióxido de carbono (CO₂). Dada la substancial absorción de ultravioleta e infrarrojo por los gases atmosféricos, la radiación solar que llega a la biosfera posee una proporción mayor de

radiación visible que aquella que llega a la parte superior de la atmósfera. Así, el ultravioleta alcanza sólo alrededor de 2%, el infrarrojo 53% y el visible alrededor de 45%. (Lee, 2011).

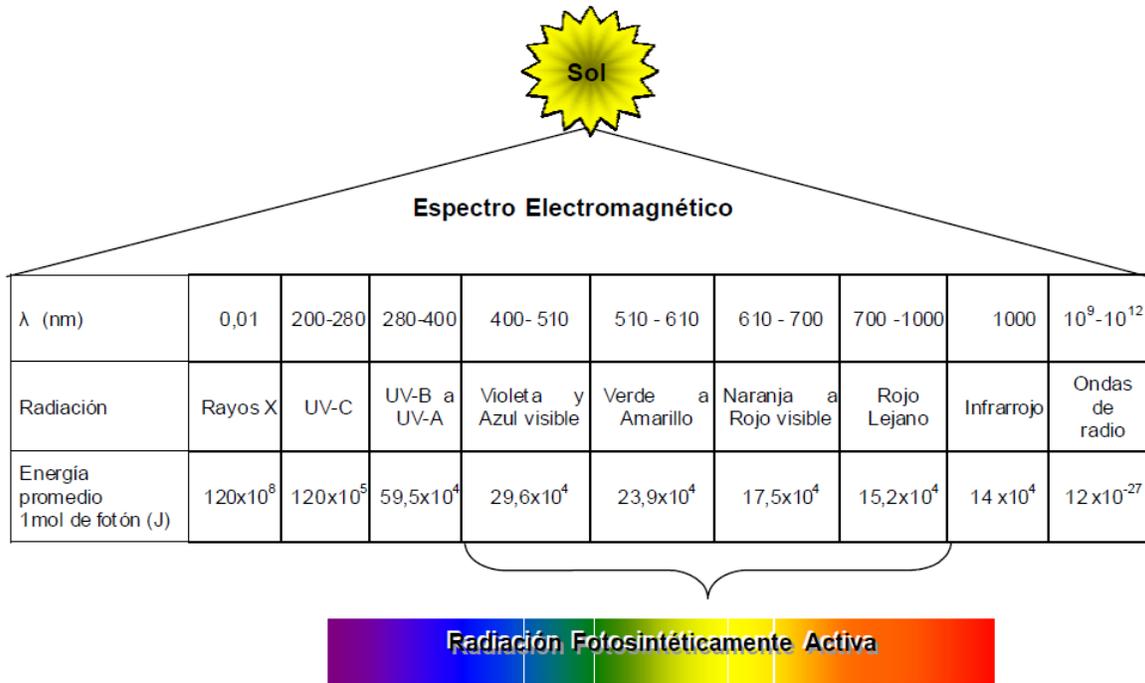


Figura 1.- Distribución del espectro electromagnético en función de la longitud de onda en nanómetros.

La radiación ultravioleta (UV) que llega a la estratosfera de nuestro planeta se divide en tres bandas: ultravioleta-A (320-400 nm), ultravioleta-B (280-320 nm) y ultravioleta-C (200-280 nm) (Karentz1991). La radiación UV-C, que es la más dañina para los organismos, no llega a la superficie terrestre ya que antes de llegar a ésta, se extingue completamente. En efecto, a unos 20 km de distancia de la tierra, las longitudes de onda inferiores a 242 nm son capaces de disociar el oxígeno molecular (O_2), formando átomos de oxígeno los cuales rápidamente se recombinan con el O_2 restante formando ozono (O_3). El ozono absorbe radiación solar entre los 200 y 340 nm, dejando pasar una pequeña parte de la fracción UV-B hacia a la superficie terrestre. Esta fracción de UV-B, junto a la totalidad de la radiación UV-A, más la correspondiente a la radiación visible (400 a 700 nm), forman parte del espectro foto percibido por los organismos en la biosfera.

2.8 Efectos de la Radiación en la planta

La radiación (energía lumínica) emitida por el sol es uno de los principales estímulos exógenos al que las plantas deben adaptarse. Dependiendo de la longitud de onda y/o la intensidad, esta radiación es esencial para la fotosíntesis y el crecimiento de plantas, aunque intensidades de radiación muy bajas o muy altas pueden en ciertas condiciones ser dañinas. Por lo tanto, las plantas han desarrollado mecanismos que les permiten detectar la intensidad y las longitudes de onda de la radiación, para optimizar su crecimiento y desarrollo, y minimizar un eventual daño por exceso o falta de radiación (Lee, 2011).

Como la luz solar es la fuente primaria de energía para las plantas, es hasta cierto punto de esperarse que el ambiente de radiación determine las respuestas de las plantas en muchos ámbitos de su crecimiento y desarrollo. La radiación controla los procesos de fotosíntesis, la morfogénesis y regula también en mayor o menor medida otros procesos como la respiración, movimientos estomáticos, metabolismo del carbono, entre otros (Smith, 1982).

2.8.1 Fotomorfogénesis

Un ejemplo del efecto que la radiación puede tener en las plantas, es la diferencia en el desarrollo y crecimiento que se manifiesta entre plantas crecidas en ausencia y presencia de luz. Plantas crecidas bajo la acción de la radiación desarrollan una morfología denominada fotomorfogénica. En cambio aquellas plantas crecidas en oscuridad, desarrollan una morfología etiolada o skotomorfogénica (Nombre genérico para designar las respuestas de desarrollo de las plantas en condiciones de oscuridad).

Las plantas etioladas tienen hipocotílos alargados con un gancho en el ápice del tallo y con el o los cotiledones no expandidos. Los plastidios de las plantas etioladas se denominan etioplastos, es decir plastidios incoloros (sin clorofila y otros pigmentos fotosintéticos) y con membranas internas aún no organizadas como tilacoides. En ausencia de luz, la síntesis de clorofila no se produce ya que la transformación de su precursor, la proto-clorofila en clorofila, es dependiente de la enzima POR A cuya

expresión es regulada por la luz. Así, en ausencia de luz, esta enzima está inactiva y en consecuencia en tales plantas se acumula proto-clorofila que es de color café (Sullivan *et al.*, 2003, Pinto *et al.*, 2004).

2.8.2 Los fotorreceptores

Los fotorreceptores son moléculas o complejos moleculares capaces de: activarse por fotones de determinadas longitudes de onda; dar inicio a vías de traducción de señales y por esta vía, dotar a los organismos de la capacidad para responder a los estímulos lumínicos. Tal como en los otros organismos, las plantas superiores también han desarrollado fotorreceptores, que les permiten el monitoreo de su entorno a través de la detección de longitudes de ondas específicas. Por ejemplo, la familia de fotorreceptores llamadas “fitocromos” es capaz de detectar radiación en el rango rojo/rojo lejano (600-750 nm). Los fotorreceptores de la familia de los criptocromos y fototropinas son capaces de detectar la radiación en el rango UV-A/ azul (320-500nm) (Sullivan *et al.*, 2003, Pinto *et al.*, 2004).

2.9 Radiación Fotosintéticamente Activa

La radiación solar produce dos tipos de procesos principales: los procesos energéticos (fotosíntesis); y los procesos morfogénicos.

La radiación solar es aprovechada por las plantas para realizar la fotosíntesis. La fotosíntesis es transformación de energía radiante en energía química mediante la asimilación del carbono del CO₂ del aire y su fijación en compuestos orgánicos carbonados.

De la radiación global incidente sobre la superficie vegetal sólo una proporción es aprovechable para la realización de la fotosíntesis: radiación fotosintéticamente activa (o PAR abreviatura en inglés). La respuesta de las plantas es diferente en función de las diferentes longitudes de onda. La clorofila es el principal pigmento que absorbe la luz, otros pigmentos accesorios son el b -caroteno, compuesto isoprenoide rojo que es el precursor de la vitamina A en los animales y la xantofila, carotenoide amarillo.

Esencialmente toda la luz visible es capaz de promover la fotosíntesis, pero las regiones de 400 a 500 y de 600 a 700 nm son las más eficaces. Así la clorofila pura, tiene una absorción muy débil entre 500 y 600 nm, los pigmentos accesorios complementan la absorción de la luz en esta región, suplementando a las clorofilas (Urbano, 1999; Villalobos *et al.*, 2002).

2.10 Morfología del pepino

2.10.1 Clasificación taxonómica del pepino

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Violales

FAMILIA: Cucurbitácea

GÉNERO: *Cucumis* L., 1753

ESPECIE: *sativus* L., 1753

SINÓNIMOS

Cucumis esculentus Salisb, 1796

Cucumis muricatus Willd, 1805

Cucumis sativus chiar Forssk, 1775

2.10.2 Descripciones de la especie

Hierbas anuales, postradas. Tallos angulosos, hispídeos. Zarcillos simples, densa o esparcidamente hispídulos. Hojas pecioladas, pecíolos 4.0-7.0 cm largo, hispídeos; láminas 8.0-12.0 cm largo, 6.0-11.0 cm ancho, cordado-trianguulares, angulosamente 3-5-lobadas, el lóbulo terminal triangular, acuminado, ambas superficies hispídas (Nee, 1993; Krístková *et al.*, 2003).

2.10.3 Floración

El pepino presenta flores monoicas sin embargo, algunos cultivares se presentan con flores andromonoicas, con flores hermafroditas y estaminadas, ginomonoicas, con flores hermafroditas y pistiladas y ginieoicas o únicamente con flores pistiladas); tienen pedicelos 0.8 cm largo, pilosos; perianto pentámero; receptáculo 0.5-0.6 cm de largo, campanulado, piloso; sépalos de 0.45 cm largo, subulados pilosos; pétalos 2.5 cm de largo, campanulada, esparcidamente pilosa por fuera, lóbulos con 0.6 cm de largo.

Sus flores son pistiladas solitarias, junto con las estaminadas; pedicelos 1.0-2.0 cm de largo; perianto como en las estaminadas; ovario fusiforme, tuberculado; estilo 0.1-0.2 cm de largo; estigma lobado, capitado-esférico (Whitaker, 1931; McGregor, 1976; Nee, 1993; Krístková *et al.*, 2003; Comisión para la Investigación y la Defensa de las Hortalizas). Las flores del pepino abren al amanecer y cierran permanentemente por la tarde, alrededor de la 5 pm, siendo más receptivas durante la mañana (McGregor, 1976).

2.10.3.1 Numero promedio de flores por planta

Las plantas de *Cucumis sativus*, típicamente exhiben una expresión sexual monoica y presentan una proporción de flores estaminadas de 10:1 con respecto a las pistiladas, aunque este cociente puede variar dependiendo de la variante cultivada, del uso de reguladores hormonales y de las condiciones del medio ambiente (Whitaker, 1931; McGregor, 1976; Yin *et al.*, 1995; Hossain *et al.*, 2002).

2.10.3.2 Tipo de polinización

La polinización es cruzada. Al ser una planta típicamente monoica, necesita de polinizadores para la transportación de los granos de polen hacia los ovarios y aunque algunas veces se presentan flores hermafroditas, estas tienen un porcentaje bajo de autopolinización o son incapaces de autopolinizarse (McGregor, 1976; Rashid *et al.*, 2000; Chávez, 2001).

2.10.4 Fruto

2.10.4.1 Tamaño y tipo de fruto

Frutos de tamaño variable, cilíndrico u oblongo, tuberculado, al menos cuando es joven, la cáscara (epicarpo) presenta patrones de coloración variables, verde claro a verde oscuro cuando están inmaduros, hasta amarillo a anaranjado al madurar, glabros, lisos o ásperos; pulpa (mesocarpo) abundante, carnoso, de coloración blanca a verde claro cuando esta inmaduro, a amarillo-acuoso cuando madura, el sabor es ligeramente dulce a dulce (Nee, 1993; Krístková *et al.*, 2003; InfoAgro: Pepino; AgroNet).

2.10.4.2 Número de frutos

Se tiene reportado que el número de frutos oscila entre 5 a 41 por planta, lo cual dependerá de la variedad cultivada, del uso de reguladores hormonales y de las condiciones del medio ambiente, entre otras (Cardoso, 2002; Hossain *et al.*, 200

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del Sitio de Estudio

La presente investigación se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano del año 2013, en el campo agrícola experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al noreste de la ciudad de Saltillo, en las coordenadas geográficas: 25°27" de latitud norte y 101°02" de longitud oeste con una altura de 1610 m sobre el nivel del mar.

El clima de Saltillo es templado, semiseco con pocas lluvias en verano e invierno; con una temperatura promedio de 17°C. Los veranos son cálidos con temperaturas que pueden superar los 38°C, el 31 de mayo de 2012 saltillo alcanzó 42°C, las temperaturas llegan a los 33°C en algunos días y presentándose tormentas y lluvias principalmente en las tardes.

3.2 Películas Plásticas de Acolchado

Para el establecimiento del cultivo se utilizaron 6 películas de polietileno de baja densidad con un espesor de 25 micras calibre 100 para blanco y negro; un espesor de 37.5 micras calibre 150 para los colores azul, rojo y metalizado:

- Negro
- Metalizado/negro
- Blanco
- Rojo
- Azul
- Una película biodegradable en color Blanco de 1 m de ancho * 5 m de largo compuesta de almidón y biodacril.

