

USO EFICIENTE DEL AGUA: “RESPUESTA DEL MANZANO A DÉFICIT DE RIEGO CONTROLADO”

PEDRO ORTÍZ FRANCO
Rafael Ángel Parra Quezada

RESÚMEN

Recientemente se han hecho grandes esfuerzos para optimizar el agua de riego incorporado cerca de 10,000 ha de manzano al riego presurizado, específicamente microaspersión y en menor escala sistemas de riego por goteo; de estas, solo un 2.0%, aproximadamente (200 ha), cuentan con equipo de inyección de fertilizantes a través del sistema de riego. En general los fruticultores desconocen de técnicas de producción que incluyan programas (calendarios) de riegos, en tiempo cantidad y frecuencia, así como de la técnica de aplicación de los fertilizantes en el mismo sistema (Fertirrigación), en lo que respecta a necesidades de nutrimentos, fuentes, combinación y mejor época de aplicación de los mismos; hasta la fecha no existe ningún estudio serio al respecto, lo cual repercute entre otras cosas en la baja cantidad y calidad de la fruta producida. Por las razones expuestas anteriormente y con la finalidad de dar respuesta a las interrogantes de los productores se planea la ejecución de dos Acciones de Validación: A) Programación del manejo del agua de riego por microaspersión para manzano. B) Uso de riego controlado en manzano. El principal objetivo es validar programas de aplicación del agua a través de sistemas de riego presurizado, incluyendo tiempo y frecuencia de riego en Cuauhtémoc y Guerrero, para optimizar el agua de riego e incrementar la calidad y cantidad de manzana producida. El desarrollo de las Acciones anteriores se hará, directamente y con la cooperación de fruticultores, que están conviviendo con alguno(s) de los problemas descritos. Para el desarrollo de éste proyecto los productores facilitarán sus huertos, además de cubrir el costo del sistema de riego presurizado y la instalación correspondiente. La validación de los resultados de investigación confirmará las bases técnicas locales, para dar respuesta a preguntas que hacen los productores de la región, sobre el manejo del agua de riego y fertilización en manzano.

Durante el ciclo 2004, se seleccionaron dos localidades una en Guerrero (cultivar Golden Delicious injertado sobre el portainjerto 106, de 15 años de edad, plantado a 4x2 m) y otra en Cuauhtémoc, (cultivar Top Red Delicious, injertado sobre el portainjerto franco, de 20 años de edad, plantado a 5x4 m) las dos con sistema de riego de microaspersión, donde se evaluaron los tratamientos: 1. Testigo del productor, donde se regó de acuerdo con el calendario que él utiliza; 2. Aplicación de la estrategia del DRC, suspensión del riego de plena floración hasta 55 días, posteriormente se regó en forma normal hasta cosecha; 3. Riego normal con aplicación de una cubierta orgánica de paja de avena y/o aserrín de aserradero de 15 cm de espesor; 4. Riego de plena floración hasta los 55 días, posteriormente se suspendió el riego hasta cosecha; 5 Riego normal durante todo el ciclo del cultivo y 6 Aplicación de la estrategia del DRC, suspensión del riego de plena floración hasta 55 días, posteriormente se regó en forma normal hasta cosecha, en sistema de riego por goteo (manguera con goteros incrustados).

En todos los casos, para evaluar la respuesta del manzano a los tratamientos impuestos, se tomaron datos de producción y eficiencia en el uso del agua (rendimiento unitario, lámina de agua evapotranspirada y Eficiencia de Transformación); así como datos de calidad de la producción (peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, °Brix y firmeza del fruto) y, crecimiento de brote, los cuales fueron analizados mediante el diseño estadístico Completamente al Azar con 4 y/o 5 repeticiones y la separación de medias mediante Tukey ; $\alpha \leq 0.05-0.01$).

Los resultados obtenidos mostraron que la tecnología del sistema de riego por goteo enterrado (manguera con goteros incrustados), con la estrategia de Déficit de Riego Controlado (DRC) en

manzano (regar a capacidad de campo en brotación, dejar de regar durante 50-55 días y, reanudar el riego normal hasta cosecha); utilizando los criterios de monitoreo de la humedad en el suelo y/o el uso del tanque evaporímetro tipo "A", ajustado por un coeficiente de cultivo (K_c), para la programación del riego, permite un ahorro de agua de 60%; con incremento en la producción de fruta de hasta 22% y una Eficiencia en el Uso del Agua tres veces mayor (7.68 vs 2.39 kg m⁻³), con respecto de la tecnología utilizada por el productor (riego por microaspersión). Cuando no se dispone del riego por goteo, una alternativa es regar el manzano con el sistema de riego de microaspersión, utilizando una cubierta orgánica (aserrín, paja de avena, etc.) de aproximadamente 15 cm de espesor para evitar la evaporación directa del agua del suelo. Con esta estrategia se obtienen ahorros de agua de hasta 40 %.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la escasez de agua representa la peor amenaza contra la producción de alimentos en un futuro cercano, señalándose que los países de Latinoamérica, utilizan hasta el 90% del agua disponible en el subsuelo para la producción agrícola (Postel, 2001). En la actualidad se están saqueando los acuíferos subterráneos especialmente para la producción agrícola. La información disponible permite señalar que conservadoramente, en la Región Norte-Centro de México (Zacatecas, Durango y Chihuahua), del total del agua disponible en los acuíferos, el 5 % se emplea para uso industrial y de servicios, 3 % para uso doméstico y, el 92 % restante para fines agropecuarios. (Almazán, 2001).

En el estado de Chihuahua, el mayor esfuerzo para eficientar el uso del agua debe orientarse hacia el sector agropecuario por dos razones 1. El avance alcanzado en la eficientización del uso del agua en los sectores industrial, de servicios y particularmente el doméstico es del 97 %, es decir, sólo queda por mejorar 3 puntos porcentuales de 8 que se destinan a estos usos y, 2. Una mejora modesta en la eficiencia en el uso del agua en este sector (por ejemplo del 10 %), alcanzaría para satisfacer la demanda total anual de la industria, los servicios y el consumo doméstico, ya que el 92% del agua se emplea para esta actividad, Almazán (2001). En opinión de Parra y Ortiz (2003), aproximadamente el 95% de la superficie plantada con manzano en Chihuahua está bajo riego, en su mayoría de bombeo, donde la eficiencia global de riego se ubica en 45%, razón por la que en ocasiones se pueden utilizar hasta 1,600 litros de agua por Kg de manzana producida. Esto ha ocasionado que en el Acuífero Cuauhtémoc, donde existen 4,200 pozos, se origine una extracción anual concesionada de 292 Millones de metros cúbicos (Mm³), una recarga de 115 Mm³, prevaleciendo un déficit anual de 177 Mm³ (CNA, 2004). Esto ha dado origen a pozos secos, en otros se ha bajado el nivel estático y algunos productores han perforado más allá de los 400 m de profundidad en busca del vital líquido. (Ortiz *et al*, 2004).

Lo anterior muestra claramente el uso irracional que se hace del agua en estas áreas de riego, no sólo en el cultivo de manzano, sino también en el maíz, frijol y avena, situación que plantea la urgente necesidad de identificar y adoptar estrategias efectivas para el manejo del agua de riego (Postel, 2001). De acuerdo con Parra y Ortiz (2003), se han desarrollado estrategias para hacer un uso racional del agua, una de ellas es el uso del déficit de riego controlado (DRC), propuesto por primera vez en Australia, en durazno (Chalmers *et al.*, 1981). Esta estrategia consiste en disminuir o eliminar la cantidad de agua aplicada al árbol, en una etapa fenológica específica del mismo, sin afectar significativamente la producción y la calidad del fruto.

En atención a esta información, el principal objetivo de esta investigación, fue validar el programa de aplicación del agua a través de sistemas de riego por goteo (manguera enterrada con goteros incrustados), y compararlo con el sistema de riego por microaspersión, aplicando la estrategia del Déficit de Riego Controlado (DRC), para optimizar el agua de riego e incrementar la calidad y cantidad de manzana producida.

HIPÓTESIS

Con el sistema de riego por goteo (manguera con goteros incrustados), con la estrategia del Déficit de Riego controlado, se ahorra agua hasta en 50%, sin afectar la producción ni la calidad del fruto.

OBJETIVOS

El principal objetivo de esta investigación, fue validar el programa de aplicación del agua a través de sistemas de riego por goteo (manguera enterrada con goteros incrustados), y compararlo con el sistema de riego por microaspersión, aplicando la estrategia del Déficit de Riego Controlado (DRC), para optimizar el agua de riego e incrementar la calidad y cantidad de manzana producida.

ANTECEDENTES

Las condiciones para optimizar el agua de riego están dadas, debido al establecimiento de los mejores sistemas de riego presurizados (10,000 ha), sin embargo, falta una guía con datos técnicos VALIDADOS LOCALMENTE para tal fin. Actualmente, es común ver sistemas de riego con emisores tapados, debido al mal manejo de los fertilizantes, teniendo que recurrir a lavados de sistema innecesarios, incrementando los costos de producción. Otra situación que se está presentando fuertemente en la actualidad, sobre todo en el cultivar Golden Delicious, es el antagonismo entre el crecimiento vegetativo y el rendimiento, es decir bajos rendimientos como producto de la aplicación de altas dosis de nitrógeno, provocando crecimientos exuberantes en los árboles y poca fruta como consecuencia del antagonismo entre las yemas florales y vegetativas. (Stiles, 1994). Es más grave aún, la muerte del árbol por un mal manejo del agua de riego (como ha ocurrido recientemente en algunas huertas del municipio de Guerrero), ya que en condiciones de saturación del suelo, se presentan organismos anaeróbicos que propician el establecimiento de enfermedades como la pudrición de cuello, mancha de fuego, etc., en diferentes grados, hasta que se muere el árbol; por lo que el desarrollo del presente proyecto donde se validará la respuesta del manzano en función de los diferentes tratamientos dará respuesta a las incógnitas que prevalecen.

