

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Riego Parcial de la Raíz en Dos Especies de Chile (*Capsicum annuum* L.)
Bajo Condiciones de Acolchado Plástico**

Por:

HORACIO VELÁZQUEZ ROBLERO

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Riego Parcial de la Raíz en Dos Especies de Chile (*Capsicum annum* L.) Bajo
Condiciones de Acolchado Plástico

TESIS

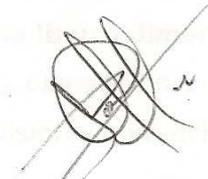
Presentada por:

HORACIO VELÁZQUEZ ROBLERO

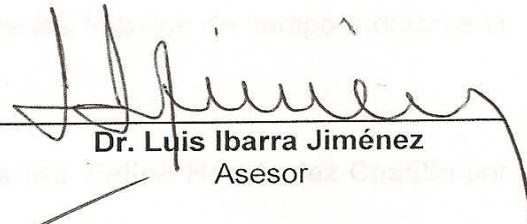
Que se somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como
Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

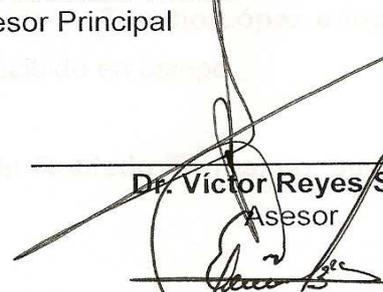
Aprobada por:



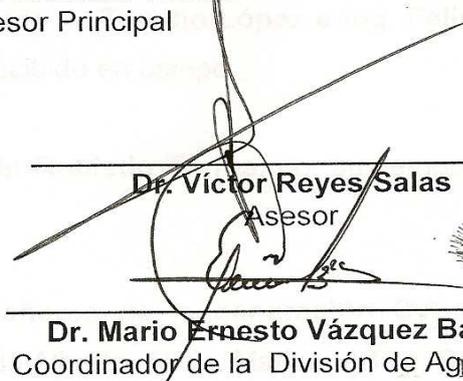
Dr. Valentín Robledo Torres
Asesor Principal



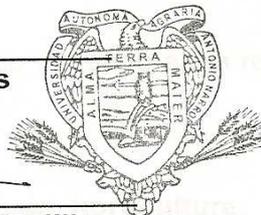
Dr. Luis Ibarra Jiménez
Asesor



Dr. Víctor Reyes Salas
Asesor



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2010

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la vida y por estar siempre conmigo bendiciendo e iluminando mi camino y por darme la oportunidad de vivir, y de seguir siempre adelante.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, MI ALMA MATER, por abrirme las puertas y recibirme con los brazos abiertos, por brindarme la oportunidad de superarme en forma personal como profesional, por formar parte de mi vida, por haberme dado todo, gracias, así como también al Departamento de Horticultura por haberme brindado un poco de su sabiduría y darme la oportunidad de superarme académicamente.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de tesis el cual me ayudó en mi formación.

Al Dr. Luis Ibarra Jiménez, por su paciencia y amistad brindada durante la asesoría en la planeación y conducción de los trabajos de campo y durante la redacción, revisión y corrección de la tesis.

Al M.C. Eduardo A. Treviño López e Ing. Felipe Hernández Castillo por el apoyo técnico recibido en campo.

Al Dr. Valentín Robledo Torres, por su tiempo brindado en la revisión de este trabajo.

A mis compañeros de la generación CVI de horticultura: Belisario, Miguel Ángel, Mario Alberto, Alicia, Marina, Adela, Beyki, Beatriz, Santos, Israel, Rey, Jairo, Adrian, Estela, Mario, Ariosto, Carlos del Carmen, Fernando, José

Nicanor, Catherine, Alberto, Gerardo, Ruby Azeneth, Domingo, Francisco, Alejandro, Argelia, Pedro, Eduardo, Tariacuri, Porfirio, Alfredo, Gilberto, Castor, Roberto, Juan Manuel, Wilver, Darwin, Carlos, Diana y Nallely, a todos ellos por brindarme su amistad incondicional, por compartir los momentos de alegría y de tristeza a lo largo de nuestra carrera universitaria. A todos ellos “MIL GRACIAS”.

A mis amigos: Miguel Ángel, Belisario, Mario Alberto, Jairo, Alicia, Anairan, Santos, Mario, Carlos del Carmen, Marina, Uzias, Arón, Omar, Rolando, Luis Alejandro, Elmer, Isai, Jacobo, Cleiver, José Antonio, Elder Osvaldo, Carlos Eduardo, José Caralampio, Ilse, Marco, Erwin, Aarón, Zorobabel, Carlos, Adán, a todos mis amigos que me impulsaron a seguir adelante durante mi carrera, con quienes compartimos gran parte de nuestras vidas, quienes me brindaron su amistad y su apoyo moral durante todo este trayecto, en realidad muchas gracias.

DEDICATORIA

A mis padres:

Heriberto Velázquez Bravo

A ti padre por darme la oportunidad y la confianza para seguir con mis estudios, por sus sabios consejos, por su gran apoyo cuando mas lo necesito, que cuando tuve la necesidad siempre luchó por darme lo mejor, sin importar obstáculo alguno. Por inculcarme la sabiduría, responsabilidad, amor, disciplina, respeto y sobre todo por tus conocimientos que fueron cimientos para mi formación en la vida, por el amor y esfuerzo, por hacer de mi una persona de bien, por sacar adelante a la familia y por darnos lo mejor de ti, “TE QUIERO PAPÁ” por todo esto quiero decirte “GRACIAS POR SER MI PADRE”.

Isabel Roblero Morales

A ti madre por ser la persona más maravillosa y que mas amo en esta vida, por todo lo que a hecho por mi y por todos mis hermanos, por la mujer que nunca se rinde y lo da todo por sus hijos y sacrifica parte de ella para que todos nosotros estemos bien y tener lo que necesitamos. Para la mujer que es ejemplo de seguir y de gran admiración. GRACIAS MAMÁ, por la confianza depositada en mi para lograr el sueño mas anhelado, por tus sabios consejos, tus oraciones, tus incontables desvelos y por el gran amor incondicional que me das, “TE AMO MAMÁ”.

A mis hermanos:

Leyvi Beatriz
Carmina Isolda

Alina Mareni
Manuel

A ustedes con todo cariño, amor, por todo su apoyo moral que me han brindado para poder concluir mis estudios, a quienes respeto, por sus valores, enseñanzas y por la fortaleza que como familia nos une en los momentos de alegría y tristeza. Gracias hermanos por todo lo que hicieron por mi, eso es algo que nunca podre pagarles, pero que siempre les estaré agradecido, les dedico cada esfuerzo, cada sacrificio mío, por que se merecen eso y mucho más. “LOS QUIERO MUCHO”.

A mi sobrino:

José Ángel Atlamaic Velázquez

Con mucho cariño, por ser la fortaleza y la alegría de la familia, gracias por compartir conmigo tus juegos y risas infantiles. “TE QUIERO MUCHO”.

A mi abuelita:

Fermina Bravo Gomes (†)

A mi viejita por sus sabios consejos, para ella todos mis respetos y admiración aunque ya no este con nosotros, “SIEMPRE LA RECORDARE”.

A mis tíos:

A todos ellos gracias por motivarme a salir adelante, por sus aportaciones y consejos los cuales me han hecho ser un hombre de bien y por el apoyo brindado para lograr terminar mis estudios, por todo esto “GRACIAS”.

A mis primos:

A todos ellos gracias, por que han contribuido en mi vida con momentos llenos de felicidad y por su apoyo moral, con sus juegos y sus sonrisas que me hacen sentir feliz., por todo esto “GRACIAS”.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	xiii
RESUMEN	xvi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo.....	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen del cultivo	4
Importancia económica.....	4
Clasificación botánica	5
Morfología del chile.....	6
Planta.....	6
Sistema radicular	6
Tallo principal.....	6
Hoja.....	7
Flor.....	7
Fruto.....	7
Semilla	7
Requerimientos edafoclimáticos	7
Temperatura	7

Humedad	8
Luminosidad.....	9
Exigencias en suelo	9
Riegos.....	9
Fertilización	10
Importancia nutricional	11
Indicadores de cosecha	11
Generalidades el acolchado de suelos	11
Importancia del acolchado plástico	13
Principales efectos y beneficios del acolchado	14
Control de malezas	14
Humedad del suelo	14
Fertilidad del suelo.....	15
Estructura del suelo y desarrollo radical	15
Efecto de la salinidad del suelo.....	16
Temperatura del suelo	17
Actividad microbiana	18
Producción de cosechas tempranas	18
Incremento en el rendimiento.....	18
Eficiencia en el uso del agua	19
Ventajas y desventajas del acolchado	19
Principales tipos de plasticos para acolchado.....	20
Plásticos tradicionales.....	20
Plásticos transparentes	20
Plásticos negros.....	21

Plásticos bicolors o coextruidos	21
Blanco/Negro	21
Plata/Negro	21
Blanco/Plata	22
La radiación solar en la agricultura	22
Absorción	22
Reflexión	22
Transmisión	23
Radiación reflejada por el acolchado	23
Duración de los plásticos	23
Generalidades del riego por goteo	24
Ventajas del riego por goteo	25
Desventajas del riego por goteo	25
Riego parcial de la raíz	26
Acolchado plástico y riego por goteo	27
MATERIALES Y MÉTODOS	29
Localización geográfica del sitio experimental	29
Descripción del sitio experimental.....	29
Clima.....	29
Suelo.....	30
Calidad del agua de riego	30
Material vegetativo.....	30
Diseño experimental	31
Establecimiento del experimento	32
Producción de plántula.....	32

Preparación del terreno.....	33
Instalación del sistema de riego.....	33
Acolchado de camas.....	33
Riego de preplantación	33
Transplante	33
Manejo del cultivo	34
Entutorado	34
Riegos.....	34
Fertilización.....	34
Deshierbes.....	34
Aplicación de productos químicos.....	35
Cosecha.....	35
Variables evaluadas.....	35
Área foliar.....	35
Peso seco de planta.....	35
Determinación de N, P, K y S.. ..	36
Unidades SPAD	36
Número de frutos comerciales	36
Rendimientos comercial.....	36
Número de frutos de rezaga	36
Rendimiento de rezaga.....	37
Rendimiento total	37
Eficiencia en el uso del agua	37
Temperatura del suelo	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38

Chile chilaca.....	38
Criterios de riego.....	38
Número de frutos comerciales	38
Número de frutos de rezaga	40
Rendimiento comercial.....	40
Rendimiento de rezaga	41
Rendimiento total	41
Determinación de N, P, K y S.	42
Área foliar.....	42
Peso seco de planta.....	43
Unidades SPAD	43
Eficiencia en el uso del agua	44
Comparación entresuelo acolchado y suelo desnudo.....	44
Temperatura del suelo acolchado y desnudo	45
Número de frutos comerciales y rendimiento comercial.....	46
Número de frutos de rezaga y rendimiento de rezaga	46
Rendimiento total	47
Determinación de N, P, K y S	47
Área foliar.....	48
Peso seco de planta.....	48
Unidades SPAD	49
Eficiencia en el uso del agua	49
Chile pimienta	51
Criterios de riego.....	51
Número de frutos comerciales	51

Número de frutos de rezaga	53
Rendimiento comercial.....	53
Rendimiento de rezaga	53
Rendimiento total	54
Determinación de N, P, K y S	54
Área foliar.....	55
Peso seco de planta.....	55
Unidades SPAD	55
Eficiencia en el uso del agua	56
Comparación entresuelo acolchado y suelo desnudo.....	57
Número de frutos comerciales y rendimiento comercial.....	57
Número de frutos de rezaga y rendimiento de rezaga	58
Rendimiento total	59
Determinación de N, P, K y S	59
Área foliar.....	60
Peso seco de planta.....	60
Unidades SPAD	60
Eficiencia en el uso del agua	61
CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Título	Pág.
1	Temperaturas críticas para chile en las distintas fases de desarrollo.	8
2	Descripción de los tratamientos en estudio.	32
3	Análisis de varianza y cuadrados medios en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" bajo acolchado plástico y riego parcial de la raíz (CIQA, 2009).	39
4	Comparación de medias en las variables número de frutos comerciales y número de frutos de rezaga, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" (CIQA, 2009).	40
5	Comparación de medias de la variable de rendimiento, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" (CIQA, 2009).	41
6	Comparación de medias en la determinación de N, P, K y S, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile Anaheim.	42
7	Comparación de medias en las variables área foliar, peso seco de planta y unidades SPAD, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" (CIQA, 2009).	43
8	Rendimiento en ton/ha, volumen de agua aplicada y eficiencia en el uso del agua, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" (CIQA, 2009)	44
9	Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en la variable de temperatura en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" (CIQA, 2009)	45

10	Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en las variables número de frutos comerciales y número de frutos de rezaga en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" (CIQA, 2009).	46
11	Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" en la variable de rendimiento (CIQA, 2009).	47
12	Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en la determinación de N, P, K y S, en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" (CIQA, 2009).	48
13	Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en las variables área foliar, peso seco de planta y unidades SPAD en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" (CIQA, 2009).	49
14	Rendimiento en ton/ha, volumen de agua aplicada y eficiencia en el uso del agua, bajo suelo acolchado y suelo desnudo en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" (CIQA, 2009)	50
15	Comparación de medias en las variables número de frutos comerciales y número de frutos de rezaga, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile pimienta var. "Capistrano" (CIQA, 2009).	51
16	Análisis de varianza y cuadrados medios en el cultivo de pimienta morrón var. "Capistrano" bajo acolchado plástico y riego parcial de la raíz (CIQA, 2009).	52
17	Comparación de medias en la variable de rendimiento, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile pimienta var. "Capistrano" (CIQA, 2009)	53
18	Comparación de medias en la determinación de N, P, K y S, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile pimienta var. "Capistrano" (CIQA, 2009).	55
19	Comparación de medias en las variables área foliar, peso seco de planta y unidades SPAD, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile pimienta var. "Capistrano" (CIQA, 2009).	56
20	Rendimiento en ton/ha, volumen de agua aplicada y eficiencia en el uso del agua, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile pimienta var. "Capistrano" (CIQA, 2009).	56

21	Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en las variables número de frutos comerciales y número de frutos de rezaga en el cultivo de chile pimiento var. "Capistrano" (CIQA, 2009).	58
22	Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en el cultivo de chile pimiento var. "Capistrano" en la variable de rendimiento (CIQA, 2009).	58
23	Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en la determinación de N, P, K y S, en el cultivo de chile pimiento var. "Capistrano" (CIQA, 2009).	59
24	Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en las variables área foliar, peso seco de planta y unidades SPAD en el cultivo de chile pimiento var. "Capistrano" (CIQA, 2009).	60
25	Rendimiento en ton/ha, volumen de agua aplicada y eficiencia en el uso del agua, mediante suelo acolchado y suelo desnudo en el cultivo de chile pimiento var. "Capistrano" (CIQA, 2009)	61

RESUMEN

El presente trabajo se llevo a cabo en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), durante el ciclo primavera-verano del año 2009; que se encuentra ubicado al noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila. El objetivo planteado del presente trabajo es: determinar si el riego parcial de la raíz puede mantener o aumentar el rendimiento productivo en el cultivo de Chile Pimiento y Chilaca, con una misma o menos cantidad de agua. El diseño experimental que se utilizó para este trabajo de investigación fue bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. Las parcelas grandes factor A fueron: A) Suelo acolchado y suelo desnudo. Cada parcela grande se dividió en B) criterios de riego: aplicar el 100% de agua, aplicar 75% de agua y aplicar 50% de agua.

