

Año 13, PCTI 205-2022-04-29

## Cuantificación de metabolitos con valor agregado en tuna expuesta al riego y almacenamiento

<sup>1</sup>Jorge A. Zegbe, <sup>1</sup>Valentín Melero-Meraz, <sup>1</sup>Mayra Denise Herrera, <sup>2</sup>Salvado H. Guzmán-Maldonado, <sup>3</sup>Guillermo Medina-García, <sup>1</sup>Blanca I. Sánchez-Toledano, <sup>1</sup>Raquel K. Cruz-Bravo y <sup>1</sup>Miguel Servín-Palestina.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.  
<sup>1</sup>Campo Experimental Zacatecas y <sup>2</sup>Campo Experimental Bajo.  
[zegbe.jorge@inifap.gob.mx](mailto:zegbe.jorge@inifap.gob.mx)

Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

### Abstract

Cactus pear crop is a pomological alternative socio-economically crucial in arid and semi-arid zones of the world that is being changed gradually to irrigation. The main objective of this project was to quantify metabolites with great value-added in the peel, pulp, and seeds of cactus pear fruit under the influence of irrigation and storage. The research was conducted using two cactus pear cultivars ('Cristalina' y 'Roja Lisa') under three irrigation strategies: no irrigation (rainfed as control), supplemental irrigation, and full irrigation. Supplemental irrigation produced similar results to full irrigation and saved 52% of irrigation water. Water efficiencies and water productivity were improved. Irrigation and storage modified positively the metabolites in pulp, peel, and seeds. **Keywords:** pigments, polyphenols, antioxidant capacity, water use efficiencies.

### Resumen

El cultivo nopal tunero es una alternativa frutícola socioeconómicamente importante en zonas áridas y semiáridas del mundo que paulatinamente está siendo cambiada al riego. El objetivo principal del proyecto fue cuantificar metabolitos con alto valor agregado en la cáscara, pulpa y semillas de la tuna bajo la influencia del riego y almacenamiento. La investigación se condujo con dos cultivares ('Cristalina' y 'Roja Lisa') de nopal tunero bajo tres estrategias de riego: sin riego (temporal como testigo), riego suplementario y riego completo (100% de la evapotranspiración). El riego suplementario produjo resultados similares al riego completo y ahorró 52 % del agua de riego. El riego y el almacenamiento modificaron positivamente los metabolitos identificados en la cáscara, pulpa y semillas. **Palabras clave:** pigmentos, polifenoles, capacidad antioxidante, eficiencias hídricas.

### Problemática

Es necesario revalorar la tuna por sus propiedades funcionales bajo la influencia del riego y almacenamiento, para que el producto pueda comercializarse con mejores precios y fuera de temporada. También, minimizar el desperdicio de la fruta (52%) de menor valor comercial o dañada físicamente durante el proceso de cosecha, desespinado, selección, empaque y transporte, utilizándola de manera integral (cáscara, pulpa y semillas) en la elaboración de subproductos con agregación de valor. También, debido a la escasez de agua para actividades agropecuarias, el ahorro de agua para riego es importante para crear un sistema sustentable de producción de tuna.

### Usuarios

Productores de nopal tunero en zonas semiáridas con visión empresarial, agro-industria alimentaria y farmacéutica, y comerciantes susceptibles de beneficiarse con esta fruta o sus subproductos con alto valor agregado.

### Introducción

La estacionalidad de la tuna (agosto-septiembre) influye negativamente en el precio de esta fruta. También, como en otros productos hortícolas (Mahajan et al., 2017), en la tuna las mayores pérdidas se registran durante la selección y empaque, debido a la discriminación de la fruta por lesiones y tamaño comercial (Fig. 1). Además, la tuna



Figura 1. La pérdida de tuna ocurre en la cosecha, principalmente en la selección (A), empaque (B), comercialización (C) y venta directa al consumidor (D).

es ofertada al consumidor como una fruta tradicional de temporada, sin promover los beneficios a la salud humana. Por lo tanto, conociendo las propiedades nutricionales y funcionales de esta fruta, ésta podría aprovecharse integralmente y revalorarse. Sin embargo, la interacción del riego con el almacenamiento sobre las propiedades funcionales de la tuna, es un tema no abordado y, por tanto, dio lugar al planteamiento y ejecución de este proyecto integral que abarcó la ingeniería de riego, el rendimiento y sus componentes.