PROGRAMACION DEL AGUA DE RIEGO. Ley (1994), indica que en el Estado de Washington, la programación del riego para 39 cultivos (18 perenes y 21 anuales), se hace a través de programas de cómputo, tomando como base los datos de clima en diferentes zonas, utilizando estaciones agrometeorológicas computarizadas, además de tanques evaporímetros tipo "A", los cuales sirven para hacer programas científicos de riego por zonas climatológicas, tipo de suelo y cultivo. Smith (1994), consigna que en la programación de agua de riego para frutales, lo primero que se debe de tomar en cuenta, es la textura, la profundidad y compactación del suelo, manejo del productor, % de pedregocidad, además de considerar el gasto del emisor y la eficiencia de aplicación. Investigadores de la Universidad de California E.U.A. (1991), registraron que en la programación del agua de riego para manzano, se usa el método del presupuesto de agua (indican que es necesario conocer las temperaturas máximas y mínimas diarias), capacidad de retención del agua en el suelo, la eficiencia del sistema de riego y los gastos de evapotranspiración de ese frutal. Al respecto registraron que los requerimientos hídricos del manzano en la Costa de California son: a) Huertos con pasto = 106.3 cm/ciclo, b) Huertos con suelo limpio = 75.95 cm/ciclo. En el Valle de Sacramento, California: a) Huertos con pasto = 146.81 cm/ciclo, b) Huertos con suelo descubierto = 105.92 cm/ciclo. En el Valle de San Joaquin, California: a) Huertos con cobertura = 150.9 cm/ciclo, b) Huertos con suelo limpio = 108.2 cm/ciclo. Kotzé (1984), con el propósito de reponer el agua consumida por el manzano y evitar el estrés de humedad, se basó en la programación de agua de riego, usando los datos de evaporación registrados en un tanque evaporímetro tipo "A". Este autor manifestó que existe una buena correlación entre la evapotranspiración real del manzano y la evaporación medida con el tanque evaporímetro.

FERTI-IRRIGACION. Marsal y Girona, (1997), indican que la ferti-irrigación se conoce como la aplicación de fertilizantes solubles a través de líneas de riego, y que esta técnica ha sido utilizada con gran éxito en la producción de cítricos desde 1960. Señalan además que la ferti-irrigación, fue usada en regiones áridas para promover la solubilidad de fertilizantes en la zona de las raíces e incrementar eficientemente la toma de estos por los árboles; sin lluvia o con riegos ligeros, los fertilizantes, fueron removidos sobre la superficie del suelo y los nutrientes se perdieron por lixiviación. Las fuertes ventajas de usar fertirrigación contra las aplicaciones convencionales de fertilizantes sólidos, es que están más disponibles para ser aprovechados por los árboles; además que la concentración de nutrimentos en el suelo puede ser mantenida en rangos específicos a través del año y los nutrientes pueden ser ubicados directamente en la zona de raíces, lo cual es esencialmente accesible en árboles jóvenes por ajustarse al tipo de emisor empleado en el sistema de riego, particularmente en regiones áridas y semiáridas, donde las raíces de los árboles se concentran cerca del emisor que es la fuente de agua, por lo que la adsorción de nutrientes no es muy eficiente. Dentro de las desventajas, sobresalen los costos asociados con la compra y mantenimiento de los tanques, válvulas para regresar el agua, relojes y otros accesorios necesarios para que el sistema funcione. De acuerdo con lo anterior los productores con plantaciones pequeñas puede que no se justifique el acceso a este tipo de sistemas, sobre todo si se considera que un sistema mal diseñado y/o instalado puede provocar respuestas, muy distintas en el árbol. Dentro de las actividades más importantes del mantenimiento del sistema, destaca la limpieza de todas las líneas de riego y emisores; también que los fertilizantes líquidos pueden cristalizarse, causando precipitados en el tanque a temperaturas menores de 15°C. Mills et al (1996), hicieron un estudio donde se compararon dos métodos para usar fertirrigación con riego por goteo: a) con Tanque y, b) con bomba de inyección. La mitad del sistema de riego evaluado tenía una capacidad de descarga de 1 lph y 140 microtubos de 1 mm de diámetro y 150 mm de largo para la aplicación del agua en el campo. En la primera fase experimental se conectó una bomba de inyección con un rango de 140 lph y en una segunda fase el sistema fue conectado a un tanque derivador con descarga promedio de 352 lph . Los tiempos de aplicación fueron 34 minutos con cada bomba de inyección y de 3.5 horas para el tanque. Los resultados indicaron que hubo ligeras diferencias favorables usando el tanque de ferti-irrigación; para el caso de las bombas de inyección, la adición de fertilizantes en el sistema mostraron una ventaja con respecto a la derivación del flujo con cambios en el tiempo sobre la relación del nitrógeno ($r = 0.98$, al 0.05). Dasberg et al (1983), citados por Girona (2002), reportaron que los niveles de nutrientes en el suelo, se mantuvieron constantes en cantidades de 65 a 60 mg/kg, a través del período de riegos, señalando además que estudios realizados por más de 30 años en Israel en árboles de naranja, indicaron que la dosis de nitrógeno fue cerca de los 179 kg ha⁻¹ año⁻¹. Investigaciones similares en España, sobre naranjos, mostraron que la ferti-irrigación diaria fue mucho mejor, incrementando el rendimiento en relación a los árboles donde se hicieron aplicaciones de fertilizantes sólidos dos veces al año.

El problema de la sequía no es sólo de las zonas áridas y semiáridas de México, sino que se está presentando a nivel mundial; por lo tanto se han desarrollado estrategias que permiten ahorrar agua sin demérito significativo del rendimiento y la calidad de la fruta. Una de estas estrategias es el déficit de riego controlado (DRC) el cual fue propuesto por Chalmers *et al.* (1981) y consiste en reducir la cantidad de agua aplicada al frutal durante periodos fenológicos definidos, donde se están realizando procesos poco sensibles al estrés hídrico, sin afectar significativamente el rendimiento y la calidad de la fruta. Por su parte English *et al.* (1990) indicaron que los beneficios potenciales del DRC se centran en tres factores: 1) se incrementa la eficiencia en el uso del agua, 2) se reducen los costos de riego y 3) se hace un uso sustentable del recurso. Uno de los procesos fisiológicos menos sensibles al estrés hídrico es la translocación de fotoasimilados o materia seca (Faust, 1989). Así, esta información se ha utilizado para aplicar el DRC en manzano; donde el crecimiento del fruto se da en tres etapas, en la I, se da principalmente con base en división celular, la II, donde el fruto crece con base en división y alargamiento celular, y la etapa III, donde el fruto crece por alargamiento celular (Ryugo, 1988); de tal manera que es posible

aplicar un déficit de riego en la etapa I y parte de la etapa II, pues el fruto crece a expensas de los fotoasimilados que el árbol almacenó en el tallo y raíces, y que cuando rebrota, se translocan hacia los puntos de demanda, esta etapa comprende de 6 a 8 semanas después de la floración. Un déficit de riego al final de la etapa II y durante la etapa III, afecta de manera sensible la calidad de la fruta (Behboudian y Mills, 1997; Li *et al.*, 1989; Marsal y Girona, 1997).

El tamaño del fruto es uno de los parámetros de calidad de la fruta en manzano. Esta característica es afectada por carga de fruta y déficit de agua; sin embargo, es posible ahorrar agua aplicando la estrategia de DRC sin demérito significativo del rendimiento y calidad de la fruta en la etapa I y parte de la etapa III (Berman y DeJong, 1996; Mills *et al.*, 1996; Mitchell *et al.*, 1984). En ensayos realizados en peral por Mitchell *et al.* (1984 y 1989) se determinó que el crecimiento vegetativo disminuyó proporcionalmente al nivel de déficit hídrico, aunque tanto la producción como el tamaño del fruto de alto valor comercial aumentaron en los tratamientos de riego deficitario. El ahorro del agua fue del 33 y 27% en cada uno de los tratamientos de riego deficitario, con una eficiencia en el uso del agua de 22 kg de fruta por m³ de agua utilizada, contra 12.5 kg de fruta por m³ en el testigo. En trabajos realizados por Girona *et al.* (1990) en durazno en California se reportaron ahorros de agua hasta del 40% aplicando el DRC en la etapa I y II del crecimiento del fruto. Los mismos autores indicaron que el tipo de suelo fue importante para obtener buenos resultados con el DRC, ya que cuando la infiltración fue lenta, se impidió la recuperación del árbol a la velocidad deseada y se cosecharon frutos de menor tamaño que en suelos con una buena infiltración. En almendro se han obtenido ahorros de agua hasta del 62% aplicando la técnica del DRC, sin afectar la calidad y el rendimiento de la almendra (Girona, 1992), mientras que en limón se han obtenido ahorros de agua entre un 20 y 30%, afectando el crecimiento vegetativo y en algunos casos el tamaño del fruto (Domingo, 1994).