Para el experimento se utilizó el cultivo de Chile pimiento morrón var. "Capistrano" y Chile tipo Chilaca variedad Anaheim cv. "Joe Parker, cuya plantación se realizó el 24 de mayo de 2009. La longitud de cada unidad experimental fue de 7.0 m, la distancia entre surcos fue de 1.8 m, y una distancia entre plantas de 0.25 m.

Las variables evaluadas fueron: área foliar, peso seco de planta, determinación de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, unidades SPAD, número de frutos comerciales, número de frutos de rezaga, rendimiento comercial, rendimiento de rezaga, rendimiento total, uso eficiente del agua y temperatura del suelo.

Para el cultivo de chile chilaca el mayor rendimiento total lo presentó el tratamiento que se regó al 75% con 11.36 kg/parcela y para pimiento fue cuando se regó al 100% con 8.08 kg/parcela.

El mayor uso eficiente del agua para el cultivo de pimiento fue de 4.244 kg/m³ y lo registró el tratamiento que se regó al 50% superando al tratamiento regado al 100% con 23.91% (1.015 kg/m³). En el cultivo de chilaca el mayor uso eficiente del agua fue para el mismo tratamiento con 5.759 kg/m³ siendo mejor que el tratamiento regado al 100% con un incremento de 24.48% (1.41 kg/m³), ya que este fue el que presentó menor eficiencia en el uso del agua en ambos cultivos.

Para determinación de contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en el cultivo de pimiento se absorbió mejor cuando se regó al 75%; en cambio en el cultivo de chilaca cuando se regó al 100% se absorbió mejor el nitrógeno, fósforo y azufre absorbiéndose también el azufre de igual manera cuando se riega al 50%, en cambio el potasio se absorbió mejor cuando se regó al 75%.

La mayor obtención de unidades SPAD en el cultivo de chilaca fue cuando se regó al 100% en la primera lectura y en la segunda lectura fue cuando se regó al 50%. En cambio en el cultivo de pimiento sucedió lo contrario a este cultivo.

En el cultivo de chilaca el tratamiento acolchado presentó el mayor número de frutos comerciales y el mayor rendimiento total con 12.21 kg/parcela, superando al suelo desnudo con 22.44% (2.74 kg). En el cultivo de pimiento el suelo acolchado presentó el mayor número de frutos comerciales y el rendimiento total fue de 8.12 kg/parcela superando al suelo desnudo con 10.96% (0.89 kg).

La mayor eficiencia en el uso del agua lo tuvo el tratamiento acolchado en ambos cultivos con 5.69 kg/m^3 en chilaca y 3.78 kg/m^3 en pimiento.

En el cultivo de pimiento el nitrógeno, fósforo y potasio se absorben mejor en el suelo acolchado, mientras que el azufre se absorbe mejor en el suelo desnudo, y en el cultivo de chilaca solo el nitrógeno se absorbe mejor en suelo desnudo. El tratamiento con acolchado presentó mayor área foliar y mayor peso seco de planta en los dos cultivos.

PALABRAS CLAVE: Riego parcial de la raíz (RPR), unidades SPAD, uso eficiente del agua (UEA).

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.), después del jitomate, es el cultivo hortícola más importante desde el punto de vista socioeconómico y alimenticio en México. Los cultivos hortícolas y en específico el chile, tienen altos requerimientos de agua y nutrimentos. Sin embargo, en los ambientes agroecológicos donde se produce, el agua es uno de los factores que más limitan su producción, para preservar el agua de riego es necesario usarla de manera eficiente en los sistemas de producción agrícola bajo riego. Los sistemas de riego localizado constituyen una buena alternativa para lograr este objetivo. Conjuntamente a la aplicación del agua es posible dosificar los nutrimentos que el cultivo de chile requiere durante su desarrollo (Tijerina, 1999).

El agua es un recurso escaso en el mundo (Postel, 1998) y, por consiguiente, existe la urgente necesidad en desarrollar y adoptar prácticas eficientes en el ahorro de agua para riego. Esto se debe a que 85% del agua dulce del mundo se usa en el riego de tierras agrícolas (Van Schilfgaarde, 1994). Una reducción en agua para riego podría incrementar la disponibilidad de ésta para otros propósitos (Obreza *et al.*, 1996). El riego parcial de la raíz (RPR) es un término adoptado como sinónimo de Partial Rootzone Drying, concepto introducido por Dry y Loveys (1998).

El riego parcial de la raíz (RPR) es una estrategia potencial en el ahorro de agua para riego (aproximadamente 50%) donde sólo una parte del sistema radicular se riega alternadamente y su complemento se deja sin riego, hasta un determinado nivel de abatimiento de la humedad en el suelo (Stoll *et al.*, 2000).

Se estima que el RPR podría mantener el rendimiento similar a plantas bien regadas (Loveys *et al.*, 2000). Esto se basa en que el potencial hídrico de plantas bajo RPR se equilibre con la parte de la zona radical que se encuentra en el suelo húmedo y por lo tanto, sea similar a plantas con riego completo.

El RPR es una forma de riego deficitario (RD). Uno de los problemas relacionados con RD en tomate es el desarrollo de pudrición apical de fruto (Adams y Ho, 1992; Obreza *et al.*, 1996). Este desorden fisiológico se induce presumiblemente por un lento transporte de calcio y su baja acumulación en la parte distal del fruto (Bangerth, 1979). Además de otros factores, los sistemas de riego también se han involucrado en la promoción de este problema (Carrijo *et al.*, 1983).

El acolchado plástico puede contribuir a mejorar la asimilación de nutrimentos, incrementar el crecimiento de la zona radical, por lo tanto mejorar las condiciones de disponibilidad de agua y nutrimentos además de que aumenta la temperatura de suelo lo que provoca que los nutrimentos estén más disponibles para la planta, mejora la estructura del suelo, evita el crecimiento de malezas, pero sobre todo permite ahorrar agua hasta en 40% debido a la barrera antievaporativa de la humedad del suelo, esta condición podría aumentar las posibilidades de ahorro de agua mediante el riego parcial deficitario (PRD). El RPR en combinación con acolchado plástico puede aumentar el crecimiento del vástago de las plantas, evitar aporques y aumentar el rendimiento de los cultivos hasta un 50%, aumentar el sistema radical, la absorción de nutrimentos por la planta y determinar como el ajuste estomático cambia la habilidad de regular y mejorar el uso eficiente del agua bajo RPR, por lo que se plantea que es necesario determinar las variaciones en la tasa de transpiración, apertura estomática y tasa fotosintética.

El riego por goteo, el acolchado y los cultivos protegidos han contribuido a incrementar el uso eficiente del agua (UEA) mediante una significativa

reducción de pérdidas por evapotranspiración (Stanghellini *et al.*, 2003; Jones, 2004; Kirnak y Demirtas, 2006). Los países mediterráneos como España e Israel aumentaron en las pasadas décadas la superficie de riego por goteo y cultivos bajo plástico. China ha aumentado considerablemente la investigación en esas técnicas. China, recientemente ha surgido como el mayor productor de plantas ornamentales y hortalizas (cerca de 2 millones de ha) y tiene alrededor de 15 millones de ha con suelo acolchado (Costa y Hauvelink, 2004). Sin embargo, el uso de riego por goteo se encuentra demasiado restringido (Blanke *et al.*, 2007) sugiriendo que el UEA puede todavía ser optimizado mediante la adopción de más eficientes prácticas de irrigación.

Estrategias de déficit de irrigación tienen el potencial de optimizar el UEA en la horticultura. Sin embargo, el déficit de irrigación en el rendimiento y calidad de los productos son para cultivos específicos. El conocimiento de cómo diferentes cultivos con déficits medios de riego es la base para el éxito de la aplicación de déficit de irrigación en la práctica.

Objetivo

Determinar si el riego parcial de la raíz puede mantener o aumentar el rendimiento productivo en el cultivo Chile Pimiento y Chilaca, con una misma o menos cantidad de agua.

Hipótesis

El riego parcial de la raíz y acolchado plástico aumenta el rendimiento de Chile Pimiento y Chilaca.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Cultivo

El cultivo de chile tiene una tradición cultural en México y es considerado como originario de América donde ha sido cultivado desde épocas muy remotas. Después del descubrimiento de América, este cultivo se ha difundido por todo el mundo (Pilatti y Favaro, 1999). Otras fuentes como SARH (1994), mencionan que esta planta es originaria de América tropical, encontrándose restos prehistóricos de este género en Ancon y Dacha prieta en Perú donde estuvieron ampliamente distribuidos.

Por su amplia distribución y la capacidad de adaptarse, el pimiento (*Capsicum annuum* L.) está dentro de las hortalizas y se considera como una de las más importantes en México, donde se aclimató permanentemente y ahora en la actualidad es de suma importancia a nivel mundial, por su mayor consumo especialmente en estado fresco e industrializado (Valadez, 1996; Pozo, 1983).

Importancia Económica

En México, el chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos más importantes por ser parte de la dieta de los mexicanos por lo tanto es el de mayor consumo popular, en cualquiera de sus formas de uso fresco. En nuestro país existe una gran diversidad de chiles de diferentes tipos en cuanto a tamaño, sabor, color y pungencia. Su importancia radica también en la superficie sembrada siendo un total de 92,987 hectáreas: lo que requiere

aproximadamente de 120 a 150 jornales por hectárea durante todo el año, esto hace de gran importancia económica las zonas productoras de Chile ya que genera una importante fuente de empleo y entrada de divisas al país por concepto de exportación (De Santiago, 1996).

De la producción nacional de Chile se consume internamente el 80%, lo cual determina su importancia además de su exportación. México generó en 1995, 113 millones de dólares por concepto de Chile, de los cuales el 64% corresponden a los chiles pimientos y el resto a los distintos tipos de chiles (Randolph, 1996). En México el Chile se produce en todo el país por su amplia adaptabilidad, lo que permite permanecer en el mercado todo el año y forma parte del grupo de hortalizas.

Clasificación Botánica

Según Janick, (1985) es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: *Tracheophyta*

Subdivisión: *Pteropsida*

Clase: *Angiospermae*

Subclase: *Dicotyledonae*

Orden: *Solanaceales*

Familia: *Solanaceae*

Género: *Capsicum*

Especie: *Annuum*

Morfología del Chile

El pimiento pertenece a la familia de las solanáceas, la cual incluye otras especies importantes para el hombre como son: la papa, el tomate, etc. Puede comportarse de diferente manera dependiendo de la zona donde se cultive, puede ser en forma anual para zonas templadas y perene en las regiones tropicales. Esta puede crecer de 25 cm a 120 cm de altura, tiene tallos erectos, herbáceos y ramificadas de color oscuro, con hojas oblongas lanceoladas y sus flores son de color blanco, solitarias localizadas en la inserción de las hojas, las cuales posteriormente son convertidos en frutos de forma variada, los cuales presentan una pared poco carnosa y contiene semillas blancas aplanadas (Pillatti y Favaro, 1999; Valadez, 1996).

Planta: herbácea, perenne, con ciclo de cultivo anual, de porte variable entre los 0.5 metros (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 metros (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero).

Sistema radicular: el cultivo de chile cuenta con un sistema radicular pivotante y profundo. La mayoría de las raíces están situadas a menos de los 40 centímetros de profundidad del suelo, aunque en algunas variedades de la misma especie, su sistema radicular pueden llegar a profundidades desde los 70 centímetros hasta los 120 centímetros y lateralmente se pueden extender también hasta los 120 centímetros alrededor de la planta, esto dependiendo del tipo de suelo (Guenko, 1983).

Tallo principal: Pozo (1983), establece que el chile tiene un aspecto semileñoso, se ramifica al menos unos 20 centímetros sobre la superficie del suelo. Con un crecimiento limitado y erecto, herbáceo, subleñoso, cilíndrico o prismático de 30 a 120 centímetros de altura, varía según la variedad y zonas. (Guenko, 1983), considera que los tallos tienden a lignificarse cuando la planta alcanza una cierta edad.

Hoja: las hojas son simples alternas, lanceoladas, planas, brillantes, con dimensiones variables de 7.5 a 12.5 centímetros de ancho, pecioladas, enteras, la base es cuneada o aguda, presenta un pedicelo de una forma ovoide alargada (Valadez, 1999, citado por Martínez, 1999).

Flor: las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógama, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10 por ciento.

Fruto: es una baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades cambian del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos (INFOAGRO, 2003).

Semilla: las semillas son redondeadas y ligeramente reniformes miden de 3 a 5 mm de longitud, están insertadas sobre una placenta cónica de disposición central, y son de color blanco a amarillo pálido (Valadez, 1996).

Requerimientos Edafoclimáticos

Los factores ambientales son fundamentales en toda producción agrícola, ya que son los que determinan la mayor o menor floración y como consecuencia un rendimiento favorable de producción (fruta).

Temperatura

Es una planta exigente en temperatura (más que el tomate y menos que la berenjena).

Cuadro 1. Temperaturas críticas para Chile en las distintas fases de desarrollo.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento	20-25 (día)	15	32
Vegetativo	16-18 (noche)		
Floración y	26-28 (día)	18	35
Fructificación	18-20 (noche)		

Los saltos térmicos (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) ocasionan desequilibrios vegetativos. La coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15 y 10°C) da lugar a la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías: pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc.

Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos.

Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%, especialmente durante la floración y cuajado de frutos, es ideal para un óptimo crecimiento. Durante las primeras fases de desarrollo tolera una humedad relativa más elevada que en otras etapas. Pero por otra parte la humedad relativa mayor puede traer problemas de plagas y enfermedades, y la humedad relativa menor

con temperaturas altas pueden provocar excesiva transpiración y abortamiento de flores (Burgueño, 1997).

Luminosidad

El pimiento exige luminosidad durante todo su ciclo vegetativo, por lo que se le considera una planta de día largo, especialmente durante su floración, ya que por lo contrario sus flores serán débiles y escasas, además provocan el alargamiento excesivo de la planta, frutos y ciclo vegetativo (Valadez, 1996).

Hernández, (2002) considera que el total de la radiación solar que llega a la tierra es reflejada, otra parte absorbida por el suelo y la restante es utilizada por las plantas principalmente para la fotosíntesis.

Exigencias en suelo

El cultivo de chile se adapta a diferentes tipos de suelo, pero prefiere suelos profundos, de 30 - 60 centímetros de profundidad, de ser posible franco limoso o franco arcilloso, con altos contenidos de Materia Orgánica y bien drenados (Cano, 1998). Es clasificado como una hortaliza moderadamente tolerante a la acidez, reportándose valores de pH 5.5- 6.8; también está clasificado como una hortaliza mediamente tolerante a la salinidad soportando contenidos de 2560-6400ppm (4 a 10 mmhos) (Valadez, 1996).

Riegos

La mayoría de estas especies exigen un suelo con humedad constante durante todo su desarrollo, la falta de agua se caracteriza por el follaje verde oscuro y por la caída de flores. Con un exceso de humedad en el suelo, la planta pierde la coloración natural en las hojas, estas irregularidades en los riegos favorecen la necrosis apical en los frutos. La frecuencia de los riegos varía en función de las condiciones climáticas del lugar y el tipo de suelo (Cano, 1994).

Al tercer día del trasplante se da un riego o baño, posteriormente a los seis u ocho días otro riego. La frecuencia de los riegos es variable dependiendo de la zona, tipo de suelo y de las condiciones climáticas, así como la edad de la planta. Los riegos son ligeros, cuando se trata de riego rodado se debe de evitar que el agua no haga contacto con el tallo, solo debe de llagar al lomo del surco, el lapso de los riegos posteriores son de 15 a 20 días (Burgueño, 1997).