### Objetivos

El objetivo principal del proyecto fue cuantificar metabolitos con alto valor agregado en la cáscara, pulpa y semillas de la tuna bajo la influencia del riego

variabilidad físico-química del suelo, el experimento se condujo en un diseño en parcelas divididas con arreglo en bloques completos al azar y factorial en tratamientos con tres repeticiones. Información detallada del experimento y análisis estadístico puede consultarse en Zegbe y Servín-Palestina (2021). Las variables respuesta fueron: la lámina de riego, eficiencias hídricas, rendimiento y sus componentes, la calidad físico-química de la fruta a la cosecha y después de almacenarla a temperatura ambiente (TA) y en refrigeración (R, 10 °C y 90 - 95% de humedad relativa, por seis y ocho semanas, respectivamente, cuando el 8% de pérdida de peso se alcanzó (Zegbe, 2020; Zegbe y Servín-Palestina, 2021). En la cáscara y pulpa se determinaron los compuestos fenólicos totales, flavonoides, proantocianidinas, antocianinas, fibra dietaria total,

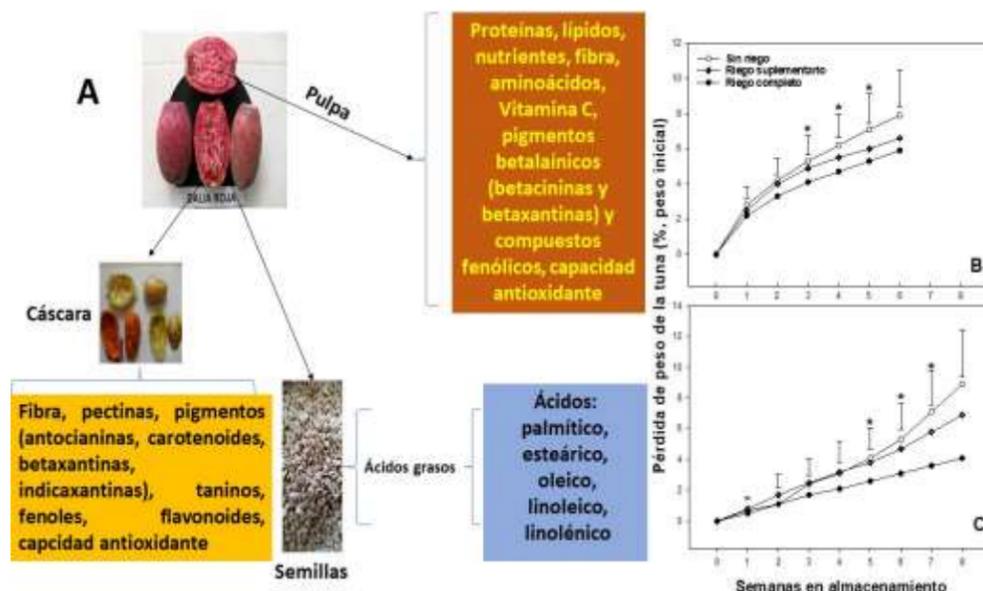


Figura 2. Metabolitos identificados en cáscara, pulpa y semillas de tuna (A) y comportamiento de la pérdida de peso de la tuna en almacenamiento a temperatura ambiente (B) o en refrigeración (C).

y almacenamiento. También, las eficiencias hídricas, el rendimiento y sus componentes y calidad de la tuna fueron medidos.

### Materiales y Métodos

El proyecto se desarrolló en el Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. El experimento se condujo de 2011 a 2014 y de 2018 a 2022 con los cultivares de nopal tunero 'Cristalina' (*Opuntia albicarpa* Scheinvar) y 'Rojo Lisa' (*Opuntia ficus-indica*) con 12 años de edad, espaciadas a 4 y 3 m entre hileras y plantas, respectivamente. Los tratamientos de riego por goteo fueron: sin riego (SR) como testigo, riego suplementario (RS) y riego completo (RC). El tratamiento SR recibió únicamente el agua de lluvia, el RS recibió riego cuando el contenido del agua en suelo ( $\theta$ ) alcanzó su punto de marchitez permanente. Las plantas bajo RC se irrigaron semanalmente con el 100% de la evapotranspiración del cultivo. En función de la

saponinas, carotenoides e indicaxantina, taninos, ácidos fenólicos (e.g., ácidos protocatéquico, benzoico e hidroxibenzoico), vitamina C, betalainas y actividad antioxidante (Cruz-Bravo et al., 2019; Herrera et al., 2021). En las semillas se determinaron ácidos grasos (palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico), capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales (Amador-Rodríguez et al., 2019). La factibilidad económica de la aplicación del riego se valoró con indicadores económicos (Sánchez-Toledano y Zegbe, 2021).

