

Conservación y producción de *Opuntia* spp. bajo un esquema agrícola complementario en el altiplano mexicano

Díaz-Sánchez, Fernanda¹; Cadena-Iñiguez, Jorge¹; Ruiz-Vera, Víctor M.¹; Barrera-Guzmán, Luis A.²; Cadena-Zamudio, Jorge D.^{3*}; Ramírez-Mosqueda, Marco Antonio³; Silos-Espino, Hector⁴

¹ Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Postgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, C.P. 78600.

² Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente, Huatusco, Veracruz, México, C.P. 94118.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Recursos Genéticos, Blvd. de la Biodiversidad #400 Rancho las Cruces Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México, C.P. 47600.

⁴ Instituto Tecnológico Nacional. Instituto Tecnológico El Llano. Km. 18 Carretera Ags.-S.L.P., El Llano Aguascalientes, C.P. 20270.

* Autor para correspondencia: cadena.jorge@inifap.gob.mx

Problema

México, como país megadiverso, enfrenta serios desafíos en la conservación de su agrobiodiversidad especialmente en las comunidades rurales donde prevalecen especies clave como *Opuntia* spp. Estas comunidades sufren altos índices de pobreza, migración y abandono de la actividad agrícola, lo que ha provocado la disminución del uso de los Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (RGAA). Esta situación afecta gravemente la seguridad alimentaria y nutricional, principalmente debido a la pérdida de variedades locales adaptadas, que son fundamentales en un contexto de cambio climático. La falta de infraestructura y tecnologías accesibles para la conservación y aprovechamiento de estos recursos genéticos empeora el problema, resultando en la erosión de la agrobiodiversidad y el deterioro de las condiciones de vida de los habitantes rurales.

Solución planteada

Para abordar los desafíos relacionados con la pérdida de agrobiodiversidad y la escasez de recursos en las comunidades rurales del altiplano potosino-zacatecano, se desarrolló un módulo de conservación-producción diseñado específicamente para conservar el germoplasma de *Opuntia* spp., una de las especies más representativas y de mayor valor en estas regiones. Este modelo integra la conservación *ex situ* con un enfoque productivo de bajo costo, aprovechando las condiciones locales y la experiencia local en el manejo de recursos naturales, combinada con tecnologías accesibles y adaptables.

Cómo citar: Díaz-Sánchez, F., Cadena-Iñiguez, J., Ruiz-Vera, V. M., Barrera-Guzmán, L. A., Cadena-Zamudio, J. D., Ramírez-Mosqueda, M. A., & Silos-Espino, H. (2024). Conservación y producción de *Opuntia* spp. bajo un esquema agrícola complementario en el altiplano mexicano. *Agro-Divulgación*, 4(5). <https://doi.org/10.54767/ad.v4i5.382>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre 2024.

Agro-Divulgación, 4(5). Septiembre- Octubre. 2024. pp: 99-103.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



El módulo de conservación-producción se estructura en torno a la agricultura complementaria que permite a las comunidades rurales maximizar el uso de sus tierras a través de la diversificación de cultivos y la integración de especies de valor alimenticio y económico. En este caso, se estableció un sistema de cultivo intensivo de variantes de nopal (*Opuntia* spp.), higo (*Ficus carica* L.) y maíz (*Zea mays* L.), aprovechando las características de cada una de estas especies para generar ingresos durante todo el año, reduciendo así la dependencia de cosechas estacionales y los periodos de escasez económica.

