

Año 13, PCTI 215-2022-08-28

## Riego parcial de la raíz: una estrategia de ahorro de agua para la producción sustentable de manzano (*Malus domestica* Borkh)

Jorge A. Zegbe<sup>a\*</sup>, Rafael Ángel Parra-Quezada<sup>b</sup> y Valentín Melero-Meraz<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Zacatecas. CP 9500, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. \*zegbe.jorge@inifap.gob.mx <sup>b</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Extensión Cuauhtémoc. CP 31600 Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

**Biocología y Ciencias Agropecuarias.**

### Abstract

The objective was to study the influence of partial rootzone drying (PRD) on the yield, fruit quality, and water efficiency indicators of the 'Golden Delicious' apple trees grown in semi-arid and arid zones of Mexico. In Experiment I (Exp I) (semiarid region), two irrigation alternatives tested were: 1) full irrigation (FI) and 2) PRD; while in Experiment II (Exp II) (arid region), three irrigation alternatives were tested: no irrigation (NI), 2) PRD and FI. Yield, fruit quality, and vegetative growth of trees were comparable between FI and RPR. Water use efficiency was improved by 51% (Exp I) and 59% (Exp II) with RPR. In both trials there was a significant water saving. The RPR can be implemented for the sustainable cultivation of apple trees in north-central Mexico and similar agro-ecological regions worldwide. **Keywords:** *Malus domestica* Borkh water use efficiency, yield, fruit quality..

### Resumen

El objetivo fue estudiar la influencia del riego parcial de la raíz (RPR) sobre el rendimiento, calidad del fruto e indicadores de eficiencia hídrica del manzano 'Golden Delicious' cultivado en una zona semiárida y otra árida de México. En el experimento I (Exp I) (región semi-árida) se probaron dos alternativas de riego: 1) riego completo (RC) y 2) RPR; mientras que en el Experimento II (Exp II) (región árida) se probaron tres alternativas: 1) sin riego (SR, testigo), 2) RPR y RC. El rendimiento, calidad de fruta y el crecimiento vegetativo de los árboles fueron comparables entre el RC y RPR. La eficiencia en el uso del agua mejoró 51 % (Exp I) y 59 % (Exp II) con el RPR en el Exp I y Exp II, respectivamente. En ambos ensayos hubo un ahorro de agua significativo. El RPR puede ser implementado para el cultivo sustentable del manzano en el centro-norte de México y regiones agro-ecológicas similares del mundo. **Palabras clave:** *Malus domestica* Borkh, eficiencia hídrica, rendimiento, calidad de fruta.

### Problemática

La industria frutícola en el centro y norte de México es una actividad económica de suma importancia y de alto impacto social. Sin embargo, la escasez de agua y la sobre explotación de los acuíferos han limitado esta actividad primaria, como también a otras actividades agropecuarias y de otra índole, relacionadas con el uso doméstico e industrial del agua. Por lo tanto, la conservación y ahorro de agua en el sector primario merece especial atención en la conducción y aplicación del agua extraída del subsuelo para la sustentabilidad de los sistemas de producción, en lo particular, el de la industria manzanera mexicana.

### Usuarios

Los productores de manzano en zonas semiáridas y áridas del mundo organizados en empaquetadoras (unidades rurales de producción), comercializadores y consumidores son susceptibles de beneficiarse con esta tecnología de riego.

### Introducción

La disponibilidad de agua para riego es ahora un factor que limita no solamente la fruticultura, sino también las actividades agropecuarias y hortícolas en el mundo; cuyo problema es más agudo en zonas áridas y semiáridas (Postel, 1998). A nivel mundial, el



Figura 1. Aplicación del riego completo (A) y riego parcial de la raíz (B) en manzano cv. 'Golden Delicious/M.7'. Campo Experimental Zacatecas.

