

MANEJO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO EN MANZANO MEDIANTE GOTEO Y ACOLCHADO DE SUBPRODUCTOS FORESTALES

Alfonso Luis Orozco Corral ¹

¹ Grupo La Norteña. Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Km. 98.5 Carr. Chihuahua-Cuauhtémoc. Fraccionamiento Real del Monte. C.P. 31552 Cuauhtémoc, Chihuahua. Tel. +52 (625) 590-2537. Fax +52 (625) 590-2538. alfonsoorozco@gpoin.com

RESUMEN

Uno de los principales factores que limita las actividades frutícolas en la región manzanera de Cuauhtémoc, Chihuahua es la poca disponibilidad de agua, producto de la sobreexplotación de los mantos acuíferos por el manejo ineficiente del agua de riego. La agricultura moderna exige manejo eficiente y sustentable de los recursos agua y suelo. La tecnificación de los sistemas de riego (cambio de microaspersión a goteo) y el acolchado del suelo son técnicas eficientes de conservación de los recursos hídricos y edáficos.

El objetivo de este trabajo fue medir el ahorro del agua de riego que implica el cambio de microaspersión a goteo y el acolchado con subproductos forestales (aserrín y cascarilla de pino) y comparar el efecto sumatorio de ahorro de agua de las dos tecnologías con riego de microaspersión y control de suelo desnudo.

El estudio se realizó en tres huertas de manzano del Grupo La Norteña en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. Los tratamientos fueron: 1) Microaspersión; 2) Goteo; 3) Goteo con acolchado.

Se determinó la clase textural del suelo y se realizaron cálculos del coeficiente de cultivo, evapotranspiración de cultivo y de referencia y factor de cobertura. Se determinó el punto de saturación, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, humedad aprovechable, déficit de humedad, momento de riego, densidad aparente, velocidad de Infiltración, lámina de riego, requerimientos hídricos, número, frecuencia y tiempo de riego.

Los resultados mostraron que el cambio de sistema de microaspersión a goteo generó un ahorro de 38% (4,787 m³/ha) y el acolchado del suelo con aserrín contribuyó a conservar la humedad, generando un ahorro de agua de 30% (3,870 m³/ha).

El goteo con acolchado tuvo un efecto significativo en la humedad del suelo, manteniéndola por más tiempo que el goteo y microaspersión sin acolchado durante el ciclo de riego 2012, generando un ahorro de 68% (8,657 m³/ha).

Las láminas de riego aplicadas (LRa) en manzano fueron: microaspersión 12,710 m³/ha; goteo 7,920 m³/ha y goteo con acolchado 4,050 m³/ha, no mostrando efecto significativo contra las LR resultantes de la programación del riego (LRp); 11,560 m³/ha, 7,880 m³/ha y 4060 m³/ha respectivamente.

Palabras clave: acolchado, ahorro de agua, manejo eficiente del agua de riego.

INTRODUCCION

A medida que crece la población humana, la presión sobre los recursos agua y suelo aumenta, dada la necesidad de satisfacer las demandas en las actividades agropecuarias, industriales y urbanas. En este sentido cobran importancia los sistemas agroindustriales, debido a la gran cantidad de agua que demandan y el riesgo de contaminación. Cuando se produce un aumento creciente de la demanda de agua por los sectores agropecuario e industrial y por el crecimiento demográfico, es necesario limitar la demanda a la disponibilidad de agua para no afectar el desarrollo socio-económico de la región.

La demanda de agua de la población y las necesidades de la industria chocan con las de la agricultura, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. Mientras que en países con economías desarrolladas, la producción de alimentos no significa un problema, en los países en vías de desarrollo, cubrir las necesidades de la población es uno de los desafíos siempre presente y a veces insuperable (Borlaug, 2003).

La competencia por el agua se está volviendo un asunto político cada vez más importante entre naciones, los segmentos de la sociedad y regiones geográficas, especialmente en zonas áridas y semiáridas del mundo. Donde el agua escasea, la presión de uso de la tierra se ha intensificado, planteando un grave desafío para el manejo de los recursos agua y suelo (Lal, 2000).

Las amenazas para la sustentabilidad de los ecosistemas y la resistencia para la intensificación de producción dependen en gran manera del medio ambiente en regiones semiáridas por ser particularmente vulnerable (Stewart and Robinson, 1997).

La práctica del riego consiste esencialmente en reponer al perfil del suelo, el agua consumida por el cultivo y el agua evaporada. Este concepto se basa en el conocimiento de la relación agua, suelo, planta, atmósfera y en el cálculo de las necesidades de riego a partir de datos sobre el suelo, clima, cultivo y el sistema de riego (Orozco-Corral, 2010).

El principal factor limitante de la fruticultura en la región manzanera de Cuauhtémoc, Chihuahua, es la decreciente disponibilidad de agua. En la cuenca No. 34 de La Laguna de Bustillos existen aproximadamente 4,230 pozos, con una extracción anual de 360 millones de metros cúbicos (Mm^3), una recarga de 87 Mm^3 , con déficit anual de 273 Mm^3 (Parra y Ortíz, 2004). Esto ha originado que cientos de pozos se encuentren secos, en otros tantos se ha bajado el nivel estático y algunos han llegado a perforar hasta una profundidad de 1,600 pies.

Los acolchados de restos orgánicos (como el aserrín de pino), deben ser renovados periódicamente porque se descomponen, aunque esto implica un enriquecimiento del suelo debido a que aumenta su biodiversidad y capacidad de retención de agua (Haynes, 1980).

Generalmente, los requerimientos hídricos del cultivo durante los meses de mayor demanda son mayores que su disponibilidad, por lo que la captación de agua, los sistemas de riego, el manejo eficiente del agua de riego y el uso de acolchados que eviten su pérdida por evaporación, serán determinantes para su aprovechamiento (Inzunza et al., 2006).

En la fruticultura moderna, el acolchado de suelos es una técnica agronómica en expansión debido a los impactos positivos sobre los suelos y cultivos, disminuye la evaporación y conserva la humedad del suelo, mejora la energía térmica, el estado de los nutrientes en el suelo y disminuye la acumulación de sales en la superficie del suelo (Bu et al., 2002).