3.3 Material Vegetativo

El experimento consistió en la evaluación de diferentes colores de acolchados en el cultivo de pepino (*cucumis sativus*) híbrido Conquest (PSX 50183) - Criador y vendedor: Petoseed. El cual tiene las siguientes características: pickler predominantemente, vigoroso, espinas, medio de color oscuro de piel verde. Resistencia a: costra, mancha angular, mildiu, oídio, antracnosis, el virus del mosaico del pepino. La variedad se adapta a los medios ambientales de algunos países como: Estados Unidos, México y Canadá.

3.4 Método y Variables de Medición

- Emergencia (15 días) hasta 50% de la población.
- Altura de la planta- 2 plantas / tratamiento * repetición cada 10 días.
- Materia seca – 1 planta / tratamiento * repetición cada 10 días.
 - Área foliar
 - Materia seca de hojas
 - Materia seca de tallos
 - Materia seca de guías
 - Materia seca de frutos
 - Longitud de guías.
- Índice de área foliar – cada 10 días.
- Potencial del agua total en la planta.
- En la cosecha se determinó el peso, diámetro, largo y número de frutos.

3.5 Equipos para la Medición de Variables.

3.5.1 Medidor de área foliar

Para medir el área foliar de las plantas se utilizó el equipo LI-3100 LI-COLOR Biosciences de lectura digital, resolución ajustable y alta repetividad. El cual permite la medición en hojas de márgenes irregulares. Permite la medición de áreas individuales, área acumulada, largo, ancho máximo y ancho medio de las hojas con una resolución seleccionable de 0.10 o 1 mm² y velocidad de la cinta transportadora de 6.7 cm.s⁻¹ a 50 Hz; 8.0 cm.s⁻¹ a 60Hz.

3.5.2 Medidor de radiación fotosintéticamente activa

La radiación fotosintéticamente activa se midió con las barras de radiación marca Apogge Instruments, modelo LQS7010 de 0.70 m de longitud con 10 sensores Quantum los cuales estaban conectados a un data Logger (modelo CR23X, Cambell Sci, Inc).

3.6 Prácticas Culturales

El día 26 de febrero del 2013 se procedió a delimitar el espacio de trabajo con un área de 518 m², posteriormente se barbecho y rastreo el terreno. El día 27 de febrero del 2013 se hicieron los surcos de 4 m de longitud con 2 surcos por unidad experimental con una cama de 0.40 m de ancho y una distancia entre cama y cama de 1.80 m.

La instalación del sistema de riego por goteo se llevó acabo el día 5 de marzo del 2013 y se utilizó la cinta de riego Netafim con separación entre goteros de 0.30 m con un gasto de 0.87 LPH. La colocación del acolchado plástico se realizó el día 19 de marzo.

El tutorado y colocación de polipropileno (rafia) se instalaron los días 29 de abril y 6 de mayo del 2013.



Figura 2.- Preparación de la superficie del terreno para el experimento, desarrollando labores culturales como: arado, barbecho y rastra de la superficie.

3.7 Establecimiento del Cultivo

En el cultivo de pepino se realizó siembra directa el día 12 de abril; se realizaron trasplantes los días 3 y 10 de mayo de charolas preparadas con peat moss en condiciones de invernadero, la variedad que se maneja es un híbrido llamado Conquist. Se manejó el cultivo a tresbolillo con una distancia entre plantas de 30 cm y entre hileras de 20 cm con una densidad de población de 3.7 plantas m^2 . En el cual la parcela útil fue de 52 plantas por unidad experimental.

3.8 Manejo del Cultivo

El tutoreo de la planta se manejó colocando rafia sujeta de un extremo a la zona basal de la planta anudando y en la parte superior a un alambre determinado a cierta altura por encima de la planta manteniéndola erguida, mejorando la aireación, favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales. Se eliminaron los brotes laterales manteniendo solo un tallo principal.

La aplicación de los riegos se realizó de acuerdo a las demandas hídricas, así como por el método de los tanques evaporímetros y al monitoreo del contenido de humedad del

suelo con tensiómetros instalados a una profundidad de suelo de 00-30 cm en cada uno de los tensiómetros.

3.8.1 Método del tanque evaporímetro

La tasa evaporativa de los tanques de evaporación llenos de agua puede ser fácilmente obtenida. En ausencia de lluvia, la cantidad de agua evaporada durante un período (mm día^{-1}) corresponde a la disminución de la altura de agua en el tanque en ese período. Los tanques proporcionan una medida del efecto integrado de la radiación, viento, temperatura y humedad sobre el proceso evaporativo de una superficie abierta de agua.

A pesar de la diferencia en los procesos ligados a la evaporación del tanque y la Evapotranspiración de superficies cultivadas, el uso de la evaporación del tanque para predecir la ET_o para períodos de 10 días puede ser considerado confiable si se usa correctamente. La evaporación del tanque está relacionada con la evapotranspiración de referencia por un coeficiente empírico derivado del mismo tanque:

$$ET_o = K_p E_{pan}$$

Dónde:

ET_o evapotranspiración de referencia [mm día^{-1}],

K_p coeficiente del tanque evaporímetro [-],

E_{pan} evaporación del tanque evaporímetro [mm día^{-1}].

3.8.2 Coeficiente del tanque evaporímetro (K_p)

Existen diversos tipos de tanques evaporímetros. Las descripciones del tanque clase A y del tanque enterrado tipo Colorado. Como el color, el tamaño, y la posición del tanque evaporímetro tienen una influencia significativa en los resultados medidos, los coeficientes del tanque evaporímetro son específicos para cada tipo de tanque evaporímetro.

Para seleccionar el coeficiente apropiado para un tanque evaporímetro dado, se debe considerar no solamente el tipo del tanque, sino también la cobertura del suelo a pesar de la diferencia en los procesos ligados a la evaporación del tanque y la Evapotranspiración de superficies cultivadas, el uso de la evaporación del tanque para predecir la ET_o para períodos de 10 días puede ser considerado confiable si se usa

correctamente. La evaporación del tanque está relacionada con la evapotranspiración de referencia por un coeficiente empírico derivado del mismo tanque:

$$ET_o = K_p E_{pan}$$

Dónde:

ET_o evapotranspiración de referencia [mm día^{-1}],

K_p coeficiente del tanque evaporímetro [-],

E_{pan} evaporación del tanque evaporímetro [mm día^{-1}].

3.8.3 Coeficiente del tanque evaporímetro (K_p)

Tipos y ambiente del tanque evaporímetro

Existen diversos tipos de tanques evaporímetros. Las descripciones del tanque clase A y del tanque enterrado tipo Colorado. Como el color, el tamaño, y la posición del tanque evaporímetro tienen una influencia significativa en los resultados medidos, los coeficientes del tanque evaporímetro son específicos para cada tipo de tanque evaporímetro.

Para seleccionar el coeficiente apropiado para un tanque evaporímetro dado, se debe considerar no solamente el tipo del tanque, sino también la cobertura del suelo donde se ubica el tanque, sus alrededores así como el viento y las condiciones generales de humedad.

Bajo esta característica, dos casos se consideran comúnmente: Caso A en que el tanque evaporímetro se localiza en una zona de pasto corto verde y está rodeado por un suelo en barbecho; y Caso B en que el tanque evaporímetro se localiza sobre un suelo en barbecho y está rodeado por un cultivo verde (FAO,1990).

Para el desarrollo del método de tanques evaporímetros clase A se utilizaron datos estadísticos de años anteriores en el centro de investigación aplicada obtenidos del tanque metálico y de la fibra de vidrio, para el cálculo de la Evapotranspiración y realización del calendario de riego.

3.8.4 Tensiómetros

Las plantas requieren que el suelo mantenga una cantidad de humedad, la cual varía de acuerdo con su especie y su estado de crecimiento o desarrollo, para no caer en la etapa de marchitez. La cantidad de agua que se aplique debe reponer totalmente la humedad requerida por el suelo para establecer lo que conocemos como capacidad de campo. Esta es la cantidad máxima de agua que se puede retener entre partículas del suelo y que está disponible para el uso por las plantas.

El funcionamiento de los tensiómetros consiste en el vacío que se genera o se reduce por la entrada o salida de agua a través de la capsula porosa. Mide el potencial mátrico del suelo en un rango de 0 a 100 kPa. Para obtener el contenido de humedad se debe tener la relación entre θ_w y la tensión (Tens).

Lectura (kPa) Condición de la humedad del suelo 0-10 Suelo saturado (riego o lluvia), 10-25 Suelo a capacidad de campo, 25-50 Zona intermedia de disponibilidad, 50-80 Necesidad de aplicar agua.

La inyección de fertilizantes y agroquímicos se llevó a cabo empleando un inyector Venturi.

3.9 Análisis de Crecimiento

El análisis de crecimiento fue determinado periódicamente cada 10 días tomando una planta por tratamiento y por repetición.

Se determinó la altura de la planta y consecuentemente fueron separados en sus diferentes partes, midiéndose área foliar y colocadas en una bolsa de papel para después introducirlas a la estufa de secado a 75°C por 72 horas y obtener peso seco.

3.9.1 Cobertura de planta

Para calcular el área de cobertura de planta se utilizó la fórmula del área de círculo. Donde el radio se determinó midiendo el diámetro de cobertura en norte-sur y este-oeste el cual se promedió y se obtuvo el diámetro.

$$A = \pi r^2$$

Dónde:

A= área

π = constante

r= radio

3.9.2 Radiación fotosintéticamente activa (RFA)

Para medir la radiación fotosintéticamente activa se colocaron 7 barras de luz de frente al acolchado a 30 cm de altura sobre los diferentes colores de acolchado y en la superficie sin acolchar en el centro de la cama. Todas se conectaron a un Data Logger modelo CR23X, Cambell Sci, Inc., el cual se programó para tomar las lecturas de cada minuto y hacer promedios cada media hora durante toda la etapa del cultivo. El día 21 de abril se colocaron las barras en cada uno de los tratamientos a evaluar.

3.9.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete tratamientos los cuales fueron: acolchado plástico negro (APN), acolchado plástico metalizado / negro (APM/N), acolchado plástico blanco (APB), acolchado plástico rojo (APR), acolchado plástico azul (APA), acolchado plástico biodegradable blanco (ABIO) y sin acolchar (TESTIGO), con cuatro repeticiones y dos camas por unidad experimental. Se muestreó una planta por repetición y se utilizó una cama con una área útil 6.4 m² para rendimiento y otra para los muestreos destructivos. Se realizaron 6 muestreos destructivos, cada 10 días después de la siembra y hasta el final del cultivo. Las variables evaluadas; área foliar, altura de la planta y acumulación de materia seca de tallo y hoja.

3.9.4 Análisis de datos

Los datos fueron analizados usando el programa de SAS (Inst., Cary, North Carolina, EU). Las medias de los datos obtenidos se analizaron usando la prueba diferencia mínima significativa (DMS) (0.05).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se discutirán los resultados obtenidos en la presente investigación, la cual se desarrolló en el ciclo primavera-verano 2013 con un cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L) donde se evaluaron las siguientes variables: Emergencia se midió a los 5, 6, 7, 10, 11, 13, 14 y 15 DDS, altura de planta, área foliar, peso seco de hoja, peso seco de tallo estas mediciones se realizaron a los: 31, 40, 51, 62, 73 y 88 DDS, numero de flores se evaluaron a los 43, 45, 46 y 47 DDS, el potencial hídrico de la hoja se midió a los : 53, 66, 75 y 84 DDS; Además se evaluó la radiación fotosintéticamente activa (RFA) reflejada durante todo el ciclo del cultivo y el rendimiento por cortes y total del cultivo.

4.1 Variables Fenológicas Evaluadas en el Cultivo de Pepino

4.1.1 La emergencia para los tratamientos

La emergencia se determinó a los 5, 6, 7, 10, 11, 13, 14 y 15 DDS; se realizó el análisis estadístico para todos los días pero solo se consideró los muestreos a los 10 y 15 DDS, debido a q los demás días presentaron un coeficiente de variación muy alto (>50%), observándose que en los 10 DDS se encontró diferencia estadísticamente significativa, por lo que se realizó la prueba de medias con la metodología de DMS, siendo el mejor tratamiento el APN con 39.50 plantas emergidas (75 %) seguido del tratamiento el APM/N con 38.75 (74.51%) plantas emergidas (**Cuadro 1**), para el segundo muestreo realizado a los 15 DDS se encontró diferencia estadísticamente significativa siendo el mejor tratamiento el APM/N con 44.25 plantas emergidas (85.09 %), por lo que se consideró que con este porcentaje de emergencia se tendría el 100% de la población en el experimento.

Estos resultados se dan debido a que los acolchados promueven el incremento en la temperatura del suelo y mejores condiciones de humedad en el suelo que son los factores desde el punto de vista fisiológico importantes para promover una buena emergencia. También encontramos que el acolchado biodegradable presenta la misma tendencia que el testigo esto debido a una temprana fechas el acolchado biodegradable se empezó a degradar aun cuando se logró obtener la película de acolchado

biodegradable esta no presentaba buenas propiedades físico-mecánicas dado que al momento de instalación en el campo presentaba rasgaduras y presentaba un índice de dilatación muy alto , además se presentó el fenómeno de que la película al contacto con la cinta de riego se empezaba a fundir dando como resultado que se rompiera en ese punto u obstruyendo la salida de los goteros provocando una des uniformidad en la aplicación y su baja eficiencia.