85% del agua dulce es utilizada para el riego de los distintos cultivos, mientras que el agua restante es utilizada en el consumo urbano e industrial (van Schilfhaarde, 1994). Se considera que para el año 2025 la población mundial habrá crecido en 6.5 veces (Postel, 1998) y el 66 % de las reservas de agua dulce se habrán reducido. Por lo tanto, el ahorro y conservación del agua de riego, en los actuales esquemas de producción, es esencial o vital. El manzano es un frutal de clima templado cultivado en una amplia gama de climas y suelos. Este frutal es comercialmente cultivado en regiones semi-árida y áridas del norte de México, donde el riego es imperativo para obtener altos rendimientos y calidad de fruta. Como ocurre en otras partes del mundo, el recurso hídrico es limitado y costoso. Por ende, explorar nuevas técnicas de riego compatibles con el ahorro y conservación del recurso hídrico, ha sido necesario. Una alternativa con esas características es el riego parcial de la raíz (RPR) (partial rootzone drying, PRD). El RPR requiere que, aproximadamente la mitad del sistema radical sea sometido a un secado paulatino del suelo, mientras que la otra parte de la raíz es irrigada (Dry y Loveys, 1998). Así, este patrón de riego es alternado en cada turno de riego o hasta cierto nivel de abatimiento del agua del suelo (Zegbe et al., 2007).

### Objetivos

El proyecto de investigación multianual exploró la influencia del RPR sobre el rendimiento, calidad del fruto e indicadores de eficiencia hídrica del manzano 'Golden Delicious' cultivado en una zona semiárida y otra árida de México.

### Materiales y Métodos

El proyecto fue desarrollado dentro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El primer experimento (región semiárida) se condujo de 2005 a 2007 en Campo Experimental Zacatecas (22° 54' LN, 102° 39' LO, elevación 2,197 m) en una huerta experimental con árboles de manzano 'Golden Delicious'/'Malling 7' (M.7) con 32 años de edad, espaciados a 5 x 3.5 m entre hileras y árboles, respectivamente, y conducidos a líder central. Este experimento tuvo dos tratamientos: 1) riego completo (RC), que consistió en aplicar, en el área radical, el 100 % de la evapotranspiración del cultivo (ETc) y 2) RPR, que consistió en alternar, durante todo el ciclo, el riego del lado húmedo del suelo al lado del suelo en proceso seco, con el 50 % del agua dado en el RC (Fig. 1). La decisión de alternar el riego se basó en el contenido actual de la humedad del suelo (Zegbe y Serna-Pérez, 2012). El segundo experimento (región árida) se condujo de 2008 a 2009 en el Sitio Experimental Sierra de Chihuahua (28° 48' LN, 107° 15' LO, elevación 2,055 m) del INIFAP. La huerta experimental de manzano 'Golden Delicious'/'Malling 26' (M.26) tenía 24 años de edad, espaciados a 4.5 x 3.5 m entre hileras y árboles, respectivamente, y conducidos a líder central. Este experimento tuvo tres tratamientos: 1) sin riego (SR), como testigo, donde la lluvia fue el único aporte de agua, 2) el RPR y, 3) RC, ambos ya descritos (Fig. 2). (Villagrán-Deoses et al., 2015). En ambos experimentos se evaluó la eficiencia en el uso, productividad y ahorro del agua de riego, el rendimiento.

### Resultados y Discusión

Experimento I. Después de tres ciclos consecutivos (2005-2007), en promedio, el RPR produjo rendimientos, tamaño y calidad de la fruta (firmeza y sólidos solubles totales, entre otras variables de respuesta) comparables con el RC (Zegbe y Serna-Pérez, 2011; Zegbe y Serna-Pérez, 2012). Además, el crecimiento vegetativo fue comparable entre el RPR y RC. La eficiencia en el en la aplicación del riego (kilogramos de fruta por hectárea por los milímetros de agua aplicados a través del riego) mejoró 51 % con RPR con un ahorro aproximado de 3,240 m<sup>3</sup> de agua por hectárea en relación al RC (Tabla 1) (Zegbe y Serna-Pérez, 2012).

Experimento II. Después de dos ciclos consecutivos (2008-2009) Villagrán-Deoses et al. (2015) indicaron que, en promedio, el RC y RPR produjeron rendimientos comparables entre sí, pero significativamente mayores que los árboles SR. Esta respuesta fue consistente con el crecimiento y calidad de la fruta (tamaño, firmeza y sólidos solubles totales) y crecimiento vegetativo. La eficiencia en el uso del agua mejoró 59 % con RPR y produjo un ahorro aproximado de 1,156 m<sup>3</sup> de agua por hectárea en relación al RC (Tabla 1) (Jovanovic y Stikic, 2018).