Se han realizado numerosos estudios para determinar la influencia del acolchado en la evaporación de agua desde el suelo y en su contenido de humedad (Ying et al., 2001; Parra et al. 2002; Dong and Qian, 2002; Parra y Ortiz, 2004; Cook et al., 2006; Ramakrishna et al., 2006; Yang et al., 2006), coincidiendo en que el acolchado debilita la intensidad con que los factores climáticos influyen sobre el contenido de agua del suelo, reduciendo su evaporación.

La evaporación de agua del suelo puede ser reducida extendiendo acolchado sobre la superficie del suelo y utilizando sistemas de plantación de mayor densidad (Wallace et al., 1990). Bajo condiciones climáticas semiáridas en Sudáfrica, Bennie et al., (1994) encontró que las pérdidas por evaporación podían ser reducidas en 70% a corto plazo con acolchado orgánico.

La dinámica de los procesos de descomposición de los materiales orgánicos, su acción residual y el aporte de elementos fertilizantes dependen de un conjunto de variables como la naturaleza de los productos, las características del suelo, las poblaciones de organismos y su actividad, y las características climáticas (Matheus et al., 2007).

El acolchado orgánico protege el suelo de la erosión de la lluvia, de las tormentas de granizo y de la desecación del suelo por el viento (Smets y Poesen, 2009), favorecen la biodiversidad del suelo y la proliferación de raíces, lo que disminuye la compactación del suelo y al aumentar la porosidad hay una mejor absorción del agua y de nutrientes del suelo (Tesi, 2000; Gonzalo, 2009). Además, al descomponerse la materia orgánica se permite el movimiento de gases y aumentando el contenido de materia orgánica (Turney y Menge, 1994; Ghosh et al., 2006). La disminución de la erosión producida por el acolchado reduce también las pérdidas de los nutrientes del suelo y de los fertilizantes (Rees et al., 1999). Diversos trabajos reportan incrementos significativos del contenido de materia orgánica, de la porosidad y de la estabilidad estructural del suelo después de 3 años de tratamiento. La mejora de estas propiedades químicas y físicas del suelo condujeron a una disminución de erosión hídrica y eólica (Lattanzi et al., 1974; Erenestein, 2002; Jordán et al., 2010).

Un buen número de trabajos indican que el acolchado plástico debido a su impermeabilidad es el más eficaz, pero otros trabajos concluyen que, algunos acolchados orgánicos pueden ser más eficientes que el plástico. Hogue y Neilsen (1987) concluyen que el acolchado orgánico fue más eficiente que el inorgánico en el aumento de la humedad del suelo en una plantación de manzanos. Yang et al. (2006) encontraron que el acolchado de paja mantuvo un mayor contenido de agua en el suelo que el acolchado de lámina de plástico y el suelo desnudo. Así mismo, Ghosh et al. (2006) encontraron que el acolchado de paja de trigo en un cultivo de cacahuete mantenía una humedad en el suelo ligeramente mayor que el acolchado de plástico y sensiblemente superior a la humedad del suelo desnudo.

En trabajos sobre con acolchados inorgánicos, Díaz et al. (2005) encontraron que la piedra volcánica granulada disminuye la evaporación de agua del suelo al aumentar el grosor del acolchado. Fairbourn (1973) obtuvo en suelos acolchados con grava menores pérdidas de agua por evaporación que en suelo desnudo o cubierto con rastrojo de maíz. Así mismo, Walsh et al. (1996) mostraron que la aplicación de una capa geotextil al suelo en manzanos, mantuvo la humedad del suelo a niveles más altos que en el suelo desnudo o en el suelo con coberteras de hierba.

La situación actual del agua en el mundo corresponde a un panorama de escasez, sobreexplotación y contaminación, de tal forma que ya se considera un factor limitante para un desarrollo sustentable. Lo anterior obliga a buscar formas de incrementar la eficiencia en el uso del agua, para así impactar en aquellos aspectos donde el efecto del rescate del recurso, tanto en cantidad como en calidad, sea el mayor posible (Orozco-Corral, 2010).

Los objetivos fueron medir los ahorros de agua de riego generados por:

1. Cambio de microaspersión a goteo.
2. Cambio de microaspersión a goteo con acolchado de aserrín de pino.

METODOLOGIA

Los estudios se realizaron en huertas de Grupo La Norteña, ubicadas en el municipio de Cuauhtémoc en el Estado de Chihuahua, México, con una superficie de 417 hectáreas de manzano de las variedades Golden Delicious y Red Delicious dividida en 30 lotes, los cuales tienen diferentes edades, marcos de plantación, densidades, variedades, portainjertos y sistemas de formación. El suelo es de textura variable y el clima es montañoso templado.

Se establecieron tres tratamientos (cuadro 1):

- 1) Riego por microaspersión.
- 2) Riego por goteo.
- 3) Riego por goteo con acolchado de aserrín de pino.

Cuadro 1. Características generales de los tratamientos.

Tratamiento	Lote	Variedad	Portainjerto	Has.
Microaspersión	6	Red Delicious	Franco	78.9
	1	Golden Delicious	Franco	18.4
	1	Golden Delicious	MM-111	21.14
	2	Golden Delicious	MM-106	14.67
Goteo	2	Golden Delicious	Franco	31.7
	6	Golden Delicious	MM-111	144.6
	2	Golden Delicious	MM-106	26.95
Goteo con Acolchado	8	Golden Delicious	MM-106	63.81
	2	Red Delicious	MM-106	16.56

Los riegos se efectuaron mediante sistemas por goteo con dos manguera con goteros, una a cada lado de la línea de árboles, con un gasto de 4 lph y situados a 50 cm (11,250 goteros/ha). En el caso de riego por microaspersión fue una sola manguera al centro de la línea de árboles con dos microaspersores por árbol (596 microaspersores/ha) trabajando a una presión de 20 PSI con gasto de 65 lph.

El acolchado fue de subproductos forestales (aserrín de pino) con un espesor de 30 cm y 1 metro de ancho a cada lado del centro de la línea de árboles.

La determinación de la clase textural del suelo a las tres profundidades en campo se realizó por el método de tacto y apariencia, realizándose comprobación a través de análisis de suelos en laboratorio.

