

‘Borrego’: nueva variedad de xoconostle con valor nutricional y funcional para la región Mesa Central de México

Clemente Gallegos-Vazquez^{1§}

César Ramiro Martínez-González²

Alma Delia Hernández-Fuentes³

Ma. del Rosario García Mateos⁴

Nicolás Alejandro Gallegos-Luevano¹

¹Centro Regional Universitario Centro Norte-Universidad Autónoma Chapingo. Cruz del Sur núm. 100, Col. Constelación, El Orito, Zacatecas, México. CP. 98085. (nicoagllglu@gmail.com). ²Facultad de Ciencias-UNAM. Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, Ciudad de México. CP. 04510. (ramiro_mg.unam@ciencias.unam.mx). ³Instituto de Ciencias Agropecuarias-Universidad Autónoma del Edo. de Hidalgo. Av. Universidad, Rancho Universitario km 1, Tulancingo, Hidalgo, México. CP. 43000. (hfad@hotmail.com). ⁴Departamento de Fitotecnia-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México- Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. (rosgar08@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: cgallegosvazquez@gmail.com.

Resumen

Desde el punto de vista cultural, los xoconostles (*Opuntia* spp.) han sido un importante factor de sustento económico del campesino de las zonas semiáridas de México; sin embargo, a la fecha, los xoconostles son un recurso fitogenético con grandes potencialidades, existen pocos trabajos que nos permitan conocer su diversidad. Los esfuerzos recientes del grupo interinstitucional integrado en el marco de la Red Nopal del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), han permitido el rescate y evaluación de la diversidad de xoconostles existente en México. Se describe una nueva forma hortícola del género *Opuntia* Miller (Cactaceae), considerada como variedad de uso común, que se encuentra en el Municipio Villa de Tezontepec, Hidalgo, México, conocida como xoconostle ‘Borrego’ (*Opuntia oligacantha* Förster). Se evaluó de 2012 a 2015 y se encontró que su fruto es de tamaño mediano (74 ± 1.09 cm) y forma oboval, con la cicatriz floral fuertemente hundida y pedúnculo muy largo (15.4 ± 0.217 cm), con una coloración externa de coloración irregular rojo medio, paredes de tonalidad rosa, anchas (10.6 ± 0.363 mm, característico de los xoconostles), ácidas (pH 3.22 ± 0.039 , funículos secos a semisecos e insípidos de color rosa, de consistencia firme, bajo contenido de azúcares (6.9 ± 0.169 °Brix) y con un número medio de semillas bien desarrolladas (218 ± 1.723). El rendimiento promedio en cuatro años de evaluación fue de 13.59 t ha⁻¹ y sus frutos permanecen por más de seis meses en la planta, después de iniciada la maduración. Ésta variedad cuenta con el registro definitivo número: XOC-026-290212 del CNVV-SNICS y se ha validado bajo las condiciones de la mesa central de México, a fin de incrementar el padrón varietal para la producción comercial de nopal en la región.

Palabras clave: *Opuntia oligacantha* Förster, calidad nutrimental y funcional, rendimiento.

Recibido: enero de 2018

Aceptado: febrero de 2018

Introducción

México es reconocido como uno de los centros de diversidad de cactáceas, encontrándose en su territorio la más alta diversidad en nivel continental (Bravo-Hollis, 1978; Hunt, 1999). En ese contexto, la porción continental donde se ubica el desierto chihuahuense, es una de las regiones con mayor riqueza de cactáceas, además de un alto endemismo en niveles específico y genérico (Godínez-Álvarez y Ortega-Baes, 2007). Una pequeña zona relativamente discontinua y meridional del desierto chihuahuense es la zona árida queretano-hidalguense, la cual contiene uno de los principales ensambles de cactáceas endémicas (Hernández *et al.*, 2004; Hernández-Oria *et al.*, 2007). Se estima que en México existen 76 especies de *Opuntia* (Guzmán *et al.*, 2003), aunque esta estimación ha variado en el pasado desde 58 (Britton y Rose, 1919), hasta 93 (Hunt, 1999).