Para garantizar la conservación efectiva del germoplasma de *Opuntia* spp., se llevó a cabo una campaña de recolecta de variantes locales, que incluyó la identificación de genotipos específicos de interés para su conservación y producción. Estos genotipos fueron documentados mediante el uso de datos pasaporte, siguiendo el formato BanGerMex del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Las variantes recolectadas fueron plantadas en las áreas periféricas de los módulos productivos en arreglo de 3×3 m y tres réplicas de cada una. Mientras que los módulos de producción tuvieron un arreglo intensivo (20,000 plantas ha⁻¹) para garantizar la producción al tiempo que se preserva la diversidad genética. Lo anterior, permito obtener 70 genotipos de nopal con tres réplicas cada uno, haciendo un total de 210 plantas conservadas e integradas al módulo de producción (Cuadro 1). La colección núcleo se integró por las especies: *Opuntia ficus-indica* (46), *O. megacantha* (12), *O. albicarpa* (5) y el 10% restante se integró por *O. conrobusta* Var. Larreyi (2), *O. affinis lasiacantha* (2), *O. matudae* (1), *O. tezontepecana* (1) y *O. joconostle* (1). Es importante resaltar que en la actividad de recolecta se identificaron genotipos mejorados que fueron introducidos a las comunidades rurales y que siguen conservados por los usuarios, tales como, Copena F-1, P-8, AGD, CNF y T4. De igual forma se identificaron genotipos procedentes del Estado de México, Puebla, Ciudad de México, Guanajuato, Tamaulipas, Hidalgo, y Nuevo León. Siendo las accesiones originarias de San Luis Potosí, las más representativas (53%), seguido de Tamaulipas (14%), mientras que, de la Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León y Puebla están en menor proporción (Figura 1A). Lo anterior, sugiere que los usuarios migran genotipos en función de sus intereses (Figura 1B).

El sistema de riego es un componente clave del módulo de producción, y por ello, se diseñó un sistema de captación de agua de lluvia para garantizar el abastecimiento de agua durante las épocas más secas del año. Este sistema incluye geo membrana para reducir la pérdida de agua por evaporación y filtración, así como para prevenir la contaminación del agua por polvo o la proliferación de algas. Además, el módulo incorpora un sistema de riego de auxilio, que asegura que las plantas reciban suficiente agua durante los periodos críticos, promoviendo así un crecimiento óptimo y asegurando la producción de cladodios (nopales inmaduros) de alta calidad. Otra ventaja importante de este enfoque es la posibilidad de multiplicación asexual de los genotipos conservados. El uso de cladodios como fuente de propagación permite una reproducción rápida y eficiente, asegurando que las características genéticas de las variantes de *Opuntia* spp. se mantengan inalteradas, al tiempo que se incrementa la disponibilidad de material vegetal para futuras plantaciones y expansiones del módulo de producción (Figura 2).

Cuadro 1. Especies del género *Opuntia* sp., que integran la colección núcleo de germoplasma en un sistema de agricultura complementaria.