Se realizaron cálculos sobre, la evapotranspiración de referencia, evapotranspiración de cultivo y el coeficiente de cultivo por el método FAO (Doorembos y Pruitt, 1976; Allen et al., 1998; Ayars et al., 2003). Factor de cobertura (Zazueta, 1992). El punto de saturación se obtuvo en el laboratorio de análisis de suelos. Para calcular la capacidad de campo se consideró la ecuación propuesta por Palacios y Jaspeado, citada por Ortiz (2000) y el punto de marchitez permanente mediante la ecuación propuesta por Uvalle, citada por Ortiz (2000). La humedad aprovechable, déficit de humedad, momento de riego, número de riegos, frecuencia de riegos, tiempo de riego y la lámina de riego al 50% de abatimiento (Ortiz, 2000). Densidad aparente, velocidad de Infiltración, humedad gravimétrica y humedad volumétrica (Doorembos y Pruitt, 1976). Los requerimientos hídricos diarios y mensuales se calcularon usando las ecuaciones propuestas por Blaney y Criddle citadas por Doorembos y Pruitt (1976). Así mismo, se calculó el porcentaje de horas luz y la precipitación pluvial efectiva.

Los datos climáticos de: radiación solar, velocidad y horas de viento, temperaturas, humedad relativa, presión barométrica y precipitación pluvial, se obtuvieron de una estación meteorológica instalada en los huertos y perteneciente a la red UNIFRUT.

Las cantidades de agua de riego aplicada se midieron a partir del número de riegos, número de emisores (goteros y microaspersores), el gasto por emisor y tiempo de riego.

RESULTADOS Y DISCUSION

La evapotranspiración de referencia (ET_o) y la evapotranspiración de cultivo (ET_c), son parámetros importantes para determinar los requerimientos hídricos de los cultivos. Debido a las dificultades que siempre ha presentado su medición directa, ésta se ha estimado generalmente a partir de datos climáticos. Alteraciones en las curvas de evapotranspiración diaria pueden indicar que se está produciendo un stress hídrico en el cultivo. Ante este tipo de eventualidad, la observación en tiempo real permite realizar modificaciones en el manejo del cultivo para evitar situaciones no deseables que pueden afectar a la producción.

En la figura 1 se muestran los valores diarios de ET_o obtenidos del 2005 al 2012, encontrándose relación entre los valores diarios ($R^2 = 0.67$). Esto nos indica que los valores diarios de ET_o son influenciados por la variabilidad climática.

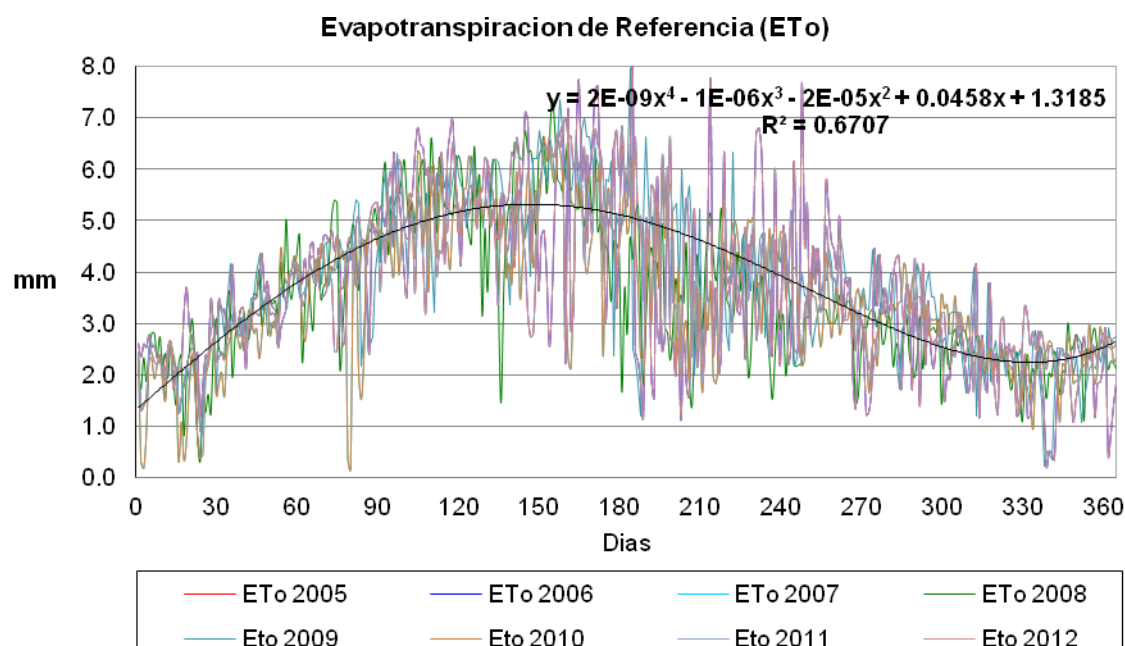


Figura 1. Evapotranspiración de referencia (ET_o) diaria del 2005 al 2012.

En la figura 2 se observa la ET_c diaria del 2005 al 2012, encontrándose correlación entre los valores diarios ($R^2 = 0.67$). Esto pone de manifiesto que los valores diarios de ET_c son igualmente influenciados por la variabilidad de radiación solar, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad del viento, temperatura, estado de las coberteras, porcentaje de cobertura y precipitación pluvial.

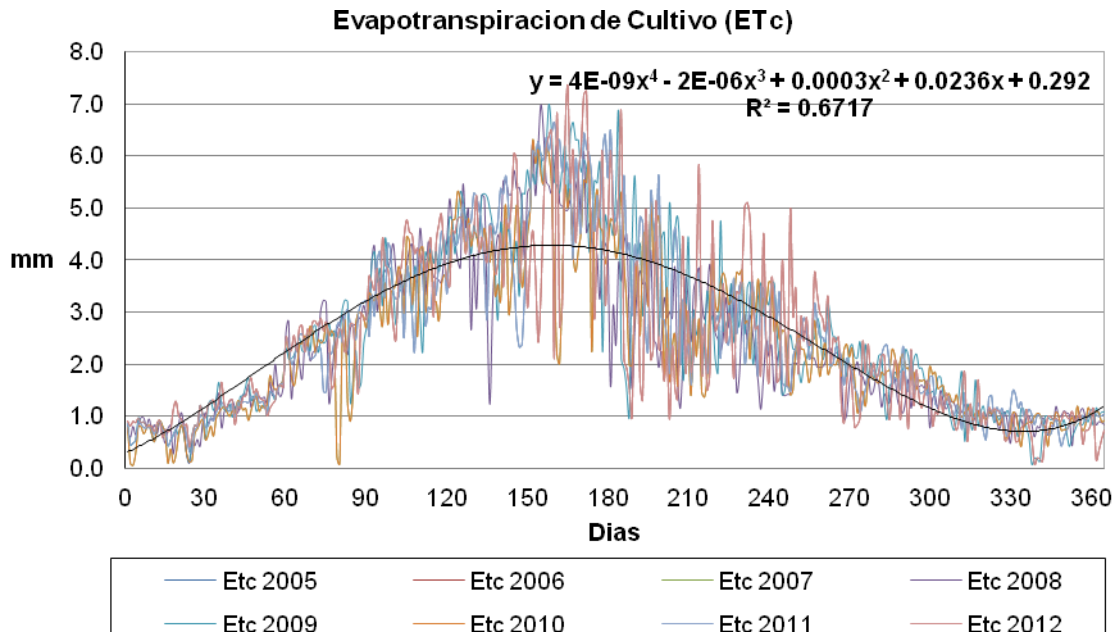


Figura 2. Evapotranspiración de cultivo (ETc) diaria del 2005 al 2012.