La mayoría de las especies producen frutos con pulpa de sabor dulce denominadas tunas (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2012), mientras que una minoría produce frutos de sabor ácido que son conocidos como xoconostle, del náhuatl: *xoco*= ácido; *noxtle*= tuna, (Bravo-Hollis, 1978), a diferencia de las tunas, lo que se aprovecha son las paredes gruesas de los frutos, que son consumidas por diferentes grupos étnicos y utilizadas en la medicina tradicional por su efecto hipoglucémico, para el control del colesterol y reducción de la obesidad (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2012).

Los xoconostles se distinguen morfológicamente por presentar, precisamente, cáscaras anchas, ácidas, pared exterior delgada, semillas dispuestas en el centro del fruto con funículos semisecos e insípidos (Bravo-Hollis, 1978; García-Pedraza *et al.*, 2005; Scheinvar *et al.*, 2009; Gallegos-Vázquez *et al.*, 2012), con la característica particular de que sus frutos pueden permanecer sobre los cladodios durante seis meses y en algunos casos hasta más de un año (Scheinvar *et al.*, 2009; Gallegos-Vázquez *et al.*, 2012), probablemente por sus bajas tasas de producción de etileno al madurar (Ávalos-Andrade *et al.*, 2006).

A la fecha, a pesar de que los xoconostles son un recurso fitogenético con grandes potencialidades, existen pocos trabajos que permitan conocer su diversidad o su existencia misma, puesto que solamente se tienen registradas cerca de 600 hectáreas de plantaciones comerciales de xoconostle ‘Cuaresmeño’ (*O. matudae* Scheinvar) y una superficie notablemente menor de xoconostle ‘Manzano’ (*O. joconostle* Weber), concentradas en los estados de México e Hidalgo, en la región central del país (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2009), se desconoce la extensión de nopaleras silvestres con xoconostles en el país (García-Pedraza *et al.*, 2005), por lo que son importantes las tareas de exploración, recolecta, descripción y evaluación que nos permitan conocer la diversidad existente y desarrollar propuestas de rescate, conservación y utilización sustentable de este importante recurso.

Origen

El área de origen de la variedad de uso común ‘Borrego’ (*O. oligacantha* Förster) es en Villa de Tezontepec, municipio del mismo nombre, en Hidalgo, ahí la variedad se localiza en huertos de traspatio y de donde se estrajo para incorporarla para su evaluación en la plantación para la conservación *in situ* de especies nativas del estado de Hidalgo. Las coordenadas geográficas del área son 19° 52’ 55”-19° 53’ 11” latitud norte, 98° 49’ 16”- 98° 48’ 53” latitud oeste, con una

elevación promedio de 2 329 msnm; prevalece un clima semiseco templado, con clave BS₁kw(w)(i)g (García (1973). La vegetación predominante es el matorral xerófilo (*sensu* Rzedowski, 1978), con suelos sedimentarios.

Dado el interés hortícola por la variedad, se incorporó al acervo genético del Depositario Nacional de *Opuntia*, ubicado en el Centro Regional Universitario Centro Norte de la Universidad Autónoma Chapingo, Zacatecas, México (22° 44.7' latitud norte y 102° 36.4' longitud oeste) para futuras referencias, con la clave O-337.