En frutales caducifolios, como el manzano, se presentan algunos mecanismos de adaptación a estrés hídrico. Estos pueden ser bioquímicos, fisiológicos, anatómicos y morfológicos. Se pueden presentar tanto en hojas como en la raíz, tal es el caso de ajuste osmótico, regulación del comportamiento estomático, caída de hojas, profundidad del sistema radical, ramificación del mismo, acumulación de prolina, de ácido abscísico, de K, de Ca, aumento en la conductividad hidráulica de la raíz, etc. Estos mecanismos hacen que los órganos de la planta como hojas y frutos se mantengan turgentes y, por lo tanto, se puedan llevar a cabo procesos fisiológicos que permitan mantener la calidad de la fruta y el rendimiento (Marsal y Girona, 1997; Naor *et al.*, 1999; Parra *et al.*, 2002a).

Otras estrategias para hacer un uso eficiente del agua son las cubiertas con plástico y orgánicas, donde básicamente se utilizan para reducir las pérdidas de agua por evaporación y escurrimientos y favorecer la infiltración y el almacenamiento del agua en el perfil del suelo (Parra *et al.*, 2002b; Ibáñez, 2000).

En Guerrero durante el ciclo 2002, hubo tratamientos superiores en cuanto a calidad externa del fruto respecto al testigo del productor, lo que indica claramente que estas estrategias de ahorrar agua son herramientas que el productor debe utilizar de inmediato y contribuir a preservar el recuso agua por más tiempo. En el 2003 al combinar la mejor estrategia de DRC, más la cintilla de goteo enterrada y la programación del riego de acuerdo al tanque evaporímetro, se observa una respuesta muy definida del árbol en cuanto a que se mantiene la calidad del fruto, se ahorra agua y el crecimiento del brote es el adecuado para presentar retorno de floración año tras año.

MATERIALES y MÉTODOS

Con el propósito de asegurar el éxito del presente proyecto, el trabajo se inició con la toma de datos para verificar que técnicamente el diseño y la instalación del riego por microaspersión en la huerta sea el adecuado en función de.

I.-DISEÑO HIDRÁULICO . Tomando como base la metodología propuesta por Peña (1997).1.- Aforo del pozo (calidad y cantidad del agua). 2.- Registro de las propiedades fisiográficas del suelo. 3.- Levantamiento topográfico . 4.-Plantilla del huerto. 5.- Selección del microaspersor. 6.- Diseño del Sistema de Riego (cálculo de las pérdidas de carga permisibles en la sección de riego, en el lateral, distribuidor y la conducción. Número máximo de salidas en el regante y en el distribuidor para cada sección de riego. Cálculo del gasto necesario en la tubería regante, distribuidor y en la línea de conducción, (gasto de la última salida del distribuidor), gasto de riego en la sección y número de secciones de riego. Pérdidas de carga en el cabezal de control (filtro, tanque fertilizador, accesorios, llaves, válvulas, etc.).

II.- DISEÑO AGRONÓMICO. Considerando la metodología de Torres, (1981;1984).1.- Uso consuntivo del manzano, utilizando el método de Blanney y Criddle, citado por Torres, (1981;1984), utilizando las temperaturas medias de Cuauhtémoc y Guerrero, Chih., con la fórmula : $U.C = K_d * K_t * F$; 2.-Lámina Neta = $(CC - \text{Humedad actual}) * \text{profundidad del suelo}$; 3.- Lámina Bruta= Lámina Neta/Eficiencia ; 4.- Frecuencia de riegos = $\text{Capacidad del suelo}/\text{requerimientos hídricos}$. 5.- # de riegos por mes = $\text{Lámina neta}/\text{Capacidad del suelo}$. 6.-Tiempo de riego por sección = $\text{Volumen} / \text{Gasto}$; 7.- Tiempo de riego por bombeo = $(\text{Tiempo de riego de la sección}) * (\# \text{ de secciones del huerto})$. Adicionalmente se harán ajustes pertinentes a los requerimientos hídricos del cultivo en función de lo reportado por Amado (1985); Parra et al (2002) y Girona (2002).

III.- SISTEMA DE RIEGO. Se hizo la verificación respectiva, luego de haber obtenido las pruebas necesarias, se procedió a ubicar los estudios en cuestión y estos se desglosan a continuación:

ESTRATEGIAS DE VALIDACIÓN:

I. Programación del riego (desde Marzo del año actual a Febrero del año siguiente) propuesto por Blanney y Criddle, citado por Torres, (1981;1984).

II. Programación del riego en base a DRC, donde se suspenderá el riego en forma total de inicio de floración hasta 55 días después de ella. Posteriormente se regará con base en lo propuesto por Blanney y Criddle, citado por Torres, (1981;1984).

III. Programación del riego en forma normal de inicio de floración hasta los 55 días después de ella (utilizando lo propuesto por Blanney y Criddle, citado por Torres, (1981;1984). Posteriormente se suspenderá el riego en forma total hasta cosecha.

IV. Programación del riego (desde Marzo del año actual a Febrero del año siguiente) con base en lo propuesto por Blanney y Criddle, citado por Torres, (1981;1984), mas una Cubierta Orgánica con Paja de Avena de 15 cm de espesor como mínimo durante el año.

V. Testigo del productor. El productor regará como lo realiza normalmente.

En los cuatro tratamientos por validar se harán ajustes pertinentes a los requerimientos hídricos del cultivo en función de lo reportado por Amado (1985); Parra et al (2002) y Girona (2002). En los cuatro componentes de validación antes indicados el sistema de riego será por microaspersión El seguimiento de la validación se apoyará en la utilización de sensores de la humedad en el suelo, además del tanque evaporímetro y la estación climática automatizada de UNIFRUT. Esto se complementará permitiendo un abatimiento en la humedad aprovechable del 20% en etapas de máximo consumo y del 30 al 75% en etapas de ecoletargo y endoletargo respectivamente.

Como un antecedente de este estudio, en los ciclos 2001-2002 (huerto de manzano cv Top Red Delicious, injertado sobre porta injerto franco de 18 años de edad, plantado a 5x4 m, en Cuauhtémoc y cultivar Golden Delicious injertado sobre el porta injerto franco, de 12 años de edad, plantado a 6x4 m, en Guerrero Chih.), se establecieron los tratamientos de DRC: 1) temporal; 2) suspensión del riego de plena floración hasta 55 días, después aplicación del riego normal hasta cosecha; 3) suspensión del riego de plena floración hasta 110 días, después, aplicación del riego normal hasta cosecha; 4) Riego de plena floración hasta 55 días, después,

suspensión del riego hasta cosecha; 5) Riego de plena floración hasta 110 días, después, suspensión del riego hasta cosecha; 6) Riego durante toda la temporada con riego por goteo; 7) Riego durante toda la temporada con microaspersión, 8) Testigo del productor. En los tratamientos del 2 al 6 se estableció una manguera con goteros incrustados a cada metro, una a cada lado del árbol, a 1 m de retirada del tronco, con 8 goteros por árbol. En los tratamientos del 1 al 7 se colocó una cubierta de plástico negro a 1.2 m de cada lado del tronco, por lo que se cubrió 2.4 m en la hilera de árboles, con el objetivo de disminuir las pérdidas de agua por evaporación. El momento de riego fue cuando se abatió un 50% de la humedad aprovechable, la cual se determinó con el método gravimétrico.

En Cuauhtémoc, Chih. durante el 2003 (cultivar Top Red Delicious, injertado sobre el porta injerto franco, de 19 años de edad, plantado a 5x4 m), se validaron los mejores tratamientos del 2001-2002 y fueron: 1) suspensión del riego de plena floración hasta 49 días, posteriormente se regó en forma normal hasta cosecha; 2) riego de plena floración hasta los 49 días, posteriormente se suspendió el riego hasta cosecha; 3) riego normal todo el ciclo y, 4) testigo del productor. El sistema de riego en los tratamientos del 1 al 3 fue con cintilla enterrada a 40 cm de profundidad y 90 cm del tronco, con emisores cada 30 cm y con una manguera a cada lado del tronco. El tratamiento 4, el del productor, se regó con microaspersión con el calendario que él utiliza.