En la figura 3 se pueden apreciar los valores obtenidos de los coeficientes de cultivo (Kc) para manzano en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. Así mismo, se pueden observar los valores de factor de cobertura (Fc) obtenidos para los meses de Enero a Diciembre del 2012. Existe una fuerte correlación entre ambas variables ($R^2 = 0.91$), lo que nos indica que la superficie sombreada está estrechamente relacionada con las necesidades hídricas según el ciclo fenológico.

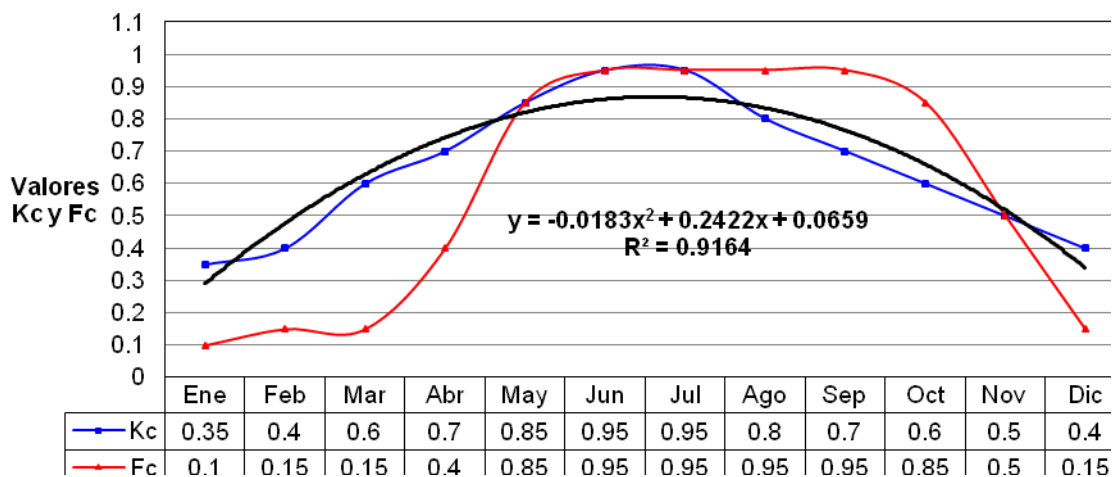


Figura 3. Correlación entre el coeficientes de cultivo y el factor de cobertura.

La velocidad de infiltración (V_i) para las diferentes texturas encontradas en la zona de estudio se ve afectada por el contenido de arcilla tal como se muestra en la figura 4, donde se aprecia el coeficiente de regresión ($R^2 = 0.97$).

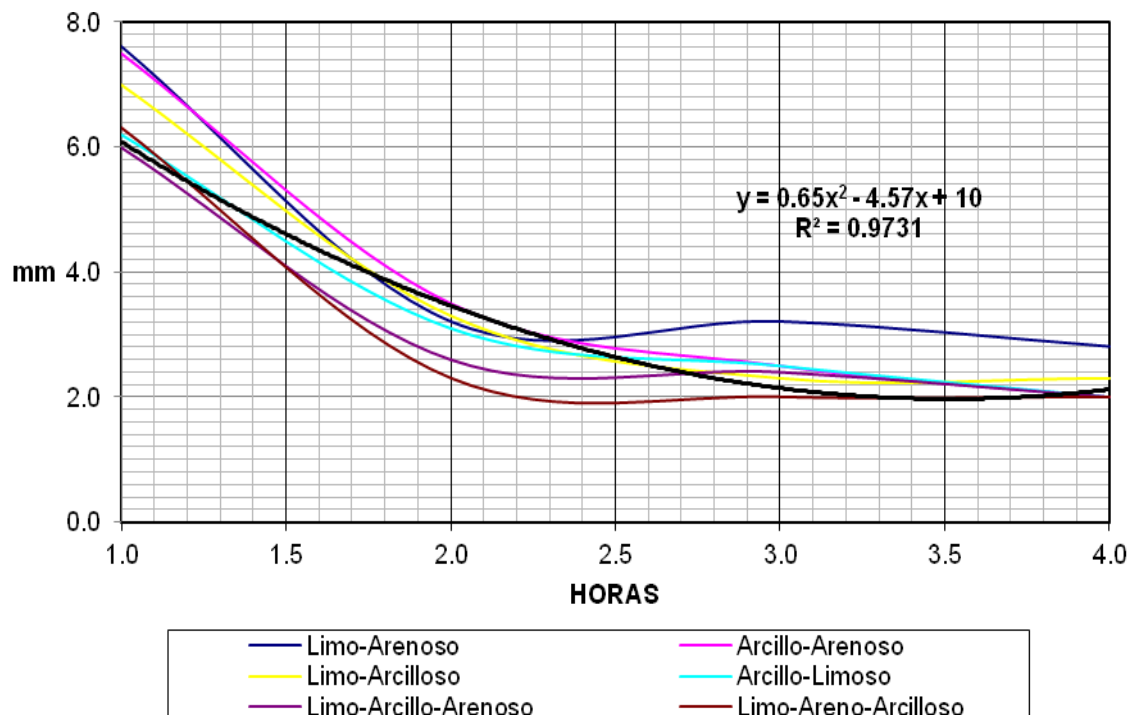


Figura 4. Velocidad de infiltración (Vi).

En el cuadro 2 se muestran los parámetros climáticos de evapotranspiración de referencia (ETo), evapotranspiración de cultivo (ETc), porcentaje de horas luz (Phl), temperatura media (T) y precipitación pluvial efectiva (PPe), obtenidos en la zona de estudio, necesarios para la programación del riego en manzano con microaspersión, goteo y goteo con acolchado.