Fertilización

Valadez, (1996) considera que esto puede variar según la región, mas sin embargo, generalmente se puede realizar la primera aplicación antes del trasplante o a los ocho días después y la segunda al inicio de la floración.

Un plan de fertilización al suelo se hace usualmente en 2 aplicaciones una primera dosis alta en nitrógeno y fósforo para permitir el desarrollo de plantas vigorosas, follaje, raíces y otros órganos, la segunda aplicación, rica en potasio y elementos menores (con un menor contenido de N y P) se hacen antes, durante y después de la floración. Su fin es promover la floración, así como el llenado de frutos de buen peso, apariencia y calidad.

La fertilización al suelo puede complementarse con aplicaciones foliares. En la aplicaciones foliares, es importante emplear un producto como el Surfacid, que corrige el PH del agua, mejora la adherencia, penetración y efectividad de los agroquímicos y foliares, a razón de 1cc/litro de agua (1/2 copa de 25 cc por mochila de 4 galones). Cuando no se aplica en forma fraccionada el nitrógeno, se han observado algunas deficiencias moderadas de este nutrimento en suelos desnudos, por lo tanto es necesario en la utilización de acolchados (Ibarra, 1997).

Importancia Nutricional

Este tipo de cultivo se destaca por su alto contenido de ácido ascórbico, valor que incluso es superior al de los cítricos, con 10 veces más alto también en vitamina A; aspecto que lo caracteriza. En la placenta y septas de los chiles principalmente se ubican unas glándulas ricas en alcaloides, entre lo que prevalece la capsicina que determina el grado de pungencia del fruto, eso puede variar según la madurez y el cultivar (Cano, 1998 citado por Martínez, 1999).

Indicadores de Cosecha

Existen muchas maneras para determinar el estado de madurez del fruto, como son su tamaño, forma, color, firmeza y textura, características bien vistas de cada una de las variedades. Para la textura se requiere un fruto completamente liso y de color verde brillante. Con pungencia intermedia y para tener una buena comercialización debe tener el pedúnculo adherido al fruto (Laborde, 1983; Pozo, 1983).

Generalidades del Acolchado de Suelos

Antiguamente el acolchado se asociaba directamente al empajado, en la era moderna el plástico ha desplazado totalmente a los residuos vegetales empleados con el fin de proteger la estructura del suelo, de la acción de los agentes climáticos adversos, que sin lugar a duda causan demasiados problemas a la agricultura. En nuestros tiempos y en base a la necesidad de las exigencias para las explotaciones agrícolas, se utiliza la técnica del acolchado para ahorrar agua, obtener cosechas más precoces, frutos de mayor aspecto comercial y estado sanitario del mismo. El acolchado tiene aspectos favorables

sobre el suelo y el ambiente como: conservación de la humedad, mantenimiento de una buena estructura y una mejor utilización de los nutrientes, evitando daños al fruto y la eliminación de malas hierbas cuando se utilizan plásticos opacos (Rebolledo *et al.*, 1996).

INFOAGRO (2002), define el acolchado como una práctica muy antigua que consiste en cubrir al suelo generalmente con una película de polietileno negro de unas 200 galgas, con el único objeto de aumentar la temperatura del suelo, disminuir la evaporación del de agua, impedir la emergencia de malezas, aumentar la concentración de CO₂ y aumentar la calidad de frutos; esto se puede realizar antes de la plantación o después y el procedimiento permite cosechas precoces y abundantes.

La técnica del acolchado se puede aplicar en dos modalidades: el acolchado total y el parcial. Las dos presentan variantes; el uso de polietileno como cobertura de las camas ha dado excelentes resultados y se incrementa de manera sustantiva en el mundo. Los más utilizados han sido los plásticos negros, pero se han descubierto grandes beneficios adicionales con el desarrollo de los polietilenos fotoselectivos y coextruidos, que además de bloquear el paso de luz producen también una reflexión, con la cual aportan luz al reverso de las hojas, estimulando la fotosíntesis y por lo tanto la precocidad y el tamaño de los frutos. Los polietilenos con propiedades fotoselectivas son la más reciente innovación de plásticos para cobertura de suelos, estos plásticos tienen la capacidad de absorber la parte del espectro lumínico que estimula el proceso fotosintético, morfológico y dejan pasar el resto de de la radiación (Orzolek, 1996; State, 1995).

Importancia del Acolchado Plástico

En México así como en otros países, la popularidad del uso de los acolchados se ha incrementado, notablemente en los últimos 10 años (Sprittstosser y Brown, 1991).

La popularidad de los acolchados plásticos se debe a que aportan diversos beneficios a los cultivos de hortalizas, entre los que se pueden mencionar: incremento en rendimiento, obtención de cosechas más tempranas, control de malezas, e incremento en eficiencia del uso del agua de riego y los fertilizantes. Otros beneficios incluyen la reducción de las poblaciones de insectos transmisores de enfermedades virales, como los trips, mosquitas blancas y pulgones (áfidos) en cultivos desarrollados con acolchado metalizado (Martínez, 1997).

Los acolchados plásticos afectan el microclima alrededor de la planta y modifican la temperatura de la zona radical, y como consecuencia afectan el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Múltiples estudios sobre acolchados en zonas de clima templado indican que la capacidad de los acolchados de aumentar la temperatura del suelo ha sido una de las razones por las cuales los acolchados favorecen el desarrollo de las plantas (Mashingaidze *et al.*, 1996).

En localidades de altas temperaturas, los acolchados plásticos pueden tener efectos negativos en el crecimiento en ciertos cultivos (Maiero, 1987; Wien y Minotti, 1987 y Bhella, 1998), afectando la fenología, rendimiento y calidad.

Principales Efectos y Beneficios del Acolchado

Control de Malezas

La impermeabilidad a la luz solar de algunos polietilenos detiene el crecimiento de malezas. El plástico de color negro presenta buenas características, en cuanto a que es totalmente impermeable a las radiaciones visibles, este tipo de película para acolchado nos beneficia totalmente ya que posee un efecto herbicida y las malas hierbas que se encuentran debajo del plástico, pueden germinar pero posteriormente mueren ya que no pueden llevar a cabo el proceso fotosintético por la ausencia de luz.

Es considerado eficiente para el control de malezas, sin embargo, existen otras malezas difíciles de controlar como “el coquillo” (*Cyperus rotundis*). Esta práctica también evita el uso frecuente de la aplicación de agroquímicos (Ibarra, 1997; Agroguías, 1998).

Los plásticos que se deben de utilizar para controlar las malezas, son los plásticos opacos o negros aluminizados y los bicolors (aluminio/negro y blanco/negro) que no permiten el paso de luz y detienen la fotosíntesis, reducen costos por mano de obra y reducen el uso de herbicidas e insecticidas.

Los beneficios proporcionados por los plásticos que bloquean el desarrollo de malezas son tan grandes que en la mayoría de los casos, este factor justifica económicamente la inversión; adicionalmente al no tener que aplicar herbicidas e insecticidas, permiten obtener frutos de mejor calidad (García, 1996).

Humedad del Suelo

La impermeabilidad del polietileno impide la evaporación del agua del suelo, consiguiendo que el líquido permanezca disponible por más tiempo, además el efecto generado por el acolchado en el interior de la cubierta

favorece el movimiento del agua hacia la zona de las raíces, siendo estas mas aprovechadas para las plantas cultivadas (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Dependiendo de las propiedades químicas, así como del color impiden la perdida de agua ya sea en forma de vapor o liquida, creando un microclima que le permite a las plantas tener una mayor disposición de humedad. Por otro lado, en los suelos no acolchados no existe control de evaporación por lo que la planta puede sufrir de estrés hídrico (Rodríguez, 1994).

Fertilidad del Suelo

La temperatura y humedad del suelo también son incrementadas debido a la cobertura de polietileno, y esta favorece una mayor asimilación y absorción de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica del suelo. Además también menciona que la temperatura creada por el plástico es adecuada y más uniforme, con lo cual se tiene una descomposición más rápida de la materia orgánica y liberación de los nutrientes para el desarrollo del cultivo, adicionalmente al estar protegido el terreno, factores como el viento y las lluvias no lavan el suelo y los fertilizantes disponibles no son arrastrados a profundidades donde no pueden llegar las raíces. Se elimina casi por completo las pérdidas de nitrógeno por lavado de suelos (Hochmuth, 1995; Hanada, 1991).

Así mismo la temperatura y la humedad óptima que se consigue bajo el acolchado, incrementa al desarrollo de microorganismos que trabajan en beneficio de la fertilidad del suelo por lo que existe mayor cantidad de fósforo asimilable en las capas superiores del suelo (Sprittstosser y Brown, 1991).

Estructura del Suelo y Desarrollo Radical

El uso de acolchado de polietileno protege la estructura del suelo, manteniendo el suelo mullido y la humedad superficial. En estas condiciones las plantas desarrollan más superficial y lateralmente su sistema radical, y las

raíces son más numerosas y largas. Con el aumento de raicillas colonizando el estrato de mayor fertilidad del suelo, la planta asegura una mayor extracción de agua y sales minerales, lo que conduce a mayores rendimientos.

Se han realizado varias investigaciones sobre el efecto de los acolchados en relación a la estructura óptima del suelo, para un buen desarrollo radical de la planta, existiendo horizontalmente una constante humedad en la superficie del suelo suministrando nutrimentos necesarios para los procesos metabólicos del cultivo y evitando el crecimiento vertical de las raíces (Hanada, 1991; Robledo y Martín, 1988).

Rodríguez, (1994) menciona que un suelo acolchado tiene una estructura adecuada para el desarrollo de las raíces. Estas se hacen más abundantes y más largas en forma horizontal debido a que la planta localiza la humedad suficiente a poca profundidad. El incremento de raicillas estimula a la planta para efectuar mayor succión de aguas, sales minerales y demás fertilizantes, que producen mayores rendimientos. El método de cobertura de suelos con polietileno contribuye efectivamente a evitar la erosión y el endurecimiento de la tierra.

Efecto de la Salinidad del Suelo

Cualquier tipo de pigmentación que se use en el acolchado de suelos, presenta como ventajas:

- Una reducción en la lámina de riego aplicada con la consecuente reducción en la cantidad de sales aplicadas al suelo.

- Una considerable reducción en la evaporación, con lo cual disminuye el movimiento de ascenso del agua, por lo tanto se limita la formación de costras salinas.

El movimiento de agua es dirigido hacia arriba del bordo o surco, entre el acolchado y el suelo, lo que causa la acumulación de sales sobre la superficie. La conductividad eléctrica en la superficie del suelo es mayor en el suelo cubierto con cualquier tipo y color de plástico, que en un suelo desnudo (Toshio, 1991).

Temperatura del Suelo

El plástico transmite al suelo la energía calorífica recibida del sol durante el día, produciendo el efecto térmico. Durante la noche el polietileno limita la fuga de radiaciones infrarrojas (IR) (energía calorífica creada por el plástico y las plantas) y mantiene la temperatura durante la noche, es un aislamiento entre el suelo y la atmosfera que está en función del color y grosor del material lo cual es aprovechado por las raíces de la planta. El uso de acolchado plástico en el suelo influye notablemente en el incremento de la temperatura, siendo menor la fluctuación en suelos arcillosos y húmedos que en suelos arenosos y secos (Hanada, 1991; Lamont, 1993).

También la temperatura del suelo es importante, ya que controla los procesos implicados desde la producción de la plántula donde afecta la germinación de la semilla, el crecimiento y desarrollo de la planta (Vuelvas y Díaz, 1995).

Así mismo, el efecto que el acolchado ejerce sobre la temperatura del suelo depende de la coloración y de la composición química del plástico. Para que el incremento de la temperatura sea relevante es necesario que la superficie acolchada sea lo suficientemente amplia, debiendo medir como mínimo un metro de ancho. La temperatura creciente de la zona de la raíz (TZR) es una de las ventajas principales asociadas al uso de acolchados plásticos de colores (Díaz- Pérez y Batal, 2002; Wien y minotti, 1987).

Actividad Microbiana

La actividad microbiana, sobre todo el proceso de transformación, favorece la producción de anhídrido carbónico bajo el polietileno, se ha observado que su efecto es cuatro veces mayor que en un terreno descubierto, esto es ocasionado por el estado físico, la humedad y la temperatura del suelo, factores que son altamente influenciados por el acolchado (Ibarra, 1997).

El intercambio gaseoso entre el aire y el suelo también es modificado por las películas plásticas ya que el CO₂ liberado por las raíces se acumula debajo del plástico y se difunde hacia la parte aérea de la planta a través de las perforaciones del plástico. La cantidad de CO₂ disponible para las hojas varía de acuerdo a los factores climáticos, condiciones de humedad, así como la estructura del suelo (Serrano, 1990).

Producción de Cosechas Tempranas

Un suelo acolchado proporciona a la planta mejores condiciones para su desarrollo, lo que se traduce en adelanto de cosecha y por consiguiente en mayores beneficios económicos debido a que los productos salen al mercado antes de que este se sature, logrando así un mejor precio del producto, asegurando el contacto del productor con el comprador así como la venta de sus productos en el mercado antes de que empiece la principal estación en el mercado.

Esta anticipación a cosecha puede variar, dependiendo del cultivo y de la estación de crecimiento, desde tres hasta 28 días (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Incremento en el Rendimiento

El incremento en la producción mediante el uso del acolchado de suelos oscila entre un 20 y 200 por ciento con respecto a los métodos convencionales del cultivo (Ibarra y Rodríguez, 1991).

En estos casos, el rendimiento extra provocará también costos extra en labores como son cosecha, empaque, transporte y acarreo, pero este costo adicional es pagado con el incremento de producción, por lo que el productor puede amortizar con ello los costos de inversión.

Eficiencia en el Uso del Agua

Munguía (1983) menciona que el uso del acolchado de suelos es una técnica que incrementa significativamente la eficiencia en el uso del agua por el control de la evaporación directa del suelo, y reduce la incidencia de malas hierbas favoreciendo al cultivo con mayor disponibilidad de agua y nutrientes.

Salgado (1986) observó que en el cultivo de chile pimiento morrón de los cultivos Lady Bell y David, acolchados con polietileno negro opaco obtuvieron una eficiencia en el uso del agua de 3.318 kg/m³ y 3.282 kg/m³ de agua aplicada de diferencia en relación a sus testigos respectivamente.

Narro (1985) señala que el cultivo de chícharo con el acolchado de suelos incrementa la eficiencia en el uso del agua por el cultivo hasta en 2.19 y 1.77 kg/m³ utilizando polietileno opaco y polietileno transparente respectivamente, comparado con el testigo cuya eficiencia fue de 0.75 kg/m³ de agua utilizada, así mismo, menciona que la eficiencia en el uso del agua se incremento hasta en un 42.34 por ciento al suministrar el agua en base al abatimiento de la humedad disponible comparado con la eficiencia obtenida en el calendario de riego preestablecido.

Ventajas y Desventajas del Acolchado

Lamont (1991) cita que entre las muchas ventajas del uso de la cubierta plástica se encuentran: cultivos más precoces, al aumentar la temperatura del suelo el cultivo se desarrolla y produce más rápido; menor evaporación, ya que

se reduce la pérdida de humedad del suelo debajo del plástico, hay mayor uniformidad de humedad y se reduce la frecuencia del riego; menos problemas de malezas, menor lixiviación de agua y fertilizante; menos compactación del suelo que permanece suelto y bien aireado, aumentando la actividad microbiana, ayuda a controlar la pudrición del fruto al evitar su contacto con la tierra, etc.