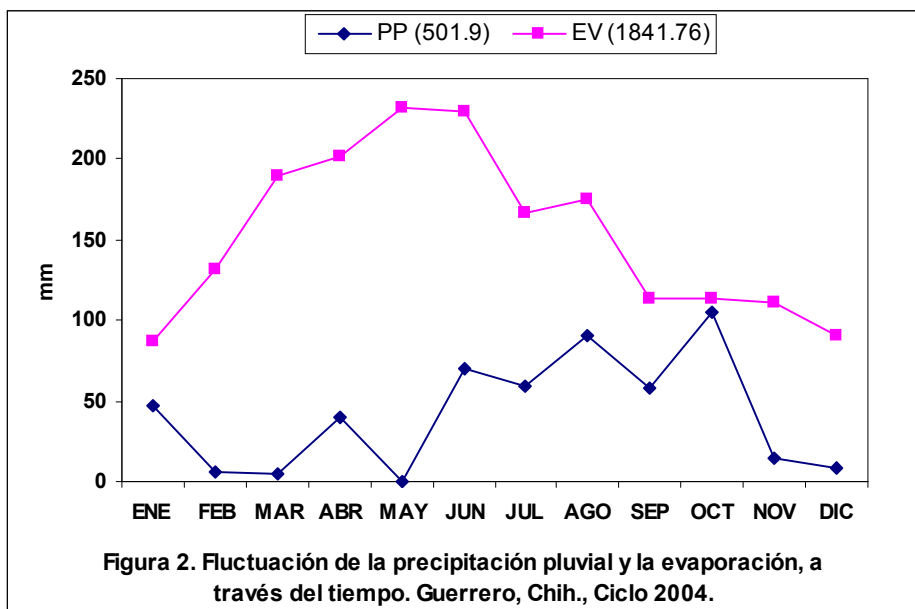
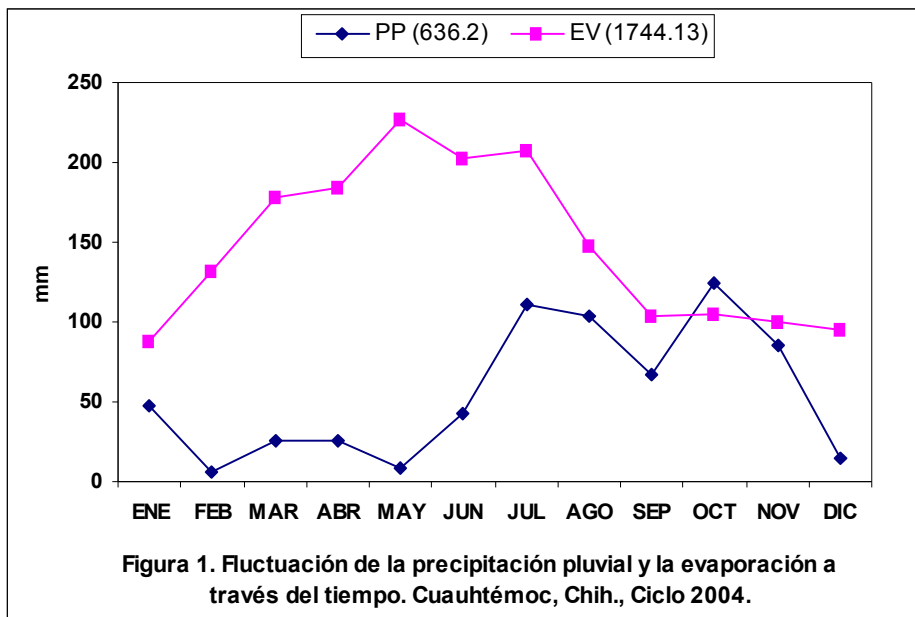
Durante el ciclo 2004, se seleccionaron dos localidades una en Guerrero (cultivar Golden Delicious injertado sobre el portainjerto 106, de 15 años de edad, plantado a 4x2 m) y otra en Cuauhtémoc, (cultivar Top Red Delicious, injertado sobre el portainjerto franco, de 20 años de edad, plantado a 5x4 m) las dos con sistema de riego de microaspersión, donde se evaluaron los tratamientos: 1. Testigo del productor, donde se regó de acuerdo con el calendario que él utiliza; 2. Aplicación de la estrategia del DRC, suspensión del riego de plena floración hasta 55 días, posteriormente se regó en forma normal hasta cosecha; 3. Riego normal con aplicación de una cubierta orgánica de paja de avena y/o aserrín de aserradero de 15 cm de espesor; 4. Riego de plena floración hasta los 55 días, posteriormente se suspendió el riego hasta cosecha; 5 Riego normal durante todo el ciclo del cultivo y 6 Aplicación de la estrategia del DRC, suspensión del riego de plena floración hasta 55 días, posteriormente se regó en forma normal hasta cosecha, en sistema de riego por goteo (manguera con goteros incrustados).

En todos los casos, para evaluar la respuesta del manzano a los tratamientos impuestos, se tomaron datos de producción y eficiencia en el uso del agua (rendimiento unitario, lámina de agua evapotranspirada y Eficiencia de Transformación); así como datos de calidad de la producción (peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, °Brix y firmeza del fruto) y, crecimiento de brote, los cuales fueron analizados mediante el diseño estadístico Completamente al Azar con 4 y/o 5 repeticiones y la separación de medias mediante Tukey ; $\alpha \leq 0.05$).

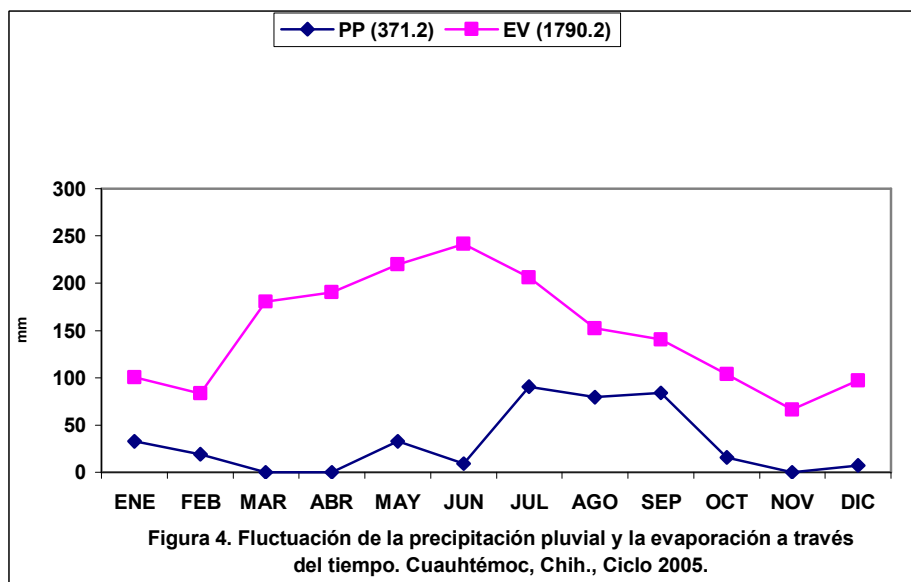
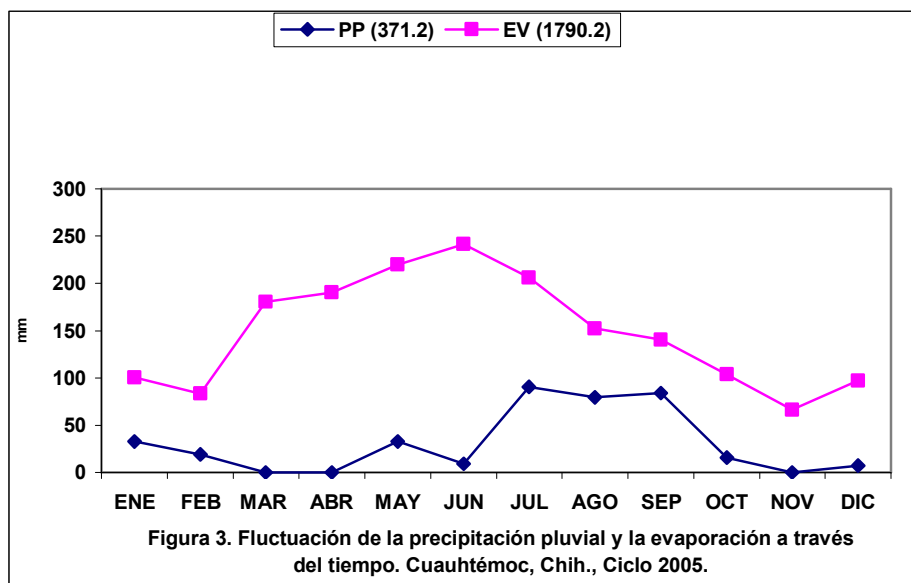
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones de clima (Evaporación / Precipitación pluvial)

La sequía es un fenómeno meteorológico que se ha acentuado en los últimos tres años en la zona manzanera, con tan sólo 261.9, 238.5, 300 y 353 mm de precipitación en el 2001, 2002, 2003 y 2004, respectivamente, durante la estación de crecimiento (abril-septiembre). El factor climatológico más importante y que es responsable de las mayores pérdidas de agua es la evaporación, la cual en promedio para 2004 fue de 1,793 mm (Figuras 1 y 2), lo que representa un cociente medio de $PP/EV = 0.31$ y que significa que la evaporación potencial fue del 70%. Esto hace indispensable mantener un control estricto sobre las pérdidas de agua por evaporación en el huerto.



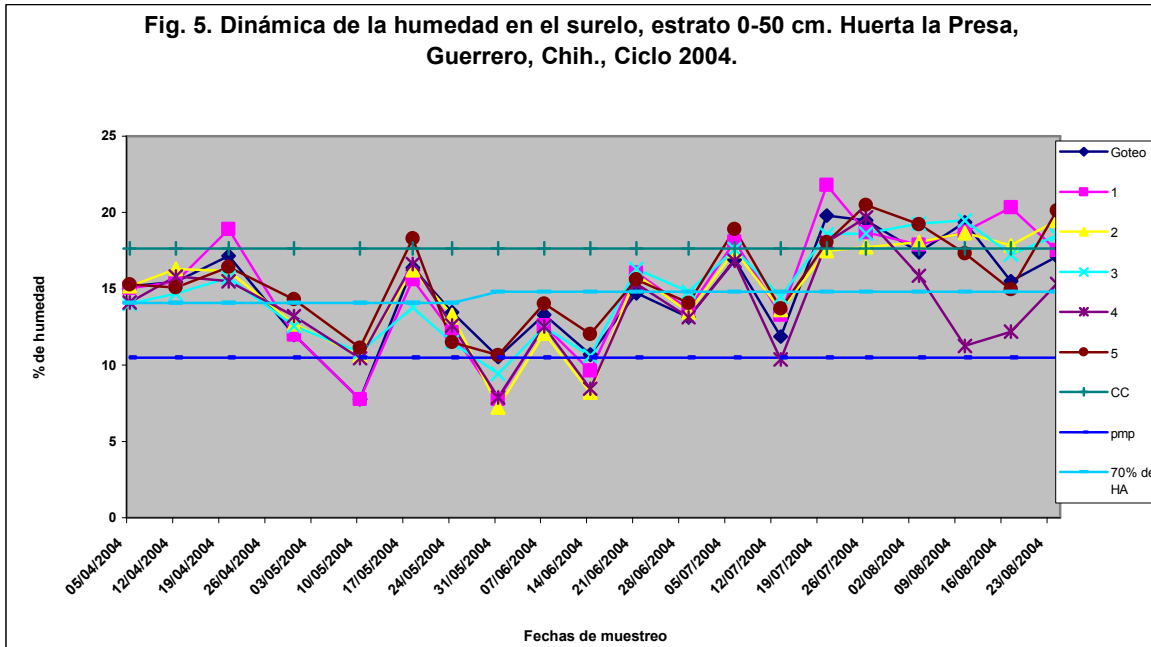
Para 2005 fue de 1,823.4 mm (Figuras 3 y 4), lo que representa un cociente medio de $PP/EV = 0.21$ y que significa que la evaporación potencial fue del 79%. Esto hace indispensable mantener un control estricto sobre las pérdidas de agua por evaporación en el huerto.



