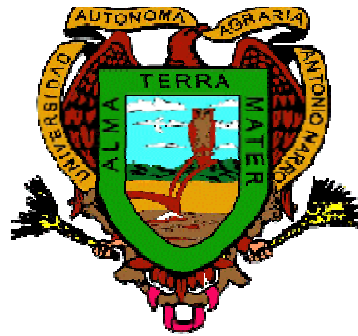


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



**Dinámica de la humedad del suelo bajo diferentes condiciones de
cobertura plástica.**

POR:

LEONARDO LUCAS NEGRETE

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, ABRIL 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Dinámica de la humedad del suelo bajo diferentes condiciones de
cobertura plástica.

PRESENTADA POR:
LEONARDO LUCAS NEGRETE

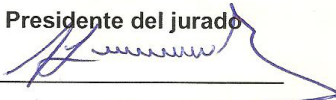
TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

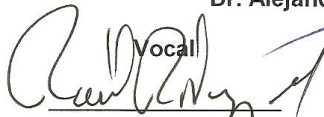
Aprobado

El Presidente del jurado



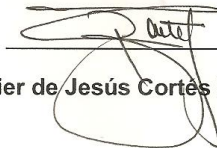
Dr. Alejandro Zermeño González

Vocal



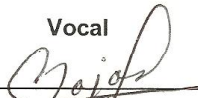
Dr. Raúl Rodríguez García

Vocal



Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho

Vocal



M.C. Carlos Rojas Peña

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

El Coordinador de la División de Ingeniería



MC. Luis Rodríguez Gutiérrez



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2011

Coordinación de
Ingeniería

DEDICATORIAS

Dedicado a mis padres

León Lucas Cumplido +
Bernardina Negrete Gutiérrez

A mis hermanos(as)

María Piedad Lucas Negrete
Juan Lucas Negrete
Inocencia Lucas Negrete
Pedro Lucas Negrete
Cristina Lucas Negrete

A mis sobrinos(as)

Irving Parra Lucas
Laura Maldonado Lucas
Lizbeth Maldonado Lucas
Héctor León Lucas García
María del Pilar Parra Lucas

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por seguir dándome vida y salud.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme dado la oportunidad de culminar mis estudios de licenciatura.

Al Dr. Alejandro Zermeño González por su apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

Al Dr. Jerónimo Landeros Flores, por haberme permitido formar parte de este proyecto.

A mis asesores que intervinieron y dedicaron parte de su tiempo en la revisión de este trabajo:

Dr. Alejandro Zermeño González

Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho.

Dr. Raúl Rodríguez García

M.C. Carlos Rojas Peña.

Mis más sinceros agradecimientos a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIAS	I
AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE CUADROS	V
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VII
RESUMEN	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
Uso del acolchado plástico y riego con cintilla en la producción de cultivos hortícolas.	3
Tipos de acolchado plástico y sus características.	5
Efecto del acolchado plástico en la reducción de la evaporación y la conservación de la humedad del suelo	6
III. MATERIALES Y METODOS	9
Ubicación y características del sitio de estudio.....	9
Cultivo utilizado.....	9
Tratamientos evaluados.....	10
Instrumentación y Mediciones.....	11
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
Dinámica de la humedad del suelo en un ciclo parcialmente seco.....	13
Dinámica de la humedad del suelo en un ciclo húmedo.....	16
....Dinámica de la humedad del suelo en un ciclo parcialmente húmedo....	22

Dinámica de la humedad del suelo en un ciclo parcialmente seco.....	25
V. CONCLUSIÓN.....	28
VI. BIBLIOGRAFIA	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Implemento agrícola para enterrar el plástico subsuperficial a una profundidad de 40 cm bajo la superficie a lo largo de la cama de siembra.....	10
Figura. 2. Colocación en el campo del sensor TDR. Para determinar el contenido de humedad en el suelo.....	12
Figura 3. Registrador electrónico de datos “Datalogger” (modelo CR7 Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, USA), donde se conectaron los TDR para el registro continuo de lecturas.....	12
Figura 4. Contenido de agua en el suelo (g/g) observado del día 170 al 179 (19 al 28 de junio, 2010) en los diferentes tratamientos de cobertura plástica; a) riego de 8.5 mm, b) riego de 2 mm, c) lluvia acumulada de dos días previos 9.1 mm, mas 2 hrs de riego 8 mm.....	14
Figura 5. Contenido de agua en el suelo (g/g) observado del día 183 al 200 (19 de julio, 2010) en los diferentes tratamientos de cobertura plástica; a) lluvia de 6.1 mm, b) lluvia de 17.9 mm, c) lluvia de 19.9 mm, d) 30 minutos de riego 2 mm, e) 30 minutos de riego 2 mm.....	17
Figura 6. Contenido de agua en el suelo (g/g) observado del día 201 al 203 (20-22 de julio, 2010) en los diferentes tratamientos de cobertura plástica; a) lluvia de 14.3 mm, mas 4 hrs de riego =16 mm al tratamiento testigo y al tratamiento con acolchado; b) riego de 1 hr = 4 mm al tratamiento con plástico subsuperficial y al tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial; c) lluvia de 3.2 mm, mas 1 hr de riego = 4 mm a los cuatro tratamientos.....	20

Figura 7. Contenido de agua en el suelo (g/g) observado del día 203 al 212 (22-31 de julio, 2010) en los diferentes tratamientos de cobertura plástica; a) lluvia de 30.3 mm, b) lluvia de 13.6 mm, c) 1 hr de riego 4 mm, d) 1 hr de riego 4 mm.....23

Figura 8. Contenido de agua en el suelo (g/g) observado del día 213 al 222 (1-10 de agosto, 2010) en los diferentes tratamientos de cobertura plástica; a) 4 hrs de riego 16 mm, b) 1 hr de riego 4 mm, mas una lluvia de 1.7 mm, c) 2 hrs de riego 8 mm.....26

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de las películas de polietileno utilizadas para acolchados. (Papaseit *et al.*, 1997).....5

Cuadro 2. Valores de la prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) en la comparación de medias de las poblaciones correspondientes al contenido de agua en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica. Los valores de "P" indican aceptación o rechazo de la hipótesis establecida. Si "P" < α se rechaza H_0 , si "P" > α se acepta H_014

Cuadro 3. Valores correspondientes al valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar del contenido de humedad en el suelo (de registros continuos cada media hora) bajo las diferentes condiciones de cobertura plástica, observados del día 170 al 179 (19 al 28 de junio, de 2010).15

Cuadro 4. Valores de la prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) en la comparación de medias de las poblaciones correspondientes al contenido de agua en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica17

Cuadro 5. Valores correspondientes al valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar del contenido de humedad en el suelo (de registros continuos cada media hora) bajo las diferentes condiciones de cobertura plástica, observados del día 183 al 200 (2 al 19 de julio, de 2010).18