Inscripción de la secuencia del espacio transcrita interno (ITS) en el GeneBank

En la 4^{ta}. Conferencia Internacional de Código de Barras para la Vida, 2011, *matK*, *rbcL* e ITS fueron propuestos como candidatos de código de barras para especies de plantas. Considerando lo anterior, se extrajo DNA genómico de la variedad Xoconostle 'Borrego' y se amplificó el ITS; el producto se secuenció en el Applied Biosystems modelo 3730xL (Applied BioSystems, Foster City, CA, USA), generándose una secuencia consenso con el software BioEdit versión 7.0.5 (Hall, 1999), la cual se depositó en el GeneBank con número de acceso KX247005. La secuencia de nucleótidos del ITS del xoconostle Borrego, *Opuntia oligacantha* es la siguiente:

```
ATGTTTTCCCATGAACACGCAGGGAGGGGCGCCTCTGCCCCCTCCCTGGCGCAACAA
CAAACCCCGGCGCGAACCAGCGCCAAGGAACACGAACTAAAGGCGTGCCCGCCCGCG
CCCGGTCCCGCGGCGCGGGGGCGGCACCTGTCCCTACTTAAAACGTAACGACTCT
CGGCAACGGATATCTCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCGAAATGCGATACTT
GGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCAA
AGCCTTCCGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCACGCATCGCGTCTCCCCCCCCGC
CTGCCGGGGGAAGGATGATGGCCTCCCGTACCCTAACCGGGCGCGGCTGGCCTAA
AACGGGAGCCCGCGGCGACGAGCTGCAGCGGCGATTGGTGGTGGACGAGGCCTTCG
AGGCCCCCGTTTGCATCGCGTCGCGCACGCACGCCGTCGGAGAAGGGCTCGTTGGAC
CCTAAGG
```

Inscripción en el catálogo nacional de variedades vegetales

Para fines de certificación de semillas, la variedad de xoconostle 'Borrego' cuenta con el registro definitivo número XOC-026-290212 y número de expediente 2244 del catálogo nacional de variedades vegetales (CNVV) del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

La caracterización de esta variedad se realizó con base en las pautas de la prueba establecidas en los descriptores varietales para la tuna y xoconostles de la unión internacional para la protección de las obtenciones vegetales (UPOV, 2006). Las plantas son de hábito de crecimiento extendido (Figura 1). Cladodios de forma oboval ancha, de longitud muy corta (26.4 ± 0.606 cm) y estrechos (18.4 ± 0.045 cm), de color verde claro y serosidad fuerte en la superficie; presenta espinas en todas las aréolas, en número de 3 a 4 en la aréola central, de longitud corta (13.7 ± 0.733 mm), de color blanco, dispuestas en posición semi-erecta y de consistencia flexible.



Figura 1. a) hábito de crecimiento y b) corte longitudinal y transversal y aspecto externo de fruto de la variedad xoconostle ‘Borrego’ (*Opuntia oligacantha*).

Este cultivar florece una vez por año y en dependencia de la distribución de las lluvias durante el ciclo, suele llegar a su madurez comercial en el mes de octubre y permanece hasta por seis meses en la planta. La flor de este cultivar presenta un perianto de coloración amarillo verdoso, estilo rosa y de 8 a 9 lóbulos del estigma verde. Las características morfológicas del fruto más importantes para la descripción de la variedad ‘Borrego’, se presentan en el Cuadro 1. Produce frutos de tamaño mediano y forma oboval con pedúnculo muy largo, con una cicatriz receptacular fuertemente deprimida (15.4 ± 0.217 mm). Los frutos de este cultivar en estado de madurez presentan una coloración irregular de la superficie color rojo medio, paredes de tonalidad rosa, anchas (10.6 ± 0.363 mm, característico de los xoconostles), ácidas ($\text{pH } 3.22 \pm 0.039$), funículos de color rosa, de consistencia firme, jugosidad media y bajo contenido de azúcares en los funículos (6.9 ± 0.169 °Brix).

Cuadro 1. Estructura, características y descripción de componentes fenotípicos de la variedad ‘Borrego’ (*Opuntia oligacantha* Förster).