Cuadro 1.- Comparación de medias de emergencia del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado para los dos muestreos realizados.

TRATAMIENTO	DDS	
	10	15
APN	39.500 a	40.250 ba
APM/N	38.750 a	44.250 a
APB	34.750 a	38.500 ba
APR	37.500 a	41.500 ba
APA	32.750 a	35.750 bc
ABIO	16.250 b	29.500 dc
TESTIGO	11.500 b	26.750 d

‡‡ Medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05% DMS.

En la Figura 3 se puede observar que el APN obtuvo el promedio más alto de emergencia de plantas al inicio del cultivo con un valor 39.50 con un porcentaje de 75 % esto debido a que los acolchados que presentan mayor temperatura tienen mayor emergencia lo que finalmente proporcionara una mayor precocidad del cultivo.

Ham y colaboradores (1993) dice que el acolchado plástico negro absorbe hasta el 96% de la radiación de onda corta recibida, mientras que muy poca se trasmite y refleja, la radiación absorbida por la película de plástico es conducida a la capa del suelo y por consiguiente existe un incremento en la temperatura del suelo.

Debido al calentamiento del suelo, el uso del acolchado sobre todo los de material plástico, tiende a aumentar la precocidad de los cultivos especialmente en variedades tempranas hortícolas y frutícolas (Zribi et al., 2011).

Los tratamientos APN, APR, APM/N, APB y APA presentan una mayor velocidad de emergencia como se puede apreciar en la figura 3 en la cual las pendientes de las curvas es mucho mayor que la pendiente de las curvas de los tratamientos Testigo y ABIO. También podemos observar que finalmente estos últimos tratamientos alcanzan el 50% mientras que el primer grupo de acolchados presenta un 85% lo cual se manifestara en un mayor crecimiento del cultivo.

El acolchado biodegradable no cumplió con su función de incrementar la temperatura lo cual se vio reflejado en la cantidad de plantas emergidas con un valor de 16.25 (31.25 %) con una diferencia del 9.14 % apenas por encima del testigo.

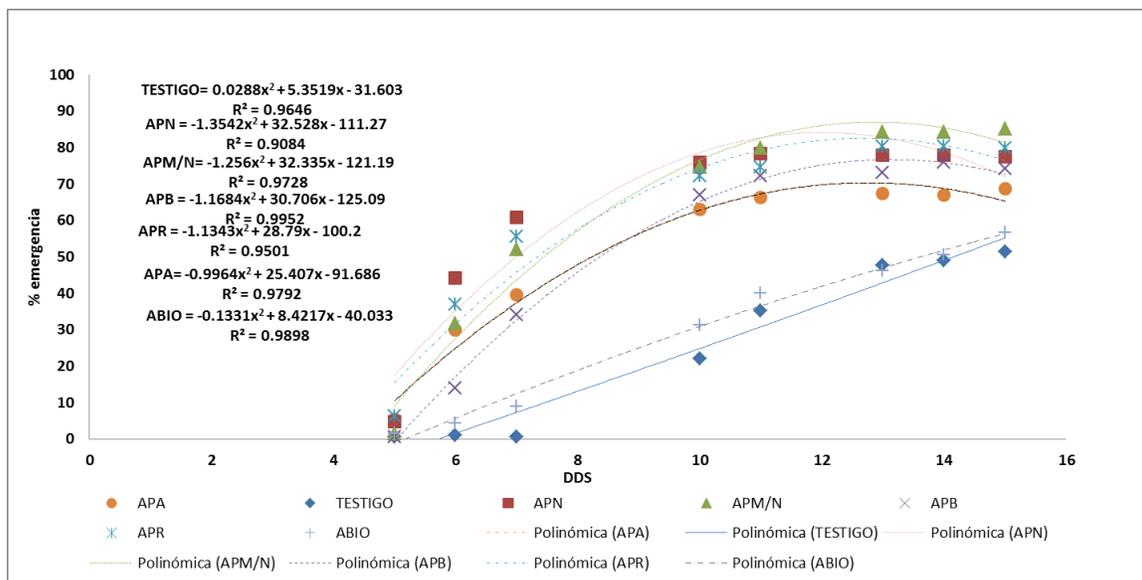


Figura 3.- Medias de emergencia en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.

4.1.2 Altura de planta (H)

La altura de planta se determinó a los 31, 40, 51, 62, 73 y 88 DDS, observándose que en los primeros 31 DDS se encontró diferencia estadística significativa por lo que se realizó la prueba de medias para encontrar el mejor tratamiento ,siendo el tratamiento el APN con 9.62 cm de altura de planta (**Cuadro 2**), seguido del APR con 9.50 cm, para los siguientes dos muestreos 40 y 51 DDS el mejor tratamiento fue el APM/N con 21.37 y 43.50 cm de altura de planta. El muestreo a los 62 DDS presento diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos siendo el ABIO el mejor con 83.41 cm de altura de planta. Para los muestreos a los 73 y 88 DDS no mostraron diferencia significativa en los tratamientos.

En el muestreo 62 DDS se puede observar que el tratamiento ABIO presenta valores significativos altos esto ponen de manifiesto que los acolchados biodegradables pueden ser una alternativa sustentable para la producción de hortalizas dado que se ven beneficios como la altura de plantas , también este resultado se puede deber a que el ABIO se encuentra en desarrollo mientras que los demás acolchados ya están en la etapa productiva dado que no se encontró diferencia estadísticamente significativa a partir de este muestreo.

Cuadro 2.- Comparación de medias de altura de planta del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado para los seis muestreos realizados.

TRATAMIENTOS	DDS					
	31	40	51	62	73	88
	cm					
APN	9.62a	20.62a	40.37a	82.16ab	106.83a	131.50a
APM/N	9.37a	21.37a	43.50	77.74ab	108.87a	140.00a
APB	7.00b	17.50ab	35.50ba	79.41ab	100.20a	121.00a
APR	9.50a	20.75a	42.62a	74.91ab	96.20a	117.50a
APA	7.25b	17.37ab	39.87a	69.41ab	94.58a	119.75a
ABIO	5.50bc	13.31bc	37.62ba	83.41a	101.08a	118.75a
TESTIGO	4.50c	9.25c	27.62b	63.24b	99.91a	136.75a

‡ Medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05% DMS.

En la figura 4 se puede observar que el APM/N obtuvo las alturas promedio más altas hasta el final del cultivo con 140.00 cm, también se observó que la tasa promedio de crecimiento para todos presentó la misma tendencia lineal, solo el testigo presenta una tendencia no lineal, durante el desarrollo de los muestreos podemos observar que el tratamiento ABIO rebasó a todos los demás tratamientos en el muestreo 62 DDS como lo podemos observar en la figura 4 esto debido a que los otros tratamientos ya se encontraban en la etapa productiva, el tratamiento testigo siempre presentó una tendencia ascendente hasta finalmente en el último muestreo alcanzar a todos los tratamientos esto debido también a su menor tasa de crecimiento.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, concuerdan con los obtenidos por Díaz-Pérez (2010) quien encontró que las mejores condiciones de altura de las plantas de pimiento morrón se obtuvieron en el acolchado plata

Según Gayosso (2012), el APM/N proporciona las mayores alturas de planta al final del cultivo lo cual lo atribuye a que el acolchado refleja mayor cantidad de RFA permitiéndole a la planta realizar mayor fotosíntesis.

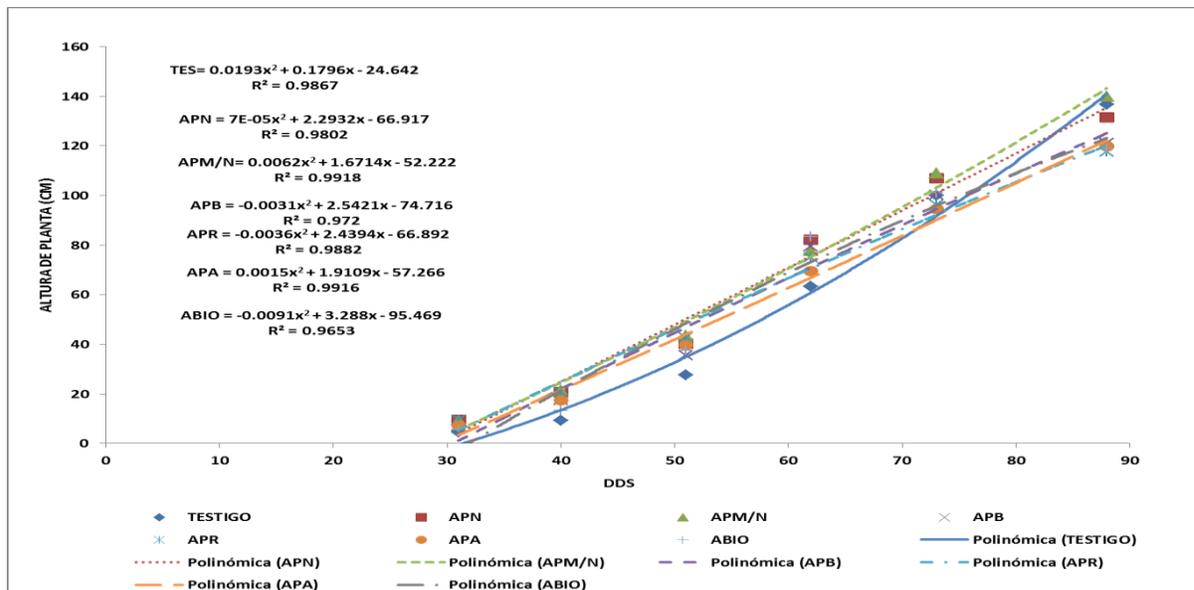


Figura 4.- Medias de altura de planta en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos

4.1.3 Índice de área foliar (IAF)

En los dos primeros muestreos se encontró diferencia estadísticamente significativa a los 31 y 40 DDS siendo el mejor tratamiento el APN donde el índice de área foliar fue de 0.13 y 0.31 seguido del APM/N con 0.08 y 0.29 (**Cuadro 3**). En los muestreos correspondientes a los días 51, 62 y 73 no se encontró diferencia estadísticamente significativa.

Al final del cultivo se presentó el mayor índice de área foliar encontrando al mejor tratamiento el APN con 2.09 a los 88 DDS seguido del ABIO con 1.87.

Cuadro 3.- Comparación de medias de índice de área foliar del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado para los seis muestreos realizados.

TRATAMIENTOS	DDS					
	31	40	51	62	73	88
APN	0.13a	0.31a	0.54a	1.30a	2.54a	2.09a
APM/N	0.08b	0.29ba	0.67a	1.18a	1.88a	1.67ba
APB	0.06cb	0.23ba	0.53a	1.24a	2.11a	1.74ba
APR	0.06cb	0.24ba	0.47a	1.09a	1.78a	1.73ba
APA	0.05cbd	0.18ba	0.59a	1.14a	1.52a	1.20b
ABIO	0.03cd	0.17bc	0.55a	1.49a	1.65a	1.87ba
TESTIGO	0.03d	0.09a	1.23a	1.03a	2.05a	1.68 ba

‡‡ Medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05% DMS

En la figura 5 se observa que al inicio del cultivo de pepino los acolchados fotoselectivos obtuvieron mayor precocidad lo cual se vio reflejado en un mayor índice de área foliar en comparación del tratamiento ABIO y el TESTIGO que presentaron los valores más bajos, esto se debió a que no tienen las propiedades adecuadas para incrementar la temperatura y obtener mayor desarrollo, Hacia el final del cultivo presentaron un incremento ascendente en índice de área foliar esto debido a que los

acolchados fotoselectivos se encontraban en etapa de cosecha mientras los tratamientos ABIO y TESTIGO presentaban etapa de desarrollo.

Gardner y colaboradores (1985) mencionan que la intercepción de la radiación incidente asegura máximas tasa de crecimiento del cultivo, que se encuentran cuando el índice de área foliar aumenta hasta un valor crítico permitiendo captar el 95% de la radiación incidente.