### Resultados y Discusión

Con respecto al uso y aplicación del agua, el RS, en promedio, produjo un ahorro de agua de 52 % en comparación con las plantas bajo RC. El RS promovió un rendimiento similar a plantas con RC. En 'Cristalina' y 'Roja Lisa' se obtuvieron rendimientos promedio de 16, 25 y 29 t ha<sup>-1</sup> y 5.8, 15.2 y 15.7 t ha<sup>-1</sup> con SR, RS y RC, respectivamente. Los rendimientos de ambos cultivares con el RS mejoraron las

eficiencias y la productividad del agua (Zegbe y Servín-Palestina, 2021). La calidad físico-química de la tuna fue mejorada con el RS, pero el dulzor de la fruta fue menor que en la fruta de plantas SR (Zegbe, 2020). En relación a la fruta recién cosechada, cuando ésta fue almacenada a TA o en R, la pulpa observó una mejora en los compuestos fenólicos totales, flavonoides, taninos, ácidos fenólicos, vitamina C, betalainas y actividad antioxidante (Fig. 2A) (Cruz-Bravo et al., 2019). La tuna de plantas SR y luego almacenada a TA, produjeron fruta cuya cáscara fue rica en fenoles totales, flavonoides, proantocianidinas, antocianinas, fibra dietaria total, saponinas, carotenoides e indicaxantina (Fig. 2A) (Herrera et al., 2021). La concentración de ácidos grasos, cuantificados en las semillas de la tuna, fue similar en los dos cultivares, excepto por el ácido palmítico, mismo que fue mayor en la tuna 'Roja Lisa' (Fig. 2A) (Amador-Rodríguez et al., 2019). La tasa de la pérdida de peso de la tuna en almacenamiento, ya sea en condiciones de TA (Fig. 2B) o en R (Fig. 2C), fue consistentemente menor en la tuna producida en plantas bajo RC o RS que en la tuna de plantas SR (Fig. 2B, 2C). Lo anterior, sugiere que el riego produce fruta mejor acabada, lo cual sugiere mayor depósito y mejor distribución de las ceras en la epidermis que limitan la pérdida de agua (Zegbe et al., 2015). Esto último, tiene relevancia significativa en la vida de anaquel y, por ende, en la comercialización de esta fruta.

### Conclusiones

EL RS ahorró 52% del agua de riego y produjo rendimientos comparables con plantas bajo RC. También, el RS o RC incrementaron la calidad de la tuna en términos de tamaño y firmeza; pero además la tuna producida bajo estas condiciones minimizó la pérdida de peso de la tuna durante el almacenamiento a temperatura ambiente o en refrigeración. Estas dos últimas condiciones mejoraron los compuestos fenólicos totales, flavonoides, taninos, ácidos fenólicos, vitamina C,



Figura 3. Divulgación de los resultados con los usuarios en la comunidad la Victoria, Pinos, Zacatecas.

betalainas y actividad antioxidante. En contraste, la tuna de plantas SR y luego almacenada a temperatura ambiente, produjo fruta cuya cáscara fue rica en fenoles totales, flavonoides, proantocianidinas, antocianinas, fibra dietaria total, saponinas, carotenoides e indicaxantina. En la semilla, la concentración del ácido palmítico fue mayor en 'Roja Lisa'.

### Impacto Socioeconómico

La relación beneficio/costo (RBC) en 'Cristalina' y 'Roja Lisa' fue de 1.63, 1.97, y 1.8 y 1.13, 1.53 y 1.30 para los sistemas de producción sin riego, riego suplementario y riego completo, respectivamente. Actualmente el riego suplementario es validado en huertas comerciales con productores cooperantes donde, entre otros parámetros, las propiedades funcionales de la cáscara, pulpa, y semillas están siendo cuantificadas (Fig. 3).