Dinámica de la humedad en el suelo

En las Figuras 5 y 6, se reporta el estado de humedad del agua del suelo en el estrato 0-50 cm de profundidad para todo ciclo del cultivo (Abril - Agosto del 2004) de los árboles de las dos localidades. De acuerdo con los datos, en el sitio de Guerrero (Fig. 5), se observa que el manejo que el productor hace del riego en manzano, es muy irregular debido a que es el tratamiento donde se detectan los cambios más pronunciados en el contenido de humedad en el suelo, es decir, durante el ciclo se reportaron 9 semanas en las que el control de la humedad estuvo fuera de la humedad disponible, seis en punto de saturación y tres por debajo del punto de marchitamiento permanente. El tratamiento 2, presentó cuatro semanas fuera de la zona de confort; el resto de los tratamientos, se mantuvieron dentro de la zona de humedad disponible, destacando los tratamiento Goteo enterrado, el 3 (cubierta de paja) y el tratamiento 4. En el caso del sitio Cuauhtémoc (Fig. 6), fue muy similar el comportamiento de la humedad del suelo para los diferentes tratamientos, nuevamente, el manejo del agua por parte del productor, mostró el manejo irregular del agua, sólo que aquí, prevalecen los excesos de agua con mayor incidencia

debido a que en trece ocasiones se detecto la humedad en punto de saturación, lo que representa el uso de volúmenes de agua innecesarios, porque al comparar esta tendencia con los tratamientos Goteo enterrado y con el tratamiento 2 (ambos con la estrategia del DRC, el primero en goteo y el segundo en microaspersión), se marca claramente que ambos tratamientos observaron una dinámica de humedad en el suelo que se mantuvo dentro de la zona de confort, casi todo el ciclo, rompiéndose sólo al final cuando las lluvias se presentan y no permiten mantener con rigor el control de la humedad del suelo.



En las figuras 7 y 8, se reporta la dinámica de la humedad en el suelo para los mismos sitios sólo que para el ciclo 2005

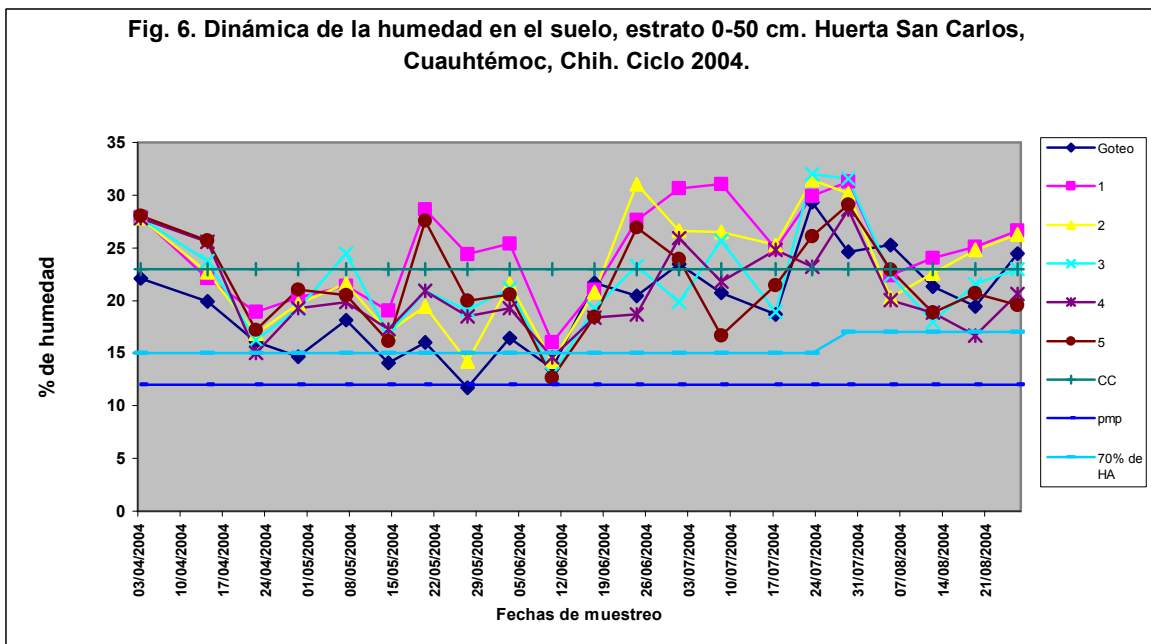


Fig. 7. Dinámica de la humedad en el suelo, estrato 0-50 cm. Huerta la presa, Guerrero Chih. Ciclo 2005.

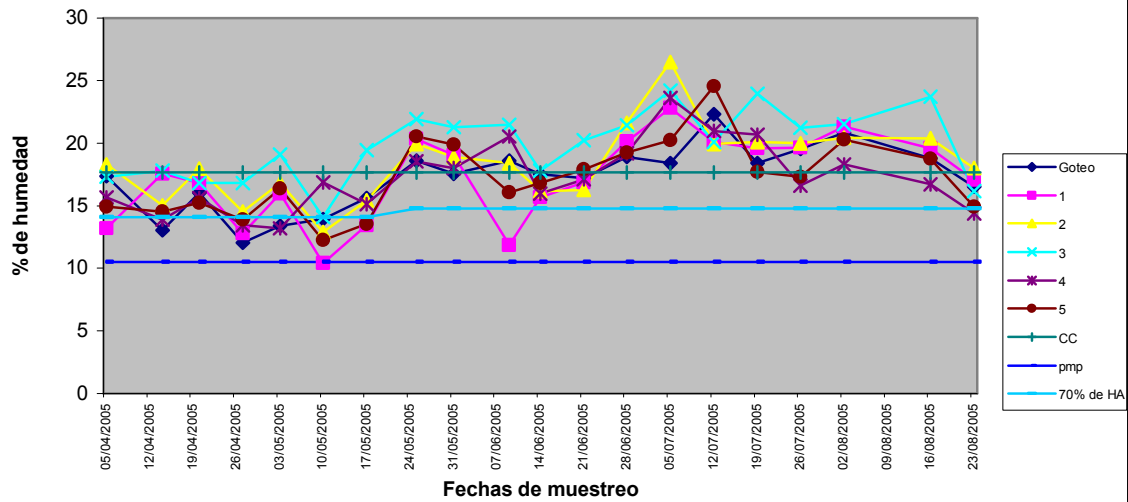
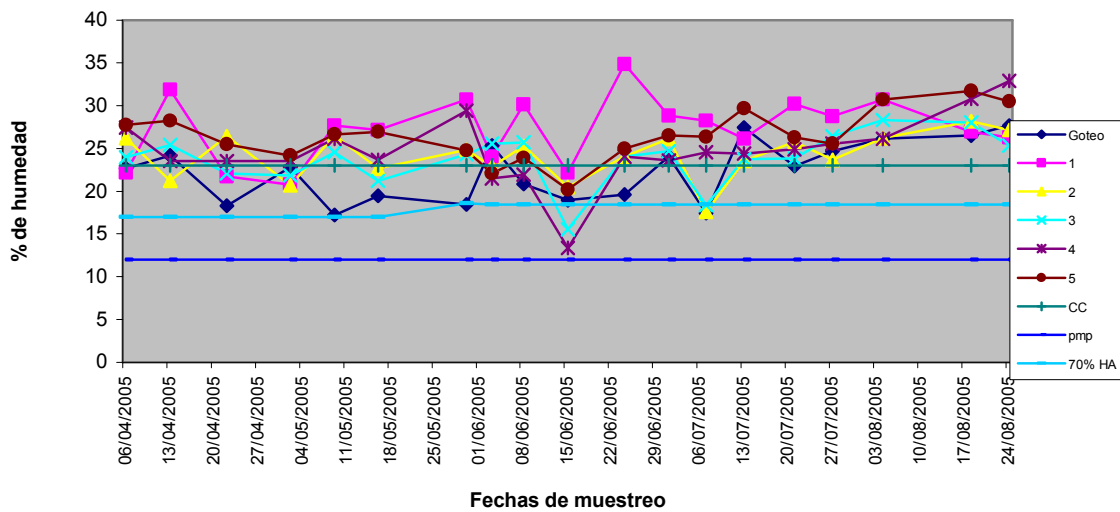


Fig. 8. Dinámica de la humedad del suelo, estrato 0-50 cm. Huerta San Carlos, Cuauhtémoc, Chih., Ciclo 2005.