Dentro de las desventajas podemos mencionar: el incremento en los costos para retirar y deshacerse del plástico después de terminar el ciclo, la lámina plástica se descompone y nunca debe incorporarse al suelo. Costo inicial mayor, mismo que debe ser compensado por los ingresos de las cosechas más tempranas, los rendimientos mayores y los productos de mejor calidad (Lamont, 1991). Por su parte, Acosta (1979) expresa que el plástico que se emplea en la agricultura origina un problema ecológico de contaminación, una vez que ha cumplido con su función.

Principales Tipos de Plásticos para Acolchado

Plásticos Tradicionales:

Plásticos Transparentes. El plástico transparente tiene la propiedad de transmitir más del 80% de los rayos solares recibidos, lo cual provoca un notable calentamiento del suelo durante el día, permitiendo el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia el follaje del cultivo por las noches, protegiendo a las plantas de bajas temperaturas. Estos plásticos son recomendados para su uso en cultivos de zona frías y para desinfección de suelos durante los meses más calurosos (solarización). Los plásticos para solarización también pueden utilizarse como acolchados después de cumplir su función, estos plásticos dan precocidad al cultivo (Ibarra y Rodríguez, 1991; Levecchia, 1994).

Agroguías, (1998) cita que las fluctuaciones de temperatura en estos materiales, entre el día y la noche son pronunciadas; en el día el efecto invernadero está en su máximo nivel siendo transmitido el 80% de la radiación al suelo. Pero se tiene el inconveniente del plástico transparente que favorece el desarrollo de las malezas, limitando a la planta un desarrollo favorable por la competencia de nutrientes y humedad, lo que ocasiona una disminución en el rendimiento.

Plásticos Negros. Este tipo de plástico absorbe gran cantidad del calor recibido y lo transmite por radiación hacia el suelo y la atmosfera, sin embargo debido a este fenómeno, el suelo se calienta poco, en cambio la superficie de la película se calienta demasiado pudiendo provocar quemaduras en la parte aérea de las plantas jóvenes en meses más calientes (verano). Su uso se recomienda ampliamente para el control de malezas y para obtener mayor rendimiento y precocidad en algunos cultivos (Agroguías, 1998).

Plásticos Bicolores o Coextruidos:

Blanco/Negro. Impide el crecimiento de las malas hierbas, porque no permite el paso de luz; debido a la reflexión de la capa blanca produce altos rendimientos y precocidad, ya que aporta luz extra a la planta; evita el riesgo de quemaduras de la planta, frutos y repele algunos insectos (Solplas, 2002).

Plata/Negro. Esta película tiene gran reflexión fotolumínica hacia el follaje de la planta, incrementando el proceso de fotosíntesis y alejando los insectos. La transmisión de luz al suelo es mínima, por lo tanto, evita el calentamiento excesivo del suelo y desarrollo de malezas debajo de la película. Estos acolchados absorben en gran medida la energía calorífica recibida, debido a esto, no se recomienda su uso en meses muy calientes, por que puede provocar quemaduras en la parte aérea de los cultivos jóvenes. Produce gran

precocidad, rendimiento y calidad de las cosechas (Decoteau, 1990; Díaz-Pérez y Batal, 2002).

Blanco/Plata. Estas películas transmiten al suelo del 40 al 70% de la luz recibida, por lo tanto, tienen la propiedad de calentar el suelo más que el negro y menos que el transparente, este material es efectivo para los meses templados ya que la reflexión de luz de los plásticos plata y blanco reflejan la luz solar proporcionando luz en ambas partes de la hoja, con lo cual se estimula la fotosíntesis, también se mejora la calidad de los frutos y se obtienen cosechas más tempranas (Levecchia, 1994; Robledo, 1981).

La Radiación Solar en la Agricultura

La radiación solar es el factor climático más importante para los cultivos y plantas en general por que suministra la energía necesaria para el desarrollo de sus actividades fisiológicas. De la radiación que incide las cubiertas plásticas, una parte es absorbida, otra reflejada y otra se difunde o transmite.

Absorción. Las plantas absorben la radiación selectiva, es decir solo las radiaciones de determinadas longitudes de onda. Las longitudes de onda corta son las que proporcionan un mayor incremento en la temperatura del suelo.

Reflexión. La radiación reflejada por el follaje o por el plástico depende de las características físicas-químicas del follaje, además de sus condiciones de humedad, de la disposición de las hojas y del ángulo de inclinación de los rayos solares. Tanto la radiación absorbida como la reflejada se puede interceptar por el color de los cuerpos, si observamos un cuerpo de color negro, hay mayor absorción que la reflexión, en cambio el color blanco, inicia una máxima reflectividad y una mínima absorción.

Transmisión. La transmisión de la radiación solar es el paso de las ondas electromagnéticas a través de la hoja y ocurre en menor grado que la absorción y reflexión.

Los investigadores han determinado que el color del acolchado determina sus características de radiación de la energía y su efecto sobre el microclima cercano a la planta. El color también determina la temperatura de la superficie del acolchado y la correspondiente temperatura del suelo bajo él. Las propiedades específicas se definen no solo por el color, si no la matriz del mismo (Aylsworth, 1997 citado por Castañeda, 2002). La regulación de la radiación solar recibida por los cultivos puede realizarse mediante el uso de cubiertas plásticas.

Radiación Reflejada por el Acolchado

Los acolchados plásticos modifican directamente el microclima alrededor de la planta, al influir en la cantidad de radiación (absorbida y reflejada) sobre la superficie, el color del acolchado determina en gran parte la energía reflejada e irradiada, influyendo directamente sobre el microclima de las plantas (Hort.uconn, 2002).

Duración de los Plásticos

Varios son los factores que influyen en la duración de los plásticos. Entre ellos: la calidad de los mismos, factores climáticos (viento, temperatura, precipitación, latitud de la zona de cultivo y estación del año). En primavera-verano los rayos ultravioleta degradan más fácilmente los plásticos que en otras estaciones. La incorporación de diversos aditivos en las películas plásticas como son: contra rayos ultravioleta, sistemas estabilizantes, antioxidantes y un

manejo adecuado de los agricultores, aspectos que también hacen posible una mayor y/o menor duración o degradación de los plásticos (Serrano, 1990).

Generalidades del Riego por Goteo

El riego por goteo es el único vehículo sumamente eficiente de suministrar agua y fertilizante a los cultivos. Unido a la cobertura plástica del suelo, crea un sistema cerrado y ambiente ideal para el máximo rendimiento de los cultivos, con lixiviación mínima del fertilizante. Se aplican pequeñas cantidades de agua a medida que la planta la necesita; por lo general diariamente. El objetivo es lograr el nivel más alto de eficiencia para obtener la máxima producción posible con el mínimo de agua y fertilizante (Velázquez y Gallego, 1995).

Parchumchuk, (1976) menciona que los sistemas de riego por goteo son diseñados para descargar cantidades controladas de agua en la vecindad de las plantas, con el objetivo de mantener un control adecuado de agua, para evitar pérdidas por filtración en el suelo.

Davis, (1980) menciona que el riego por goteo tiene grandes ventajas en la prevención de pérdidas de agua, ya que pérdida de agua liberada en este sistema es insignificante, la evaporación es mínima por que el agua no se descarga en el aire como los aspersores y solo una porción del suelo es humedecida.

Hiller y Hower (1972) citados por García y Briones, (1986) indicaron que en un sistema de riego por goteo, el agua puede ser suministrada al cultivo, en base a una baja tensión y una alta frecuencia, con lo que se crea un medio ambiente óptimo de humedad en el suelo, la eficiencia en el uso del agua podría ser aumentada en un 50% o más usando un riego por goteo en lugar de un riego por superficie.

Hiller y Hower (1972; Karmali y Keller (1975) y Karmali y Smith (1975) citado por García y Briones proponen las ventajas y desventajas del riego por goteo que son:

Ventajas del Riego por Goteo

- Ahorro de agua: debido al alto control de este sistema de riego, el cual puede ser aplicada muy eficientemente. Solamente aquella porción del suelo con actividad radicular que necesita ser irrigada y las perdidas por evaporación pueden ser reducidas aun mínimo.

- Respuesta del cultivo: un alto promedio temporal de nivel de humedad junto con una adecuada aireación del suelo puede ser mantenido con este sistema. Esto resulta una respuesta favorable de algunos cultivos aumentando su rendimiento y la calidad de los frutos.

- Ahorro de mano de obra: la mayoría de los sistemas de riego son permanentes o semipermanentes teniendo así muy bajos costos en cuanto a mano de obra se refiera.

- Uso óptimo y ahorro del fertilizante: el fertilizante puede ser aplicado a través de un sistema de riego por goteo (fertirrigación) usando un equipo especial, debido principalmente al alto control que se tiene sobre el agua.

- Menor crecimiento de hierbas: debido a que solo una fracción del suelo es mojada con este sistema.

Desventajas del Riego por Goteo

- Sensibilidad a taparse: ocasionado por el pequeño tamaño de las aberturas de los goteros.

- Suelo seco y formación de polvo durante las operaciones mecánicas: esto se debe a que solo una parte del total del campo el cultivo recibe agua durante el riego y la mayor parte permanece seca creando los problemas antes mencionados.

Riego Parcial de la Raíz

En horticultura la aplicación del agua de riego es esencial para asegurar rendimiento y calidad de fruto económicamente aceptables (De Pascale *et al.*, 2003), además de que la aplicación del agua de riego en cantidad y frecuencia adecuadas puede solucionar parcialmente el ataque de *Phytophthora* (Jones *et al.*, 2000). El cultivo del chile es altamente sensitivo al déficit hídrico (Delfine *et al.*, 2002; De Pascale *et al.*, 2003), en particular durante el cuajado de frutos (Katerji *et al.*, 1993). La técnica del riego parcial de la raíz (Dorji *et al.*, 2005), como alternativa de riego podría promover el ahorro de agua y mitigar daños por *Phytophthora* en este cultivo.

El riego parcial de la raíz (RPR) es un término adoptado como sinónimo de Partial Rootzone Drying (PRD, en el idioma inglés), concepto introducido por Dry y Loveys (1998), es una estrategia potencial en el ahorro de agua para riego (aproximadamente 50%) donde sólo una parte del sistema radical se riega alternadamente y su complemento se deja sin riego, hasta un determinado nivel de abatimiento de la humedad en el suelo (Stoll *et al.*, 2000). Se estima que el RPR podría mantener un rendimiento similar al de plantas bien regadas (Loveys *et al.*, 2000). Esto se basa en que el potencial hídrico de plantas bajo RPR se equilibre con la parte de la zona radical que se encuentra en el suelo húmedo y por lo tanto, sea similar a plantas con riego completo.

La respuesta fisiológica de la planta al RPR fue descrita por Davies *et al.* (2002), quienes mencionan que las raíces que se dejan de regar sintetizan

principalmente ácido abscísico (ABA), el cual es transportado a las hojas. El ABA induce un cierre estomático parcial, que reduce el intercambio gaseoso, pero mantiene un valor de potencial hídrico similar a las plantas adecuadamente regadas, lo que incrementa la eficiencia del uso del agua. Esta teoría proviene de experimentos conducidos en ambientes controlados donde el sistema radical (SR) se ha dividido en dos contenedores (Gowing *et al.*, 1990; Croker *et al.*, 1998; Dry y Loveys, 1998; Stoll *et al.*, 2000). Sin embargo, la información sobre el RPR en plantaciones comerciales de manzano es limitada (Van Hooijdonk *et al.*, 2004; Zegbe *et al.*, 2005; Leib *et al.*, 2006). En manzano 'Pacific Rose TM' cultivado en un ambiente húmedo de Nueva Zelandia, el RPR mantuvo la apertura estomática, el intercambio gaseoso y el potencial hídrico de la planta similar a árboles testigo, sin observarse efectos adversos en el rendimiento ni en la calidad del fruto (Van Hooijdonk *et al.*, 2004; Zegbe *et al.*, 2005). Resultados similares se obtuvieron en el manzano 'Fuji' cultivado en un ambiente semiárido de EE. UU. (Leib *et al.*, 2006). Incluso, se ha indicado que el RPR puede incrementar el rendimiento en peral (*Pyrus communis* L.) (Kang *et al.*, 2002) o en manzano (Caspari *et al.*, 2004).

Se postuló que el RPR induce efectos adversos en el rendimiento y calidad del fruto debido a la alta evaporación potencial y a la nula presencia de lluvias durante las primeras tres etapas fenológicas del manzano, como se demostró en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para proceso (Zegbe *et al.*, 2006).

Acolchado Plástico y Riego por Goteo

La cintilla de goteo colocado bajo el acolchado plástico en la producción de hortalizas ha crecido enormemente ya que el cultivo responde favorablemente (Flipps, 1993).

El cultivo de muchas hortalizas se ha visto favorecido con la combinación acolchado plástico y riego por goteo, ya que esta combinación representa grandes ventajas para el productor; entre algunas, se puede mencionar que reduce los requerimientos de irrigación alrededor de un 50% en relación al riego por aspersión, se pueden utilizar bombas pequeñas ya que las necesidades de riego son bajas debido a que se irriga diariamente, los nutrientes y pesticidas se pueden aplicar eficientemente bajo el acolchado plástico por el sistema de riego al momento de irrigar, reduce el desarrollo de maleza e incrementa los rendimientos (Hochmuth *et al.*, 1993).

Guencov, (1974) citado por Ibarra y Rodríguez, mencionan que en California, U.S.A. actualmente el riego por goteo y el acolchado con polietileno negro se utiliza en cultivos de fresa y uva para crear en el suelo un microclima ideal para la distribución de temperatura y el abastecimiento de CO₂ a los estomas de las plantas.

Lamont (1991) señala que los productores comerciales de cultivos básicos están cada vez más preocupados por la escasez potencial de agua de riego y por la contaminación de las fuentes de agua con agroquímicos. Por tal razón en la producción de cultivos, las coberturas plásticas del suelo, junto con el riego por goteo pueden ser el máximo control de la variabilidad ambiental para una producción óptima con uso mínimo de agua y a la vez se conserva el suelo y los fertilizantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización Geográfica del Sitio Experimental

El presente trabajo se realizó durante el ciclo primavera-verano del año 2009, en el Campo Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), se encuentra ubicado al noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, con las coordenadas geográficas 25° 27' Latitud Norte y 101° 02' Longitud Oeste, con una Altitud de 1520 msnm.

Descripción del sitio experimental

Clima

De acuerdo a la clasificación climática por Köeppen, y modificado por García (1973) para la República Mexicana, el clima de Saltillo, Coahuila, se define como seco estepario, cuya formula climática es:

BS₀K (x') (e), donde:

BS = Es el más seco de los BS con un coeficiente de P/T menor que 22.9.

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

x' = Régimen de lluvias intermedio entre verano e invierno.

e = Extremoso con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 7 y 14 °C.

La temperatura y precipitación medias anuales son de 18 °C y alrededor de 365 mm, respectivamente. Los meses más lluviosos son de junio a septiembre. La evaporación promedio mensual es de 178 mm, de donde los valores más

altos se alcanzan en los meses de mayo y junio con 236 y 234 mm, respectivamente.

Suelo

El pH del sitio experimental es de 8.1, clasificándose como un suelo medianamente alcalino, con un contenido de materia orgánica de 2.38%, lo que lo hace medianamente rico. Presenta una conductividad eléctrica de 3.7 milimhos/cm, siendo ligeramente salino, el contenido de arcilla es de 42.00%, el de limo es de 45.40% y el de arena 12.60%, siendo clasificado como un suelo limo-arcilloso.