Cuadro 6. Valores de la prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) en la comparación de medias de las poblaciones correspondientes al contenido de agua en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.....	20
Cuadro 7. Valores correspondientes al valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar del contenido de humedad en el suelo (de registros continuos cada media hora) bajo las diferentes condiciones de cobertura plástica, observados del día 201 al 203 (20 al 22 de julio, de 2010).	21
Cuadro 8. Valores de la prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) en la comparación de medias de las poblaciones correspondientes al contenido de agua en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.....	23
Cuadro 9. Valores correspondientes al valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar del contenido de humedad en el suelo (de registros continuos cada media hora) bajo las diferentes condiciones de cobertura plástica, observados del día 203 al 212 (22 al 31 de julio, de 2010).	24
Cuadro 10. Valores de la prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) en la comparación de medias de las poblaciones correspondientes al contenido de agua en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.....	26
Cuadro 11. Valores correspondientes al valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar del contenido de humedad en el suelo (de registros continuos cada media hora) bajo las diferentes condiciones de cobertura plástica, observados del día 213 al 222 (1 al 10 de agosto, de 2010).	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura A1. Implemento que coloca el plástico subsuperficial a 40 cm.....	32
Figura A2. Cama estableciéndose en campo.....	32
Figura A3. Instalación del sistema de riego y acolchado.....	33
Figura A4. Equipo instalado y trasplante el 17 de mayo de 2010.....	33
Figura A5. Dataloger (modelo CR7 Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, USA)....	34
Figura A6. Colocación de los sensores de medición de contenido de humedad.....	34
Figura A7. Base para la colocación correcta del TDR.....	35
Figura A8. TDR establecido en campo correctamente.....	35

Dinámica de la humedad del suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.

RESUMEN

El uso del acolchado en los suelos agrícolas ha aumentado considerablemente debido al ahorro de agua. Se utiliza principalmente en las zonas áridas por la escases de dicho recurso. El objetivo de este trabajo fue evaluar la dinámica del contenido de humedad en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica. 1. Sin cobertura plástica “testigo”; 2. Con acolchado plástico; 3. Con una franja de plástico a 0.40 m bajo la superficie; 4. Con acolchado plástico y franja de plástico a 0.40 m bajo la superficie. El contenido de humedad del suelo se determino con un sensor de reflectancia en el dominio del tiempo (TDR), que se calibro previamente con el método gravimétrico. Los resultados obtenidos de esta investigación mostraron que el tratamiento de plástico retuvo mayor humedad, seguido del testigo, acolchado y acolchado-plástico, debido a las precipitaciones ocurridas durante ese periodo. Ya que el acolchado y Acolchado-plástico limitaron la infiltración del agua en el suelo. Las observaciones de los tratamientos en las condiciones de ciclo parcialmente seco, el acolchado fue mayor a comparación con los demás tratamientos, siendo el de menor contenido de agua en el suelo el tratamiento de testigo. Mientras que en los ciclos húmedos, se mantuvo un mayor contenido de agua en el suelo con el tratamiento plástico subsuperficial y el menor contenido de agua en el suelo, se observo en el acolchado y acolchado-plástico subsuperficial teniendo muy poca diferencia entre ambos.

Palabras clave: contenido de humedad, sensor TDR, acolchado, plástico, , dinámica de la humedad, riego por cintilla.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de materiales plásticos en las actividades agrícolas a partir de los años 40's y 50's inició una modificación profunda en el curso de la producción de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. En los años siguientes se lograron notables mejoras tecnológicas que ampliaron la durabilidad y rango de aplicación de los materiales plásticos. En la actualidad, se manejan con técnicas de agroplasticultura más de 300 mil hectáreas de cultivos de alto ingreso económico en todo el mundo (Soltani *et al.*, 1995).

El acolchado plástico es conocido por modificar la energía y el balance del agua en el perfil superior del suelo y crear condiciones más favorables para el crecimiento de las plantas. Estudios previos han demostrado que con el acolchado plástico se incrementa el rendimiento de los cultivos que se desarrollan a campo abierto, especialmente en climas fríos (Tindall *et al.*, 1991; AbdulBaki *et al.*, 1992; AllAssir *et al.*, 1992).

Los efectos de acolchado sobre la humedad del suelo se logran solamente si este es lo suficientemente amplio en torno a la planta. Este efecto positivo no se determina solo por la mayor cantidad de agua, si no además por su distribución sobre el perfil del suelo. Al efectuar adecuadamente el suministro del agua de irrigación y explotar las características del acolchado respecto a la humedad del suelo, se mantiene un régimen hídrico constante muy cercano al óptimo en el terreno (Ibarra y Rodríguez 1991).

Unger (1987) describió cambios del microclima causado por los acolchados de paja, papel, películas de polietileno transparente y películas de aluminio. Los efectos del acolchado sobre la humedad del suelo se logra solamente si el acolchado es lo suficientemente amplio respecto a la planta.

Hanlon y Hochmuth (1989) reportan que los acolchados plásticos reducen la pérdida de agua por el alto grado de impermeabilidad al vapor de agua del suelo. El uso del riego por goteo en conjunto con el acolchado plástico reducen la pérdida de humedad de los suelos y decrecen los requerimientos de los riegos. Esta relación tiene ahorros de agua de un 45 % comparado con los sistemas de aspersión.

Las poliolefinas son materiales impermeables al vapor de agua. Este hecho impide la evaporación del agua del suelo, beneficiándose las plantas de una alimentación constante y regular independientemente de la climatología externa. (Díaz, *et al.*, 2001)

Cuando se utiliza el plástico perforado para acolchar se pierde ligeramente agua por evaporación. Estas pérdidas son, de cualquier forma, en la mayoría de los casos compensadas por la entrada de agua de lluvia al suelo. (Díaz, *et al.*, 2001)

Objetivo

Evaluar la dinámica del contenido de humedad en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Uso del acolchado plástico y riego con cintilla en la producción de cultivos hortícolas.

El acolchado de suelos es la técnica más simple de aplicación de plásticos en la agricultura, éstos vinieron a sustituir procedimientos más antiguos como el empajado. Esta técnica es practicada desde hace muchos años por los agricultores con la finalidad de proteger a los cultivos y a los suelos de la acción de los agentes atmosféricos. Actualmente se utiliza el acolchado de suelos con películas plásticas en una gran diversidad de cultivos hortícolas, así como en cultivos ornamentales y algunos frutales.

Según la naturaleza de los materiales utilizados (residuos vegetales, productos de origen mineral como la arena, papel alquitranado y láminas de aluminio) ofrecían además otras ventajas como la opacidad a la luz solar que impedía el desarrollo de las malas hierbas, la absorción del calor del sol por el suelo protegido y su posterior liberación durante la noche constituía un medio de defensa para la planta contra las bajas temperaturas nocturnas, influyendo de esta manera en un aumento en el rendimiento, así como precocidad en las cosechas (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Para elegir un color del plástico de polietileno es fundamental considerar la época del año en que se usará, ya que su efecto sobre las plantas será positivo o negativo según las condiciones ambientales. Es así como Eltez y Tüzel (1994), en tomate, encontraron que el mayor rendimiento total se obtuvo con polietileno negro en primavera y blanco en otoño, siendo superiores al testigo en 25% y 37.5%, respectivamente. Flipps (1993), menciona que el uso de cintillas de goteo para regar por debajo del acolchado plástico en la

producción de hortalizas ha crecido dramáticamente y la mayoría de los cultivos ha respondido favorablemente a esta técnica.