Evapotranspiración y producción de fruta

Parra y Ortiz (2003), evaluando los resultados obtenidos hasta esa fecha con la estrategia del DRC, reportaron que en promedio, para el 2001-02 (con sistema de riego de microaspersión), el tratamiento que suprime el riego durante los primeros 55 días después de plena floración, utilizó $4,873 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ con producción de $27.23 \text{ ton ha}^{-1}$, rendimiento que fue inferior a las $29.31 \text{ ton ha}^{-1}$ que produjo el testigo del productor y, aunque la eficiencia en el uso del agua fue muy superior (7.04 vs 1.37 kg m^{-3}), sin embargo, esto no era bien visto por el productor, que si bien está conciente del ahorro del agua, no esta de acuerdo en reducir sus ingresos. Con esta premisa, durante el ciclo 2003, se evaluó el mismo tratamiento, sólo que esta vez con el sistema de riego por goteo (manguera enterrada con goteros incrustados) y los resultados fueron muy satisfactorios, al reportar que se mantuvo el ahorro del agua ($5,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), pero con incremento

en la producción de 8.3 ton ha⁻¹ respecto del productor y una eficiencia en el uso del agua de 7.59 kg m⁻³. (Cuadro 1).

CUADRO 1. RESUMEN DE LOS RESULTADOS REPORTADOS EN PRODUCCIÓN Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA PARA LOS CICLOS (2001- 02) Y 2003. CESICH-CIRNOC-INIFAP.

Tratamientos	Agua utilizada (m ³)		Producción (ton ha ⁻¹)		Eficiencia de transformación (kg m ⁻³)	
	2001- 02	2003	2001- 02	2003	2001- 02	2003
1	4,873	5,000	27.23	37.84	7.04	7.57
2	3,198	3,900	25.63	30.37	7.42	7.79
3	5,339	7,500	20.89	34.30	5.37	4.57
4	21,348	12,370	29.31	29.61	1.37	2.39

Los resultados obtenidos en el 2004, en la localidad de Cuauhtémoc, Chih., se muestran en el Cuadro 2. Como se observa, el testigo del productor es donde se utiliza la mayor cantidad de agua con 1,077.8 mm y la más baja eficiencia en el uso del agua con tan sólo 0.91 kg m⁻³. Debe señalarse que en este sitio, se tuvieron problemas severos en cuanto a la polinización, por lo que la producción unitaria fue reducida, aún así, el mejor rendimiento se obtuvo con el tratamiento de goteo enterrado aplicando la estrategia del DRC, con 14.67 ton ha⁻¹, lo que significó eficiencia en el uso del agua de 2.3 kg m⁻³. Debe destacarse que en los árboles bajo el tratamiento donde se utilizó la cubierta orgánica (3) se estimó una producción de 13.32 ton ha⁻¹ y una eficiencia en el uso del agua de 1.95 kg m⁻³, lo que lo identificó como otra opción viable para el ahorro de agua. En relación a esto, es importante señalar que, con cualquiera de los tratamientos evaluados, se lograron ahorros considerables de agua, destacando el goteo enterrado y el tratamiento 3, con 41.0 y 48.4 %, respectivamente.

Los datos para la localidad de Guerrero en cuanto a producción, fueron muy distintos a los de Cuauhtémoc, ya que se registraron rendimientos desde 30.2 hasta 44.0 ton ha⁻¹ para el tratamiento 4 (riego de plena floración hasta los 55 días, posteriormente se suspendió el riego hasta cosecha) y Goteo (aplicación de la estrategia del DRC, suspensión del riego de plena floración hasta 55 días, posteriormente se regó en forma normal hasta cosecha, en sistema de riego por goteo, manguera con goteros incrustados), respectivamente. Nuevamente, el mayor consumo de agua (1,117.4 mm) y la más baja eficiencia en el uso del líquido (3.43 kg m⁻³), estuvieron asociados con el tratamiento testigo del productor. El Goteo, resultó el mejor tratamiento tanto en ahorro de agua (53.8%) y mayor eficiencia en uso del agua con 8.11 kg m⁻³ (Cuadro 3).

CUADRO 2. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA Y PRODUCCIÓN DE MANZANO. CUAUHTÉMOC, CHIH., 2004. CESICH-CIRNOC-INIFAP.

Tratamientos	Lámina de Etr (cm)	Eficiencia de Producción (kg m ⁻³)	Ahorro de agua (%)	Producción (kg árbol ⁻¹)	Producción (ton ha ⁻¹)
1	107.78	0.91	-	19.67	9.83 ns
2	72.63	1.39	32.6	20.22	10.11
3	68.24	1.95	36.7	26.64	13.32
4	55.58	2.16	48.4	23.96	11.98
5	81.42	1.25	24.5	20.34	10.17
Goteo	63.70	2.30	41.0	33.34	14.67

* ns = estadísticamente no significativo.

CUADRO 3. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA Y PRODUCCIÓN DE MANZANO. GUERRERO, CHIH., 2004. CESICH-CIRNOC-INIFAP.

Tratamientos	Lámina de Etr (cm)	Eficiencia de Producción (kg m ⁻³)	Ahorro de agua (%)	Producción (kg árbol ⁻¹)	Producción (ton ha ⁻¹)
1	117.4	3.43	-	32.33	40.42 a
2	58.18	7.40	50.4	34.45	43.06 a
3	61.43	6.84	47.7	33.62	42.03 a
4	62.84	4.81	46.5	24.16	30.20 b
5	79.37	5.04	32.4	32.00	40.00 a
Goteo	54.24	8.11	53.8	35.20	44.00 a

* Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

De acuerdo con los datos reportados en el sitio de Cuauhtémoc en el 2005, destaca que el riego por goteo enterrado con la estrategia del DRC, represento la mejor alternativa para regar el manzano, dado que sólo fueron necesarios 6,435 m ha, representando un ahorro en el uso del vital líquido de 54.78%, con respecto del productor, con producción de 92.90 kg árbol⁻¹ (46.65 ton ha⁻¹), dato que fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos, superando al productor en 42%, lo que le da un alto nivel de eficiencia en el uso del agua con 7.22 kg de manzana m³. Es necesario señalar que los tratamientos 3, 4 y 5 mostraron buen nivel de producción (29.2, 30.42 y 30.5 ton ha⁻¹, respectivamente), sin embargo, no permiten ahorros de agua al nivel del goteo y por lo tanto se baja su nivel de eficiencia en el uso del agua.

En el sitio de Guerrero en el año 2005 (Cuadro 5), los resultados señalan que en cuanto al uso de agua para regar el manzano, los valores más bajos se reportaron en los tratamientos 2 (DRC en microaspersión y goteo con DRC) con 5,978 y 6,024 m ha, con ahorros en agua de 53.07 y 52.72% con respecto al testigo del productor (tratamiento 1), donde en este ciclo se utilizaron 12,740 m ha. Cabe señalar que aunque no se reportaron diferencias estadísticamente significativas en la producción de fruto, destacó el nivel de producción obtenido con el tratamiento 2, con 38.90 ton ha⁻¹, que superó al productor en 32%, y obtiene alto valor de eficiencia en el uso del agua con 6.51 kg de manzana por m³; para el caso del Goteo, el valor de eficiencia en el uso del agua es aceptable por la economía que se logra en uso del agua, pero es bajo por el nivel de

producción obtenido (4.5 kg m^{-3}). En este sitio y año, se mantiene la economía en el uso del agua con la estrategia del DRC, sin embargo no se sostiene el sistema de goteo enterrado, esto se explica debido a que en este ciclo el productor compartió el agua con el huerto vecino y en ocasiones no se dispuso de agua a nivel diario, que es como lo requiere el sistema de goteo, particularmente enterrado, debido a que se requieren volúmenes pequeños de agua pero muy frecuentes, en todo caso, se mantiene una economía aceptable en el uso del agua con respecto del testigo.

CUADRO 4. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA Y PRODUCCIÓN DE MANZANO. CUAUHTÉMOC, CHIH., 2005. CESICH-CIRNOC-INIFAP.

Tratamientos	Lámina de Etr (cm)	Eficiencia de Producción (kg m^{-3})	Ahorro de agua (%)	Producción (kg árbol^{-1})	Producción (ton ha^{-1})
1	120.20	2.25	-	54.20	27.10 b
2	75.28	3.78	37.37	56.84	28.42 b
3	71.56	4.08	40.47	58.40	29.20 b
4	65.62	4.64	45.41	60.84	30.42 b
5	78.45	3.89	34.73	61.00	30.50 b
Goteo	64.35	7.22	54.78	92.90	46.45 a

* Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

CUADRO 5. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA Y PRODUCCIÓN DE MANZANO. GUERRERO, CHIH., 2005. CESICH-CIRNOC-INIFAP.

Tratamientos	Lámina de Etr (cm)	Eficiencia de Producción (kg m^{-3})	Ahorro de agua (%)	Producción (kg árbol^{-1})	Producción (ton ha^{-1})
1	127.4	2.09	-	21.28	26.60 ns
2	59.78	6.51	53.07	31.12	38.90
3	64.73	4.46	49.19	23.12	28.90
4	66.75	4.64	47.61	24.80	31.00
5	80.75	3.78	36.62	24.40	30.50
Goteo	60.24	4.50	52.72	21.68	27.10

* ns no existe diferencia estadística.

CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO Y CRECIMIENTO DE BROTE

Los principales parámetros que definen calidad externa del fruto son estadísticamente superiores en el testigo del productor, tal es el caso de peso y tamaño del fruto, sin embargo, los resultados indican que la fruta obtenida está dentro de los estándares para fruta fresca de alta calidad para el mercado nacional. Para los parámetros que definen calidad interna del fruto no hay diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que las estrategias probadas de riego se pueden utilizar inmediatamente en campo sin afectar calidad y producción de fruta y con un ahorro muy importante en el uso del agua de riego.

En cuanto a la calidad del fruto para el ciclo 2004 en Cuauhtémoc, no se detectaron diferencias estadísticas significativas para peso del fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar ni firmeza del fruto, sólo para °Brix y crecimiento de brote. En la concentración de azúcares, tanto el tratamiento de Goteo (aplicación de la estrategia del DRC, suspensión del riego de plena floración hasta 55 días, posteriormente se regó en forma normal hasta cosecha, en sistema de riego por goteo, manguera con goteros incrustados), como el 3 (riego normal con aplicación de una cubierta

orgánica de paja de avena y/o aserrín de aserradero de 15 cm de espesor), reportaron valores aceptables de 15.39 y 14.79 %; en crecimiento de brote el valor más alto lo reportó el tratamiento 3 con 31.85 cm., aunque cabe señalar que este último parámetro, no significa mejor producción (Cuadro 6) (Parra y Ortiz, 2003).

CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO Y CRECIMIENTO DE BROTE DE MANZANO EN CUAUHTÉMOC CHIH., 2004. CESICH-CIRNOC-INIFAP.

Tratamientos	Peso del fruto (g)	Diámetro Ecuatorial (cm)	Diámetro Polar (cm)	Firmeza (lb / in ²)	° Brix (%)	Crecimiento de brote (cm)
1	134.6 ns	5.66 ns	5.89 ns	17.69 b	14.93 ns	23.52 abc
2	129.0	6.51	6.51	17.72 b	14.74	17.00 bc
3	119.0	5.53	6.32	19.21 a	15.39	31.85 a
4	107.2	5.25	6.23	18.28 ab	15.53	25.35 ab
5	128.6	5.69	6.53	17.89 ab	15.64	16.97 bc
Goteo	124.2	5.24	6.47	17.74 b	14.79	12.97 c

* ns = estadísticamente no significativo.

** Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente Iguales(Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

Respecto a los datos de calidad del fruto en Guerrero para el 2004 (Cuadro 7), sólo se reportó diferencia estadística para peso del fruto, siendo el Goteo el que produjo el fruto de mayor peso (135.7gr), seguido del tratamiento 3 (riego normal con aplicación de una cubierta orgánica de paja de avena y/o aserrín de aserradero de 15 cm de espesor), con 125.0 gr. En crecimiento de brote también se reportaron diferencias estadísticas, correspondiendo los valores más altos a los tratamientos 1 (Testigo del productor), 2 (aplicación de la estrategia del DRC, suspensión del riego de plena floración hasta 55 días, posteriormente se regó en forma normal hasta cosecha) y 3, con 13.98, 13.49 y 13.37 cm, respectivamente.

CUADRO 7. CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO Y CRECIMIENTO DE BROTE DE MANZANO EN GUERRERO, CHIH., 2004. CESICH-CIRNOC-INIFAP.

Tratamientos	Peso del fruto (gr)	Diámetro Ecuatorial (cm)	Diámetro Polar (cm)	Firmeza (lbs/in ²)	° Brix (%)	Crecimiento de brote (cm)
1	114.5 ab	5.67 ns	6.49 ns	15.65 ns	15.38 ns	7.94 b
2	103.1 b	5.54	6.16	15.38	13.90	7.59 b
3	125.0 ab	5.95	6.65	15.30	14.49	13.98 a
4	119.1 ab	5.86	6.58	17.37	15.16	13.49 a
5	109.2 ab	5.67	6.29	16.77	14.38	8.09 b
Goteo	135.7 a	6.02	6.72	14.78	15.54	13.37 a

* ns, estadísticamente no significativo

** Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

En cuanto a la calidad del fruto para el ciclo 2005 en Cuauhtémoc, se detectaron diferencias estadísticas significativas para peso del fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar ni firmeza del fruto, para °Brix y crecimiento de brote. En peso de fruto, el mejor se obtuvo con el tratamiento del productor (160.10 gr), seguido del goteo con 150.48 gr.; para diámetro ecuatorial y polar, nuevamente el tratamiento del productor fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos, no obstante en diámetro polar el riego por goteo obtuvo valores aceptables de manzana, en cuanto a firmeza y crecimiento de brote los mejores resultados se obtuvieron con el goteo enterrado y la estrategia del DRC, siendo estadísticamente superiores al resto de los tratamientos (Cuadro 8). Estos resultados confirman en buena medida los reportes del los años

2001 al 2004, cuando se han empleado esta estrategia de riego, especialmente 2003-04, cuando se inició con la estrategia de riego por goteo enterrado.

CUADRO 8. CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO Y CRECIMIENTO DE BROTE DE MANZANO EN CUAUHTÉMOC CHIH., 2005. CESICH-CIRNOC-INIFAP.

Tratamientos	Peso del fruto (g)	Diámetro Ecuatorial (cm)	Diámetro Polar (cm)	Firmeza (lb / in ²)	° Brix (%)	Crecimiento de brote (cm)
1	160.10 a	7.01 a	6.31 a	14.67 b	12.85 b	17.02 ab
2	127.98 c	6.80 ab	5.83 bc	17.25 a	13.28 b	15.38 ab
3	109.10 d	6.56 bc	5.55 c	16.40 ab	14.13 a	12.22 b
4	134.98 bc	7.01 a	5.94 b	15.45 ab	13.08 b	12.11 b
5	138.38 bc	7.04 a	5.94 b	15.80 ab	12.95 b	14.87 ab
Goteo	150.48 ab	6.49 c	5.97 ab	17.20 a	11.95 c	30.13 a

* ns = estadísticamente no significativo.

** Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente Iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.01$).

CUADRO 9. CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO Y CRECIMIENTO DE BROTE DE MANZANO EN GUERRERO, CHIH., 2005. CESICH-CIRNOC-INIFAP.

Tratamientos	Peso del fruto (gr)	Diámetro Ecuatorial (cm)	Diámetro Polar (cm)	Firmeza (lbs/in ²)	° Brix (%)	Crecimiento de brote (cm)
1	127.70 a	6.76 a	5.63 b	15.20 ab	13.53 a	17.02 a
2	135.45 a	6.85 a	5.79 ab	15.45 ab	12.75 ab	15.63 a
3	136.75 a	6.89 a	5.88 ab	14.73 ab	12.78 ab	13.36 a
4	145.53 a	7.06 a	6.07 a	14.03 b	13.95 a	17.44 a
5	132.30 a	6.84 a	5.71 ab	15.28 ab	12.43 ab	15.78 a
Goteo	82.08 b	5.76 b	4.91 c	16.60 a	11.50 b	4.88 b

* ns, estadísticamente no significativo

** Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $\alpha \leq 0.01$).

Los datos para la localidad de Guerrero, se muestran en el Cuadro 9, y como se puede observar, para este ciclo y localidad el peor de los tratamientos fue el riego por goteo enterrado aplicando el DRC, debido principalmente a que este sistema requiere disponer en el huerto de agua a nivel diario, condición que no se pudo satisfacer debido a que el propietario del huerto comparte el agua con otro productor y dado lo seco de año, (cociente pp/ev = 0.21; es decir, 79% de Evaporación), bajo este manejo del agua el cultivo fue sometido a estrés hídrico, porque se regaba en función de un sistema de riego de microaspersión, que es totalmente diferente al goteo y más aún con la estrategia del DRC. No obstante, bajo estas circunstancias, los tratamientos 3 y 4 mostraron ser excelentes alternativas de manejo del agua de riego, ya que en peso de fruto, diámetro, consistencia y contenido de azúcar, mostraron ser estadísticamente superiores a los demás tratamientos, particularmente el tratamiento 4 donde se obtuvieron los frutos con mayor peso (145.53 gr). Como se ha señalado, en ambos sitios y años (2004-05), el tratamiento 3 (riego por microaspersión, con cubierta orgánica sobre la hilera de manzano), ha representado una muy buena alternativa para la producción de manzana, dado que ha representado sustantivos ahorros de agua, ha producido bien en términos de cantidad y sobre todo calidad del fruto.

CONCLUSIONES

- La tecnología del sistema de riego por goteo enterrado (manguera con goteros incrustados), utilizando la estrategia de Déficit de Riego Controlado (D.R.C.) en manzano (regar a capacidad de campo en brotación, dejar de regar durante 50-55 días y, reanudar el riego normal después); utilizando los criterios de monitoreo de la humedad en el suelo y/o el uso del tanque evaporímetro tipo "A", ajustado por un coeficiente de cultivo (Kc), para la programación del riego, permite un ahorro de agua de 54 %; incremento en la producción de fruta de hasta 40% y una Eficiencia en el Uso del Agua hasta tres veces mayor (7.68 vs 2.39 kg m⁻³), con respecto de la tecnología utilizada por el productor (riego por microaspersión)., sin afectar la calidad del fruto, por el contrario, en algunos casos se obtienen manzanas de mayor peso y firmeza.
- Cuando no se dispone del riego por goteo, una alternativa es regar el manzano con el sistema de riego de microaspersión, utilizando una cubierta orgánica (aserrín de aserradero, paja de avena, etc.) de aproximadamente 15 cm de espesor para evitar la evaporación directa del agua del suelo. Con esta estrategia se obtienen ahorros de agua de hasta 40 %, aunque el rendimiento no se incrementa.
- Regar el manzano con el sistema de microaspersión, utilizando la estrategia del Déficit de riego Controlado, puede ser una alternativa que permita ahorrar agua, pero sobre todo permite desalentar la presencia de patógenos que ocasionan enfermedades en el cultivo de manzano.