Clave	Nombre científico	Nombre Común	Clave	Nombre científico	Nombre Común
O-20	<i>O. albicarpa</i>	Amarilla Oro	O-160	<i>O. ficus-indica</i>	Italiano morado
O-25	<i>O. megacantha</i>	Rubí Reyna	O-161	<i>O. ficus-indica</i>	Cero espinas
O-34	<i>O. megacantha</i>	Sangre de Toro	O-162	<i>O. ficus-indica</i>	Irapuato
O-40	<i>O. megacantha</i>	Sandía	O-163	<i>O. ficus-indica</i>	P-8
O-41	<i>O. albicarpa</i>	Naranjón Legítimo	O-164	<i>O. ficus-indica</i>	Tezontepec
O-47	<i>O. megacantha</i>	Camueza	O-165	<i>O. ficus-indica</i>	AGD
O-63	<i>O. megacantha</i>	Copena Torreoja	O-166	<i>O. ficus-indica</i>	Pabellón amarillo
O-69	<i>O. megacantha</i>	Anaranjada	O-167	<i>O. ficus-indica</i>	Diabetes Zacatecas
O-78	<i>O. albicarpa</i>	Calabaza	O-169	<i>O. ficus-indica</i>	CNF
O-82	<i>O. megacantha</i>	Moroda San Martín	O-231	<i>O. megacantha</i>	Tapona
O-85	<i>O. albicarpa</i>	Alfajayucan	O-241	<i>O. megacantha</i>	Amarilla Plátano
O-89	<i>O. megacantha</i>	Amarilla Plátano	O-296	<i>O. affinis lasiacantha</i>	Roja Libertad
O-112	<i>O. ficus-indica</i>	Rojo Jalpa	O-300	<i>O. ficus-indica</i>	Chicle
O-142	<i>O. ficus-indica</i>	COPEÑA F-1	O-312	<i>O. lasiacantha</i>	A. Miquihuana
O-143	<i>O. ficus-indica</i>	Forrajero Ags.	O-314	<i>O. megacantha</i>	Amarilla Jarro
O-173	<i>O. ficus-indica</i>	Tlaxcalancingo	O-320	<i>O. ficus-indica</i>	Roja Pelón Sel. Guanajuato
O-147	<i>O. ficus-indica</i>	La Quemada	O-334	<i>O. tezontepecanaa</i>	X. de Invierno
O-209	<i>O. megacantha</i>	Rojo San Martín	O-407	<i>O. ficus-indica</i>	Esmeralda
O-228	<i>O. albicarpa</i>	Blanca Caldera	O-408	<i>O. ficus-indica</i>	Goliat
O-151	<i>O. ficus-indica</i>	Jalpa	O-409	<i>O. robusta</i> Var. Larreyi	Bonda
O-155	<i>O. ficus-indica</i>	Italiano mejorado	O-303	<i>O. joconostle</i>	Xoconostle, Colorado
O-156	<i>O. ficus-indica</i>	Amarilla Salinas	O-393	<i>O. matudae</i>	T4
O-159	<i>O. ficus-indica</i>	Jade	O-409	<i>O. robusta</i> Var. Larreyi	Bonda
2037-22	<i>O. ficus-indica</i>	Copena	2049-22	<i>O. ficus-indica</i>	Tuna Blanca
2038-22	<i>O. ficus-indica</i>	Pelon Blanco	2050-22	<i>O. ficus-indica</i>	Sin Nombre
2039-22	<i>O. ficus-indica</i>	Verdura	2051-22	<i>O. ficus-indica</i>	Cuija
2040-22	<i>O. ficus-indica</i>	Pelon Rojo	2052-22	<i>O. ficus-indica</i>	Sin Nombre
2041-22	<i>O. ficus-indica</i>	Rojo Liso	2053-22	<i>O. ficus-indica</i>	Cardona
2042-22	<i>O. ficus-indica</i>	Atlixco	2057-22	<i>O. ficus-indica</i>	Blanco Pachon
2043-22	<i>O. ficus-indica</i>	Villanueva	2058-22	<i>O. ficus-indica</i>	Ladrillero
2044-22	<i>O. ficus-indica</i>	Jarillo	2059-22	<i>O. ficus-indica</i>	Morado Mieludo
2045-22	<i>O. ficus-indica</i>	Tapona	2060-22	<i>O. ficus-indica</i>	Tomatillo
2046-22	<i>O. ficus-indica</i>	Artón	2061-22	<i>O. ficus-indica</i>	Sanjuanero
2047-22	<i>O. ficus-indica</i>	Memelo	2062-22	<i>O. ficus-indica</i>	Blanco Cardon
2048-22	<i>O. ficus-indica</i>	Amarillo Camueza	2063-22	<i>O. ficus-indica</i>	Camueso

Este modelo de conservación-producción no solo tiene un impacto en la conservación de los recursos genéticos, sino que también contribuye al desarrollo económico de las comunidades rurales. Al promover la agricultura complementaria, se generan ingresos estables y sostenibles para las familias, lo que ayuda a mitigar los efectos de la migración y el abandono de las tierras agrícolas. Además, la diversificación de cultivos asegura que las