Otra técnica ampliamente utilizada en el cultivo de hortalizas es el riego localizado (Hartz, 1996). El acolchado plástico aumenta las ventajas del riego localizado; el riego por goteo y acolchado proporciona una mejor eficiencia en el uso del agua, pero su manejo ha de contemplarse en función de las características del suelo (Pardo et al., 2001).

Además en el riego por goteo se pueden suministrar nutrientes disueltos en el agua, con lo que se permite su distribución uniforme en el tiempo y en el espacio. De esta forma, se puede reducir el uso de fertilizantes mejorando la calidad del agua drenada (Hartz y Hochmuth, 1996).

Tipos de acolchado plástico y sus características

En el Cuadro 1 se muestran algunas de las características y efectos del color del acolchado plástico en los cultivos

Cuadro 1. Características de las películas de polietileno utilizadas para acolchados. (Papaseit *et al.*, 1997).

Características	Transparentes	Negro	Gris humo	Verde marrón	Bco./Negro
Transmisión de Radiación.	80%	Nula	35%	65%	Nula
Crecimiento de malas hierbas	Elevado	Ninguna	Poca	Menor que transparente	Ninguna
Absorción de Calor	Baja	Elevada	Regular	Baja	Regular
Duración del Plástico.	Corta	Larga	Regular	Mayor que el transparente	Bastante larga
Defensa bajas Temperatura	Buena	Regular	Mediana	Regular	Mala
Rendimiento de Cosechas.	Menor que el Negro	Alto	algo mejor que el negro	Similar al transparente	Alto mejor que el negro
precocidad de Cosechas.	Elevada	Mediana	Regular	Elevada	Elevada

Efecto del acolchado plástico en la reducción de la evaporación y la conservación de la humedad del suelo

El efecto positivo del acolchado con relación al régimen hídrico del suelo, está determinado tanto por la cantidad de agua disponible bajo la cobertura como también por su distribución en el perfil del terreno. Como el agua se acumula en los estratos más superficiales debido a la capilaridad que responde a la mayor temperatura existente en las capas más superficiales del suelo, el sistema radicular se desarrollará en sentido horizontal, habiendo un incremento en el número de raicillas con lo que la planta asegura una mayor absorción de agua y sales minerales (Guarriente, 1983).

Las películas actúan como una barrera de separación entre el suelo y el ambiente (atmósfera), la cual amortigua sensiblemente, según el tipo de plástico empleado, los efectos de la luz solar, impidiendo la pérdida por evaporación. (Robledo y Martín, 1988).

Los materiales plásticos no solo sirven para hacer más eficiente el uso del agua al formar una pantalla impermeable que ayuda a conservar una mayor cantidad de humedad al evitar la evaporación de la superficie, sino también incrementan la temperatura formando un microclima. (Rojas, 2000).

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, 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 el suelo. (Lammont ,1991)

El uso del acolchado plástico, evita pérdida de humedad por evaporación y se tiene mayor disponibilidad y aprovechamiento de los nutrimentos y un mejor control de malezas. (Martínez *et al.*, 2003).

Ibarra y Rodríguez (1991), citados por Lara (1993) mencionan que el acolchado retiene gran parte de la humedad del suelo, la cual es indispensable para el desarrollo del cultivo y dadas las características de impermeabilidad, reducen considerablemente la evaporación del agua que hay en el suelo.

Martínez (1985) en un estudio de campo realizado en el cultivo de melón bajo condiciones de la Comarca Lagunera sin y con acolchado plástico negro, reporto que los tratamientos con acolchado estuvieron siempre bajo condiciones de una mayor humedad en el suelo que en promedio fue de 10.8 por ciento superior al testigo sin plástico en una profundidad de 0-30 cm. El alto grado de impermeabilidad de las películas plásticas, prefija la reducción de la evaporación del agua del suelo.

Mediante el uso del plástico superficial se conserva la humedad y los nutrientes del suelo al retardar el proceso de evaporación del agua y prevenir el escurrimiento de nutrientes debido al fuerte riego y lluvias (García, 1996; Robledo y Martínez 1981; Papaseit *et al.*, 1997 Díaz 2001).

El acolchado plástico negro es el más comúnmente usado y se prefiere por su capacidad de calentar al suelo al absorber el calor, acelera el crecimiento de las plantas y aumenta rendimiento. El acolchado negro retiene también la humedad del suelo y acelera la maduración de muchos cultivos. Además promueve un medio libre de malezas al bloquear los rayos solares que son necesarios para la fotosíntesis de las malas hierbas (García, 1996).

Otros autores han cuantificado el ahorro de agua logrado con el acolchado de polietileno. Por ejemplo Renquist *et al.* (1982) señalan que al cultivar frutilla con acolchado de polietileno en verano, se requiere un tercio del agua en comparación a la que necesita cuando es cultivada sin acolchado y concluyen que el acolchado mejora la eficiencia del uso del agua y se expresa en un mayor rendimiento de frutos; esto como resultado de la mejor conservación de la humedad del suelo, e indirectamente, por las mayores temperaturas de suelo registradas al usar acolchado.

Por otra parte, los plásticos oscuros, al impedir el desarrollo de malezas al no dejar pasar luz para que realicen su proceso de fotosíntesis, se ahorra también el agua que éstas pudieran consumir. (Robledo y Martín, 1988).

III. MATERIALES Y METODOS

Ubicación y características del sitio de estudio

El presente trabajo se realizó de abril a agosto de 2010 en el bajío de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, situado geográficamente a 25° 22' latitud norte, 101° 00' longitud oeste y altura de 1740 msnm.

Las características del sitio de estudio son: suelo no salino, medianamente alcalino, medianamente rico en materia orgánica, medianamente pobre en nitrógeno (N), muy rico en fosforo (P), extremadamente pobre en potasio (K), presenta una textura arcillosa con una densidad bruta (densidad aparente) de 1.206 g cm⁻³.

Cultivo utilizado.

Con el propósito de analizar la dinámica de los cambios en la humedad del suelo por efecto del riego, la lluvia y el consumo de agua por las plantas, en las diferentes condiciones de cobertura plástica, se estableció un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) en camas de 80 cm de ancho por 35 m de longitud. Las plantas se establecieron en tresbolillo a una distancia de 40 cm. Las plantas se regaron con un sistema de riego por goteo superficial, con líneas regantes de 16 mm. El espaciamiento entre emisores fue 30 cm, con un gasto de aplicación de 340 LPH/100 m. Los riegos se aplicaron cada tercer día, con una lámina de riego de 8 mm.

Tratamientos evaluados

Se establecieron cuatro tratamientos de cobertura plástica 1. Testigo (sin acolchado y sin plástico subsuperficial), 2. Acolchado, 3. Plástico subsuperficial, y 4. Acolchado y plástico subsuperficial. El acolchado se realizó con una película de polietileno negro de 25 μm de espesor instalada sobre la cama de cultivo. El plástico subsuperficial consistió de una película plástica transparente de 1.5 m de ancho y 25 μm de espesor. Esta se enterró a una profundidad de 40 cm bajo la superficie y a lo largo de la cama de cultivo, utilizando un implemento agrícola diseñado exclusivamente para este propósito (Figura 1) por la empresa Plásticos Treva S.A e C.V. El objetivo de esta técnica es reducir la infiltración y movimiento vertical descendente del agua fuera del perfil radicular del cultivo.