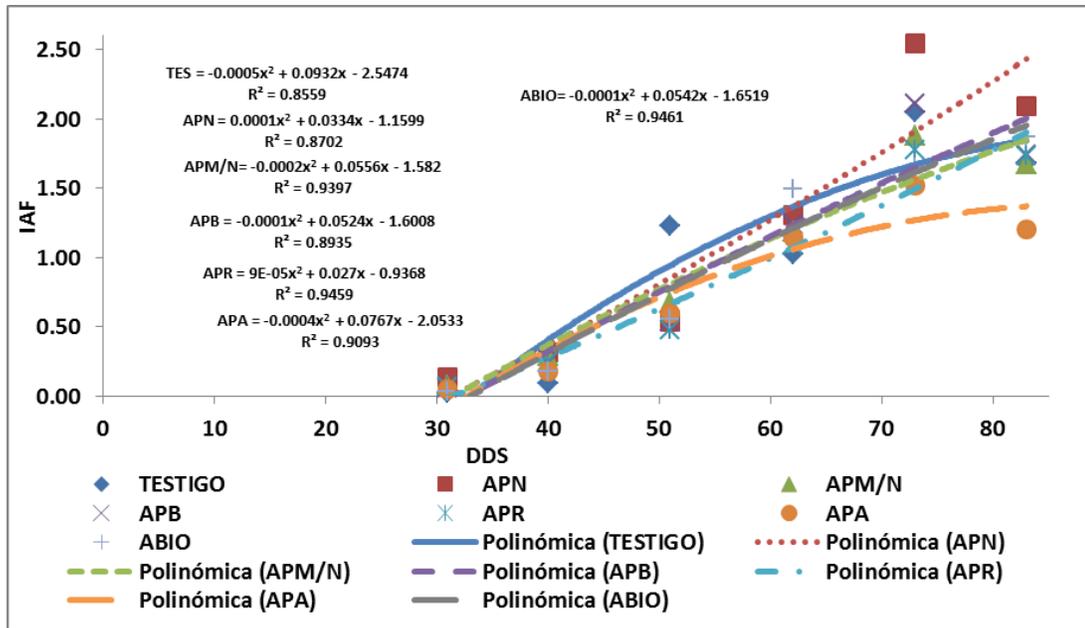


Figura 5.- Medias de índice de área foliar en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.

4.1.4 Peso seco de la hoja (PSH)

En la comparación de medias realizada para los seis muestreos se observa que a los 35 DDS se presentó diferencia estadísticamente significativa siendo el mejor tratamiento el APN con 1.05 gr. seguido del APM/N con 0.75 gr; Sin embargo, en los muestreos 47 y 68 DDS los APM/N y APN mostraron valores más altos de materia seca con un valor de 3.83 y 13.75 gr. En los muestreos 56 y 77 no se mostraron diferencias estadísticamente significativas. Para el final del cultivo el muestreo a los 89 DDS el

tratamiento APR obtuvo el valor más alto de materia seca con 18 gr como se muestra en el **Cuadro 4**.

Cuadro 4.- Comparación de medias de peso seco de la hoja del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos para los seis muestreos realizados.

TRATAMIENTOS	DD					
	35	47	S 56	68	77	89
	---gr---					
APN	1.05a	2.95ba	5.90a	13.75ba	22.44a	17.75a
APM/N	0.75b a	3.83a	6.90a	13.64ba	16.61 a	16.50ba
APB	0.53b c	2.55ba	4.58a	13.63ba	24.19 a	16.25ba
APR	0.49bc	2.43bac	7.27a	13.63ba	20.80 a	18.00a
APA	0.45bc	1.93bc	6.48a	10.06b	17.81 a	10.00b
APBBIO	0.38c	2.15bc	5.54a	17.80a	20.04 a	15.00bc
TESTIGO	0.42c	1.32c	5.27a	10.65b	21.63 a	17.00a

***Medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05% DMS

En la figura 6 se puede apreciar como los tratamientos APN, APM/N y APR alcanzaron los valores más altos de materia seca de hoja y también presentaron mayor índice de área foliar. Quezada y colaboradores (2004) indican que poca área foliar en las plantas afecta la capacidad fotosintética influyendo en la baja acumulación de materia seca y menor capacidad para producir fruto.

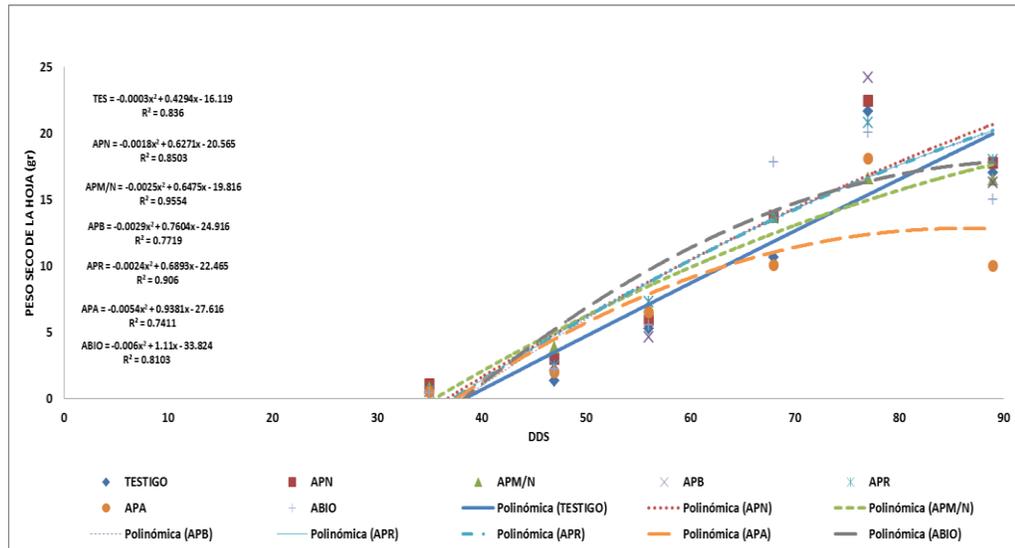


Figura 6.- Medias de peso seco de la hoja en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.

4.1.5 Peso seco de tallo (PST)

En los seis muestreos que se realizaron (**Cuadro 5**) se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cada uno de ellos, en el primer muestreo el tratamiento el APN obtuvo la mayor acumulación de materia seca con 0.21 gr seguido del APM/N con 0.20 gr. el segundo muestreo a los 47 DDS los tratamientos con mayor peso de materia seca de tallo fue el APM/N seguido del APR con valores de 0.96 y 0.76 gr. A los 56 DDS el mejor tratamiento fue el APR con un valor de 2.68 gr seguido del APM/N con 2.61 gr; En el muestreo 68 DDS se encontraron los tratamientos con mayor valor de peso de materia seca fueron el APN y APM/N con valores de 7.21 y 6.97 gr.

En el quinto muestreo 77 DDS el APB obtuvo valor más alto con 9.22 gr y resultando el APM/N con el menor peso seco de tallo con 6.32 gr por debajo del TESTIGO 8.10 gr. En el último muestreo 89 DDS el mejor tratamiento APN obtuvo 9.50 gr seguido del APM/N con un valor de 7.50 gr.

Que representa mayor peso seco de tallo que los acolchados tiene un mejor mayor sistema conductivo de agua y nutrientes.

Cuadro 5.- Comparación de medias de peso seco de tallo del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado biodegradable y fotoselectivos para los seis muestreos realizados en el cultivo de pepino.

TRATAMIENTOS	DDS					
	35	47	56	68	77	89
			---gr---			
APN	0.21a	0.71ba	2.18ba	7.21ba	7.85ba	9.50a
APM/N	0.20a	0.96a	2.61a	6.97ba	6.32b	7.50ba
APB	0.11b c	0.62ba	1.82ba	5.81ba	9.22a	7.25ba
APR	0.13ba	0.76ba	2.68a	6.56ba	7.82ba	8.50ba
APA	0.10bc	0.52b	2.48a	4.61b	7.10ba	4.00c
APBBIO	0.06c	0.49b	1.92ba	8.51a	6.63ba	6.50b
TESTIGO	0.08bc	0.21c	1.40b	4.50b	8.10ba	7.50ba

***Medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05% DMS

En la figura 7 se muestran los comportamientos de los tratamientos APN, APM/N que presentaron los valores más altos de peso seco del tallo, así como en los cuadros 3, 4 y 5 (índice de área foliar, peso seco de la hoja y peso seco del tallo) donde los APN y APM obtuvieron los valores más altos, reflejándose en mayor índice de área foliar y acumulación de materia seca para hoja y tallo.

Por lo que el incremento de la temperatura del suelo por efecto de algunos tipos de acolchado puede ser beneficioso para los cultivos debido al aumento de la mineralización de los nutrientes del suelo (Walsh *et al.*, 1996) Citado por (Zribi *et al.*, 2011).

Las plantas han desarrollado mecanismos que les permiten detectar la intensidad y las longitudes de onda de la radiación, para optimizar su crecimiento y desarrollo, y minimizar un eventual daño por exceso o falta de radiación (Lee, 2011).

La radiación controla los procesos de fotosíntesis, la morfogénesis y regula también en mayor o menor medida otros procesos como la respiración, movimientos estomáticos, metabolismo del carbono, entre otros (Smith, 1982).

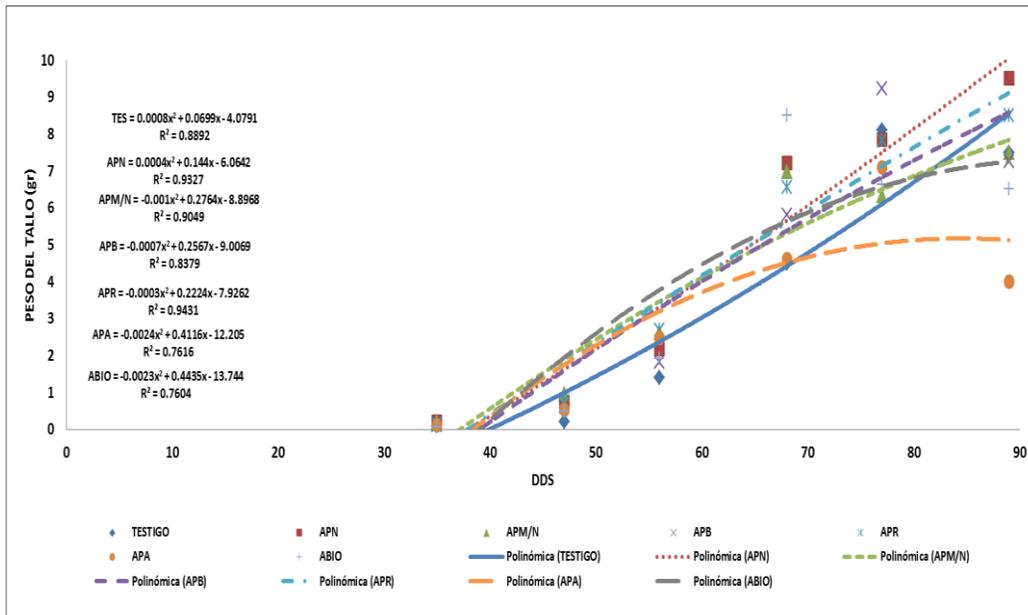


Figura 7.- Medias de peso seco de tallo en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.

4.1.6 Número de flores

Se realizaron cuatro muestreos a partir de los 43, 45, 46 y 47 DDS donde se presentó la etapa de floración en los que se determinó el número de flores en el cultivo de pepino pero solo se consideraron tres muestreos hasta llegar al 50% de plantas en floración para efecto estadístico. A los 45 y 46 DDS se encontraron diferencias estadísticamente significativas encontrando como mejor tratamiento el APN con un valor de 24.50 y 24.25 plantas en floración seguido del APR con 22 plantas. Para los 47 DDS el tratamiento APM/N obtuvo los valores más alto con 25.25% de plantas en etapa de floración.

Cuadro 6.- Comparación de medias de numero de flores en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos para los tres muestreos realizados en el cultivo de pepino.

TRATAMIENTOS	DDS		
	45	46	47
APN	24.50a	24.25a	24.75ba
APM/N	18.25ba	21.75a	25.25a
APB	14.00b	17.25a	17.00ba
APR	22.00a	19.75a	19.50ba
APA	14.00b	15.50a	16.00b
ABIO	5.25c	6.25b	6.50c
TESTIGO	01.25d	3.00b	3.75c

Medias seguida con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05% DMS

En la figura 8 se observa que a partir de los 43 DDS se muestra mayor número de plantas en floración mostrando como resultado al mejor tratamiento APN, también se puede observar la precocidad de los acolchados fotoselectivos con respecto al ABIO y TESTIGO, debido a su lento desarrollo reflejándose en la cantidad de plantas en etapa de floración.

Decoteau y Friend (1991); Kasperbauer y Hunt (1986), mencionan que la acumulación de biomasa, producción de flores y frutos son afectados por el color de plástico ya que al bloquear el paso de la luz incrementan la reflexión aportando luz al envés de la hoja incrementando el proceso fotosintético.

El acolchado modifica la energía que llega al suelo, el intercambio de calor, el balance de energía y el régimen térmico (Gonzalo, 2009).

Las características clave de la radiación que permiten el control de las respuestas de las plantas son: la cantidad de radiación y la calidad de dicha radiación o balance espectral (Valadez, 1989).

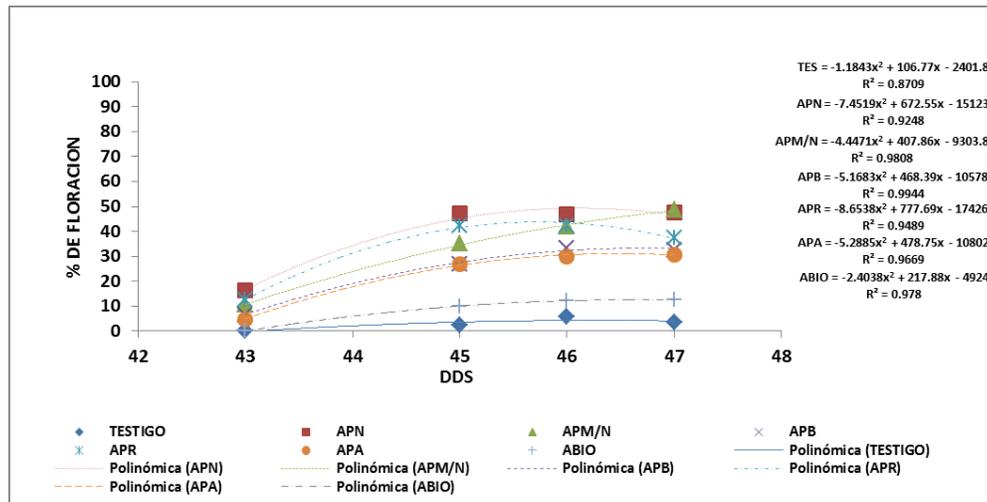


Figura 8.- Medias de número de flores en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.