Calidad del Agua de Riego

El agua de riego que se utiliza en el campo experimental es de clase C₃ S₁ de calidad media, apta para suelos bien drenados y seleccionando cultivos tolerantes a sales (Narro, 1985).

Material vegetativo

Los materiales utilizados fueron:

Pimiento variedad "Capistrano", es una variedad de polinización abierta, su ciclo de vida se encuentra entre los 72-76 días después del transplante, el color del fruto es verde oscuro a rojo, el tamaño es de entre 8 a 11 cm, forma del fruto es campana con 3-4 lóbulos, altura de la planta 51-61 cm, uso para mercado fresco, planta erecta y hábito ligeramente abierta y resistente a virus del mosaico del tabaco.

Chile tipo Chilaca variedad Anaheim cv. "Joe Parker" de Optimus Seed, es de fruto grande, color verde negruzco, brillante de forma alargada algo plana y retorcida, pared delgada, es picante y en ocasiones extremadamente picante,

generalmente mide entre 15 y 23 cm de largo y unos 2 o 3 cm de ancho, su uso es principalmente en fresco.

Diseño Experimental

Este trabajo de investigación, consistió en evaluar la repuesta de dos especies de chile al riego parcial de la raíz bajo acolchado plástico. El diseño experimental que se utilizó para este trabajo de investigación fue bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. Las parcelas grandes factor A fueron: A) Suelo acolchado y suelo desnudo. Cada parcela grande se dividió en B) criterios de riego: aplicar el 100% de agua, aplicar 75% de agua y aplicar 50% de agua. Las parcelas chicas se establecieron de acuerdo a la siguiente metodología:

Los tratamientos fueron: riego completo (RC), reponiendo el 100% de la ETC; RI reponiendo 75% de la ETC y RR reponiendo 50% de la ETC.

La ETC diaria se calculó mediante un tanque evaporímetro con la ecuación:

$ETC = E_o \times K_c$, donde:

ETC = Evapotranspiración del cultivo;

E_o = Evaporación registrada en el tanque evaporímetro clase A (mm);

K_c = Coeficiente del cultivo (Doorenbos y Pruitt, 1977).

La evapotranspiración total del cultivo (ETC) en cada uno de los tratamientos se obtuvo multiplicando la E_o por los porcentajes de la ET a estudiar, con la ecuación:

$ETC = E_o \times (1.0, 0.75 \text{ y } 0.50)$

Se utilizó riego por goteo con dos líneas laterales de riego en las plantas a lo largo del surco. Los tratamientos en suelo acolchado y suelo desnudo fueron

(100%ETC; 75%ETC; 50%ETC). Solo durante los primeros días del establecimiento de ambos cultivos se irrigó mediante las dos líneas de riego para proporcionar una igualdad de humedad del suelo y poner en lo sucesivo un riego acorde a los tratamientos diseñados. En los tratamientos sin riego alterno los riegos se hicieron mediante las dos líneas de riego durante el ciclo del cultivo y en las parcelas con riego alterno se utilizaron las dos líneas de riego, cambiando de línea cada vez que se regaba (derecho o izquierdo).

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos bajo estudio:

Tratamiento		Descripción
1	a ₁ b ₁	Suelo desnudo regado al 100% de agua
2	a ₁ b ₂	Suelo desnudo regado al 75% de agua
3	a ₁ b ₃	Suelo desnudo regado al 50% de agua
4	a ₂ b ₁	Suelo acolchado regado al 100% de agua
5	a ₂ b ₂	Suelo acolchado regado al 75% de agua
6	a ₂ b ₃	Suelo acolchado regado al 50% de agua

Establecimiento del Experimento

Producción de Plántula

El trabajo se inició el 27 de marzo del 2009, con la siembra de la semilla de chile en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato "peat-moss", las charolas fueron ubicadas dentro de un invernadero para favorecer las condiciones climáticas que ayudaran a un mejor desarrollo de la plántula y tener un mejor cuidado sanitario; para el riego y la fertilización se utilizó un sistema de microaspersión hasta que la planta alcanzó una altura de 15 cm aproximadamente y ocho hojas, para el transplante.

Preparación del Terreno

Dentro del área experimental se realizó un barbecho y posteriormente se rastreó para dejar el terreno listo para levantar las camas y colocar el polietileno. La longitud de cada unidad experimental fue de 7.0 m, la distancia entre surcos de 1.8 m, y una distancia entre plantas de 0.25 m.

Instalación del Sistema de Riego

Una vez que se levantaron las camas, se procedió a la instalación del sistema de riego, el sistema de riego que se utilizó en este experimento fue riego por goteo con dos líneas por cama, con una separación de 0.25 m entre líneas, utilizando cinta de riego T-tape con emisores separados cada 30.5 cm y un gasto de 0.82 Lh^{-1} .

Acolchado de Camas

Esta labor se realizó de forma mecánica, con la ayuda de un tractor y una acolchadora, el plástico que se utilizó fue de polietileno de color metalizado/negro con un espesor de 0.030 mm de 1.2 m de ancho.

Riego de Preplantación

Este riego se dio dos días antes del trasplante, con él, se logró llevar el suelo hasta capacidad de campo para que tuviera las condiciones óptimas y realizar el trasplante al siguiente día.

Trasplante

Esta actividad se realizó el día 24 de mayo del 2009, la cual se hizo manualmente, colocándose una planta por golpe dando un ligero apretón al suelo húmedo alrededor del cepellón.

Manejo del Cultivo

Entutorado

La conducción vertical del cultivo se hizo con estacas de madera colocadas cada 2.0 m y utilizando hilo de rafia colocando 2 hieleras por línea de siembra.

Riegos

Durante el establecimiento del cultivo se regó en las dos líneas de riego, para proporcionar una igualdad en la humedad del suelo y poner en lo sucesivo un riego acorde a los tratamientos. Dependiendo del tratamiento, tuvimos la opción de aplicar el agua de riego a través de una línea o dos líneas de riego. Para el total de riego el agua fue aplicada usando los dos lados de las plantas irrigadas completamente, excepto que el RPR recibió un monto reducido de agua, aplicando el agua en un solo lado como se requiere con el RPR, resulto en mojar solo el 50% de la zona radical. El riego se aplico dos veces por semana; los días lunes se regó el lado izquierdo y los días jueves el lado derecho de las plantas.

Fertilización

Se fertilizó con la fórmula 200-100-100 de NPK que fue distribuida en el agua de riego por goteo. Se fertilizó una vez por semana.

Deshierbes

El deshierbe se realizó en los tratamientos sin acolchado y en los tratamientos con acolchado; se realizó de forma manual en los tratamientos sin acolchado, en las perforaciones del plástico donde se encontraban las plantas, y en pasillos usando un azadón, realizándose cada vez que fue necesario para evitar la competencia con el cultivo por luz, agua y nutrientes, así como evitar la contaminación de posibles enfermedades fungosas y propagación de insectos dañinos que pudieran afectar al cultivo.

Aplicación de Productos Químicos

Para combatir las plagas y las enfermedades, que se presentaron durante el ciclo del cultivo, se aplicaron en forma preventiva y de control, con diferentes productos químicos. Las aplicaciones de estos productos químicos, insecticidas y fungicidas, se realizó cuando se presentaron algunas plagas y enfermedades. Las plagas que más se presentaron en el cultivo fueron principalmente el gusano perforador del fruto y el minador de la hoja (*Liriomyza sp.*). Las enfermedades más predominantes fueron Damping off y virosis no identificada.

Cosecha

Se realizaron 6 cortes de los frutos, los días 17, 21 y 27 de julio, 03, 10 y 18 de agosto del 2009; separando los frutos comerciales y rezaga, esta labor se hizo manualmente, se contaron y luego se pesaron los frutos en una báscula de reloj esto fue para evaluar el rendimiento.

Variables Evaluadas

Área Foliar (AF)

Al iniciar la cosecha se muestrearon 2 plantas por tratamiento y por repetición. Las plantas se separaron en hojas y tallos, a las hojas se les determinó el área foliar mediante un equipo LI-COR MODEL LI-3100”.

Peso Seco de Planta (PSP)

En cuanto a la medición de esta variable, las hojas y tallos se colocaron en bolsas de papel estraza para posteriormente colocarla en una estufa a una temperatura de 70 °C durante 72 horas, posteriormente, se procedió a pesar las muestras en una balanza digital.

Determinación de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre (N, P, K y S)

La determinación de estas variables se llevó a cabo en el laboratorio de Agroplásticos en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), para la obtención del contenido de estos elementos se realizó mediante el método de espectrofotometría. Esto se determinó en tejido de hojas ubicadas en la parte media de la planta.

Unidades SPAD

Para determinar las unidades SPAD, se usó un equipo SPAD meter 502. Este procedimiento se hizo en dos plantas por tratamiento y por repetición, a los 68 y 76 días después del trasplante.

El SPAD 502 determina la cantidad relativa de clorofila presente mediante la medición de la absorción de la hoja en dos regiones de longitud de onda; en las regiones rojas y cercanas a infrarroja. Utilizando estas dos transmisiones el medidor calcula el valor numérico SPAD que es proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja y en consecuencia de Nitrógeno (N).

Número de Frutos Comerciales (NFC)

Se contabilizaron los frutos recolectados en cada repetición, de los seis tratamientos, durante los 6 muestreos que se hicieron, tomándose en cuenta los frutos que reunían las características deseables para el mercado, frutos libres de daños.

Rendimiento Comercial (RC)

Para obtener esta variable se obtuvo el peso de los frutos cosechados en los 6 cortes por tratamiento y repetición; los datos se registraron en kg.

Número de Frutos de Rezaga (NFRe)

Para esta variable se contabilizaron los frutos que presentaron deformaciones, quemaduras de sol y daños causados por plagas, en seis muestreos.

Rendimiento de Rezaga (RRe)

En esta variable, se registro el peso de los frutos que presentaron deformaciones, quemaduras de sol y daños causados por enfermedades en los seis muestreos.

Rendimiento Total (RT)

Para obtener esta variable se sumaron los pesos de los frutos comerciales y de rezaga cosechados en los 6 cortes por tratamiento y repetición; los datos se registraron en kg.

Eficiencia en el Uso del Agua (EUA)

Esta variable se obtuvo dividiendo el rendimiento total entre la cantidad de agua aplicada, este se obtuvo por cada tratamiento.

Temperatura del Suelo (TS)

Para evaluar esta variable, se utilizó un datalogger (Campbell, Sci.) al cual se conectaron termopares. El datalogger se programó para registrar temperaturas cada 10 segundos y promediar valores cada 4 horas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Chile Chilaca

Criterio de Riego

En el cuadro 3, se muestran los cuadrados medios de los análisis de varianza para el factor riego. Las variables número de frutos comerciales, rendimiento comercial, número de frutos de rezaga, rendimiento de rezaga, rendimiento total, contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, área foliar, peso seco de planta y unidades SPAD (lectura 1), no mostraron diferencia significativa. Para este factor solo se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.01$) en unidades SPAD (lectura 2). En cuanto al factor acolchado x riego solo se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.01$) en las variables número de frutos comerciales y contenido de nitrógeno, y diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para las variables número de frutos de rezaga, rendimiento de rezaga y contenido de potasio.

Número de Frutos Comerciales

En el Cuadro 4, se muestra la comparación de medias para esta variable. Esta variable no mostró diferencia estadística entre tratamientos, pero si se compara numéricamente los tratamientos, se puede observar una diferencia entre estos: el que tuvo mayor número de frutos fue el que se regó al 50% con 169.87 frutos/parcela, el que produjo menos fue el que se regó al 100% con 160.5 frutos/parcela, este último presenta un decremento de 5.5% (9.37frutos) con relación al que se regó al 50% ya que fue el que produjo mayor número de frutos/parcela.

Cuadro 3. Análisis de varianza y cuadrados medios en el cultivo de chile Anaheim cv. “Joe Parker” bajo acolchado plástico y riego parcial de la raíz

FUENTE	GL	NFC	RC	NFRe	RRe	RT	N	P	K	S	AF	PSH	PST	PSP	SPAD 1	SPAD 2
Aco	1	19380.16**	40.58**	26.04NS	0.11NS	45.01**	0.00026NS	0.0012*	0.0032**	0.00010NS	14745472.67**	236.94**	263.76**	1000.52**	24.66NS	0.05NS
Rep	3	233.50NS	0.92NS	21.15NS	0.03NS	1.00NS	0.000072NS	0.00014NS	0.0012NS	0.00293NS	517386NS	20.82NS	3.94NS	41.17NS	7.11NS	18.65NS
Aco*Rep	3	181.94	1.62	78.59	0.11	2.33	0.00018	0.00078	0.00023	0.00063	1507594.89	34.51	22.05	105	14.64	12.47
Rieg	2	195.04NS	1.84NS	16.62NS	0.03NS	2.24NS	0.00020NS	0.00087NS	0.0015NS	0.00037NS	225069.79NS	0.37NS	6.51NS	3.76NS	2.06NS	69.54**
Aco*Rieg	2	697.54**	4.11NS	72.79*	0.15*	2.69NS	0.0025**	0.00005NS	0.00015*	0.00042NS	363313.54NS	3.78NS	4.11NS	11.10NS	6.86NS	2.42NS
Error	12	1050.16	19	176.5	0.42	19.22	0.0053	0.0029	0.0051	0.014	12543541.33	378.66	405.11	1442.07	163.33	109.04
Total	23	87.51	1.58	14.7	0.035	1.6	0.0004	0.00024	0.00043	0.001	1045295.11	31.55	33.75	120.17	13.61	9.08

Aco = acolchado, Rep. = repetición, Rieg.= riego

NS = No significancia

* = Significancia al 0.05 de probabilidad

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Número de Frutos de Rezaga

En cuanto a frutos de rezaga no se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos, sin embargo el tratamiento que produjo mayor número de frutos de rezaga fue el que se regó al 75% con 6.25 frutos, seguido del que se regó al 100% con 5.62 frutos y por último el que se regó al 50% con 3.5 frutos/parcela (Cuadro 4). Esto significa que cuando se aplica menos cantidad de riego este produce mayor número de frutos, y también produce menos número de frutos de rezaga.

Cuadro 4. Comparación de medias en las variables número de frutos comerciales y número de frutos de rezaga, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile Anaheim cv. “Joe Parker” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Frutos/parcela	
	Comerciales	Rezaga
100 Agua	160.50	5.62
75 Agua	167.87	6.25
50 Agua	169.87	3.50
Nivel de Significancia	NS	NS

NS= No significancia

Rendimiento Comercial

En esta variable no hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos, pero numéricamente el mejor tratamiento fue el que se regó al 75% con un incremento de 4.5%, respecto al tratamiento más bajo que fue el tratamiento que se regó al 50% con 10.15 kg/parcela (Cuadro 5). Uno de los beneficios del riego reducido, es la mejora en la calidad del fruto (Behboudian y Mills, 1997).