Figura 1. Implemento agrícola para enterrar el plástico subsuperficial a una profundidad de 40 cm bajo la superficie a lo largo de la cama de siembra.

Instrumentación y mediciones

El contenido de agua en el suelo se determinó colocando un sensor TDR al centro de una cama de cada tratamiento. Las varillas del sensor se enterraron en forma vertical a una profundidad de 30 cm. Los TDR fueron previamente calibrados con mediciones del contenido de humedad obtenidas con el método gravimétrico. Los TDR se conectaron a un registrador electrónico de datos “datalogger” que se programo para frecuencia de lecturas de un segundo y promedio de cada 30 minutos.

La comparación del contenido de humedad del perfil superior del suelo (0-30 cm) en los diferentes tratamientos de cobertura plástica, se realizó con la prueba no paramétrica de Wilcoxon ($\alpha < 0.05$), mediante el software SPSS versión 17.0 ya que presentan un comportamiento similar de auto correlación en el tiempo.



Figura. 2. Colocación en el campo del sensor TDR. Para determinar el contenido de humedad en el suelo.



Figura 3. Registrador electrónico de datos "Datalogger" (modelo CR7 Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, USA), donde se conectaron los TDR para el registro continuo de lecturas

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la dinámica de la humedad del suelo se realizó en cinco ciclos de entre siete y 14 días, donde se observaron condiciones de baja, media y alta humedad en el suelo, debido a la lluvia y a los riegos aplicados.

Dinámica de la humedad del suelo en un ciclo parcialmente seco.

Del día del año 170 al 179 (19-28 de junio, 2010) el contenido de agua en el suelo se mantuvo la mayor parte del tiempo entre el contenido de humedad a punto de marchites permanente (PMP) y el contenido de humedad a capacidad de campo (CC) (Figura 4). Nótese que el contenido de agua en el suelo (θ_w) es menor en el tratamiento testigo, debido básicamente a una mayor tasa de evaporación del agua desde la superficie del suelo. Mientras que bajo el tratamiento con acolchado plástico, se mantuvo un mayor contenido de agua en el suelo durante este ciclo. El análisis estadístico mostró que el contenido de agua en el suelo durante este ciclo fue mayor en el tratamiento con acolchado plástico, seguido por el tratamiento con plástico subsuperficial, acolchado y plástico subsuperficial y el menor contenido de humedad se observó en el tratamiento testigo (Cuadro 2). La prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) también indicó que en este ciclo, la población que representa el contenido de agua en el suelo en función del tiempo en el tratamiento con acolchado fue mayor que la observada en el tratamiento testigo, en el tratamiento con plástico subsuperficial y en el tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial (Cuadro 3). El contenido de agua en el suelo bajo el tratamiento con acolchado plástico fue mayor que el observado en el tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial, debido a que en los días previos se aplicó una lámina de agua

mayor al tratamiento con acolchado que al tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial.

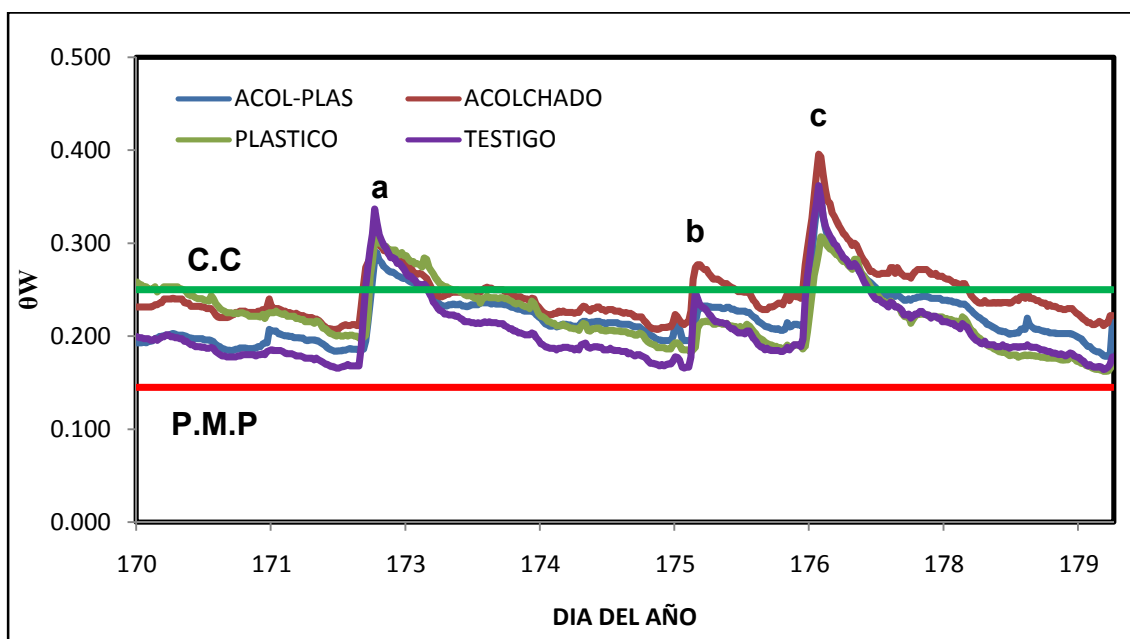


Figura 4. Contenido de agua en el suelo (g/g) observado del día 170 al 179 (19 al 28 de junio, 2010) en los diferentes tratamientos de cobertura plástica; a) riego de 8.5 mm, b) riego de 2 mm, c) lluvia acumulada de dos días previos 9.1 mm, mas 2 hrs de riego 8 mm.

Cuadro 2. Valores de la prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) en la comparación de medias de las poblaciones correspondientes al contenido de agua en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica. Los valores de "P" indican aceptación o rechazo de la hipótesis establecida. Si "P" < α se rechaza H_0 , si "P" > α se acepta H_0 .

Tratamientos	Valor de "W"	Valor de "P"	Hipótesis
Plástico vs Testigo	-11.690	1.419E-31	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acolchado vs Plástico	-14.247	4.613E-46	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-Plástico vs Testigo	-14.624	1.957E-48	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acolchado vs Testigo	-18.003	1.838E-72	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-Plástico vs acolchado	-18.096	3.381E-73	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-Plástico vs Plástico	-0.029	0.976	$H_0: \mu_1 = \mu_2$

Cuadro 3. Valores correspondientes al valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar del contenido de humedad en el suelo (de registros continuos cada media hora) bajo las diferentes condiciones de cobertura plástica, observados del día 170 al 179 (19 al 28 de junio, de 2010).