¿Por qué el RPR funciona como estrategia de riego? la respuesta está basada en la fisiológica de las plantas. Cuando una planta es sometida al RPR, la porción del sistema radical en proceso de secado, sintetizan ácido abscísico (ABA, principalmente), el cual es transportado a las hojas. El ABA induce un cierre estomático parcial y, por ende, reduce parcialmente el intercambio gaseoso (Dodd et al., 2015). Paralelamente, la porción de la raíz que ha sido irrigada, además de regenerar nuevos pelos radicales, incrementa la eficiencia en la absorción del

agua contenida en el suelo y, en consecuencia, equilibra el potencial hídrico total en los árboles, el cual es comparable a árboles adecuadamente irrigados (Zegbe et al., 2003; Jovanovic y Stikic, 2018).

### Conclusiones

Los rendimientos, calidad de la fruta y crecimiento vegetativo fueron comparables entre el riego parcial de la raíz y el riego completo. Sin embargo, comparado con el RC, el riego parcial de la raíz ahorró enormes cantidades de agua en ambos experimentos. Por tanto, esta última estrategia de riego puede ser sugerida para el cultivo sustentable del manzano en el centro-norte de México y agro-sistemas similares del mundo.



Figura 2. Aplicación del riego parcial de la raíz en manzano cv. 'Golden Delicious/M.26'. Sitio Experimental Sierra de Chihuahua.

### Impacto Socioeconómico

El cultivo del manzano en el centro-norte puede llegar a ser un sistema de producción sustentable con la implementación del riego parcial de la raíz como una estrategia de riego para atenuar el abatimiento de los acuíferos. Salvaguardar la industria manzanera, contribuye al mantenimiento de fuentes de empleos directos e indirectos en la cadena de producción hasta el consumidor final. Mantener las fuentes de empleo contribuye a disminuir la emigración de la población rural hacia zonas urbanas o al extranjero. Por las implicaciones sociales y económicas, esta estrategia de riego ha sido validada y difundida entre productores y asociaciones de productores del sistema producto-manzana.



Contacto PCTI:  
[hnolasco2008@hotmail.com](mailto:hnolasco2008@hotmail.com)

**Tabla 1. Influencia promedio del riego parcial de la raíz en el rendimiento (R), peso de la fruta (PF), firmeza de la fruta (FF), sólidos solubles totales (SST), crecimiento vegetativo final (CVF), agua aplicada (AP) y eficiencia del agua aplicada (EAP) del manzano 'Golden Delicious'.**

Experimento/año/tratamiento	R (kg/árbol)	PF (g)	FF (N)	SST (°Brix)	CVF (cm)	AP (mm)	EAP (kg/mm)
<b>Experimento I (Campo Experimental Zacatecas)</b>							
2005							
Riego completo	16.5a*	108.6a	68.5a	16.9a	21.0a	727	13.0a
Riego parcial de la raíz	13.5a	107.5a	71.2a	17.6a	20.8a	403	19.1a
2006							
Riego completo	15.7a	127.4a	81.1a	15.9a	14.9a	741	12.1b
Riego parcial de la raíz	15.9a	115.4a	85.3a	15.3a	11.6a	396	22.1a
2007							
Riego completo	70.2a	124.1a	76.2a	13.7a	21.6a	599	67.0b
Riego parcial de la raíz	64.8a	106.6a	78.1a	13.6a	14.8a	295	125.3a

<b>Experimento II (Sitio Experimental Sierra de Chihuahua)</b>							
2008							
Sin riego	2.6a	109.6b	10.2a	18.2a	—	—	—
Riego parcial de la raíz	2.6a	134.1ab	8.1ab	17.2a	—	—	—
Riego completo	2.6a	164.3a	9.6b	18.1a	—	—	—
2009							
Sin riego	12.6b	73.6b	12.0a	13.1a	11.5b	—	—
Riego parcial de la raíz	29.5a	119.5a	11.2b	11.0b	34.1a	115	162.8a
Riego completo	37.1a	116.1a	12.5b	11.2b	32.7a	231	102.0b

\*Por experimento, año y tratamiento, valores promedio con letras minúsculas iguales indican no diferencias estadísticas con la prueba de Fisher (Experimento I) o Tukey (Experimento II) ambas pruebas con  $p > 0.05$ , de otra manera significativa con  $p \leq 0.05$ .