Cuadro 2. Parámetros climáticos obtenidos para la programación del riego.

Mes	Eto (mm)	Etc (mm)	Phl (%)	T (°C)	PPe (mm)
Enero	2.07	0.72	7.40	6.35	0.50
Febrero	3.20	1.28	7.10	9.93	1.40
Marzo	3.99	2.39	8.40	11.11	0.00
Abril	5.18	3.63	8.70	16.65	0.00
Mayo	5.14	4.37	9.40	20.22	0.00
Junio	5.47	5.20	9.40	22.51	4.70
Julio	3.88	3.30	9.60	21.48	74.30
Agosto	4.03	3.02	9.10	20.86	74.40
Septiembre	3.47	2.26	8.30	18.55	51.70
Octubre	3.07	1.69	8.00	14.92	2.00
Noviembre	2.33	1.05	7.30	11.75	2.50
Diciembre	2.14	0.86	7.10	5.97	0.60

Eto=Evapotranspiración de referencia. Etc=Evapotranspiración de cultivo. Phl=Porcentaje de horas luz. T=Temperatura. PPe=Precipitación pluvial efectiva.

En el cuadro 3 se expresan los valores de la capacidad de almacenamiento de agua, donde se observa la variabilidad de estos parámetros hídricos de los lotes comprendidos en la zona de estudio. Dicha variabilidad es debida a las diferentes clases texturales del suelo.

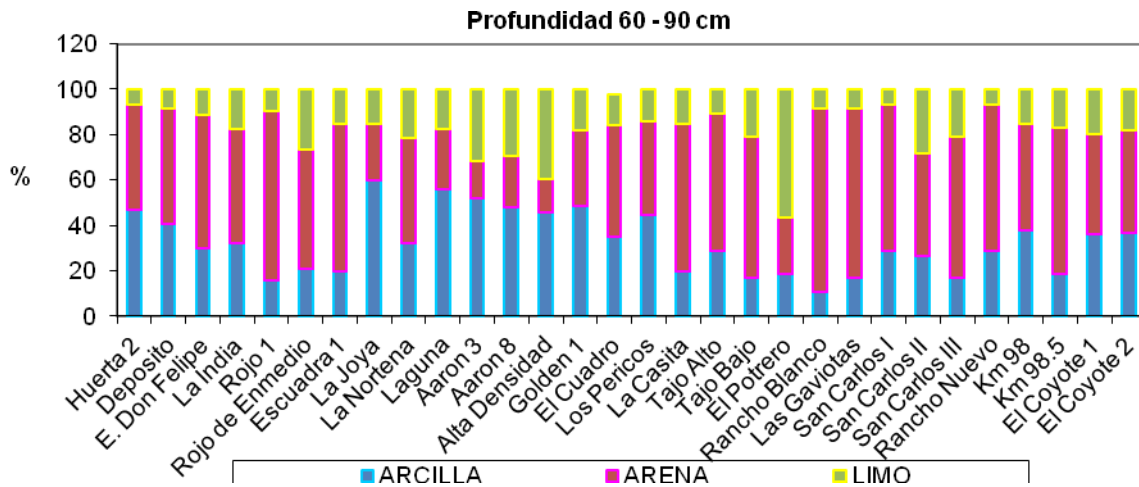
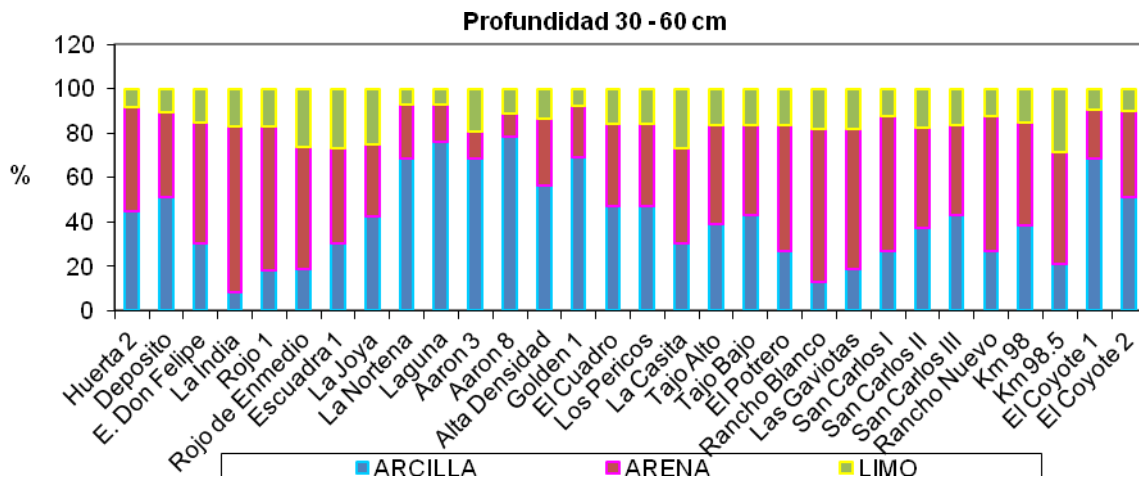
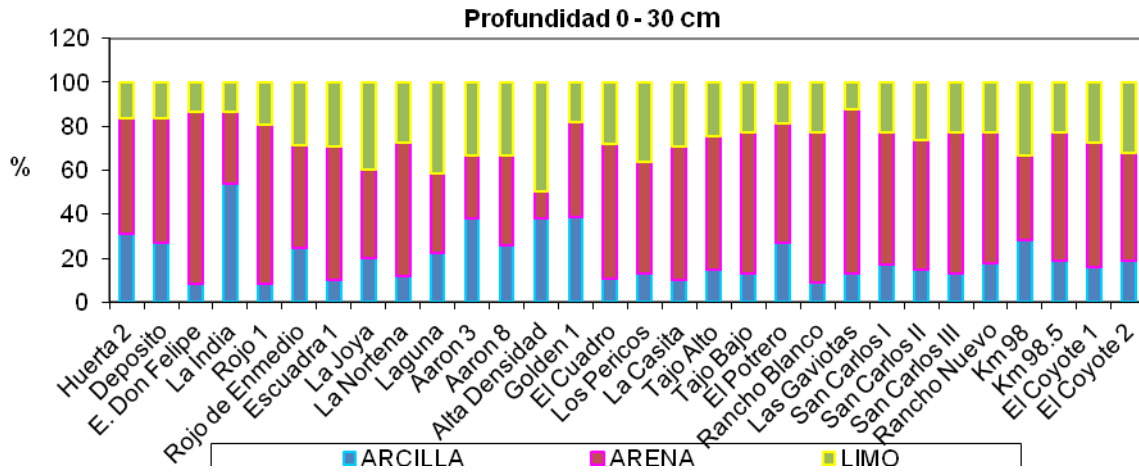
Cuadro 3. Valores de capacidad de almacenamiento y retención de agua.