	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Acolchado	436	0.245	0.029405	0.207	0.396
Plástico	436	0.222	0.032895	0.162	0.307
Acol-plas	436	0.220	0.028963	0.178	0.352
Testigo	436	0.206	0.037137	0.164	0.362

Dinámica de la humedad del suelo en un ciclo húmedo

Cuando en un determinado rango de tiempo, el contenido de agua en el suelo en los diferentes tratamientos fue mayor que el correspondiente al de capacidad de campo (0.25 g/g), se clasificó como ciclo húmedo. Del día del año 183 al 200 (2-19 de julio, 2010) el contenido de agua en el suelo en los cuatro tratamientos se mantuvo la mayor parte del tiempo por arriba del contenido de humedad a capacidad de campo (CC) (Figura 5). Nótese que el contenido de agua en el suelo (θ_w) es menor en el tratamiento con acolchado. Esto se debió a que el acolchado plástico actuó como una barrera a la infiltración del agua de lluvia. Mientras que bajo el tratamiento con plástico subsuperficial, se mantuvo un mayor contenido de agua en el suelo durante este ciclo, debido a que la cubierta plástica subsuperficial evitó el flujo del agua de lluvia infiltrada en la superficie a estratos más profundos. El análisis estadístico mostró que el contenido de agua en el suelo durante este ciclo fue mayor en el tratamiento con plástico subsuperficial, seguido por el tratamiento testigo, acolchado y plástico subsuperficial y el menor contenido de humedad se observó en el tratamiento acolchado (Cuadro 4). La prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) también indicó que en este ciclo, la población que representa el contenido de agua en el suelo en función del tiempo en el tratamiento con plástico subsuperficial fue mayor que la observada en el tratamiento testigo, en el tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial y en el tratamiento con acolchado (Cuadro 5). El contenido de agua en el suelo en tratamiento con plástico subsuperficial fue mayor al observado con el tratamiento acolchado y plástico subsuperficial, porque la infiltración del agua de lluvia (43.9 mm durante este ciclo) fue mucho

mayor en el tratamiento con únicamente plástico subsuperficial que en el tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial

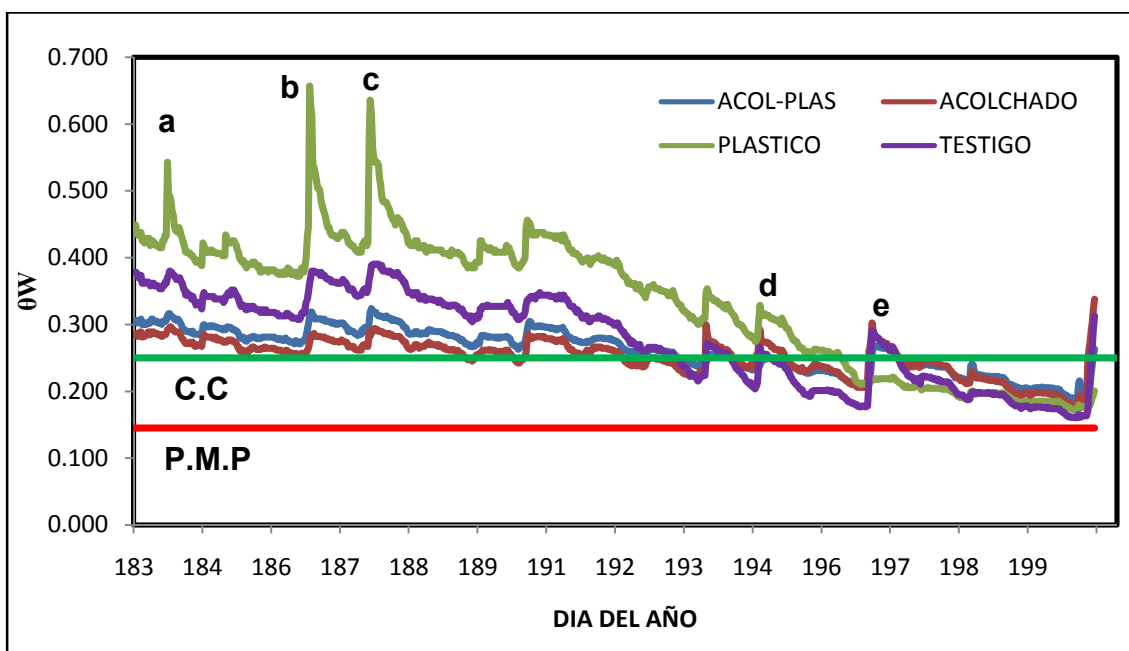


Figura 5. Contenido de agua en el suelo (g/g) observado del día 183 al 200 (2-19 de julio, 2010) en los diferentes tratamientos de cobertura plástica; a) lluvia de 6.1 mm, b) lluvia de 17.9 mm, c) lluvia de 19.9 mm, d) 30 minutos de riego 2 mm, e) 30 minutos de riego 2 mm.

Cuadro 4. Valores de la prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) en la comparación de medias de las poblaciones correspondientes al contenido de agua en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica

Tratamientos	Valor de "W"	Valor de "P"	Hipótesis
Acol-Plástico vs Testigo	-14.074	5.478E-45	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acolchado vs Testigo	-14.448	2.546E-47	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-Plástico vs acolchado	-18.112	2.539E-73	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acolchado vs Plástico	-20.944	2.108E-97	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-Plástico vs Plástico	-21.264	2.445E-100	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Plástico vs Testigo	-22.839	1.847E-115	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$

Cuadro 5. Valores correspondientes al valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar del contenido de humedad en el suelo (de registros continuos cada media hora) bajo las diferentes condiciones de cobertura plástica, observados del día 183 al 200 (2 al 19 de julio, de 2010).

	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Plástico	839	0.334	0.099894	0.172	0.657
Testigo	839	0.280	0.067205	0.161	0.391
Acol-plas	839	0.261	0.032858	0.186	0.324
Acolchado	839	0.252	0.027443	0.178	0.338

Ciclo húmedo del día del año 201 al 203 (20-22 de julio, 2010) el contenido de agua en el suelo se mantuvo la mayor parte del tiempo por arriba del contenido de humedad a capacidad de campo (CC) (Figura 6). Nótese que el menor contenido de agua en el suelo (θ_w) se observó en el tratamiento acolchado y plástico subsuperficial, debido a una aplicación de 4 mm de riego. Mientras que bajo el tratamiento con testigo, se le aplicó 16 mm manteniéndose un mayor contenido de agua en el suelo durante este ciclo. El análisis estadístico mostró que el contenido de agua en el suelo durante este ciclo fue mayor en el tratamiento del testigo, seguido por el tratamiento con acolchado, plástico subsuperficial y el menor contenido de humedad se observó en el tratamiento con acolchado-plástico subsuperficial (Cuadro 6). La prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) también indicó que en este ciclo, la población que representa el contenido de agua en el suelo en función del tiempo en el tratamiento con testigo fue mayor que la observada en el tratamiento acolchado, en el tratamiento con plástico subsuperficial y en el tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial (Cuadro 7).

El contenido de agua en el suelo en el tratamiento testigo fue mayor al observado en el acolchado, con plástico subsuperficial y con acolchado y plástico subsuperficial, debido a la aplicación de una lámina de riego de 16 mm, mas una lluvia de 14.3 mm en el tratamiento testigo y a la lámina de agua acumulada por riego de los días previos.