BIBLIOGRAFÍA

Almazán G., H. 2001. "El Agua en Chihuahua". (Conferencia Magistral). En: Taller para la Definición de Proyectos Integrales sobre Sequía. Gobierno del Estado de Chihuahua- SEP-CONACyT-SEMARNAT. Cd. Aldama, Chih., 3 de Mayo del 2001.

Amado A.,J.P.1985. Obtención de calendarios de riego para manzano en la Sierra de Chihuahua. Subproyecto 7030. Informe de Investigación. CAESICH-CIAN-INIA-SARH. Cd. Cuauhtémoc, Chih.

Behboudian, M.H. and T.M. Mills. 1997. Deficit irrigation in deciduous orchards. Hort. Rev. 21:105-131.

Berman, M.E. and T.M. DeJong. 1996. Water stress and crop effects on fruit fresh and dry weight in peach (*Prunus persica*). Tree Physiol. 16:859-864.

Chalmers, D.J., P.D. Mirchell and L. Van Heek. 1981. Control of peach growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106:307-312.

Comisión Nacional del Agua. 2004. Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS), Acuífero Cuauhtémoc. Desplegable.

Domingo, R. 1994. Respuesta del limonero fino al riego deficiitario controlado. Aspectos fisiológicos. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia, España, 237 p.

Doorenbos , J.y W Pruitt O. 1977. Guidelines for predicting crop water requeriments . Food and agriculture, organization of the United Nations . FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER pp: 30-34.

English, M.J., J.T. Musich, and V.V.N. Murty. 1990. Deficit irrigation. In: G.J. Hoffman, T.A. Howell and K.H. Soloman (Ed.) Management of Farm Irrigation Systems, ASAE, St. Joseph, MI.

Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit tree. Willey-Interscience. New York.

Girona, J., M.C. Ruiz-Sanchez, D. Goldhamer, S. Johnson and T. DeJong. 1990. Late maturing peach response to controlled deficit irrigation: seasonal and diurnal pattern of fruit growth, plant and soil water status, CO₂ uptake and yield 2 years results. XXIII International Hort. Cong. Firezen, Italy, 1:284.

Girona, J. 1992. Estrategias de riego deficitario en el cultivo de almendro. *Fruticultura Profesional*. 47:38-45.

Girona i G. J. 2002. Requerimientos hídricos del manzano, manejo y programación del riego. VIII Simposium Internacional Sobre el Manzano. Noviembre 13,14, 15 y 16 . Cd. Cuauhtémoc, Chih. Asociación de Manzaneros de Cuauhtémoc. A.C.

Ibáñez M., A., A.E. Becerril R., A. Castillo M., R.A. Parra Q. y C. López C. 2000. Efecto de cubiertas, riego y fertilización foliar en el desarrollo radical del manzano. *Terra* 18:225-237.

Kotzé , W.A.G. 1984. Irrigation scheduling for deciduous fruit with the aid of class A pan evaporation and controlled by means of tensiometers. SAGTEVRUGTEBOER. JANUARIE. Pp: 23-26.

Ley , T.W. 1994. Using PAWS and Agrimet for irrigation scheduling. Pp: 71-83. In : Kathleen M. Williams, and Thomas W. Ley (eds) . TREE FRUIT IRRIGATION . Frist Printing. Good Fruit Grower , a Division of Washington State Fruit Commission, 1005 Tieton Drive , YakimaWashington , 98902, USA.

Li, S.H., J.G. Huguet, O.G. Schoch and P. Orlando. 1989. Response of peach tree growth and cropping to soil water deficit at various phenological stages of fruit development. *J. Hort. Sci.* 64:541-552.

Mariscal A., G., P.Ortíz F. Y J.P. Amado A. 2000. Limitantes edáficas en la producción frutícola de manzano en el Noroeste de Chihuahua. *Variedad Frutícola*. 4, 3-4. Agosto 2000. Asociación de Manzaneros de Cuauhtémoc , A.C. Cuauhtémoc, Chih.

Marsal, J. and J. Girona. 1997. Relationship between leaf water potential and gas exchange activity at different phenological stages and fruit loads in peach trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122(3):415-421.

Mills, T.M., M.H. Behboudian and B.E. Clothier. 1996. Water relation, growth and the composition of Breaburn apple fruit under deficit irrigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(2):286-291.

Mitchell, P.D., P.H. Jeri and D.J. Chalmers. 1984. The effects of regulated water deficit on peach tree growth, flowering, fruit growth and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109(5):604-606.

Mitchell, P.D., van de Ende, P.H. Jeri and D.J. Chalmers. 1989. Response of Bartlett pear to withholding irrigation, regulated deficit irrigation and tree spacing. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:15-19.

Naor, A., I. Klein, H. Hupert, Y. Grinblat, M. Peres and A. Kaufman. 1999. Water stress and crop level interaction in relation to nectarine yield, fruit size distribution, and water potentials. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124(2):189-193.

Ortíz F, P., R. Parra Q. y Ma. del C. Potisekt T. 2004. Avances de investigación en Déficit de Riego Controlado (D.R.C.) en manzano en la región de Cuauhtémoc, Chih. X Simposium Internacional sobre el Manzano y Frutales de Clima Templado "Diez años de información, diez años de apoyar a la Región". 10, 11, 12 y 13 de Noviembre del 2004. Cd. Cuauhtémoc, Chih., México.

Parada, R. J. 2000. Comunicación personal. Dirección del Programa de Ferti-irrigación en el estado de Chihuahua.

Parra Q.R.A.; J.A. Orozco A.; A. Romo Ch.; M. González P.; J.P. Amado A. y P. Ortiz F. 2002. Comportamiento del manzano bajo Deficit de Riego Controlado en Cuahémoc Chihuahua. VIII Simposium Internacional Sobre el Manzano. Noviembre 13,14, 15 y 16 . Cd. Cuahémoc, Chih. Asociación de Manzaneros de Cuahémoc. A.C.

Parra Q., R.A., A.E. Becerril R. Y C. López C. 2002a. Transpiración, resistencia estomática y potenciales hídricos en manzano "Golden Delicious" injertados sobre portainjertos clonales. Terra 20:113-121.

Parra Q., R.A., A.E. Becerril R., C. López C. y A. Castillo M. 2002b. Crecimiento del manzano cv Golden Delicious sobre cuatro portainjertos en diferentes condiciones de humedad y nutrición. Rev. Fitotec. Mex. 25(2):193-200.

Parra Q. R. Á. y P. Ortiz F. 2003. Manejo del riego en manzano mediante Déficit de Riego Controlado (DRC). IX Simposium Internacional sobre el Manzano "Agua y conservación del Ecosistema". 5, 6, 7 y 8 de Noviembre del 2003. Cd. Cuahémoc, Chih., México.

Peeters, J. 1994. Managing Fertigation : The Dutch Perspective . pp: 183-190. In: B.A. Peterson and R.G. Stevens (eds). Tree Fruit Nutrition shorcouse proceedings Good Fruit Grower , Yakima, Washington.

Peña P.,E. 1997. Tecnificación del riego presurizado. Manual para el diseño de zonas de riego pequeñas. IMTA-CNA. Curso de Capacitación . Chihuahua , Chihuahua.

Postel, S. 2001. Aprovechamiento agrícola del agua. El Herald de Chihuahua, jueves 7 de Junio del 2001. PROTECCIÓN, p:2B

Puertas R., J.L. 1997. Dinámica Nutricional del manzano como antecedente para el establecimiento de sistemas de fertirrigación. (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih.

Reyes C. I. 2000. Alternativas para buscar más agua. Nota periodística publicada en el Diario de Chihuahua, el 9 de Mayo del 2.000.

Ryugo, K. 1989. Fruit culture: Its science and art. Wiley, New York.

Snedecor , G.W. y W. G. Cochran . 1982. Métodos Estadísticos . Traducción al Español por DR. Ph J.A. Reinoso Fuller Ing. Químico. Del título original en inglés : STATISCAL METHODS. Novena reimpresión. CIA. EDITORIAL CONTINENTAL ,S.A. DE C.V. México , D.F. p.131.

Smith, T.J. 1994. Scheduling Sprinkler irrigation of fruit orchards . pp: 65-70. In : Kathleen M. Williams , and Thomas W. Ley (eds) . TREE FRUIT IRRIGATION . Frist Printing. Good Fruit Grower , a Division of Washington State Fruit Commission, 1005 Tieton Drive , Yakima, Washington , 98902, USA.

Stiles, W.C. 1994. Nitrogenal management in the orchard. Pp. 41-50 In: B.A. Peterson and R.G. Stevens (eds). Tree fruit nutrition . short course proceeding. Good Fruit Grower , Yakima Washington.

Torres R. E. 1981. Manual de Conservación de Suelos Agrícolas. 1a Edición. Editorial Diana. México 12 D.F. 164 p.

Torres R. E. 1984. Manual de Conservación de Suelos Agrícolas. 2a Edición. Editorial Diana. México 12 D.F. 170 p.

University of California .1991. Integrated Pest Management for Apples and Pears . Publication 3340 . STATE WIDE INTEGRATED PEST MANAGEMENT . Project Division of agriculture and Natural Resources . University of California.