4.1.7 Potencial hídrico en la hoja (ψ_w)

Se evalúa el potencial del agua en la hoja para los días 53, 66, 75 y 84 DDS, encontrando que el tratamiento APA presenta los valores más negativos de potencial hídrico en la hoja esto debido a que se observó en el campo que se tenía problemas puntuales de salinidad, además como lo observamos en las variables fenológicas. Este mismo comportamiento se presentó para el muestreo de los 66 DDS, para los muestreos de 75 y 84 DDS los tratamientos que presentaron los valores más negativos de potencial fueron el APB y APN con -543 kPa y 523 kPa esto debido a que estos tratamientos ya se encontraban en su etapa final de ciclo del cultivo.

En el tratamiento testigo se presentan valores aceptables de potencial del agua en la hoja esto debido a que se colocó doble cinta de riego con la finalidad de que el tratamiento testigo no esté en desventaja de contenido de humedad en el suelo con respecto a los tratamientos acolchados, porque el efecto que nos interesaba fue la cantidad de radiación fotosintéticamente activa reflejada.

Cuadro 7.- Comparación de medias de potencial hídrico en la hoja del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos para los cuatro muestreos realizados.

TRATAMIENTOS	DDS			
	53	66	75	84
	kPa			
APN	-530b	-457c	-517a	-523a
APM/N	-580 b a	-530bc	-483a	-487ba
APB	-527b	-593ba	-543a	-397d
APR	-533b	-623a	-513a	-400d
APA	-603a	-623a	-523a	-427dc
ABIO	-533b	-563b a	-490a	-463bc
TESTIGO	-523 b	-487c	-500a	-477bac

Medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05% DMS

Con respecto al rendimiento en la figura 9 podemos relacionar que los mayores valores de cosecha se obtuvieron con los tratamientos APB y APM/N que presentan los valores más altos de potencial, del agua en la hoja con valores aproximados de 480 kPa a 430 kPa en el periodo de cosecha.

El estrés hídrico es considerado un estrés abiótico y es probablemente la condición más común y desfavorable por ser el agua un elemento vital que la planta necesita para crecer, desarrollarse y reproducirse de manera ideal, ya que es componente de las plantas en un 90% cuando está verde, éste valor se ve afectado cuando la planta se encuentra en condiciones de sequía o de una excesiva transpiración (Tadeo, 2000).

The International Society of Arboriculture-ISA (2009) menciona que uso de acolchados reduce la evaporación directa del agua desde la superficie del suelo, mantiene una mayor humedad en el suelo, favorece la estabilidad estructural, fertilidad del suelo y reduce la evapoconcentración y salinización del suelo, lo cual beneficia al cultivo en proporcionar un potencial hídrico adecuado para que las plantas no presenten estrés.

El contenido de humedad del suelo varía en función del color del acolchado, se ha observado que el acolchado plata registra los más altos valores de contenido de humedad en el suelo en otoño y el potencial hídrico en primavera. El estado hídrico del suelo también puede variar en función del fabricante de películas de acolchado y la materia prima utilizada, por lo tanto en acolchados del mismo color se pueden obtener diferentes valores de contenido de humedad y estado hídrico del suelo (Díaz - Pérez, 2010)

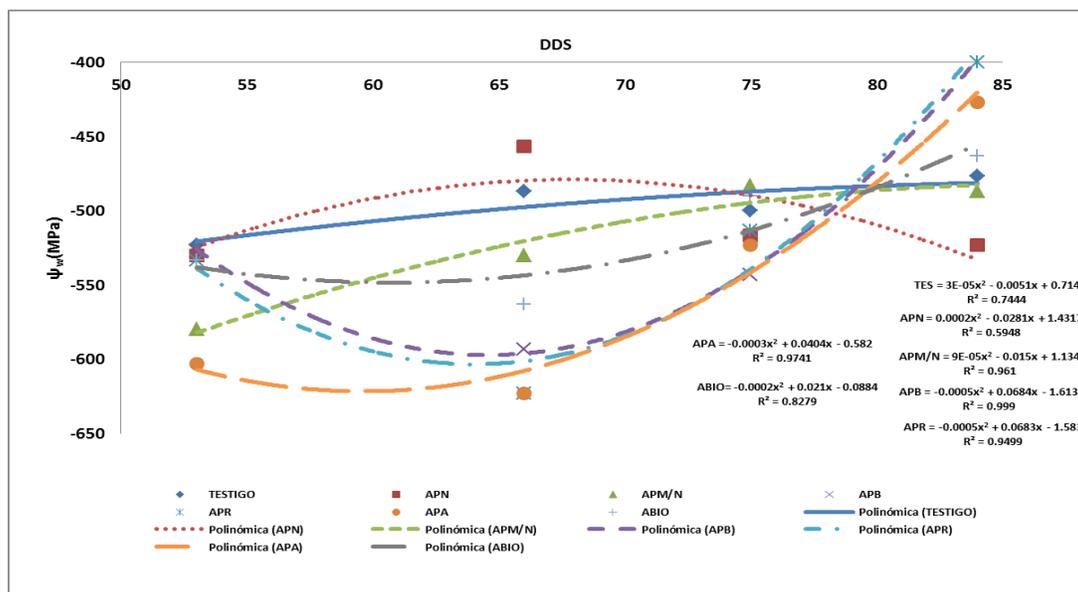


Figura 9.- Medias de potencial hídrico en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.

4.1.8 Parámetros de calidad

4.1.8.1 Longitud de fruto

Para este parámetro de evaluación se consideró medir la longitud de fruto al inicio y al final de la etapa de cosecha para los 62 y 84 DDS donde se encontró diferencia estadísticamente significativa y se realizó la prueba de medias donde se encontró a los 62 DDS como mejor tratamiento el APM/N con 11.28 cm seguido del TESTIGO con un valor de 11.02 cm; Para el muestreo 84 DDS se encontró al tratamiento APR con el mayor valor de longitud de fruto con 10.33 cm seguido del ABIO.

Cuadro 8.- Comparación de medias de longitud de fruto del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado biodegradable y fotoselectivos para los dos muestreos realizados.

TRATAMIENTOS	DDS	
	62	84
	---cm---	
APN	10.91ba	9.73a
APM/N	11.28ba	9.93a
APB	12.24a	9.45a
APR	10.20b	10.33a
APA	10.13b	9.08a
ABIO	10.58b	10.22a
TESTIGO	11.02ba	10.10a

***Medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05% DMS

En la figura 10 se puede observar que el APM/N obtuvo el valor más alto de longitud de fruto con 11.28 cm esto debido a que en las etapas de establecimiento, desarrollo y floración presentó valores altos en cada una de las etapas lo cual se ve reflejado en la longitud de fruto como se muestra en los cuadros 1, 2, 3, 4 y 5.

Ferre (1980) menciona que la radiación fotosintéticamente activa captada por una vegetal determina directamente la producción de fotosintatos influyendo sobre el crecimiento, la producción y la calidad de fruto de las plantas.

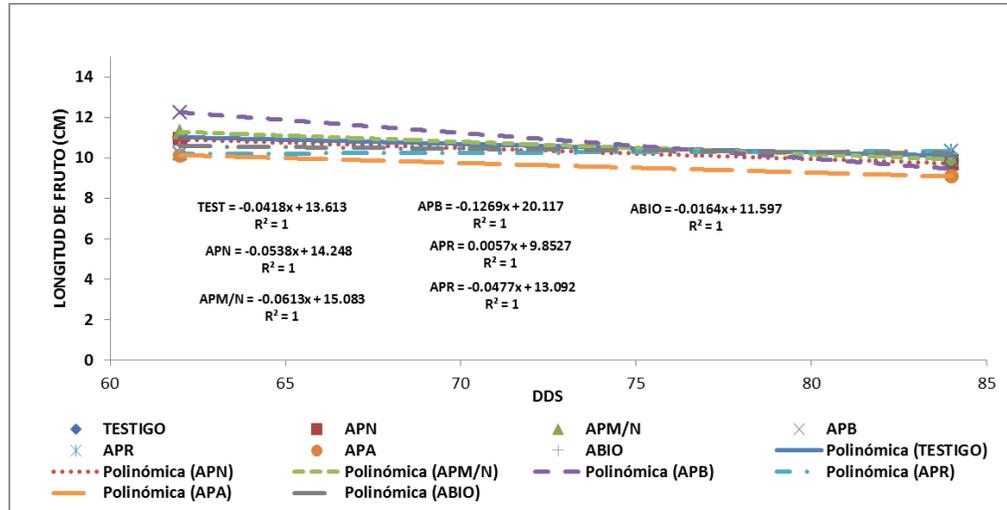


Figura 10.- Medias de longitud de fruto en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos

4.1.8.2 Diámetro de fruto

Para este parámetro de evaluación se consideró medir el diámetro de fruto al inicio y al final de la etapa de cosecha para los 62 y 84 DDS donde se encontró diferencia estadísticamente significativa y se realizó la prueba de medias donde se encontró a los 62 DDS como mejor tratamiento el APB con 4.25 cm seguido del APN con un valor de 3.69 cm; Para el muestreo 84 DDS se encontró al tratamiento APR con el mayor valor de diámetro de fruto con 2.75 cm seguido del ABIO.

Cuadro 9.- Comparación de medias de diámetro de fruto del cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado biodegradable y fotoselectivos para los dos muestreos realizados.

TRATAMIENTOS	DDS	
	62	84
	---cm---	
APN	3.69ba	2.16a
APM/N	3.56ba	2.24a
APB	4.25a	2.23a
APR	3.52ba	2.75a
APA	3.55ba	1.96a
APBIO	3.39b	2.35a
TESTIGO	3.45b	2.20a

***Medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05% DMS

En la figura 11 se puede observar como vino en ascenso esto debido a que los tratamientos ya se encontraban en el final de su etapa de cosecha por lo tanto el rendimiento se vino a la baja.

Montemayor y colaboradores (2006) realizaron un estudio en el cultivo de maíz en el cual concluyeron que una mayor penetración de la RFA hacia los estratos inferiores de las hojas del cultivo, se manifiesta en una mayor altura de planta, diámetro y peso del elote.

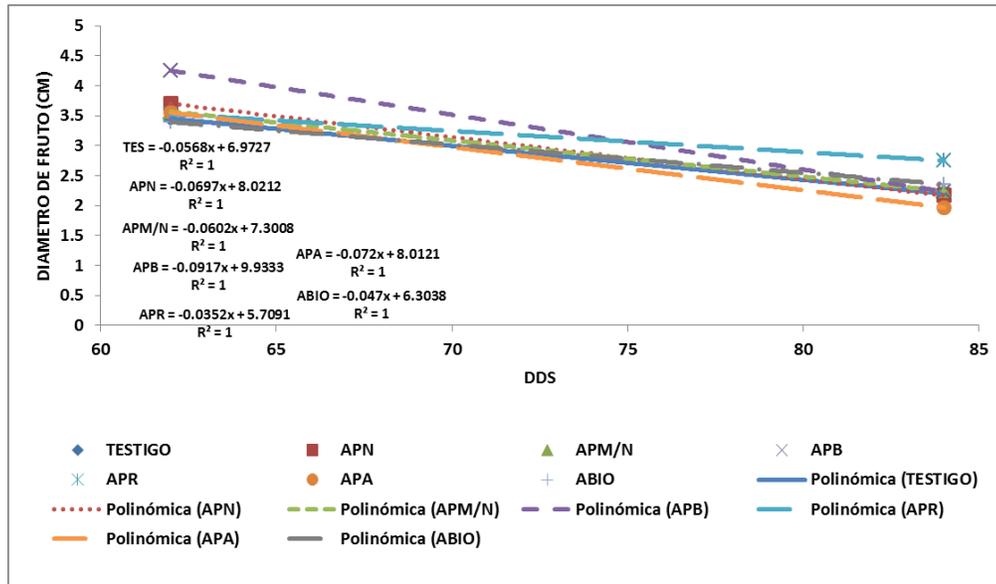


Figura 11.- Medias de diámetro de fruto en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.

4.1.8.3 Rendimiento

Para la variable de rendimiento se agruparon los cortes en periodos de 5 días que en promedio se daban de dos a tres cortes esto debido a que al realizar los análisis de varianza encontrábamos un coeficiente de variación muy alto, el tratamiento del APB fue el que presentó el mayor rendimiento en todos los periodos. En los dos primeros periodos no encontramos diferencia estadísticamente significativa pero para el cuarto y quinto periodo sí se encontró diferencia estadísticamente significativa esto debido a que los tratamientos acolchados ya manifiestan el efecto de la precocidad del cultivo y finalmente en el quinto periodo de nuevo no se encontró diferencia estadísticamente significativa esto debido a que los tratamientos acolchados ya están al final de su etapa vegetativa y el testigo está en plena producción.