Cuadro 5. Comparación de medias en la variable de rendimiento, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile Anaheim cv. “Joe Parker” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Rendimiento (kg/parcela)		
	Comercial	Rezaga	Total
100 Agua	10.60	0.26	10.86
75 Agua	11.11	0.24	11.36
50 Agua	10.15	0.14	10.30
Nivel de Significancia	NS	NS	NS

NS= No significancia

Rendimiento de Rezaga

En esta variable no se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos, pero al hacer una comparación numérica se observó que el tratamiento que tuvo mayor rendimiento fue cuando se regó al 100% con 0.26 kg/parcela, y el más bajo fue el tratamiento que se regó al 50% con 0.14 kg/parcela. (Cuadro 5). En estas variables se puede observar que el número de frutos no tuvo relación con el peso de estos, siendo que cuando se aplica mas agua al cultivo tiende a producir más rendimiento de rezaga, cuando se aplica menos agua el rendimiento y número de frutos de rezaga tiende a ser menor.

Rendimiento Total

Esta variable no mostró diferencia estadística significativa (Cuadro 5), sin embargo, al hacer una comparación entre tratamientos se puede observar que el tratamiento que se regó al 75% tuvo mejor rendimiento con 11.36 kg/parcela, seguido del tratamiento cuando se regó al 100% y 50% con un rendimiento de 10.86 y 10.3 kg/parcela, respectivamente. Los dos últimos tratamientos presentan un decremento del 4.4% (0.5 kg/parcela) y 9.3%(1.06 kg/parcela), con relación al tratamiento que se regó al 75%, ya que registró el mayor

rendimiento. Sin embargo, ni el número de frutos ni el rendimiento se redujeron cuando las plantas recibieron riego parcial en comparación al riego completo de la raíz. Kang *et al.* (2002), indicaron que el RPR incrementó el rendimiento en peral.

Determinación de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre

Determinación de nitrógeno y azufre, para estas variables no hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos (Cuadro 6). Esto quiere decir que si se aplica mayor o menor cantidad de agua estos se absorben de igual manera sin que este le afecte, en cambio para fósforo y potasio, si hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos. Obteniéndose mejores resultados para fósforo con 0.33% cuando se aplica 75% de agua, y para potasio con 0.46% cuando se aplica agua al 100%. Esto quiere decir que cuando se aplica menor cantidad de agua el fósforo se fija mejor en la hoja y el potasio se fija mejor en la hoja cuando se aplica mayor cantidad de agua.

Cuadro 6. Comparación de medias en la determinación de N, P, K, S, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile Anaheim cv. “Joe Parker” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Azufre (%)
100 Agua	0.14	0.31 b	0.46 a	0.44
75 Agua	0.13	0.33 a	0.44 b	0.43
50 Agua	0.13	0.32 b	0.44 b	0.44
Nivel de Significancia	NS	**	**	NS

NS= No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Área Foliar

En la comparación de medias esta variable no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos (Cuadro 7). A pesar de esto se observó que el

tratamiento que se regó al 50% fue el que mayor área foliar tuvo con 4240.5 cm², seguido del que se regó al 75% con 4142.4 cm² y el mas bajo fue el que se regó al 100% con 3913.6 cm². Estos resultados indican que una mayor cantidad de agua no siempre es indicación de mayor área foliar.

Cuadro 7. Comparación de medias en las variables de área foliar, peso seco de planta y unidades SPAD, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile Anaheim cv. “Joe Parker” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Área Foliar (cm ²)	Peso Seco de Planta (g)	Unidades SPAD	
			Lectura 1	Lectura 2
100 Agua	3913.6	38.82	64.37	59.68 b
75 Agua	4142.4	40.05	64.23	58.57 b
50 Agua	4240.5	39.95	63.43	64.14 a
Nivel de Significancia	NS	NS	NS	**

NS= No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Peso Seco de Planta

Peso seco de planta, esta variable no mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos, pero al hacer una comparación numérica entre tratamientos se observa que el tratamiento que se regó al 75% produjo mayor peso de materia seca con 40.05 g, seguido del tratamiento regado al 50% con 39.95 g y el mas bajo con 38.82 g cuando se regó al 100% (Cuadro 7).

Unidades SPAD

Determinación de unidades SPAD, en esta variable la lectura 1 no mostró diferencia estadística significativa (Cuadro 7). En cambio la lectura 2 mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos, para esta se reporta 64.14 cuando se aplica 50% de agua, seguido del tratamiento que se regó al 100% de agua y 75% con 59.68 y 58.57 unidades SPAD, respectivamente.

Eficiencia en el Uso del Agua

En el Cuadro 8, se muestran los valores de rendimiento en toneladas por hectárea; además, señala el volumen de agua aplicado en metros cúbicos, así como los valores de eficiencia en el uso del agua, los cuales se obtienen al dividir el rendimiento obtenido para cada tratamiento entre el volumen de agua que le fue aplicado a cada tratamiento.

Cuadro 8. Rendimiento en ton/ha, volumen de agua aplicada y eficiencia en el uso del agua, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile Anaheim cv. “Joe Parker” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Volumen de agua (m ³ /ha)	Rendimiento (ton/ha)	Eficiencia en el Uso del Agua (kg/m ³)
100 Agua	6177.7	26.815	4.34
75 Agua	5299.9	28.049	5.29
50 Agua	4416.0	25.432	5.76

Se puede observar que en la eficiencia en el uso del agua de riego, el mejor tratamiento fue cuando se regó al 50% con una eficiencia de 5.76 kg/m³, seguido del tratamiento regado al 75% con una eficiencia de 5.29 kg/m³ y por último el tratamiento regado al 100% con una eficiencia de 4.34 kg/m³.

La lámina de agua usada fue de 61.78, 53.0 y 44.16 cm en 100%, 75% y 50% de agua aplicada, respectivamente. Cuando se regó al 100% usó la mayor lámina de agua y tuvo la menor eficiencia de uso, lo cual indica que con mayor aplicación de agua no se obtiene una alta eficiencia en el uso del agua, sino que, para lograrse un uso más eficiente, esta deberá regarse al 50%.

Comparación Entre Suelo Acolchado y Suelo Desnudo

En el Cuadro 3, se muestra el análisis de varianza. Para las variables número de frutos comerciales, rendimiento comercial, rendimiento total,

contenido de potasio, área foliar y peso seco de planta, se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.01$) y una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la variable contenido de fósforo, esto significa que el acolchado tiene una fuerte influencia en dichas variables. No obstante, los cuadrados medios del factor acolchado fueron mayores que los del error del acolchado, excepto en las variables número de frutos de rezaga, área foliar, unidades SPAD (lectura 2). Para número de frutos de rezaga, rendimiento de rezaga, contenido de nitrógeno, fósforo, azufre y unidades SPAD (lectura 1 y 2) no hubo diferencia estadística entre acolchado y testigo.

Temperatura del Suelo Acolchado y Suelo Desnudo

En el Cuadro 9, se muestra la comparación de medias para la variable de temperatura, y se observa que en esta variable hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos, siendo superior en el suelo acolchado para la temperatura máxima, media y mínima, mostrando un incremento de 1.52, 1.93 y 2.04 °C, respectivamente, con relación al suelo desnudo. Este incremento de temperatura en el suelo acolchado se debe a que el plástico transmite al suelo la energía calorífica recibida del sol durante el día, produciendo el efecto térmico de este, manteniendo la temperatura durante la noche.

Cuadro 9. Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en la variable de temperatura en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" (CIQA, 2009)

Tratamiento	Temperatura Máxima	Temperatura Media	Temperatura Mínima
Suelo Acolchado	26.43 a	25.45 a	24.47 a
Suelo Desnudo	24.91 b	23.52 b	22.43 b
Nivel de Significancia	**	**	**

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Número de Frutos Comerciales y Rendimiento Comercial

En la variable número de frutos comerciales y el rendimiento comercial se encontró diferencia estadística significativa, siendo mejor el suelo acolchado con 194.5 frutos/parcela con un rendimiento de 11.92 kg/parcela y el suelo desnudo con 137.66 frutos/parcela con un rendimiento de 9.32 kg/parcela, siendo superior el suelo acolchado con un 29.22% (56.84 frutos) y 21.8% (2.6 kg) en rendimiento (Cuadros 10 y 11). Este incremento en rendimiento en el suelo acolchado puede deberse a que este afecta primeramente el microclima en el entorno de la planta modificando la radiación de la superficie del suelo y evitando la pérdida por evaporación del agua.

Cuadro 10. Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en las variables número de frutos comerciales y número de frutos de rezaga en el cultivo de chile Anaheim cv. “Joe Parker” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Frutos/parcela	
	Comerciales	Rezaga
Suelo acolchado	194.50 a	6.16
Suelo Desnudo	137.66 b	4.08
Nivel de Significancia	**	NS

NS= No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Número de Frutos de Rezaga y Rendimiento de Rezaga

Estas variables no mostraron diferencia estadística significativa entre tratamientos (Cuadros 10 y 11), pero se puede observar que el tratamiento que mayor frutos y rendimiento de rezaga tuvo fue el suelo acolchado con 6.16 frutos/parcela con rendimiento de 0.28 kg/parcela, y el suelo desnudo con 4.08 frutos/parcela con rendimiento de 0.14 kg/parcela. Estos resultados significan que con acolchado se tiene mayor número de frutos y rendimiento de rezaga.

Rendimiento Total

En el Cuadro 11, se muestran los resultados de comparación de medias para esta variable y se observa que respondió de forma positiva al suelo acolchado con 12.21 kg/parcela y 9.47 kg/parcela para el suelo desnudo, mostrando un incremento de 22.44% por efecto de acolchado. Ibarra y Rodríguez, (1991) indican que los rendimientos de los cultivos se incrementan con el uso de acolchado 20 y 200% con respecto a los métodos convencionales de cultivo.

Cuadro 11. Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en el cultivo de chile Anaheim cv. "Joe Parker" en la variable de rendimiento (CIQA, 2009)

Tratamiento	Rendimiento (kg/parcela)		
	Comercial	Rezaga	Total
Suelo Acolchado	11.92 a	0.28	12.21 a
Suelo Desnudo	9.32 b	0.14	9.47 b
Nivel de Significancia	**	NS	**

NS= No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Determinación de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre

Determinación de fósforo y potasio, en estas variables se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos, obteniéndose mejores resultados para el suelo acolchado en ambos elementos, con 0.33 y 0.46% para fósforo y potasio, siendo mejores que el suelo desnudo con un incremento del 6.06% y 6.52%, respectivamente (Cuadro 12). En cambio para las variables de determinación de nitrógeno y azufre no hubo diferencia estadística, sin embargo, numéricamente se observa que el nitrógeno se absorbe mejor en el suelo desnudo y el azufre en el suelo acolchado. Estos resultados indican que

no todos los elementos se absorben mejor en suelo acolchado, esto puede deberse al aumento de temperatura y humedad del suelo bajo este.

Cuadro 12. Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en la determinación de N, P, K y S, en el cultivo de chile Anaheim cv. “Joe Parker” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Azufre (%)
Suelo Acolchado	0.13	0.33 a	0.46 a	0.44
Suelo Desnudo	0.14	0.31 b	0.43 b	0.43
Nivel de Significancia	NS	**	**	NS

NS= No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Área Foliar

El área foliar fue estadísticamente superior en el tratamiento acolchado con 4882.7 cm² y 3315.0 cm² en el suelo desnudo (Cuadro 13). Esto significa que las plantas bajo acolchado producen mayor área foliar. Esto se debe a que la temperatura es un factor ambiental que más influye en el desarrollo de la hoja. El acolchado influye significativamente sobre una mayor temperatura, y se incrementa el follaje siempre y cuando exista una mayor disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo, mismo que pueden ser translocados al interior de la planta, donde se transforman y promueven el desarrollo vegetativo.

Peso Seco de Planta

En el Cuadro 13, se muestran los resultados de la comparación de medias, para esta variable. Se observa que para esta variable hubo diferencia significativa estadística entre tratamientos, con un valor de 46.06 g en el suelo acolchado y 33.15 g para el suelo desnudo. Se menciona que la temperatura

tiene influencia en dichas variables por lo que el acolchado mostró diferencia estadística para algunas variables. Valores mayores de área foliar fueron indicativos de mayor cantidad de biomasa.

Unidades SPAD

Para esta variable no hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos, sin embargo, numéricamente se observa en la lectura 1 bajo suelo acolchado se obtuvo mayores unidades SPAD, en cambio en la lectura 2 las unidades SPAD fueron similares en suelo con y sin acolchado (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en las variables área foliar, peso seco de planta y unidades SPAD en el cultivo de chile Anaheim cv. “Joe Parker” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Área Foliar (cm ²)	Peso Seco de Planta (g)	Unidades SPAD	
			Lectura 1	Lectura 2
Suelo Acolchado	4882.7 a	46.06 a	65.02	60.84
Suelo Desnudo	3315.0 b	33.15 b	62.99	60.75
Nivel de Significancia	**	**	NS	NS

NS= No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Eficiencia en el Uso del Agua

En el Cuadro 14, se muestran los valores de rendimiento en toneladas por hectárea; además, señala el volumen de agua aplicado en metros cúbicos, así como los valores de eficiencia en el uso del agua, los cuales se obtienen al dividir el rendimiento obtenido para cada tratamiento entre el volumen de agua que le fue aplicado a cada tratamiento.

Cuadro 14. Rendimiento en ton/ha, volumen de agua aplicada y eficiencia en el uso del agua, bajo suelo acolchado y suelo desnudo en el cultivo de chile Anaheim cv. “Joe Parker” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Volumen de Agua (m ³ /ha)	Rendimiento (ton/ha)	Eficiencia en el Uso del Agua (kg/m ³)
Suelo Acolchado	5297.9	30.15	5.69
Suelo Desnudo	5297.9	23.382	4.41

Se puede observar que el suelo acolchado registró el uso más eficiente del agua en comparación con el suelo desnudo. El suelo acolchado presentó 5.69 kg/m³ y el suelo desnudo 4.41 kg/m³, estos tratamientos con la misma lámina de agua aplicada que fue 52.979 cm, lo que indica un aumento de 1.28 kg/m³ (22.5%) adicional al utilizar el acolchado de los suelos. Esto, es debido en parte a que el plástico actúa como una barrera impermeable al vapor de agua, impidiendo la liberación del agua del suelo, conservando así la humedad y manteniéndola a disposición de las plantas para que efectúen su transpiración y el adecuado transporte de los elementos nutritivos (Guarriente, 1983).

Chile Pimiento

Criterio de Riego

En el cuadro 16, se muestran los cuadrados medios de los análisis de varianza para el factor riego. Las variables número de frutos comerciales, rendimiento comercial, número de frutos de rezaga, rendimiento de rezaga, rendimiento total, contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, área foliar, peso seco de planta y unidades SPAD (lectura 1 y lectura 2), no mostraron diferencia significativa. En cuanto a la interacción acolchado x riego mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.01$) las variables número de frutos comerciales, rendimiento comercial y diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la variable de rendimiento total, para el resto de las variables no se encontró diferencia significativa.

Número de Frutos Comerciales

En cuanto a esta variable no hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos (Cuadro 15), pero se puede observar que se producen más frutos cuando se riega al 100%, seguido del 75% y el 50%, con un número de frutos de 46.2, 44.8 y 42.8 frutos/parcela, respectivamente.