LOTE	PS %	CC %	PMP %	HA %	DH %	Da gr/cm ³	Ph gr	Ps gr	Hg %	Hv %	Textura
Huerta 2	42.00	22.35	13.30	9.05	15.00	1.31	1100	966	13.87	18.17	Arcillo-arenoso
Deposito	43.50	23.16	13.78	9.38	16.00	1.30	1100	965	13.99	18.19	Arcillo-arenoso
E. Don Felipe	37.50	19.90	11.84	8.06	15.40	1.33	1100	970	13.40	17.82	Limo-arcillo-arenoso
La India	43.50	23.16	13.78	9.38	15.70	1.27	1100	954	15.30	19.44	Limo-arcilloso
Rojo 1	30.66	16.18	9.63	6.55	15.00	1.39	1100	959	14.70	20.44	Limo-arenoso
Rojo Enmedio	39.33	20.90	12.43	8.46	16.20	1.37	1100	960	14.58	19.98	Limo-arenoso
Escuadra 1	38.50	20.44	12.16	8.28	15.00	1.31	1100	969	13.52	17.71	Limo-arcillo-arenoso
La Joya	44.66	23.79	14.16	9.64	16.00	1.26	1100	964	14.11	17.78	Arcillo-limoso
La Norteña	46.66	24.88	14.80	10.08	16.10	1.30	1100	955	15.18	19.74	Limo-arcilloso
Laguna	58.50	31.31	18.63	12.68	18.40	1.29	1100	964	14.11	18.20	Arcillo-limoso
Aarón 3	51.58	27.55	16.39	11.16	16.00	1.28	1100	966	13.87	17.76	Arcillo-limoso
Aarón 8	61.33	32.85	19.55	13.30	18.50	1.29	1100	965	13.99	18.05	Arcillo-limoso
Alta Densidad	46.66	24.88	14.80	10.08	15.00	1.28	1100	964	14.11	18.06	Arcillo-limoso
Golden 1	62.50	33.49	19.92	13.56	16.00	1.30	1100	957	14.94	19.43	Arcillo-limoso
El Cuadro	39.16	20.80	12.38	8.43	15.40	1.31	1100	965	13.99	18.33	Arcillo-limoso
Los Pericos	40.50	21.53	12.81	8.72	15.80	1.29	1100	963	14.23	18.35	Arcillo-limoso
La Casita	39.40	20.93	12.46	8.48	15.40	1.40	1100	958	14.82	20.75	Limo-arenoso
Tajo Alto	31.66	16.73	9.95	6.77	15.00	1.33	1100	961	14.46	19.24	Limo-areno-arcilloso
Tajo Bajo	34.75	18.41	10.95	7.45	16.20	1.34	1100	962	14.35	19.22	Limo-areno-arcilloso
El Potrero	51.16	27.32	16.26	11.07	17.50	1.31	1100	971	13.29	17.40	Limo-arcillo-arenoso
Rancho Blanco	40.50	21.53	12.81	8.72	16.00	1.30	1100	968	13.64	17.73	Limo-arcillo-arenoso
Las Gaviotas	44.66	23.79	14.16	9.64	16.20	1.32	1100	969	13.52	17.85	Limo-arcillo-arenoso
San Carlos I	39.16	20.80	12.38	8.43	16.40	1.33	1100	953	15.42	20.52	Limo-arcilloso
San Carlos II	43.64	23.24	13.83	9.41	15.00	1.32	1100	966	13.87	18.31	Arcillo-limoso
San Carlos III	34.75	18.41	10.95	7.45	16.00	1.36	1100	962	14.35	19.51	Limo-areno-arcilloso
Rancho Nuevo	39.16	20.80	12.38	8.43	15.00	1.31	1100	952	15.55	20.37	Limo-arcilloso
Km 98	30.83	16.28	9.68	6.59	14.20	1.38	1100	960	14.58	20.13	Limo-arenoso
Km 98.5	53.33	28.50	16.96	11.54	15.00	1.37	1100	959	14.70	20.14	Limo-arenoso
El Coyote 1	53.50	28.60	17.01	11.58	16.00	1.33	1100	964	14.11	18.76	Arcillo-limoso
El Coyote 2	49.20	26.26	15.62	10.63	15.00	1.32	1100	966	13.87	18.31	Arcillo-limoso
TOT/PROM	43.74	23.29	13.86	9.43	15.81	1.32	1100	962.57	14.28	18.86	

PS=Punto de saturación. CC=Capacidad de campo. PMP=Punto de marchitez permanente. HA=Humedad abatible. Da=Densidad aparente. Ph=Peso húmedo. Ps=Peso seco. Hg=Humedad gravimétrica. Hv=Humedad volumétrica. Textura=Clase textural del suelo.

En la zona de estudio, se encontró que diferentes partes del suelo retienen diferentes cantidades de agua en la zona radicular, como se puede observar en la figura 5-7, donde el análisis granulométrico encontrados en la zona de estudio, nos indica que existe un contenido alto de arcilla a profundidades de 30-60 y 60-90 cm, lo que ocasiona una baja velocidad de infiltración influyendo directamente sobre la capacidad de retención de humedad.

Analisis Granulometrico



Figuras 5, 6 y 7. Análisis granulométrico a profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cm.

En el cuadro 4 se observan los requerimientos hídricos (RH), láminas de riego (LR), número de riegos (NR) y el tiempo de riego (TR) obtenidos para dicha programación, apreciándose el uso consuntivo para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 4. Programación del riego para microaspersión, goteo y goteo con acolchado.