Esto también lo podemos corroborar comparando los rendimientos acumulados en los periodos entre el tratamiento APB y el TESTIGO para el primer periodo tienen una diferencia de $6.33 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ a favor del APB; para el segundo periodo presentan una diferencia de $9.7 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, para el tercer periodo una diferencia de $11 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, para el cuarto periodo una diferencia de $7.11 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ y para el quinto periodo una diferencia de

4.3 ton*ha⁻¹, de esto podemos demostrar que la mayor precocidad se da en el tercer periodo de cosecha.

Cuadro 10.- Comparación de medias de rendimiento acumulado para periodos de 5 días en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchado biodegradable y fotoselectivos.

TRATAMIENTOS	DDS					TOTAL
	70	75	80	84	89	
	-TON/HA-					
APN	17.41a	25.67a	34.09ba	40.98ba	44.83a	44.83a
APM/N	15.39a	24.94a	34.87ba	43.23ba	51.51a	51.51a
APB	18.11a	31.77a	43.45a	49.75a	58.70a	58.70a
APR	13.10 ^a	23.16a	32.30ba	39.62ba	46.21a	46.21a
APA	18.22a	28.96a	37.32ba	42.39ba	45.72a	45.72a
ABIO	9.815 a	19.234 a	26.477 b	32.80b	42.47	42.47a
TESTIGO	11.803 a	22.012 a	32.431 ba	42.74ba	54.49a	54.49a

##Medias seguida con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05% DMS

En la figura 12 se muestra como el APB obtuvo los valores más altos acumulados de rendimiento en el cultivo de pepino en cada uno de los periodos evaluados, también se puede observar que el ABIO fue el peor tratamiento con los valores más bajos acumulados de rendimiento.

La utilización de acolchados plásticos favorece un rápido crecimiento y un incremento del rendimiento en productos hortícolas como en el melón (Lamont et al., 1993, Munguía et al., 2004)

Antonio y kasperbauer (2002) concluyen que los colores claros, en especial el blanco, reflejan mayor cantidad de luz en toda la gama del espectro útil para la fotosíntesis y producción fotoasimilados, por lo que concuerda Patil y colaboradores, 2001; Casierra y Rojas, 2009, que mejorando la eficiencia fotosintética del vegetal a través de la exposición de las plantas a una mayor radiación de longitud de onda que mejore su comportamiento y lo oriente hacia la producción de fruta se puede obtener un mayor rendimiento.

La diferencia en rendimiento precoz y total en favor del acolchado puede ser atribuida a que el plástico mejora la estructura física del suelo, aumenta la temperatura del suelo, los fertilizantes están más disponibles para la planta, hay una mejor disponibilidad de humedad del agua del suelo y existe un aumento de CO₂ en el entorno del follaje (Dong y colaboradores, 2009; Jordán y colaboradores, 2010).

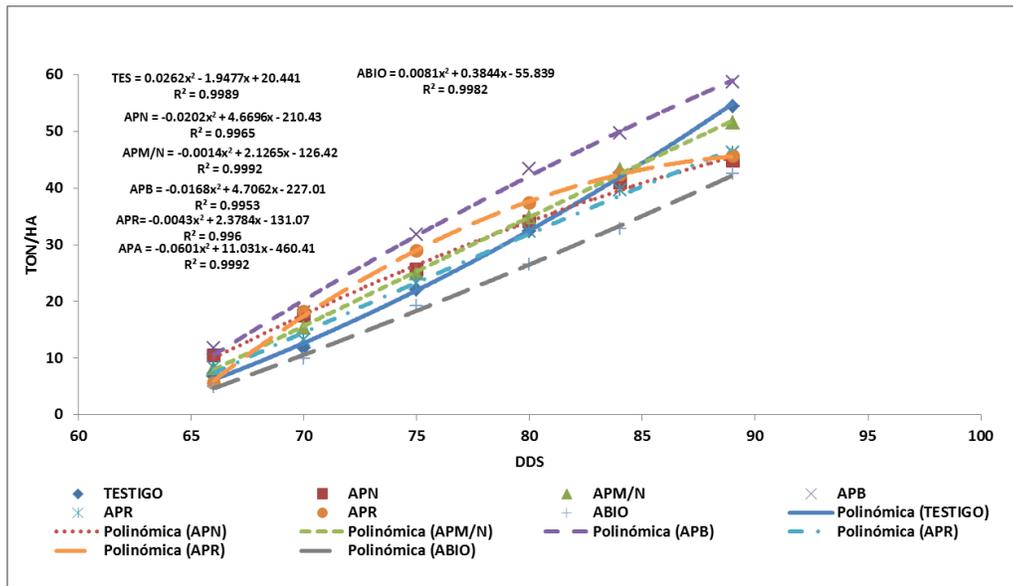


Figura 12.- Medias de rendimiento acumulados para periodos de cinco días en el cultivo de pepino bajo condiciones de acolchados biodegradables y fotoselectivos.

4.2 Radiación Fotosintéticamente Activa Reflejada

Para esta variable se seleccionaron los tratamientos APN, APR y APB, esto se dio en base a la literatura en la cual reporta que el APN es el que refleja menos radiación y el APB es el que más refleja. Según Gayosso, 2012. Los tratamientos ABIO y TESTIGO no se evaluaron debido a su rápida degradación y a su bajo valor de radiación reflejada respectivamente.

4.2.1 RFA reflejada para dos días significativos en las etapas fenológicas del cultivo de pepino.

4.2.1.1 RFA reflejada para dos significativos días en la etapa fenológica de establecimiento.

Se seleccionaron dos días representativos de la etapa fenológica de establecimiento para analizar el comportamiento diario, como se muestra en la figura 13, en la cual podemos observar que el tratamiento APB, seguido del APR Y finalmente el APN con valores de 393.4, 205.5 y 149.4 $\mu\text{moles} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ respectivamente, esto representa un incremento de radiación reflejada con respecto al APN de 163.31 y 37 %. De esto podemos mencionar que las propiedades ópticas del plástico afectan la reflectancia en diferentes porcentajes. En la literatura encontramos que menciona lo siguiente:

La reflectancia (albedo), la absorbancia y la transmitancia (transparencia) en longitudes de onda específicas cambian dramáticamente tanto la radiación transmitida directamente al suelo por el material como la absorbida por el propio plástico, radiación que posteriormente es irradiada como radiación térmica de mayor longitud de onda (Tarara, 2000).

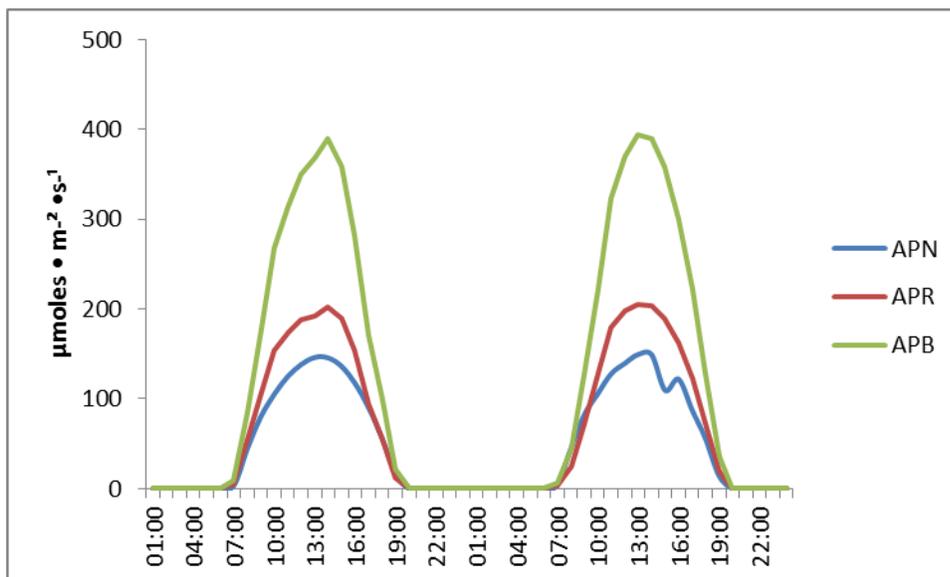


Figura 13.- RFA reflejada para la etapa fenológica de establecimiento del cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: a) APN, b) APR y c) APB.

4.2.1.2 RFA reflejada para dos días significativos en la etapa fenológica de desarrollo.

En este periodo la radiación fotosintéticamente activa reflejada se comporta similar que en la etapa fenológica de establecimiento y con la misma tendencia siendo el APB el que presenta los valores más altos de RFA instantánea, esto debido a que el cultivo todavía no alcanza la cobertura efectiva por lo cual el efecto del acolchado plástico se sigue manifestando en radiación reflejada e incremento en la temperatura del suelo.

El efecto del acolchado en la temperatura del suelo depende de las características ópticas (Reflectancia, Absorbancia y transmitancia) del material de acolchado, siendo siempre la temperatura diurna más baja y la nocturna más alta que en el suelo desnudo (Zribi *et al.*, 2011).

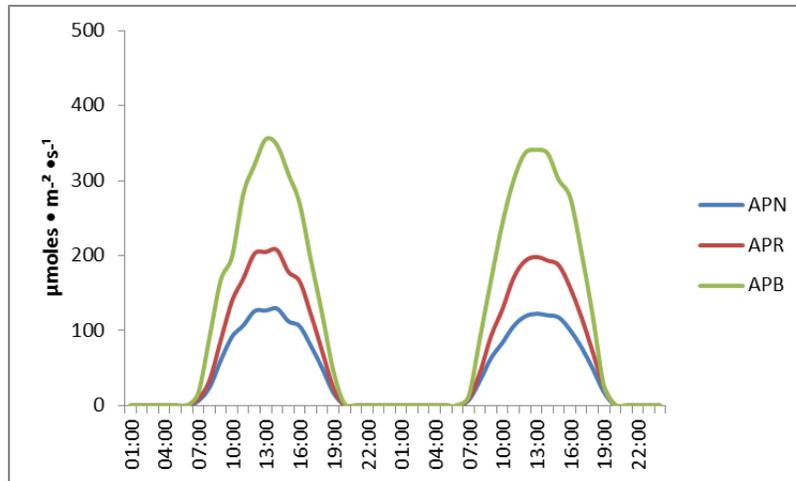


Figura 14.- RFA reflejada para la etapa fenológica de desarrollo del cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: a) APN, b) APR y c) APB.

4.2.1.3 RFA reflejada para dos días significativos en la etapa fenológica de cosecha.

La RFA reflejada en esta etapa fenológica disminuyó drásticamente debido a que la mayoría de la radiación incidente es captada por el follaje del cultivo para estas fechas ya tenemos cobertura efectiva por parte del cultivo y se presentan los valores más altos de índice de área foliar para los tratamientos APB, APR y APN que se presentan en el **Cuadro 3** para los días 62, 73 y 88 DDS.

Como la radiación solar es la fuente primaria de energía para las plantas, es hasta cierto punto de esperarse que el ambiente de radiación determine las respuestas de las plantas en muchos ámbitos de su crecimiento y desarrollo (Smith, 1982).

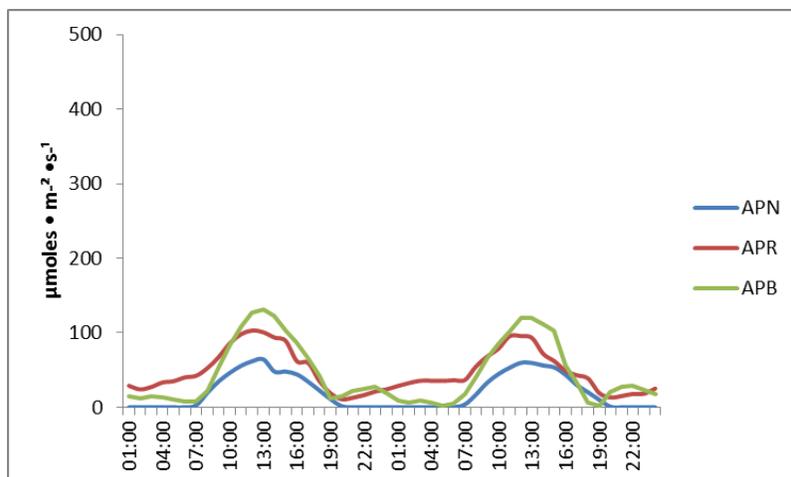


Figura 15.- RFA reflejada para la etapa fenológica de cosecha del cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: a) APN, b) APR y c) APB.

4.2.2 RFA acumulada por día para la etapa fenológica de cosecha en el cultivo de pepino.

En la radiación acumulada por día se obtuvo de la integración de los datos de RFA instantáneos desde 7:00 am hasta 20:00 pm, obteniendo los datos en moles • m⁻² • día.

4.2.2.1 RFA acumulada por día para la etapa fenológica de cosecha.

Se tomó como etapa fenológica representativa la de cosecha que es donde se ve el efecto de la RFA reflejada el que presentó la menor cantidad fue el APN seguido por el APB y finalmente el APR, se puede observar también que tanto el APB y APN presentan una mayor uniformidad de radiación reflejada esto debido a que son acolchados monocromáticos y no así el acolchado de color rojo que dispersa la radiación incidente como se puede observar en la figura 16 b).