Cuadro 15. Comparación de medias en las variables número de frutos comerciales y número frutos de rezaga, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de Chile Pimiento var. "Capistrano" (CIQA, 2009)

Tratamiento	Frutos/parcela	
	Comerciales	Rezaga
100 Agua	46.2	9.5 a
75 Agua	44.8	5.3 b
50 Agua	42.8	6.3 ab
Nivel de Significancia	NS	**

NS= No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Cuadro 16. Análisis de varianza y cuadrados medios en el cultivo de pimiento morrón var. “Capistrano” bajo acolchado plástico y riego parcial de la raíz

FUENTE	GL	NFC	RC	NFRe	RRe	RT	N	P	K	S	AF	PSH	PST	PSP	SPAD 1	SPAD 2
Aco	1	73.5**	4.86**	2.66NS	0.0012NS	4.70**	0.0006NS	0.00081NS	0.0042**	0.0063NS	2881494**	59.09**	3.83*	93.06**	100.49NS	29.21NS
Rep	3	42.5*	1.25NS	29.94NS	0.235NS	0.53NS	0.0007NS	0.00031NS	0.0015*	0.0062NS	1232.33NS	0.97NS	0.19NS	1.05NS	65.61NS	430.51**
Aco*Rep	3	15.6	0.29	3.77	0.036	0.20	0.0028	0.00016	0.001	0.0052	160276.11	5.52	1.16	11.53	54.46	25.15
Rieg	2	23.7NS	0.24NS	37.04NS	0.36NS	1.12NS	0.00051NS	0.0014NS	0.001NS	0.0018NS	58311.79NS	5.73NS	0.46NS	9.15NS	11.39NS	1.59NS
Aco*Rieg	2	59.7**	2.24**	26.54NS	0.11NS	2.90*	0.00035NS	0.00025NS	0.0011NS	0.0064NS	83282.62NS	5.14NS	0.02NS	5.35NS	0.49NS	6.79NS
Error	12	112	4.81	148.83	1.76	6.62	0.012	0.0058	1.76	0.023	1014177.17	55.88	9.67	96.49	373.86	208.73
Total	T3	9.33	0.4	12.4	0.14	0.55	0.001	0.00048	0.14	0.0019	84514.76	4.65	0.8	8.04	31.15	17.39

Aco. = acolchado, Rep. = repetición, Rieg.= riego

NS = No significancia

* = Significancia al 0.05 de probabilidad

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Número de Frutos de Rezaga

En esta variable, la comparación de medias muestra diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, obteniéndose mayor número de frutos de rezaga cuando se regó al 100% con 9.5, seguido de 50% y 75% con 6.3 y 5.3 frutos/parcela, respectivamente (Cuadro 15).

Rendimiento Comercial

Esta variable no mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Cuadro 17), pero numéricamente se observa que se tiene mayor rendimiento cuando se riega al 100% con 7.1 kg/parcela, en cambio cuando se regó al 75% y 50% estos obtuvieron el mismo rendimiento con 6.8 kg/parcela.

Rendimiento de Rezaga

Para esta variable se observa una diferencia numérica entre tratamientos (Cuadro 17), cuando se regó al 100% este produjo 0.93 kg/parcela de rendimiento, seguido del 50% y 75% de agua aplicada, estos con un rendimiento de 0.72 y 0.50 kg/parcela, respectivamente.

Cuadro 17. Comparación de medias en la variable de rendimiento, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile pimiento var. “Capistrano” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Rendimiento (kg/Parcela)		
	Comercial	Rezaga	Total
100 Agua	7.1	0.93	8.08
75 Agua	6.8	0.50	7.35
50 Agua	6.8	0.72	7.59
Nivel de Significancia	NS	NS	NS

NS= No significancia

Rendimiento Total

En el Cuadro 17, se presentan los datos de rendimiento total y se puede observar que esta variable no mostró diferencia estadística, pero numéricamente se observa una diferencia entre el tratamiento que se regó al 100%, seguido de los que se regaron al 50 y 75%, estos con un rendimiento de 8.08 kg contra 7.59 y 7.35 kg/parcela, respectivamente. Los dos últimos tratamientos presentan un decremento del 6.06 (0.49 kg) y 9.03% (0.73 kg) con relación al tratamiento regado al 100%. Estos resultados concuerdan con González (1991) quien menciona que al trabajar con tres regímenes de humedad en tres sistemas de cultivo en tomate reporta que el mayor rendimiento y calidad de exportación se obtuvo regando al 80% de abatimiento de humedad aprovechable (AHA) durante la fase de floración-fructificación del cultivo, observándose que si se riega por arriba o por debajo de dicho nivel, se reduce la calidad y rendimiento.

Contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre

Contenido de fósforo, en esta variable hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos, absorbiéndose mejor cuando se regó al 75% con 0.30%, seguido del tratamiento regado al 100% con 0.28% y por último cuando se regó al 50% con 0.27% (Cuadro 18). En cambio en las variables contenido de nitrógeno, potasio y azufre, no se mostraron diferencia estadística significativa; pero numéricamente, se observa que estos elementos se absorben mejor cuando se riega al 75% y se absorbe menos nitrógeno y potasio cuando se riega al 50%, excepto para azufre.

Cuadro 18. Comparación de medias en la determinación de N, P, K y S, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile pimiento var. “Capistrano” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Azufre (%)
100 Agua	0.14	0.28 ab	0.43	0.39
75 Agua	0.15	0.30 a	0.44	0.42
50 Agua	0.13	0.27 b	0.41	0.40
Nivel de Significancia	NS	**	NS	NS

NS= No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Área Foliar

En cuanto a esta variable no hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos, aunque se observa que se produjo mayor área foliar cuando se regó al 75%, con 2053.6 cm², seguido del suelo que se regó al 100% y 50%, estos con una producción de área foliar de 1936.4 y 1887.5 cm², respectivamente (Cuadro 19).

Peso Seco de Planta

Para esta variable no hubo diferencia estadística significativa (Cuadro 19), ya que los resultados son similares con 18.67, 17.27 y 16.57 g/planta para 75, 100 y 50% de agua aplicada, respectivamente.

Unidades SPAD

Estadísticamente esta variable no mostró diferencia significativa, pero se observa que en la lectura 1 se obtuvo mayor unidades SPAD, cuando se regó al 50% con 74.5 y cuando se regó al 75 y 100% las unidades SPAD fueron similares; en cambio en la lectura 2 las unidades SPAD fueron mayores cuando

se regó al 100 y 75% con 60.09 y 60.02, y cuando se regó al 50% se redujo las unidades SPAD este con 59.20 (Cuadro 19).

Cuadro 19. Comparación de medias en las variables área foliar, peso seco de planta y unidades SPAD, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile pimienta var. “Capistrano” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Área Foliar (cm ²)	Peso Seco de Planta (g)	Unidades SPAD	
			Lectura 1	Lectura 2
100 Agua	1936.4	17.27	72.2	60.09
75 Agua	2053.6	18.67	72.7	60.02
50 Agua	1887.5	16.57	74.5	59.20
Nivel de Significancia	NS	NS	NS	NS

NS= No significancia

Eficiencia en el Uso del Agua

En el Cuadro 20, se muestran los valores de rendimiento en toneladas por hectárea, el volumen de agua aplicado en metros cúbicos, así como los valores de eficiencia en el uso del agua, los cuales se obtienen al dividir el rendimiento obtenido para cada tratamiento entre el volumen de agua que le fue aplicado a cada tratamiento.

Cuadro 20. Rendimiento en ton/ha, volumen de agua aplicada y eficiencia en el uso del agua, bajo riego parcial de la raíz en el cultivo de chile pimienta var. “Capistrano” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Volumen de agua (m ³ /ha)	Rendimiento (ton/ha)	Eficiencia en el Uso del Agua (kg/m ³)
100 Agua	6177.7	19.951	3.23
75 Agua	5299.9	18.148	3.42
50 Agua	4416.0	18.741	4.24

Para la eficiencia en el uso del agua de riego se observa que el mejor tratamiento fue cuando se regó al 50% con una eficiencia de 4.24 kg/m³, seguido por el tratamiento regado al 75% con una eficiencia de 3.42 kg/m³ y por último el tratamiento regado al 100% con una eficiencia de 3.23 kg/m³, estos con una lamina de agua usada de 44.16, 53.0 y 61.78 cm, respectivamente. Cuando se regó al 100% se aplicó la mayor lámina de agua y tuvo menor eficiencia en el uso del agua, lo cual indica que cuando se aplica mayor lámina de agua no se obtiene una alta eficiencia en el uso del agua.

Comparación Entre Suelo Acolchado y Suelo Desnudo

En el Cuadro 16, se muestra los cuadrados medios del análisis de varianza para el factor acolchado. Para las variables número de frutos comerciales, rendimiento comercial, rendimiento total, contenido de potasio, área foliar y peso seco de planta se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.01$); y para las variables número de frutos de rezaga, rendimiento de rezaga, contenido de nitrógeno, fósforo, azufre y unidades SPAD (lectura 1 y lectura 2) no hubo diferencia significativa.

Número de Frutos Comerciales y Rendimiento Comercial

Para la variable número de frutos comerciales y rendimiento de frutos comerciales se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos, siendo mejor el suelo acolchado con 46.33 frutos/parcela con un rendimiento de 7.40 kg/parcela y el suelo desnudo mostro un decremento de 7.55% (3.5) en número de frutos y 12.16% (0.9 kg) en rendimiento (Cuadros 21 y 22). Por otro lado Salgado (1986) trabajando con cinco cultivares de chile pimiento con acolchado plástico, encontró que los cultivares con acolchado registraron mayor número de frutos por planta que el testigo, ya que el número de frutos por planta es el que aumenta principalmente el rendimiento.

Cuadro 21. Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en las variables número de frutos comerciales y número de frutos de rezaga en el cultivo de chile pimiento var. “Capistrano”, (CIQA, 2009)

Tratamiento	Frutos/parcela	
	Comerciales	Rezaga
Suelo Acolchado	46.33 a	6.75
Suelo Desnudo	42.83 b	7.41
Nivel de Significancia	**	NS

NS= No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Número de Frutos de Rezaga y Rendimiento de Rezaga

Para estas variables estadísticamente no hubo diferencia significativa entre tratamientos, en cambio si se compara numéricamente, se observa que el suelo desnudo produjo mayores frutos de rezaga con 7.41 y el suelo acolchado 6.75 frutos/parcela, en cuanto a rendimiento los resultados fueron similares con 0.71 y 0.72 kg/parcela (Cuadros 21 y 22).

Cuadro 22. Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en el cultivo de chile pimiento var. “Capistrano” en la variable de rendimiento (CIQA, 2009)

Tratamiento	Rendimiento (kg/parcela)		
	Comercial	Rezaga	Total
Suelo Acolchado	7.40 a	0.71	8.12 a
Suelo Desnudo	6.50 b	0.72	7.23 b
Nivel de Significancia	**	NS	**

NS= No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Rendimiento Total

Esta variable mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos, siendo superior el suelo acolchado con 8.12 kg y 7.23 kg/parcela para el suelo desnudo, mostrando el suelo acolchado un incremento de 10.96% (0.89 kg) (Cuadro 22). Incrementos en la producción por efecto de acolchado en pimiento han sido reportados también por Salgado (1986) e Ibarra y Quezada (1987).

Contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre

En cuanto a la determinación de nitrógeno, fósforo y azufre, no hubo diferencia estadística significativa, sin embargo, se observa que el nitrógeno y fósforo se absorben mejor en el suelo acolchado, mientras que el azufre se absorbe mejor en el suelo desnudo (Cuadro 23). En cambio para la determinación de potasio hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos, siendo mejor el suelo acolchado que el suelo desnudo con un incremento de 6.8%. Estos resultados concuerdan con los de Ibarra y Rodríguez (1991) quienes indican que el acolchado favorece sustancialmente la presencia de nitratos, quedando a disposición de las plantas cultivadas. Esto tiene relación con el mayor contenido de nitrógeno, fósforo y potasio presente en el análisis foliar.

Cuadro 23. Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en la determinación de N, P, K y S, en el cultivo de chile pimiento var. "Capistrano" (CIQA, 2009)

Tratamiento	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Azufre (%)
Suelo Acolchado	0.14	0.29	0.44 a	0.39
Suelo Desnudo	0.13	0.28	0.41 b	0.42
Nivel de Significancia	NS	NS	**	NS

NS= No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Área Foliar

En esta variable hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos, con 2305.7 cm² para el suelo acolchado, mientras que el suelo desnudo tuvo 1612.7 cm² de área foliar (Cuadro 24). Esto significa que las plantas bajo acolchado producen mayor área foliar. Quizá como consecuencia de un aumento en la temperatura del suelo.

Peso Seco de Planta

Se presentó diferencia estadística significativa entre tratamientos, siendo el suelo acolchado el que presentó el mayor peso seco con 19.48 g/planta y el suelo desnudo con 15.54 g/planta (Cuadro 24). Se menciona que la temperatura tiene influencia en dichas variables por lo que el acolchado mostró diferencia estadística para esta variable.

Cuadro 24. Comparación de medias entre suelo acolchado y suelo desnudo en las variables área foliar, peso seco de planta y unidades SPAD en el cultivo de chile pimiento var. "Capistrano" (CIQA, 2009)

Tratamiento	Área Foliar (cm ²)	Peso Seco de Planta (g)	Unidades SPAD	
			Lectura 1	Lectura 2
Suelo Acolchado	2305.7 a	19.48 a	75.2	58.7
Suelo Desnudo	1612.7 b	15.54 b	71.1	60.9
Nivel de Significancia	**	**	NS	NS

NS = No significancia

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

Unidades SPAD

Respecto a las unidades SPAD en lectura 1 y 2 estadísticamente no hay diferencia significativa entre tratamientos, siendo los resultados 75.2 para la

lectura 1 en suelo acolchado y 60.09 en la lectura 2 en suelo desnudo (Cuadro 24). Estos resultados muestran que en la lectura 1 las unidades SPAD fue mayor en el suelo acolchado y en la lectura 2 que fue una lectura más tardía produjo un efecto contrario.

Eficiencia en el Uso del Agua

En el Cuadro 25, se muestran los valores de rendimiento en toneladas por hectárea, el volumen de agua aplicado en metros cúbicos, así como los valores de eficiencia en el uso del agua, los cuales se obtienen al dividir el rendimiento obtenido para cada tratamiento entre el volumen de agua que le fue aplicado a cada tratamiento.

Cuadro 25. Rendimiento en ton/ha, volumen de agua aplicada y eficiencia en el uso del agua, mediante suelo acolchado y suelo desnudo en el cultivo de chile pimiento var. “Capistrano” (CIQA, 2009)

Tratamiento	Volumen de Agua (m ³ /ha)	Rendimiento (ton/ha)	Eficiencia en el Uso del Agua(kg/m ³)
Suelo Acolchado	5297.9	20.05	3.78
Suelo Desnudo	5297.9	17.85	3.37

El suelo acolchado registró el uso más eficiente del agua con 3.78 kg/m³ y una lámina de agua aplicada de 52.979 cm, y el suelo desnudo con 3.37 kg/m³, con la misma lámina de agua usada que el suelo acolchado, lo que indica un aumento de 0.41 kg/m³. Estos datos concuerdan con los de Salgado (1986) quien observó que en cultivo de chile pimiento morrón de los cultivares Lady Bell y David, acolchados con polietileno opaco obtuvieron una eficiencia en el uso del agua de 3.318 kg/m³ y 3.282 kg/m³ de agua aplicada de diferencia en relación a sus testigos, respectivamente.

CONCLUSIONES

De manera general se puede concluir que el riego parcial de la raíz indujo a producir mayor número de frutos comerciales, menor número de frutos de rezaga, y con este se obtuvo mayor rendimiento en el cultivo de chilaca, lo que no sucedió con el cultivo de pimiento y en cuanto a eficiencia en el uso del agua los mejores tratamientos fueron cuando se regó al 50% para ambos cultivos.

En el cultivo de pimiento con el riego parcial de la raíz cuando se aplicó riego al 75% incremento el área foliar, también incrementó la absorción de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre.