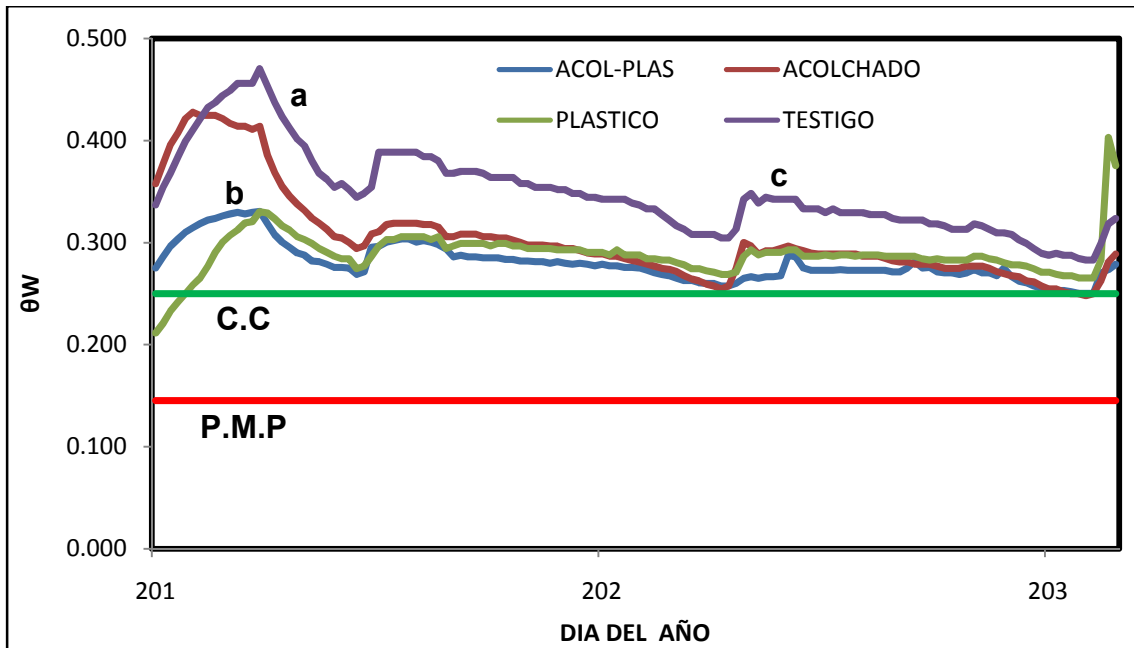


Figura 6. Contenido de agua en el suelo (g/g) observado del día 201 al 203 (20-22 de julio, 2010) en los diferentes tratamientos de cobertura plástica; a) lluvia de 14.3 mm, mas 4 hrs de riego =16 mm al tratamiento testigo y al tratamiento con acolchado; b) riego de 1 hr = 4 mm al tratamiento con plástico subsuperficial y al tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial; c) lluvia de 3.2 mm, mas 1 hr de riego = 4 mm a los cuatro tratamientos.

Cuadro 6. Valores de la prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) en la comparación de medias de las poblaciones correspondientes al contenido de agua en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica

Tratamientos	Valor de "W"	Valor de "P"	Hipótesis
Acolchado vs Plástico	-2.628	0.009	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-plástico vs Plástico	-6.222	4.894E-10	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-plástico vs Acolchado	-9.455	3.201E-21	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Plástico vs Testigo	-9.608	7.325E-22	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acolchado vs Testigo	-9.756	1.725E-22	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-plástico vs Testigo	-9.855	6.470E-23	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$

Cuadro 7. Valores correspondientes al valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar del contenido de humedad en el suelo (de registros continuos cada media hora) bajo las diferentes condiciones de cobertura plástica, observados del día 201 al 203 (20 al 22 de julio, de 2010).

	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Testigo	129	0.350	0.042353	0.283	0.47
Acolchado	129	0.304	0.045176	0.248	0.428
Plástico	129	0.290	0.020198	0.211	0.403
Acol-plas	129	0.280	0.018760	0.25	0.331

Dinámica de la humedad del suelo en un ciclo parcialmente húmedo

Se definió como ciclo parcialmente húmedo cuando el contenido de agua en los diferentes tratamientos se mantuvo alrededor del valor de capacidad de campo y mayor al 50% del rango de la humedad aprovechable. Del día del año 203 al 212 (22-31 de julio, 2010) el contenido de agua en el suelo se mantuvo en los primeros tres días por arriba del contenido de humedad a capacidad de campo (CC) para luego establecerse entre el contenido de humedad a punto de marchitez permanente (PMP) y el contenido de humedad a capacidad de campo (CC) (Figura 7). Nótese que el contenido de agua en el suelo (θ_w) es menor en el tratamiento con acolchado, debido básicamente a la precipitación que se presentó en el ciclo. Mientras que bajo el tratamiento con plástico subsuperficial, se mantuvo un mayor contenido de agua en el suelo durante este ciclo. El análisis estadístico mostró que el contenido de agua en el suelo durante este ciclo fue mayor en el tratamiento con plástico subsuperficial, seguido por el tratamiento testigo, acolchado y plástico subsuperficial y el menor contenido de humedad se observó en el tratamiento acolchado (Cuadro 8). La prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) también indicó que en este ciclo, la población que representa el contenido de agua en el suelo en función del tiempo en el tratamiento con plástico subsuperficial, fue mayor que la observada en el tratamiento testigo, en el tratamiento con acolchado-plástico subsuperficial y en el tratamiento con acolchado (Cuadro 9). El plástico subsuperficial fue mayor al acolchado-plástico subsuperficial y acolchado debido básicamente a la infiltración de la precipitación que se presentó durante ese ciclo.