Lee y colaboradores (2000), mencionan que una correcta distribución de radiación solar, entre y dentro de los doseles, darán un mejor aprovechamiento de la luz, aumentando la eficiencia fotosintética, menos respiración de mantenimiento y, por lo tanto mayores rendimientos agronómicos.

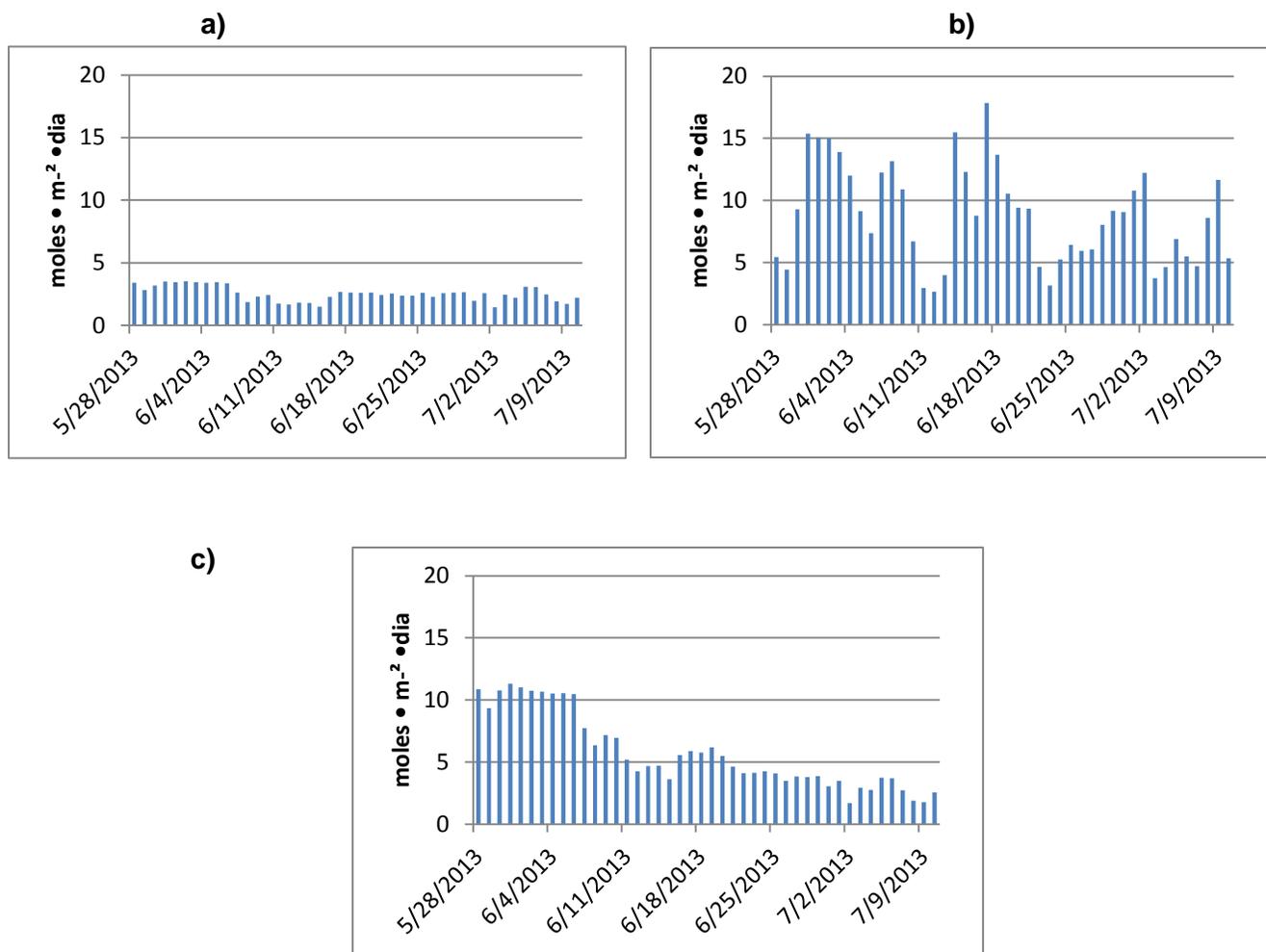


Figura 16.- RFA acumulada por día para la etapa fenológica de cosecha del cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: a) APN, b) APR y c) APB

4.2.3 RFA acumulada para las etapas de establecimiento, desarrollo, floración y cosecha en el cultivo de pepino.

Se calculó la cantidad de RFA acumulado para la etapa de establecimiento, desarrollo, floración y cosecha con una duración de 15 días, 28 días, 4 días y 46 días respectivamente, para las tres primeras etapas fenológicas APB fue muy superior a los otros dos tratamientos alcanzando valores máximos en la etapa de desarrollo, en esta etapa es donde el cultivo acumula más fotosintatos que finalmente esto se reflejaron en un mayor rendimiento, el APB obtuvo un rendimiento de 58.70 ton*ha⁻¹ seguido del APR

con $46.21 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ y finalmente el APN con un valor de $44.83 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$. Esto nos demuestra que a mayor radiación reflejada mayor rendimiento.

Decoteau et al., (1989) reportaron que el acolchado blanco refleja el 62 % del espectro total de la radiación visible, que en RFA es 6 veces mayor que el acolchado plástico negro por lo tanto el acolchado plástico blanco contribuye menos al calentamiento del suelo pero favorece la actividad fotosintética.

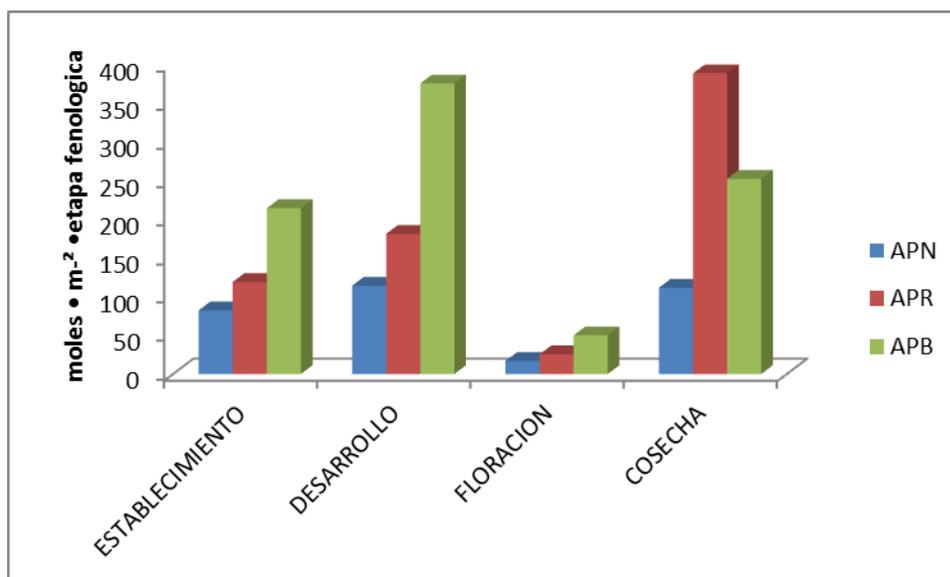


Figura 17.- RFA acumulada para las etapas fenológicas de establecimiento, desarrollo, floración y cosecha del cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: a) APN, b) APR y c) APB.

4.2.4 RFA acumulada para el ciclo del cultivo de pepino.

Se calculó la RFA acumulada para todo el ciclo del cultivo para cada uno de los tratamientos, en donde se encontró que APB fue el que obtuvo el valor más de RFA acumulado con $892.75 \text{ moles} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{ciclo}$, seguido por el APR con $714.70 \text{ moles} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{ciclo}$ y por último el APN con un valor de $324.96 \text{ moles} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{ciclo}$.

Lo cual la figura 18 nos muestra que el APB fue el que acumulo mayor RFA durante el ciclo de cultivo y el que obtuvo mejor rendimiento como se muestra en el Cuadro 10.

Aloni y colaboradores (1996) menciona que A bajos niveles de radiación en plantas de pimiento morrón se tiene una menor tasa fotosintética ocasionando que se reduzca la cantidad de azúcares en la flor y en consecuencia se tienen un mayor aborto floral.

Diaz-Perez y Batal (2002), mencionan que la mayor radiación reflejada en las etapas iniciales de desarrollo puede permitir un mayor crecimiento en las plantas.

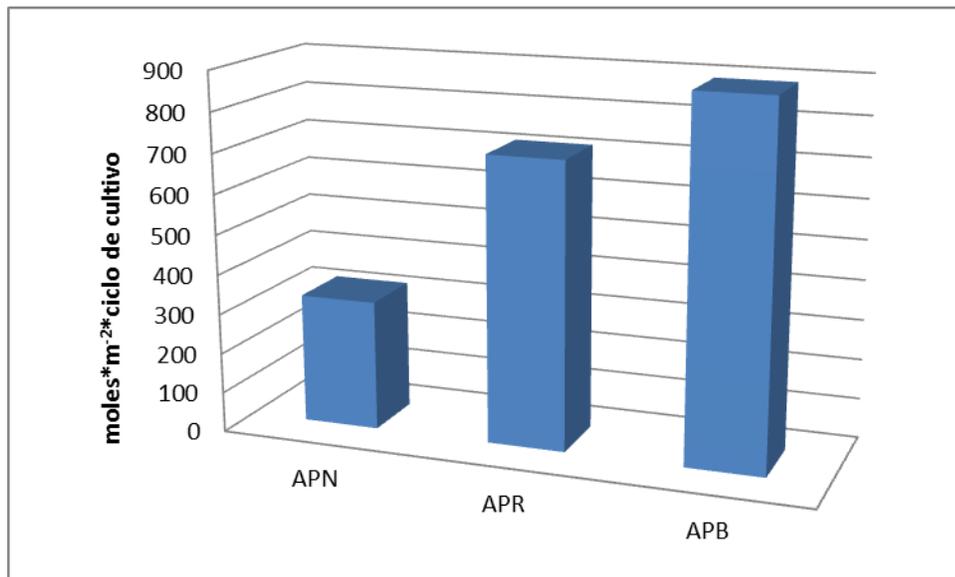


Figura 18.- RFA acumulada para el ciclo de cultivo de pepino con acolchados fotoselectivos: APN, APR y APB.

V. CONCLUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos se llegó a la conclusión que el uso del APB en el cultivo de pepino en el ciclo primavera-verano promueve la RFA acumulada con $892.75 \text{ moles} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{ciclo de cultivo}$ lo cual ayuda en la obtención de mayor rendimiento con $58.70 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$.

También se observó que en la etapa de establecimiento los tratamientos APN y APM/N favorecen la acumulación temperatura obteniendo mayor cantidad de plantas emergidas con un valor de 39.50 y 44.25.

El uso de acolchado plástico favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos comparadas con el suelo desnudo, debido a sus propiedades ópticas mejora la producción y rendimiento del cultivo, siendo las plantas que crecieron en el APM/N las que presentaron mayor altura de planta con 140.00 cm y el APN un índice de área foliar de 2.09.

En cuanto al contenido de materia seca en hoja y tallo los que mostraron los valores más altos fueron el APB y APN con valor de 24.29 y 9.50 gr., También se demostró que el mayor rendimiento se logra con el APB con $58.70 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ atribuyendo que una mayor cantidad de RFA reflejada hacia la planta favorece la fotosíntesis y la producción de fotoasimilados que permiten un mejor crecimiento y desarrollo a las plantas.

El tratamiento ABIO no cumplió con los parámetros deseados debido a su rápida degradación pero mostro datos interesantes en algunas de las etapas lo cual impulsa a seguir estudiando su comportamiento.

De acuerdo a los resultados obtenidos se comprueba que la elección correcta de los acolchados debe estar en función del cultivo, época del año y a las propiedades ópticas de cada color de acolchado que nos permita obtener los resultados deseados.

VI.BIBLIOGRAFIA

- Abrusci C., Martín-González A., Del Amo A., Corrales T., Catalina F. 2003. Biodegradation of type-B gelatin by bacteria isolated from cinematographic films. A viscometric study. *Polym. Deg. Stabil.*
- Aloni, B. and An, Z.Z. 1996. Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in relation to their abscission under different shading regimes. *Annals of Botany* 78: 163–168, 1996.
- Antonious, G. F. and M. J. Kasperbauer. 2002. Color of light reflected to leaves modifies nutrient content of carrot roots. *Crop Science* 42(4): 1211-1216.
- Bastioli C. 1993. Nouveaux produits biodegradable. Les materiaux plastiques. Colloque International: Produits biodegradable et environnement. Rouen. Francia.
- Bastioli C., Belloti V. and Gilli G. 1990. The use of agricultural commodities as a source of new plastic materials. International Symposium. Biodegradable packagings and agricultural films. Paris.
- Benavides A., Maiti R. K., Verde M. J., Foroughbakhch R., Gámez H., Badii M. 1998. Agroplasticultura: Del control micro ambiental al control del metabolismo y la morfogénesis. *Ciencia UANL*.
- Benavides M. A., Maiti R. K., Lozano-González J. 2000. CO₂ assimilation in lettuce plants under photo selective plastic greenhouse films. *PHYTON* 69:51-60.
- Benavides, M. A. 2000. Agroplásticos control micro ambiental, control metabólico y morfogénesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento De Horticultura. Saltillo, Coah.
- Bonhomme S., Cuer A., Delort A. M., Lemaire J., Sancelme M. y Scott G. 2003. Environmental biodegradation of polyethylene. *Polymer Degradation and Stability*.

