

Año 13, PCTI 209-2022-06-20

## Alternativas de riego para el ahorro de agua, rendimiento y calidad del fruto de nopal tunero

Jorge A. Zegbe, Blanca I. Sánchez-Toledano y Miguel Servín-Palestina

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Zacatecas. [zegbe.jorge@inifap.gob.mx](mailto:zegbe.jorge@inifap.gob.mx)

Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

### Abstract

The project was oriented to evaluate the water-saving, yield, quality, and storage capacity of 'Roja Lisa' cactus pear fruit [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] from plants exposed to various irrigation alternatives. The irrigation strategies tested were: 1) full irrigation, 2) partial root drying, 3) deficit irrigation and 4) no irrigation, as rainfed control. Partial rootzone drying and deficit irrigation produced the highest values of water use efficiency and productivity of water. Fruit quality at harvest or after room temperature storage period was similar to those produced under full irrigation or no irrigation. Therefore, partial rootzone drying and deficit irrigation are irrigation options compatible with water savings for a sustainable cactus pear production system. **Keywords:** water use efficiency, water productivity, yield, postharvest.

### Resumen

El proyecto se orientó a evaluar el ahorro de agua, rendimiento, la calidad de la fruta y la capacidad de almacenamiento de la tuna 'Roja Lisa' [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] cuyas plantas se expusieron a varias alternativas de riego. Las estrategias de riego que se probaron fueron: 1) riego completo, 2) secado parcial de la raíz, 3) riego deficitario y 4) sin riego, como testigo de temporal. El secado parcial de la raíz y el riego deficitario produjeron los valores más altos de eficiencia en el uso y productividad del agua. La calidad de la tuna a la cosecha o después de un periodo en almacenamiento a temperatura ambiente fue similar a la fruta producida con riego completo o sin riego. Por tanto, el riego parcial de la raíz y el riego deficitario son opciones de riego compatibles con el ahorro de agua para un sistema sustentable de producción de tuna. **Palabras clave:** eficiencia en el uso del agua, productividad del agua, rendimiento, postcosecha.

### Problemática

El nopal tunero es cultivado en condiciones de temporal (secano) en tierras agrícolas marginales en regiones áridas y semiáridas donde la escasez del agua limita las actividades agropecuarias. Sin embargo, algunos productores de este cultivo, han estado cambiándolo hacia un sistema de cultivo irrigado por goteo. No obstante, la aplicación y la productividad del agua, el rendimiento y sus componentes, la vida de anaquel de la tuna y el análisis económico correspondiente, no han sido evaluados (Fig. 1).

### Usuarios

Los productores de nopal tunero en zonas semiáridas con visión empresarial organizados en emparadoras (unidades rurales de producción), comercializadores y consumidores, son susceptibles de beneficiarse con esta tecnología compatible con el ahorro de agua para un sistema sustentable de producción de nopal tunero.

### Introducción

El nopal se cultiva como forraje, hortaliza y fruta en regiones áridas y semiáridas no sólo en México, sino también en la cuenca del Mediterráneo, Asia, Sudáfrica, Oceanía y América. El nopal con riego, con metabolismo ácido de las crasuláceas obligado (planta MAC), puede ser tan productivo como el durazno (planta C3) o la caña de azúcar (planta C4) irrigados. El nopal tunero se cultiva en más de 45,000 ha en zonas semiáridas del centro y centro-norte de México. El nopal, al ser una planta MAC, tiene un mecanismo fisiológico evolutivo que le permite tolerar periodos con déficit hídrico en climas semiáridos y áridos donde el agua es escasa o de



Figura 1. Almacenamiento de agua para riego de nopal tunero 'Roja Lisa' a través del método de riego por goteo. 'Rancho La Tunera', Santa Fe, Jerez, Zacatecas.

difícil adquisición (Taiz y Zeiger, 2006). Este es el caso del sureste de Zacatecas, México, donde 16,000 ha se cultivan con este frutal. El 96 % de esta superficie se cultiva en condiciones de temporal y el resto se irriga, con rendimientos promedio de 8.2 y 19 toneladas por ha, respectivamente. Sin embargo, la disponibilidad de agua para riego es limitada y, por lo tanto, es posible que los requerimientos hídricos por cultivo, no se satisfagan. El riego deficitario, riego deficitario regulado y secado parcial de la zona radicular son estrategias de riego compatibles con el ahorro de agua cuando árboles frutales de clima templado se cultivan en agro-sistemas semiáridos (Behboudian et al., 2011). El nopal se produce en condiciones de riego en Italia, Israel, Jordania, Marruecos, Chile y Sudáfrica (Potgieter y D'Aquino, 2017), pero estrategias compatibles con el ahorro del agua de riego y sustentabilidad del cultivo, no se han evaluado en esta especie y, por tanto, sus efectos en

aplicada al riego completo. En este tratamiento, el riego se alternó del lado húmedo al lado en proceso de secado de la raíz durante todo el ciclo, 3) riego deficitario donde el 50 % del agua aplicada en el riego completo, se suministró en ambos lados del sistema radical y, 4) riego completo consistió en aplicar, en el área radical, el 100 % de la evapotranspiración del cultivo (Fig. 2) (Zegbe y Serna-Pérez, 2018). Las variables de respuesta fueron eficiencia en el uso del agua, productividad y ahorro del agua de riego, el rendimiento y sus componentes, calidad de la fruta y capacidad de almacenamiento de la tuna a temperatura ambiente.