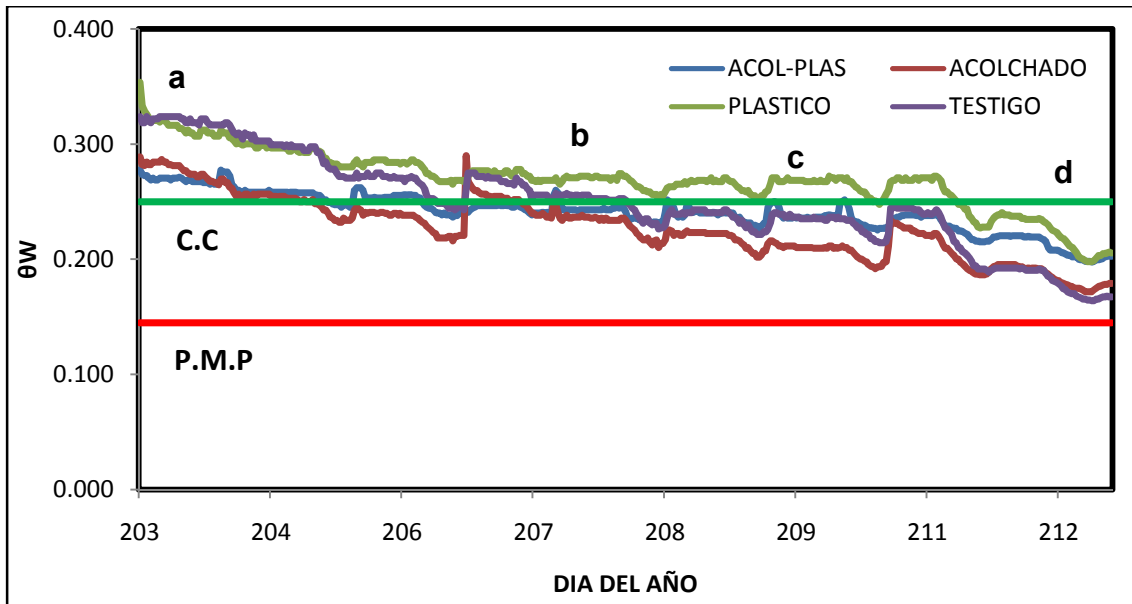


Figura 7. Contenido de agua en el suelo (g/g) observado del día 203 al 212 (22-31 de julio, 2010) en los diferentes tratamientos de cobertura plástica; a) lluvia de 30.3 mm, b) lluvia de 13.6 mm, c) 1 hr de riego 4 mm, d) 1 hr de riego 4 mm.

Cuadro 8. Valores de la prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) en la comparación de medias de las poblaciones correspondientes al contenido de agua en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica

Tratamientos	Valor de "W"	Valor de "P"	Hipótesis
Acol-Plas vs Testigo	-6.685	2.294E-11	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-Plas vs Acolchado	-15.267	1.258E-52	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Plástico vs Testigo	-16.575	1.043E-61	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acolchado vs Testigo	-17.480	2.026E-68	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-Plas vs Plástico	-18.224	3.327E-74	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acolchado vs Plástico	-18.298	8.468E-75	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$

Cuadro 9. Valores correspondientes al valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar del contenido de humedad en el suelo (de registros continuos cada media hora) bajo las diferentes condiciones de cobertura plástica, observados del día 203 al 212 (22 al 31 de julio, de 2010).

	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Plástico	446	0.270	0.026530	0.198	0.375
Testigo	446	0.250	0.040406	0.164	0.324
Acol-Plas	446	0.241	0.017114	0.198	0.279
Acolchado	446	0.223	0.027519	0.172	0.29

Dinámica de la humedad del suelo en un ciclo parcialmente seco.

Cuando el contenido de humedad en el suelo en los diferentes tratamientos se mantuvo por debajo o alrededor del valor correspondiente al 50% del rango de humedad aprovechable, se clasificó como ciclo parcialmente seco. Del día del año 213 al 222 (1-10 de agosto, 2010) el contenido de agua en el suelo se mantuvo la mayor parte del tiempo entre el contenido de humedad a punto de marchitez permanente (PMP) y el contenido de humedad a capacidad de campo (CC) (Figura 8). Nótese que el contenido de agua en el suelo (θ_w) entre los tratamientos es casi similar pero en el tratamiento testigo es menor, debido básicamente a una mayor tasa de evaporación del agua desde la superficie del suelo. Mientras que bajo el tratamiento con plástico subsuperficial, se mantuvo un mayor contenido de agua en el suelo durante este ciclo, debido a una menor percolación del agua a estratos más profundos. El análisis estadístico mostró que el contenido de agua en el suelo durante este ciclo fue mayor en el tratamiento con plástico subsuperficial, seguido por el tratamiento con acolchado, acolchado y plástico subsuperficial y el menor contenido de humedad se observó en el tratamiento testigo (Cuadro 10). La prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) también indicó que en este ciclo, la población que representa el contenido de agua en el suelo en función del tiempo en el tratamiento con plástico subsuperficial, fue mayor que la observada en el tratamiento acolchado, en el tratamiento con acolchado y plástico subsuperficial y en el tratamiento testigo (Cuadro 11). El plástico subsuperficial fue mayor al acolchado y plástico subsuperficial y acolchado debido básicamente a la acumulación de agua en el suelo que contaba de días anteriores cuando hubo precipitación ya que esta no permitió que se infiltrara a estratos más profundos.

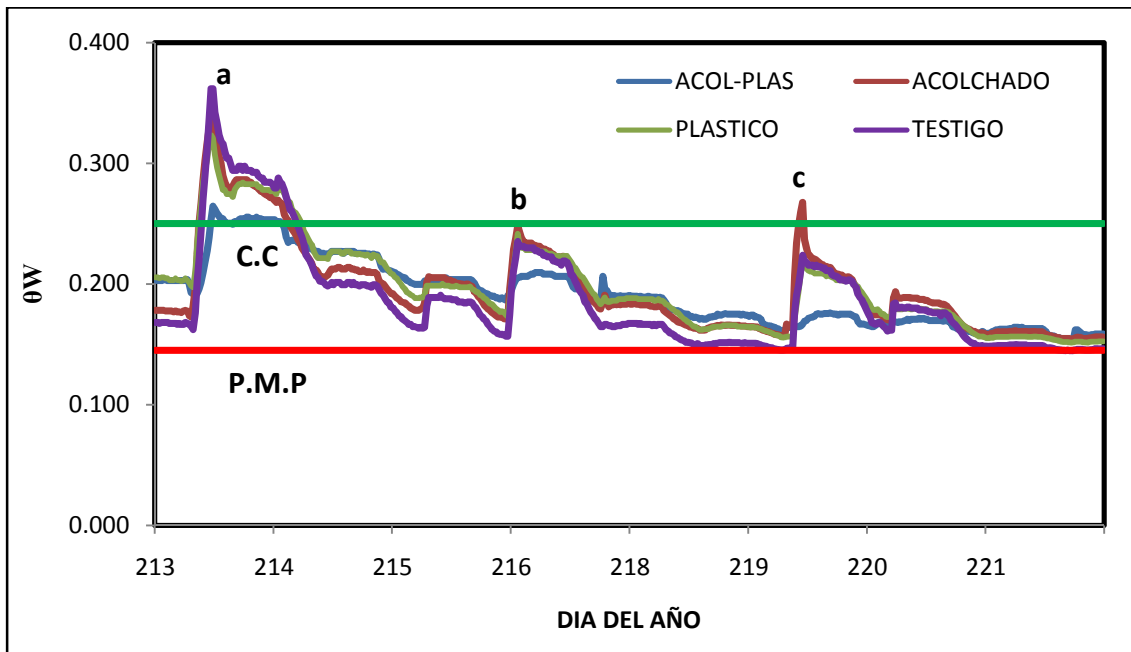


Figura 8. Contenido de agua en el suelo (g/g) observado del día 213 al 222 (1-10 de agosto, 2010) en los diferentes tratamientos de cobertura plástica; a) 4 hrs de riego 16 mm, b) 1 hr de riego 4 mm, mas una lluvia de 1.7 mm, c) 2 hrs de riego 8 mm.