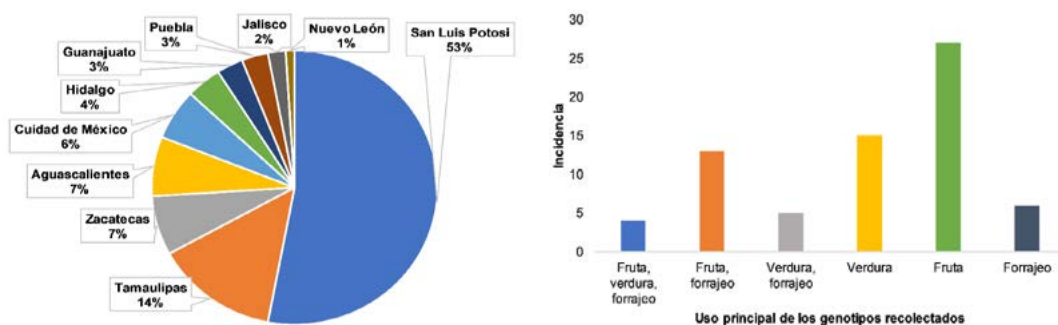


Figura 1. Sitios de colecta (A) y usos principales de las accesiones que integran la colección núcleo de *Opuntia* sp. (B).



Figura 2. Muestra de las accesiones de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y conservadas en el modelo de agricultura complementaria en El Carmen, Santa María del Río, SLP.

familias puedan obtener productos comercializables en diferentes épocas del año, lo que mejora la estabilidad económica y reduce la vulnerabilidad ante eventos climáticos adversos. El sistema también promueve el uso de tecnologías de bajo costo y materiales locales, lo que facilita su replicabilidad en otras comunidades con condiciones agroclimáticas similares. Esto permite que el modelo sea sostenible a largo plazo, tanto desde el punto de vista ambiental como económico.

Este enfoque integral, que combina la conservación del germoplasma con la producción agrícola, ha mostrado ser una solución efectiva para abordar los problemas relacionados con la pérdida de biodiversidad y la inseguridad alimentaria en las zonas rurales de México. Con la implementación de estos módulos, no solo se conserva la riqueza genética de las especies nativas, sino que también se mejora la calidad de vida de las comunidades rurales al brindarles herramientas para ser más resilientes ante los desafíos socioeconómicos y ambientales que enfrentan.

Retribución social

Se realizaron capacitaciones a los productores de la Comunidad El Carmen, en Santa María del Río, SLP. para que comprendieran el manejo de las tecnologías implementadas, fomentando así la transferencia de conocimientos y fortaleciendo la capacidad local para la gestión de recursos genéticos y la producción agrícola.

Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de innovación	Descripción	Transferido	Impacto	Indicador general de Políticas Públicas	Indicadores específicos
Incremental	Mejora en la conservación de germoplasma de <i>Opuntia</i> spp. mediante técnicas de agricultura complementaria	Comunidades rurales del altiplano potosino-zacatecano	Económico, social, ambiental	Sostenibilidad en la producción agrícola	Incremento en la producción de nopal, mejora en la calidad de vida rural, reducción de la migración
Innovación sostenible	Uso de tecnologías accesibles para la conservación ex situ de germoplasma	Productores rurales, instituciones de investigación	Aseguramiento de la biodiversidad agrícola, preservación de variantes locales	Contribución a la seguridad alimentaria y nutricional	Cantidad de especies y variantes conservadas, aumento en la productividad agrícola, reducción en la pérdida de biodiversidad
Social	Capacitación y transferencia de conocimientos a las comunidades rurales	Comunidades agrícolas en el altiplano mexicano	Empoderamiento de los productores locales, creación de empleos rurales	Desarrollo de capacidades locales, participación comunitaria	Número de productores capacitados, generación de empleo rural, incremento en la participación de mujeres y jóvenes en la producción
Económico	Diversificación de cultivos para ingresos constantes durante todo el año	Productores agrícolas de comunidades rurales	Mejora en los ingresos familiares, reducción de la vulnerabilidad económica	Aumento de la resiliencia económica en zonas rurales	Incremento en los ingresos por venta de productos agrícolas, reducción de la dependencia en cultivos estacionales
Ambiental	Conservación de recursos genéticos en sistemas de producción agrícolas	Comunidades locales, bancos de germoplasma	Reducción de la erosión genética, mejor adaptación al cambio climático	Sostenibilidad ambiental de las prácticas agrícolas	Número de genotipos conservados, restauración de tierras agrícolas, incremento en la diversidad genética disponible para la producción