### Resultados y Discusión

El riego parcial de la raíz y el riego deficitario produjeron, en promedio, un ahorro de 50 % en la aplicación del agua de riego. Esto incrementó el



Figura 2. Aplicación óptima de agua de riego y fertilizantes minerales a través del método de riego por goteo en la producción sustentable de nopal tunero.

el ahorro, eficiencia y productividad en el uso del agua, el rendimiento y sus componentes, la calidad de la fruta y la capacidad de almacenamiento de la tuna, no se conocen.

### Objetivos

El objetivo del proyecto fue estudiar opciones de riego reducido y sus efectos en el ahorro, eficiencia y productividad del agua, el rendimiento y sus componentes, la calidad de la fruta y la capacidad de almacenamiento a temperatura ambiente de la tuna 'Roja Lisa'.

### Materiales y Métodos

El proyecto se condujo 2004 a 2006 por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Zacatecas en la huerta comercial denominado 'Rancho La Tunera' ubicado en la comunidad de Santa Fe, Jerez, Zacatecas (22° 32' LN; 103° 03' LO), a 1,976 m sobre el nivel del mar. El lote experimental consistió en plantas de nopal tunero cv. 'Roja Lisa' de siete años de edad espaciadas a 5 x 3 m y conducidos a centro abierto. Las plantas se manejaron con prácticas comerciales de producción que incluyeron, poda de fructificación, aclareo de fruta, riego por goteo, fertilización, control de plagas, enfermedades y maleza. La carga de producción se ajustó con raleo de fruta (Zegbe y Mena, 2010). Los tratamientos de riego fueron 1) sin riego (testigo de temporal), 2) riego parcial de la raíz, donde aproximadamente la mitad del sistema radical se regó con el 50 % del agua

rendimiento por unidad de superficie de 8, 10 y 16 % con el riego deficitario, riego parcial de la raíz y riego completo, respectivamente, en relación con las plantas sin riego. La eficiencia en el uso del agua fue mayor en las plantas que no recibieron riego (testigo); mientras que la aplicación del riego deficitario y riego parcial de la raíz mejoró la eficiencia en la aplicación del riego y la productividad del agua (kg o \$ MXN/m<sup>3</sup>) (Zegbe et al., 2007). En promedio, la aplicación del riego incrementó el tamaño de la tuna y se manifestó en la tuna con mayor valor comercial [Categoría 1 (7.0-6.0 cm de

diámetro ecuatorial) + Categoría 2 (5.9-5.0 cm de diámetro ecuatorial)]. Los valores de incremento fueron 53, 65, 66 y 77 % de fruta comercial para plantas sin riego, con riego deficitario, riego parcial de la raíz y riego completo, respectivamente (Behboudian et al., 2011). La calidad de la fruta de la cosecha, independiente de la estrategia de riego, fue más firme, pero con un contenido menor de azúcares y contenido de materia seca de pulpa que la fruta de plantas sin riego. Los valores de firmeza (Newtons) fueron 28.3, 29.9, 31.1 y 32.9 para fruta sin riego, con riego deficitario, riego parcial de la raíz y riego completo, respectivamente. El contenido de azúcar ("Brix) en el mismo orden, fueron 13.8, 13.4, 13.2 y 13.3 %, respectivamente; mientras que los valores para la concentración de materia seca de la pulpa en el mismo orden fueron 187, 184, 184 y 177 mg/g de peso seco, respectivamente. Esta respuesta se mantuvo cuando la fruta se almacenó por cuatro semanas a temperatura ambiente [15 ± 2 °C + 40 ± 4 % de humedad relativa (2005) y 22 ± 2 °C + 45 ± 4 % de humedad relativa (2006)] (Zegbe et al., 2015). En contraste, la tasa de pérdida de peso de la tuna, en promedio, fue consistentemente mayor en la fruta de plantas sin riego. Independientemente de la estrategia de riego, la aplicación de agua de riego produjo fruta mejor acabada, en términos de tamaño de la tuna y de cambios positivos a nivel de la superficie de la cáscara (Varela-Gómez et al., 2014). La reducción de la tasa de pérdida de peso de la tuna durante el almacenamiento, representa un beneficio económico para el productor y para los tiempos de transporte y comercialización en los mercados nacionales e internacionales.

### Conclusiones

El riego reducido (riego deficitario y/o riego parcial de la raíz) es una opción factible en plantas del género *Opuntia* spp. para incrementar el rendimiento, la fruta (tuna) con mayor valor comercial y la eficiencia del uso del agua suministrada. La calidad de la fruta a la cosecha se mantuvo después de almacenarla a temperatura ambiente con y sin riego. La fruta (tuna) presentó una tendencia a minimizar la pérdida de peso durante el almacenamiento, esto último independientemente de la estrategia de riego.

### Impacto Socioeconómico

El riego reducido, en términos de riego parcial de la raíz y riego deficitario, es una opción factible para ahorrar hasta el 50 % de agua. Los valores de productividad del agua fueron más altos en plantas sin riego que en aquellas con riego completo (3.2 veces), riego parcial de la raíz (2.5 veces) y riego deficitario (2.0 veces). También, el costo/beneficio de la aplicación del riego deficitario puede ser de 1.83; mientras el costo/beneficio en plantas sin y con riego completo pueden alcanzar 1.2 y 1.5, respectivamente (Sánchez-Toledano y Zegbe, 2021). Estas estrategias de riego se han difundido a través de cursos-talleres y recorridos de campo con productores destacados (Fig. 3).



Contacto PCTI:  
[hnlasco2008@hotmail.com](mailto:hnlasco2008@hotmail.com)



Figura 3. Transferencia de la tecnología de estrategias de riego compatibles con el ahorro y conservación de agua de riego y distinción a productores sobresalientes en el cultivo de nopal tunero. 'Rancho La Tunera', Santa Fe, Jerez, Zacatecas.