Mientras que en el cultivo de chilaca con el riego parcial de la raíz la absorción de nitrógeno y potasio se redujo y para fósforo y azufre aumentó cuando se regó al 75% y 50%, respectivamente. El área foliar aumentó cuando se regó al 50% y producción de peso seco de planta también aumentó cuando se regó al 75%.

En el suelo acolchado se obtuvieron los mejores rendimientos en comparación con el suelo desnudo con 12.21 kg/parcela para chilaca y con 8.12 kg/parcela en el cultivo de pimiento. También este tratamiento presentó la mayor eficiencia en el uso del agua en los dos cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, L. J. 1979. Platicos fotodegradables en agricultura. Revista de plásticos modernos. 38(278):205.
- Adams, P. and L. C. Ho. 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. Journal of Horticultural Science 67: 827-839.
- Agroquias, 1998. Guías agrícolas de Argentina. Cultivo de melón con cobertura plástica de suelo. <http://www.agroquias.com.ar>.
- Aylsworth, D. J. 1997. Novedades sobre plásticos. Revista productores de hortalizas. Año 6, N°8, agosto. P. 26-28.
- Bangerth, F. 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. Annual Review Phytopathology 17:97-122.
- Behboudian, M. H. and M. T. Mills. 1997. Deficit irrigation in deciduous orchards. Horticultural Reviews 21: 105-131.
- Bhella, H.S. 1998. Tomato response to trickle irrigation and black polyethylene mulch. J. Amer. Soc. hort. sci. (113):543-546.
- Blanke, A., S. Rozelle, B. Lohmar, J. Wang and J. Huang. 2007. Water saving technology and saving water in China. *Agric. Water Manage.* 87, 139–150.
- Burgueño, C. J. H. 1997. La fertilización en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol.3. primera edición. Edit. Grupo formatos. México. D.F.
- Cano, A. M., F. 1994. El cultivo del chile. Monografías. Pimiento.com.htm. pp (68) 15.
- Cano, A. M., F. 1998. El cultivo de chile (*Capsicum spp.*) Guatemala. <http://www.monografias.com/trabajos/cultivochiles/cultivochiles.shtml>
Fuente: instituto de cuarta edición, enero 1960. Pag. 9.

- Carrijo, O. A., C. A. S. Oliveira, A. F. L. Olitta, R. P. de Fontes, N. B. B. dos Reis and P. T. Della Vecchia. 1983. A trial comparing drip and furrow irrigation and N and K fertilization on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Horticultura Brasileira* 1: 41-44.
- Caspari, H. W., S. Neal, P. Alspach. 2004. Partial rootzone drying-a new deficit irrigation strategy for apple? *Acta Hort.* 646:93-100.
- Castañeda, Z., C. 2002. Evaluación de plásticos “termorreguladores” en el desarrollo y producción de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) Var. Júpiter. Bajo invernadero. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Costa, J. M., E. Heuvelink. 2004. China’s greenhouse horticulture: An overview. In: Costa J.M., Heuvelink E, Botden N, eds. *Greenhouse Horticulture in China: Situation and prospects*. Horticultural Production Chains Group. The Netherlands. pp. 7–41.
- Crocker, J. L., W. T. Witte, R. M. Augé. 1998. Stomatal sensitivity of six temperate, deciduous tree species to non-hydraulic root-to-shoot signalling of partial soil drying. *J. Exp. Bot.* 49:761-774.
- Davies, W. J., S. Wilkinson, B. Loveys. 2002. Stomatal control by chemical signalling and the exploitation of the mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytol.* 153:449-460.
- Davis, G. 1980. Drip System evaluation irrigation. 5: 14-15.
- Decoteau, D. R. and H. H. Friend. 1990. Seasonal mulch color transition. *Proc. 22, Natl. Agr. Plast. Congr.* Pp. 13-18.
- Delfine, S. R., Tognetti, F., Loreto, A. Alvino. 2002. Physiological and growth responses to water stress in field-grown bell pepper (*Capsicum annum* L.) *J. Hort. Sci. Biotech.* 77: 679-704.
- De Pascale, S., C. Ruggiero, G. Barbieri, A. Maggio. 2003. Physiological responses of pepper to salinity and drought. *J. Amer. Soc. Hort.Sci.* 128: 48-54.
- De Santiago, J. 1996. Programación de la siembra de chiles verdes. *Resta productores de hortalizas. Publicaciones periódicas.* pp. 8-9.
- Díaz-Pérez, J. C. and K. D. Batal, 2002. Colored plastic film mulches affect tomato growth and yield via changes in root-zone temperature. Department of Horticulture, University of Georgia, Tifton, Georgia 31749. *Art. J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127(1): 127-136.

- Doorenbos, J. y Pruitt W.O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. *Irrigation and Drainage Paper 24*. FAO. Rome, Italy. pp: 30-34.
- Dorji, K., M. H. Behboudian, J. A. Zegbe D. 2005. Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and root zone drying. *Sci. Hort.* 104: 137-149.
- Dry, P. R. and B. R. Loveys 1998. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. *Austr. J. Grape & Wine Res.* 4:140-148.
- Flipps, G.1993. Melons demonstrate drip under plastic efficiency. Texas A & M University. *Irrigation Journal*.
- García, A. J. 1996. Manual de acolchados: segunda parte. *Revista productores de hortalizas*. Mayo/1996. México.
- García, R. 1973. Modificación del sistema de clasificación de Köeppen. México, 251 p.
- García, C. I. y S. B. Briones. 1986. Diseño y evaluación de sistemas de riego por aspersión y goteo. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- González, J. A. 1991. Efecto de tres regímenes de humedad en tres sistemas de cultivo en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Gowing, D. J. G., W. J. Davies, H. G. Jones. 1990. A positive root-sourced as an indicator of soil drying in apple, *Malus x domestica* Borkh. *J. Exp. Bot.* 41:1535-1540.
- Guarriente, M. 1983. El acolchado en diversas situaciones agroclimáticas. IX Congreso Internacional de Agricultura con Plásticos. 6-12 de Noviembre. 1983. Guadalajara, Jalisco.
- Guencov, G. 1974. Fundamento de la Horticultura Cubana. Instituto cubano del libro. La Habana Cuba.
- Guenko, G. 1983. Fundamentos de la horticultura cubana. La habana Cuba. Segunda edición Madrid España, 354 p.
- Hanada, C. A. 1991. The effect of mulching and row cover on vegetable production. *Exp. Stn. Uneno 200*, Ayabe city, Kyoto, Japan *Horticulture* (69): 18-24.

- Hernández, D., M. 2002. Respuesta del cultivo de la calabacita (*Cucúrbita pepo* L.) a diferentes formulas de fertilización en condiciones de acolchado y fertirriego. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Hiller, E. A. y Hower, T. A. 1972. "Crop response to trickle irrigation and subsurface irrigation" asea 1972 winter meeting Chicago, Illinois.
- Hochmuth, G. 1995. Manejo del nitrógeno con acolchados plásticos. Productores de hortalizas, publicaciones periódicas, septiembre, México. (3):50-75.
- Hort. Uconn, 2002. The use of diferent colored mulches for yield and earliness. <http://www.hort.uconn.edu/imp/veg/htms/col.mlch.htm>.
- Ibarra, J.L. 1997. Memorias del curso nacional de plásticos en la horticultura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Ibarra, J.L. y G. Quezada G. 1987. Reporte de actividades agrícolas. Centro de Investigación en Química Aplicada. División tecnológica de Plásticos. Saltillo, Coahuila.
- Ibarra, J.L. y P.A. Rodríguez. 1991. Acolchado de suelo con películas Plásticas. Primera edición. Editorial Limusa. México.
- Infoagro, 2002. Cubiertas plásticas para invernadero. <http://www.infoagro.com>.
- Infoagro, 2003. El cultivo de pimiento. <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.asp>
- Janick, J. 1985. Horticultura científica e industrial. Editorial Acribia Zaragoza. España. Pp554.
- Jones, T., R. Bessin, J. Strang, B. Rowell, D. Spalding. 2000. Kentucky Pepper Integrated Crop Management. Cooperative Extension Service. University of Kentucky. College of agriculture. Paper IMP-13-39P.
- Jones, H. G. 2004. Irrigation Scheduling: advantages and pitfalls of plant based methods. *J. Exp. Bot.* 55, 2427–2436.
- Kang, S., X. Hu, I. Goodwin, P. Jerie. 2002. Soil water distribution, water use, and yield response to partial root zone drying under shallow groundwater table condition in a pear orchard. *Sci. Hort.* 92:277-291.
- Karmali, D. y Keller, J. 1975. "Trickle rain bird sprinkler manufacturing" Glendora, California.

- Karmali, D. y Smith, S. W. 1975. "Areosol emitters for trickle irrigations" proceedings of international agricultural plastic congress, San Diego California.
- Katerji, N., M. Mastrorilli, A. Hamdy. 1993. Effects of water stress at different growth stages on pepper yield. *Acta Hort.* 335: 165-171.
- Kirnak, H., M. N. Demirtas. 2006. Effects of different irrigation regimes and mulches on yield and macronutrition levels of drip-irrigated cucumber under open field conditions. *J. Plant Nutr.* 29, 1675–1690.
- Laborde, L., A.1983. Presente y pasado del chile en México, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA) México.
- Lamont, W. J. Jr. 1991. Agua y Suelo. Horticultura y riego por goteo. Agricultura de las Américas. United States of America. P. 8-16.
- Lamont, W. J. Jr. 1993. Plastic mulches for production of vegetable crops. *Hort. Technology* 3:35-39.
- Leib, B. G., H. W. Caspari, C. A. Redulla, P. K. Andrews, J. J. Jabro. 2006. Partial rootzone drying and deficit irrigation of 'Fuji' apples in a semi-arid climate. *Irrigation Sci.* 24:85-99.
- Levecchia, G. 1994. Producción de plántulas con alta tecnología en invernadero revista productores de hortalizas. Año 3 N°. 9 Septiembre, publicaciones periódicas. México, D.F.
- Loveys, B. R.; Dry, P. R.; Stoll, M. and Mc Carthy, M. G. 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. *Acta Horticulturae (Belgium)* 537:187–197.
- Maiero, M. y F. D. Schales. 1987. Genotypes and plastic mulch effects on earliness, fruit, characteristics, and yield in muskmelon. *Hortisience.* 80 p.
- Martínez, F. R. 1997. Efecto del acolchado en la temperatura superficial del suelo y su relación con el desarrollo y rendimiento del cultivo de melón. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Martínez, S. A. 1999. Evaluación de dos cultivares de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) bajo sistema de acolchado de suelo y riego por goteo. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

- Mashingaidze, A. B., O. A. Chivine and C. Zishire.1996. The effects of clear and black plastic mulch on soil temperature, seed viability and seedling emergence, growth and yield of tomatoes. J Appl. Sci. South. África. 2: 6-14.
- Munguía, L. J. P.1983. El acolchado de suelos y la práctica del riego en el cultivo de la espinaca (*Spinacea oleracea*) var. Viroflay. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Narro, C. A. 1985. El acolchado de suelos en el cultivo de chicharos (*Pysum sativum* L.). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Obreza, T. A., D. J. Pitts, R. J. McGovern, and T. H. Speen. 1996. Deficit irrigation of micro-irrigated tomato affects yield, fruit quality, and disease severity. Journal of Production Agriculture 2: 270-275.
- Orzolek, M. D. and L. Otjen. 1996. Is there a difference in red mulch? Proc. 26 Natl. Agr. Plastic Congr. 26: 164-171.
- Parchumchuk, P. 1976. "Temperature effects on emitter discharge rates transaction of the asea 19(4):690-692.
- Pilatti, R. A. y J. C. Favaro. 1999. El cultivo de pimiento bajo invernadero. Editorial Mundi - Prensa. Madrid, España. 350 p.
- Postel, S.L. 1998. Water for food production: will there be enough in 2025? BioScience 48: 629-637.
- Pozo, C. O. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo de chile. SARH-INIA. Pp 5-18. León Gto., México.
- Randolph, A. 1996. Producción y comercialización de hortalizas. Revista productores de hortalizas. Publicaciones periódicas. pp. 14-17.
- Rebolledo, M. A. y Uriza, A. D. 1996. Uso del acolchado plástico para la piña. Memorias del Simposium Internacional. Veracruz, México.
- Robledo, P. F.1981. "Aplicación de los plásticos en la agricultura". Ed. Mundi - Prensa. Madrid, España.
- Robledo, P. F. y Martín V. L. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura. 2da edición. Ediciones Mundi-Prensa Madrid España.

- Rodríguez G. J. G. 1994. Evaluación de películas fotodegradables para acolchado y su influencia en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) cv. Floradade. Tesis de Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Salgado, V. J. 1986. Evaluación de cinco cultivares de chile pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) bajo el sistema de acolchado plástico. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- SARH. 1994. Guía para cultivar chile ancho en el norte de Guanajuato, México.
- Serrano, C. S. 1990. Técnicas de invernadero. PAO. Suministros gráficos, S. A. Sevilla España.
- Solplas, 2002. Características del film. <http://www.solplas.com/sp/acolchados.html>.
- Sprittstosser, W. E. and J. E. Brown. 1991. Current changes in plasticulture for crop production. National Agricultural Plastic Congress. Mobile, Alabama. P 241-251.
- Stanghellini, C., F. L. K. Kempkes y Knies P. 2003. Enhancing environmental quality in agricultural systems. *Acta Horticultura*. 609, 277–283.
- State, P. 1995. Revista productores de hortalizas. Sep. pp 30-33. Technogy. 3(1): 35-38. United States of America.
- Stoll, M., B. R. Loveys and P. R. Dry. 2000. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *J. Exp. Bot.* 51:1627-1634.
- Tijerina, L. 1999. Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. *Terra* 17: 237-245.
- Toshio, H. 1991. The effect of mulching and row covers on vegetable production. *Agr. Exp. Stn. Japan. Sci.* (102): 620-650
- Valadez, L. A. 1996. Producción de Hortalizas 5ª reimpresión, Editorial Limusa S.A. de C.V., Grupo Noriega Editores. México, D.F.
- Valadez, L. A. 1999. Producción de hortalizas 5ª reimpresión, Editorial Limusa.
- Van Hooijdonk. B. M., K. Dorji and M. H. Behboudian. 2004. Responces of “pacific rose TM”. Apple to partial rootzone drying a deficit irrigation. *Europe. J. Hort. Sci.* 69:104-110.

- Van Schilfgaarde, J. 1994. Irrigation - a blessing or a curse. *Agricultural Water Management* 25: 203-219.
- Velázquez, D. D. y G. J. E. Gallego. 1995. Impacto del riego presurizado en la agricultura moderna. Aguafim S. A. de C.V.
- Vuelvas, C. A. y Díaz de L. T. 1995. Perspectivas del riego presurizado en la agricultura del bajío. *Memorias del simposium internacional*. León, Guanajuato, México.
- Wien, H. C. and P. L. Minotti. 1987. Growth and yield nutrient uptake of transplanted fresh-market tomatoes as affected by plastic mulch and initial nitrogen rate. *J Amer. Soc. hort. Sci.* (112): 759-763.
- Zegbe, J. A., M. H. Behboudian, A. Lang, B. E. Clothier. 2005. Respuesta del manzano cv. 'Pacific Rose™' al riego parcial de la raíz. *In: Memoria del XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas*.
- Zegbe, J. A., P. A. Serna, L. A. G. Bravo. 2006. Riego parcial de la raíz en manzano 'Golden Delicious' en una zona semiárida. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(2): 69-73.