Mes	Microaspersión				Goteo				Goteo con Acolchado			
	RH (mm)	LR (mm)	NR	TR (Horas)	RH (mm)	LR (mm)	NR	TR (Horas)	RH (mm)	LR (mm)	NR	TR (Horas)
Enero	18.56	23.12	1	6	12.65	8.98	1	2	6.51	8.98	1	2
Febrero	30.52	23.12	1	6	20.80	8.98	2	2	10.71	8.98	1	2
Marzo	60.11	23.12	3	6	40.97	8.98	5	2	21.09	8.98	2	2
Abril	106.37	23.12	5	6	72.51	8.98	8	2	37.32	8.98	4	2
Mayo	168.08	23.12	7	6	114.58	8.98	13	2	58.98	8.98	7	2
Junio	208.31	23.12	9	6	141.99	8.98	16	2	73.09	8.98	8	2
Julio	181.94	23.12	5	6	124.02	8.98	14	2	63.84	8.98	7	2
Agosto	147.94	23.12	3	6	100.85	8.98	11	2	51.91	8.98	6	2
Septiembre	104.48	23.12	2	6	71.22	8.98	8	2	36.66	8.98	4	2
Octubre	69.24	23.12	3	6	47.20	8.98	5	2	24.29	8.98	3	2
Noviembre	41.28	23.12	2	6	28.14	8.98	3	2	14.48	8.98	2	2
Diciembre	19.27	23.12	1	6	13.14	8.98	1	2	6.76	8.98	1	2
TOTAL	1,156	23	41	6	788	9	88	2	406	9	45	2

RH=Requerimientos hídricos. LR=Lámina de riego. NR=Número de riegos. TR=Tiempo de riego.

En el cuadro 5 se muestran los resultados obtenidos al aplicar la programación del riego. La superficie, número de emisores por hectárea y el gasto por emisor para los tratamientos de riego por microaspersión, goteo con suelo desnudo y goteo con acolchado. El cambio de microaspersión a goteo generó un ahorro de agua de riego del 38% (4,787 m³/ha) y del 68% (8,657 m³/ha) en goteo con acolchado. Esto representa para la economía del agua volúmenes de un millón de metros cúbicos (Mm³) en 203.3 hectáreas con riego por goteo y de 0.7 Mm³ en 80.4 has con goteo con acolchado.

Cuadro 5. Tratamientos y resultados obtenidos al aplicar la programación del riego.

	Microaspersión	Goteo	Goteo con Acolchado
Superficie (ha)	133.1	203.3	80.4
Emisores/ha	596	11,250	11,250
Gasto (lph)	65	4	4
NR	41	88	45
TR (horas)	8	2	2
LRp (m³/ha)	11,560	7,880	4,060
LRa (m³/ha)	12,710	7,920	4,050
Ahorro (m³/ha)	---	4,787	8,657
Ahorro (%)	---	38	68
Ahorro Total (Mm³)	---	1.0	0.7

NR=Número de riegos. TR=Tiempo de riegos. LRp=Lámina de riego programada. LRa= Lámina de riego aplicada.

En la figura 8 se observan las láminas de riego (LR) por hectárea en los tres tratamientos (microaspersión, goteo y goteo con acolchado) para el cultivo manzano en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. Se puede apreciar la LR calculada mediante la programación del riego (LRp) y la LR aplicada (LRa) durante el ciclo de riego 2012. Los resultados indican que no hubo diferencia significativa entre las LRp y la LRa, cuyo coeficiente de regresión lineal es $R^2=0.99$.

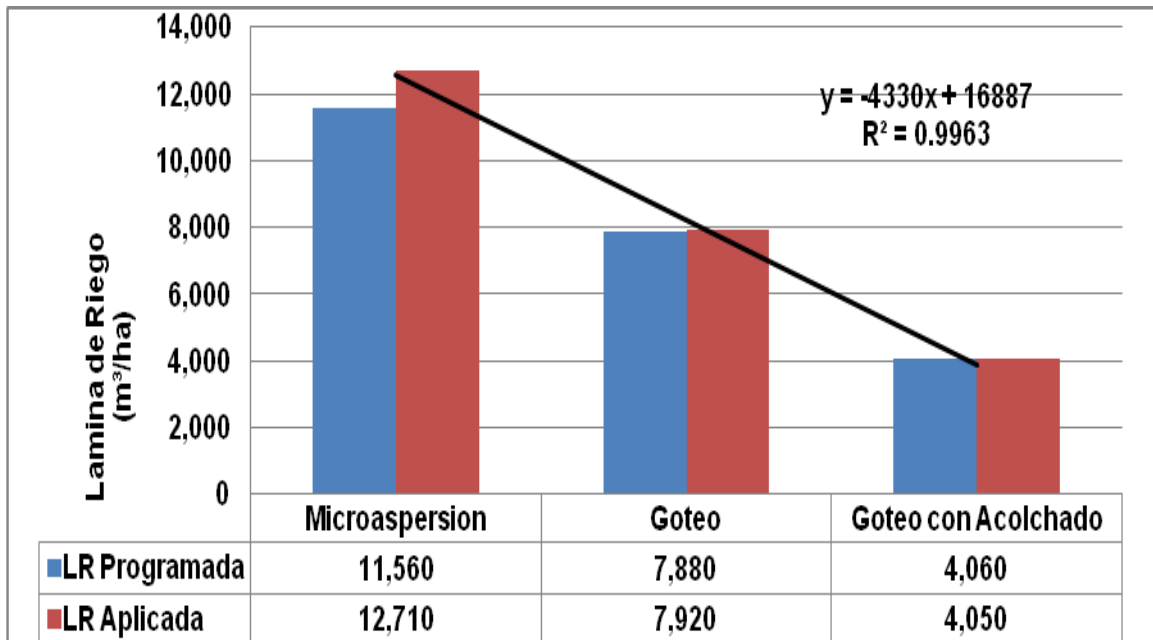


Figura 8. Correlación entre las láminas de riego programadas y las aplicadas

CONCLUSIONES

El cambio de sistema de riego por microaspersión a goteo generó un ahorro de 38% (4,787 m³/ha).

El acolchado del suelo con aserrín contribuyó a conservar la humedad, generando un ahorro de agua de 30% (3,870 m³/ha).

El goteo con acolchado tuvo un efecto significativo para conservar la humedad en el suelo, manteniéndola por más tiempo que la microaspersión y el goteo, generando un ahorro de 68% (8,657 m³/ha).

Las LRa fueron: microaspersión 12,710 m³/ha; goteo 7,920 m³/ha y goteo con acolchado 4,050 m³/ha, no mostrando efecto significativo contra las LRp; 11,560 m³/ha, 7,880 m³/ha y 4060 m³/ha respectivamente.