Cuadro 10. Valores de la prueba de Wilcoxon ($\alpha \leq 0.05$) en la comparación de medias de las poblaciones correspondientes al contenido de agua en el suelo bajo diferentes condiciones de cobertura plástica

Tratamientos	Valor de "W"	Valor de "P"	Hipótesis
Acolchado vs Plástico	-3.028	0.002	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-Plástico vs Plástico	-4.903	9.409E-7	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-Plástico vs Testigo	-4.952	7.317E-7	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acolchado vs Testigo	-14.349	1.080E-46	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Plástico vs Testigo	-14.495	1.293E-47	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
Acol-Plástico vs acolchado	-1.719	0.085	$H_o: \mu_1 = \mu_2$

Cuadro 11. Valores correspondientes al valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar del contenido de humedad en el suelo (de registros continuos cada media hora) bajo las diferentes condiciones de cobertura plástica, observados del día 213 al 222 (1 al 10 de agosto, de 2010).

	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Plástico	480	0.198	0.037204	0.151	0.323
Acolchado	480	0.196	0.037374	0.154	0.343
Acol-Plas	480	0.192	0.027950	0.154	0.264
Testigo	480	0.188	0.043776	0.145	0.362

V. CONCLUSIONES

Los tratamientos con acolchado y acolchado-plástico subsuperficial, no fueron sobresalientes como se esperaba debido a las precipitaciones (384 mm) que ocurrieron en el sitio del estudio, durante el desarrollo del trabajo.

En condiciones de lluvia, el contenido de agua en el suelo, bajo el tratamiento con plástico subsuperficial, retuvo mas humedad, ya que este permitió la infiltración del agua de lluvia, pero freno la percolación profunda del agua infiltrada, mientras que los tratamientos de acolchado, y acolchado con plástico subsuperficial limitaron la infiltración del agua de lluvia en el suelo.

La combinación de acolchado en la superficie y plástico subsuperficial, no correspondió con el mayor contenido de agua en el suelo, con relación a los otros tratamientos de cobertura plástica, debido a que se aplicaron láminas de agua diferentes a los cuatro tratamientos evaluados. Sin embargo, para las condiciones de las zonas áridas donde el recurso limitante es el agua, esta es la mejor combinación que se puede recomendar para reducir la evaporación del agua desde la superficie del suelo y evitar la percolación profunda del agua de riego.

VI. BIBLIOGRAFIA

- AllAssir, A. I., G. Rubeiz, and R. Y.Khoury 1992. Yield response of greenhouse cantaloupe to clear and black plastic mulches. *Biological and Horticulture* 8, 205-209.
- AbdulBaki, A.; C. Spencer, and R. Hoover. 1992. Black polyethylene mulch doubled yield of freshmarket field tomatoes. *HortScience* 27(7): 787-789.
- Díaz T., E. Espi, A. Fontecha, Jiménez J.C., López J., Salmerón A., 2001. Los filmes plásticos en la producción agrícola, Repsol YPF –editorial Mundi 2001 –Prensa, pág. 276.
- Eltez, R. y Tüzel Y. 1994. Efecto de diferentes materiales utilizados en acolchamiento de suelo sobre el rendimiento y la calidad de los cultivos de tomate bajo invernadero. *Plasticulture* 103:23-25.
- Edmon, J. B., Senn, T. L.-Andrews, F.S. 1984. *Principios de Horticultura*. Continental. México DF. 576 p.
- Guarriente, M. 1983. El acolchado en diversas situaciones agroclimáticas. IX Congreso Internacional de Agricultura con Plásticos. 6-12 de noviembre 1983. Guadalajara Jalisco México
- Hartz, T.K. 1996. Water management in drip irrigated vegetable production. *HortTechnology*, 6: 165-167. (Consultado marzo 2011)
- Hartz, T.K y G.J. Hochmuth. 1996. Fertility management of drip irrigated vegetables. *HortTechnology* 6: 168-172. (Consultado marzo 2011)
- Hanlon, E.A and G.J. Hochmuth. 1989. Fertilizer recommendations for vegetables growm on polyethylene mulch. *Proc. Nat. Agr. Plastics cong.* 21:165-171. Kansas State University, Manhattan.
- Ibarra J, L. y A. Rodríguez P. 1991. Acolchado de Suelos con Películas plásticas. Editorial Limusa. Serie: Manuales Agropecuarios. S.A de C.V. México D, F. pp.: 131.

- Lal, R., D. Vleschauwer and R. Malafa Ngange 1980. Changes in properties of a newly cleared tropical alfisol as affected by mulching. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 827-833.
- Lamont, Jr., W.J.1993. Plastic mulches for production of vegetable crops. *HortTechnology* 3:35-39.
- Lammont, W. J. 1991. Agua y Suelo. Horticultura y Riego por Goteo. Agricultura de las Américas. United States of América. p. 8-16.
- Papaseit, P. J.; Badiola J. y ARMENGOL. 1997, Los Plásticos y la Agricultura. Ediciones de horticultura, S. L. España. 204 p.
- Pardo, A., M.L. Suso, N. Vázquez, J.I. Macua, I. Lahoz, J. Garnica y R. Calvo. 2001. Efecto del acolchado plástico y del sistema de riego en un cultivo de tomate de industria. *Actas del XXII Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Cáceres (en prensa). (Consultado marzo 2011)*
- Renquist, Breen y Martín L. 1982. Effect of polyethylene mulch and summer irrigation regimes on subsequent flowering and Fruiting of "Olympus" strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107(2):373-376. Consultado en febrero 2011 <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8862.pdf>
- Robledo, P. F. y L. U. Martín. 1988. Aplicaciones de los plásticos en la agricultura. Acolchados de suelos con filmes plásticos 2ª. Editorial Mundiprensa. Madrid, España. Pág. 150.
- Rodríguez P. A., 1991 Semiforzado de cultivos mediante el uso de plásticos, Noriega editorial LIMUSA, 132 p.
- Soltani, N., J.L. Anderson, and A.R. Hamson. 1995. Growth analysis of watermelon plants grown with mulches and rowcovers. *J. Amer. Hort. Sci.*120 (6).p.1001-1009. Consultado en enero 2011 <http://uruza.edu.mx/revista/Vol.3%20Num.2,2004.pdf#page=25>

- Tindall, A.J.; Beverly, B. R.; Radcliffe, E. D. 1991. Mulch effect on soil properties and tomato growth using micro-irrigation. *Agronomy Journal* 83: 1028-1034.
- Unger, P.W. 1978. Straw mulch effects on soil temperature and sorghum germination and growth. *Agron. J.* 70:858-864.
- Valadez L. A. 1994. Producción de hortalizas, cuarta reimpresión. ISBN 968-18-3043-1. 295 p.

ÍNDICE DE ANEXOS



Figura A1. Implemento que coloca el plástico subsuperficial a 40 cm.



Figura A2. Cama estableciéndose en campo.



Figura A3. Instalación del sistema de riego y acolchado.



Figura A4. Equipo instalado y trasplante el 17 de mayo de 2010.



Figura A5. Datalogger (modelo CR7 Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, USA)



Figura A6. Colocación de los sensores de medición de contenido de humedad.



Figura A7. Base para la colocación correcta del TDR.



Figura A8. TDR establecido en campo correctamente.