- Briassoulis D. 2006. Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer Degradations and Stability*. 91: 1256-1272.
- Cardoso A. I. I. 2002. Avaliação de cultivares de pepino tipo caipira sob ambiente protegido em duas épocas de semeadura. *Bragantia* (Campinas), Volumen 61, Número 1.
- Casierra-Posada, F. y J. F. Rojas. 2009. Efecto de la exposicion del semillero a coberturas de colores sobre el desarrollo y productividad del brocoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *Agronomia Colombiana* 27 (1): 49-55.
- Cenobio G., S. F. 2004. Respuesta de la Sandia (*Citrullus lanatus* t.) a diferentes colores de acolchado plastico y riego por goteo cintilla. Unidad regional universitarias de zonas aridas. Universidad Autonoma de Chapingo. Centro de Nacional de Investigacion Disciplinaria en Relaciones Agua Suelo Planta Atmosfera. INIFAP
- Chaudhry MR, Aziz AM and Sidhu M. 2004. Mulching impact on moisture conservation, soil propeties and plant growth. *Pakistan J. Water. Res.* Vol.8(2) pag: 1-8
- Chávez M. C. 2001. Polinización en Cucurbitáceas. Folleto Número 23. INIFAP-SAGAR, Hermosillo, Sonora, México.
- Cook H. F., Valdes SB and Lee H. C. 2006. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays* L. *Soil Till.*
- Decoteau D. R., M. J. Kasperbauer, P. G. Hunt. 1989. Mulch surface color affects yield of freshmarket tomatoes. *Amer. Soc. Hor. Sci.* 114:216-219.
- Decuteau R. D. and Friend H. H. 1991. Plant responses to wavelength selective mulches and row cover a discussion of light quality effects on plants. Department of Horticulture, Clemson, University Clemson. SC29634-0375, U.S.A.
- Díaz-Pérez J. C. & K. D. Batal. 2002. Colored plastic mulch affects tomato growth and yield via changes in root-zone temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127, 127_136.

- Díaz-Pérez, J.C. 2010. Bell Pepper (*Capsicum annum* L .) Grown on plastic film mulches : effects on crop microenvironment, physiological attributes, and fruit yield. *Hort Science* 45(8), pp.1196–1204.
- Dong Z. Y. and Qian B. F. 2002. Field investigation on effects of wheat-straw/corn-stalk mulch on ecological environment of upland crop farmland. *J. Zhejiang Univ. Sci.* 3(2): 209-215.
- Dong, H.Z., Li, W.J., Tang, W., Zhang, D.M. 2009. Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields. *Field Crops Res* (111), 269–275.
- E. Krístkova, Lebada A., Vinter V., Blahousek O. 2003. Genetic resources of the genus *Cucumis* and their morphological description. *Horticultural Science (Prague)*, Volumen 30, Número 1
- Erenstein O. 2002. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications.
- FAO, 1990. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua en los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje.
- Fenilloley P., César G., Benguigui L. and Grohens Y. 2003. Biodégradation des films de paillage en polyéthylène: Conjecture ou réalité? Colloque International: Produits biodegradable et environnement. Rouen Francia.
- Financiera Rural. 2008. La producción de hortalizas en México. Dirección general adjunta de fomento y promoción de negocios y dirección ejecutiva de programas y productos.
- Gardner F. P.; R. B. Pearce, R. L. Mitchell. 1985. *Physiology of crop plants*. Iowa State University, Ames. P.658.
- Gayosso Tolentino Deyanira, 2012. Evaluación de la Radiación Fotosintéticamente Activa Reflejada e Incidente en Acolchados Fotoselectivos y sus Efectos en el Desarrollo y Rendimiento del cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) y Coliflor (*Brassica oleracea*).

- Ghawi I. and Battikhi A. M. 1986. Watermelon (*Citrullus lanatus*) production under mulch and trickle irrigation in the Jordan Valley. *J. Agron.*
- González A, Fernández J. A, Martín P, Rodríguez R, López J, Bañón S, Franco J. A. 2003. Behaviour of biodegradable film for mulching in open-air melon cultivation in South-East Spain.
- Gonzalo C. R. 2009. Manejo de suelos en condiciones de escasez de agua. [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/EA-SA-C7/\\$File/SA-C7.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/EA-SA-C7/$File/SA-C7.pdf)
- Groot L., Parushcke K., Schüsseler P., Weber Ch. and von Zabelitz Ch. 2000. Biologisch abbaubare Werkstoffe im Gartenbau.
- Ham, J.M., Kluitenberg, G.L., Lamont, W.J. 1993. Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:188-193.
- Hanna, H. Y., E. P. Millhollon, J. K. Herrick, and C. L. Fletcher. 1997. Increased yield of heat-tolerant tomatoes with deep transplanting, morning irrigation, and white mulch. *HortScience*.
- Hossain M. A., M. R. Karim, S. Begum, M. A. Haque. 2002. Effect of cephalexin on sex expression, fruit development and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Biological Sciences* (online), Volumen 2, Número 10.
- InfoAgro: Pepino [en línea] <http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm> , consulta: 2005
- Jordán, A., Zavala, L.M., Gil, J. 2010. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semiarid conditions in southern Spain. *Catena* 81, pp. 77–85.
- Juan Ignacio Mucua, I. L. 2005. Utilizacion de acolchados plasticos en tomate y pimiento. *Navarra Agraria*.
- Karentz D. 1991. Ecological considerations of Antarctic ozone depletion. *Antartic Science* 3 (1):3-11 Sullivan JA. & XW. Deng. 2003. from seed to seed: The role of photoreceptors in *Arabidopsis* development. *Dev. Biol.*

- Kasperbauer M. J. and Hunt P. G. 1986. Color Plastic Mulches and tomato Morphogenesis.
- Kasperbauer, M. J. 1988. Phytochrome involvement in regulation of the photosynthetic apparatus and plant adaptation. *Plant Physiol. Biochem.*
- Kasperbauer, M. J. 1992. Phytochrome regulation of morphogenesis in green plants: from the Beltsville spectrograph to colored mulch in the field. *Photochem.*
- Lamont W. J. 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. *Hort Tech.*
- Leal G. R. 2007. Influence of Reflective Mulch on Pinot noir Grape and Wine Quality. Master of Applied Science, Lincoln University. New Zealand.
- Lee A. Meisel, D. C. 2011. Fotorreceptores y Respuestas de Plantas a señales Luminicas. Universidad de la Serena, La Serena, Chile: Fisiología vegetal (F. A. Squeo & L. Cardemi, eds.).
- Lee D. W., S. F. Oberbauer and P. Johnson. 2000. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two Southeast Asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. *American Journal of Botany* 87(4), 447-455.
- López-Marín J., González A., Rodríguez C. M., Guerrero L. 2007. Opción del uso de acolchados biodegradables en cultivos hortícolas al aire libre en ciclos de otoño-invierno en la Región de Murcia. *Revista de plásticos modernos.*
- López-Marín J., González A., Rodríguez, M., Fernández, J. A. 2010. Departamento de Hortofruticultura, Instituto Murciano de Investigación Desarrollo Agrario y Alimentario. C/ Mayor. La Alberca, Murcia. Dpto. Producción Vegetal. Universidad XIII, Cartagena (Murcia).
- López-Marín J., Rodríguez C. M., Gálvez A., González A. 2008. Acolchados biodegradables para prevenir Contaminaciones edáficas y paisajísticas. VIII Congreso científico de SEAE. "Agricultura y Alimentación Ecológica". Departamento de Hortofruticultura. Equipo de Horticultura. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario. Estación Sericícola.

- McGregor S. E. 1976. Chapter 6. Common Vegetables for Seed and Fruit Insect Pollination of Cultivated Crop Plants.
- Montemayor T. J. A., Alejandro Z. G., Jesus O. R., Rogelio A. N., Manuel F. H., Enrique S. S., Jose C. R. Rios, Cirilo V. V., 2006. Efecto en la densidad y estructura del dosel de maíz en la penetración de la radiación. *Phyton* (B. Aires) vol. 75.
- Munguía J., A Zermeño, R Quezada, M. De La Rosa, L Ibarra, A Torres B4 diciembre- 2004. Relación entre los componentes del balance de energía y la resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico.
- Nee M. 1993. Cucurbitácea A. L. Juss. En: Flora de Veracruz. Fascículo 74. Instituto de Ecología A.C. y Universidad de California, Riverside. Xalapa, Ver.
- Pablo Alvarado Valenzuela, H. C. (2003). acolchado del suelo mediante filmes de polietileno. Universidad de Chile.
- Patil G. G., R. Oi, A. Gissinger and R. Moe. 2001. Plant morphology is affected by light quality selective plastic films and alternating day and night temperature. *Gartenbauwissenschaft* 66(2): 53-;60.
- Quero E., G. E. Terán, A. Benavides, F. Hernández, M. S. Valle. 1993. Fertigación carbónica y lumínica en cultivos vegetales. Centro de Investigación en Química Aplicada. Presentado en el Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas, Manzanillo, México.
- Quezada M. Ma. Del R. Munguía L. J. Ibarra J. L., De la Rosa I. M. y Cedeño R. B. 2004. Efecto de acolchados fotoselectivos sobre la acumulación de materia seca y rendimiento en pimiento morrón. Congreso Iberoamericano para el desarrollo y aplicación de plásticos en la agricultura. CIDAPA. Bogotá.
- Ramakrishna A, Tam H. M, Wani S. P., Long T. D. 2006. Effects of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam.

- Ramírez V. J. 1996. El uso de acolchados plásticos en la horticultura. 1ra Ed. UAS. Univ Autón Sinaloa. Dept de Comun Educ y Divulg, Facultad Agron, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. 70p.
- Rashid M. A., D. P. Singh. 2000. Chapter I: Mode of reproduction in vegetable crops A manual on vegetable seed production in Bangladesh
- Romero Edgar, Rodríguez Andy, Rasura, Luis; Suniaga, José y Montilla, Eugenio. 2009. Agricultura Andina / volumen 16.
- Sanders D. C., Konsler T. R., Lamont W. J., and E. A. Estes. 1986. Pepper and Muskmelon economics when grown with plastic mulch and trickle irrigation. Proc. Natl. Agr. Plastics Congr.
- Santos M. B. y Obregón A. H. 2009. Prácticas Culturales para la Producción Comercial de Fresas en Florida. University of Florida. IFAS.
- Smets T., Poesen J. 2009. Impacts of soil tillth on the effectiveness of biological geotextiles in reducing runoff and interrill erosion.
- Smith H. 1982. Light Quality, Photoreception and Plant Strategy. Ann. Rev. Plant Physiol.
- Sullivan J. A. & X. W. Deng. 2003. From seed to seed: The role of photoreceptors in Arabidopsis development. Dev. Biol.
- Taber H. G. 1983. Effects of plastic soil and plant covers on Iowa tomato and muskmelon production. Proc. Natl. Agr. Plastics Congr.
- Tadeo, F. R. (2000). Fisiología de las plantas y el estrés. In: fundamentos de fisiología vegetal. Azcón – Bieto J. y Talón M. (Eds). McGraw-Hill / Interamericana. Madrid, España. Pp. 17-64.
- Tarara J. 2000. Microclimate modification with plastic mulch. HortScience.
- Turney J. and Menge J. 1994. Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc. California Avocado Comission and Citrus Research Board. 8 p.
- Valadez L. A. 1989. Producción de hortalizas. Edit. Limusa México.

- Villalobos F. J. et al. 2002. *Fitotecnia. Bases y Tecnologías de la Producción Agrícola*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Walsh B. D., Salmins S., Buszard D. J. and MacKenzie A. F. 1996. Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content.
- Whitaker T. W. 1931. Sex Ratio and Sex Expression in the Cultivated Cucurbits. *American Journal of Botany*, Volumen 18, Número 5.
- Yang Y. M, Liu X. J, Li W. Q and Li C. Z. 2006. Effect of different mulch materials on winter wheat production in desalinized soil in Heilonggang region of North China. *J. Zhejiang Univ-Sc.*
- Yin T., Quinn J. A. 1995. Tests of a mechanistic model of one hormone regulating both sexes in *Cucumis sativus* (Cucurbitaceae). *American Journal of Botany*, Volumen 82, Número 12.
- Zermeño G. A. 2001. Métodos micro meteorológicos para medir flujos de calor y vapor de agua entre los cultivos y la atmósfera. In: XIII Semana Internacional de Agronomía. Universidad Juárez del Estado de Durango. México.
- Zhang Q. T, Inoue M, Inosako K, Irshad M, Kondo K, Qui G. Y. and Wang S. H. 2008. Ameliorative effect of mulching on water use efficiency of swiss chard salt accumulation under saline irrigation. *J. Food. Agric. Environ.*
- Zribi W., J. M. 2011. Efectos del acolchados sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas *Proc. Natl. Agr. Plastic Congress.* 19:240-248.