La superficie bajo riego por goteo es de 203.3 ha, el ahorro fue de 1.0 Mm³ y la superficie regada por goteo con acolchado es de 80.4 ha, el ahorro fue de 0.7 Mm³.

LITERATURA CITADA

1. Allen R.W., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration. guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome.
2. Ayars R.K. and R.M. Mead, 2003. Water use by driprigated late-season peaches. *Irrigation Sci.*, 22:187-194.
3. Bennie A.T.P., J.E. Hoffman, M.J. Coetzee and H.S. Vrey, 1994. Storage and utilization of rain water in soils for stabilizing crop production in semi-arid area (Afrikaans). Water Research Commission report 227/1/94, Pretoria, South Africa.
4. Borlaug N.E., 2003. Feeding a world of 10 billion people: The IFDC/TVA legacy: Travis P. Hignett memorial lecture, March 14, 2003, Muscle Shoals, Alabama, USA.
5. Bu Y.S., H.L. Shao and J.C. Wang, 2002. Effects of different mulch materials on corn seeding growth and soil nutrients' contents and distributions. *J. Soil Water Cons.*, 16(3):40-42.
6. Cook H.F., S.B. Valdes and H.C. Lee, 2006. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays* L. *Soil Till. Res.*, 91: 227- 235.
7. Díaz F., C.C. Jiménez and M. Tejedor, 2005. Influence of the thickness and grain size of tephra mulch on soil water evaporation. *Agri. Water Manag.*, 74: 47-55.
8. Dong, Z.Y. and B.F. Qian, 2002. Field investigation on effects of wheat-straw/corn-stalk mulch on ecological environment of upland crop farmland. *J. Zhejiang Univ. Sci.*, 3(2): 209-215.
9. Doorembos J. and W.O. Pruitt, 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje, Manual nº 24. Roma, Italia.
10. Erenstein O., 2002. Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil Till Res.*, 67: 115-133.
11. Fairbourn M.L., 1973. Effect of gravel mulch on crop yield. *Agron. J.*, 65: 925-928.
12. Ghosh P.K., D. Dayal, K.K. Bandyopadhyay and M. Mohanty, 2006. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut. *Field Crops Res.*, 99: 76-86.
13. Gonzalo C.R., 2009. Manejo de suelos en condiciones de escasez de agua. [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C7/\\$File/SA-C7.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C7/$File/SA-C7.pdf)
14. Haynes R.J. 1980. Influence of soil management practice on the orchard agro-ecosystem. *Agro-Ecosystems* 6, 3-32.
15. Hogue E.J. and G.H. Neilsen, 1987. Orchard floor vegetation management. *Hortic. Rev.*, 9: 377-430.
16. Inzunza M.A., S.F. Mendoza, E. Catalán, M. Villa, I. Sánchez, 2006. Respuesta de la vid a diferentes contenidos de humedad del suelo con riego por goteo. *Agrofaz.* 6(3):333-339 *Zhejiang Univ. Sci.*, 3(2): 209-215.

17. Jordán A., L.M. Zavala and J. Gil, 2010. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena.*, 81: 77-85.
18. Lal R., 2000. Soil management in developing countries. *Soil Sci.* 165, 57–67.
19. Lattanzi A.R., L.D. Meyer and M.F. Baumgardner, 1974. Influences of mulch rate and slope steepness on interrill erosion. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 38: 946-950.
20. Matheus J., M. Caracas y O. Fernández, 2007. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost y gallinaza) en plantas de maíz (zea mays l). *Agricultura Andina*, 13: 27-31.
21. Orozco-Corral A.L., 2010. Uso eficiente del agua de riego mediante sondas de capacitancia. *Aqua-LAC: UNESCO, Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe*; 2, 1. p. 56-66. Montevideo, Uruguay.
22. Ortiz P., 2000. Programación práctica del riego. Campo Experimental Sierra de Chihuahua, Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP-SAGARPA. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.
23. Parra Q.A., R.E. Becerril, C.C. López y M.A. Castillo, 2002. Crecimiento del manzano cv. 'Golden Delicious' sobre cuatro portainjertos en diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(2): 201-208
24. Parra R. y P. Ortiz, 2004. Manejo del riego en manzano mediante déficit de riego controlado (DCR). Campo Experimental Sierra de Chihuahua, Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP-SAGARPA. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.
25. Ramakrishna A., H.M. Tam, S.P. Wani and T.D. Long, 2006. Effects of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Res.*, 95: 115–125.
26. Rees H.W., T.L. Chow and J.L. Daigle, 1999. Effectiveness of terrace grassed waterway systems for soil and water conservation: A field evaluation. *J. Soil Water Cons.*, 54: 577-583.
27. Smets T. and J. Poesen, 2009. Impacts of soil tillage on the effectiveness of biological geotextiles in reducing runoff and interrill erosion. *Soil Till. Res.*, 103: 356-363.
28. Stewart B.A. and C.A. Robinson, 1997. Are agro-ecosystems sustainable in semiarid region? *Adv. Agron.* 60, 191–228.
29. Tesi R, 2000. Medios de protección para la hortoflorofruticultura y los viverismo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. España.
30. Turney J. and J. Menge, 1994. Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society Inc. California Avocado Commission and Citrus Research Board. 8 p.
31. Wallace J.S., C.H. Batchelor, D.N. Dabeising and G.C. Soopramanien, 1990. The partitioning of light and water in drip irrigated plant cane with maize intercrop. *Agric. Water Mgmt.* 17, 235-526.
32. Walsh B.D., S. Salmins, D.J. Buszard and A.F. MacKenzie, 1996. Impact of soil management systems on organic dwarf apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content. *Can. J. Soil Sci.*, 203-209.

33. Yang, Y.M., X.J. Liu, W.Q. Li and C.Z. Li, 2006. Effect of different mulch materials on winter wheat production in desalinized soil in Heilonggang region of North China. *J. Zhejiang Univ-Sc.*, 7(11): 858-867.
34. Yin X., C.F. Seavert and J. le Roux, 2011. Responses of irrigation water use and productivity of sweet cherry to single-lateral drip irrigation and ground covers. *Soil Sci*: 176 (1): 39-47.
35. Zazueta, R. F. S., 1992. *Micro-Irrigación*. ICFA Internacional, Inc. Gainesville, Florida., USA.