Estructura	Características	Descripción	Promedio
Fruto	Longitud (cm)	Mediana	74.1 ± 1.095
Fruto	Diámetro máximo (mm)	Estrecho	45.8 ± 0.512
Fruto	Densidad de areolas	Media	72.15 ± 0.816
Fruto	Espesor de la cáscara (mm)	Muy grueso	10.6 ± 0.363
Fruto	Peso de la cáscara (g)	Pesado	61.2 ± 1.442
Fruto	Peso de la pulpa (g)	Muy ligero	16.7 ± 0.896
Fruto	Tamaño de la semilla	Medio	3.24 ± 0.034

El rendimiento promedio en cuatro años de evaluación (2012 a 2015) registró un incremento del 76%, entre el primer y el cuarto ciclo productivo, debido al mayor vigor y a la condición plena de la etapa productiva de la planta, siendo del orden de 13.47, 14.41, 15.58 y 23.83 kg planta⁻¹ en 2012, 2013, 2014 y 2015, respectivamente, que al considerar una densidad de población de 800 plantas ha⁻¹ se alcanzaría una producción aproximada en el periodo de 13.059 t ha⁻¹.

El xoconostle 'Borrego' presenta cáscara gruesa y en promedio un contenido de azúcares totales de 0.6 mg g^{-1} , 0.16 mg g^{-1} en azúcares reductores, 92.32% de humedad, 0.26% de cenizas, $0.15 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ en grasas y $5.23 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de carbohidratos. Además, la porción aprovechable del fruto presenta propiedades que benefician la salud; así lo evidencian el intervalo de valores encontrados de algunos compuestos de interés nutricional y funcional, como se reporta a continuación.

El fruto del xoconostle 'Borrego' presentó valor promedio de proteína de 4.52%, que son valores superiores a los reportados (3.1%, base peso seco) por García-Pedraza *et al.* (2005) para xoconostle 'Colorado' (*O. joconostle* Weber). En relación al contenido de betalaínas en la parte comestible del xoconostle 'Borrego', se encontraron valores de entre 4.9 a $12.34 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, en tanto que el contenido de betacianinas fue del orden de 1.46 a $8.67 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. Al respecto, López-Martínez *et al.* (2015) reportaron un contenido mayor de betalaínas, en la cáscara del fruto del xoconostle 'Cambray' (*Opuntia duranguensis* Britton and Rose) del orden de los $36.06 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de peso fresco.

En relación a los valores encontrados de fenoles totales, el xoconostle 'Borrego', presentó contenidos de 135 a $196 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ en cáscara, que son valores por encima de los reportados por Guzmán-Maldonado *et al.* (2010) quienes encontraron valores entre 128 a $168 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$, para el xoconostle 'Cueresmeño' (*O. matudae* Scheinvar), que es el xoconostle de mayor consumo en México.

Finalmente, el xoconostle 'Borrego' mostró una actividad antioxidante mayor ($6.99 \text{ mmol TE } 100 \text{ g}^{-1}$ peso fresco) a la reportada por Proteggente *et al.* (2002) en frutos de fresa, frambuesa, ciruela roja, toronja, naranja, pera y manzana (2.59, 1.85, 1.83, 0.86, 0.85, 0.28, $0.34 \text{ mmol TE } 100 \text{ g}^{-1}$ peso fresco, respectivamente). Esta característica es importante porque los antioxidantes naturales son elementos esenciales que protegen de la oxidación a las macromoléculas biológicas en el cuerpo humano. Además, la protección antioxidante en el organismo es clave para el control de enfermedades crónicas, lo que tiene gran relevancia en medicina preventiva (Urquiaga *et al.*, 1999).

Conclusiones

Esta variedad que se presenta, muestra buenas características y cumple plenamente con las directrices para seleccionar las especies o variantes hortícolas para su incorporación al cultivo en áreas de los estados de la Mesa Central de México. Por otro lado, el interés en compuestos nutraceuticos ha aumentado en el mundo debido a su potencial para prevenir el estrés oxidativo y las enfermedades crónicas, ello ha generado la tendencia a producir alimentos con calidad nutritiva y funcional, como el xoconostle, por lo que esta nueva variedad es una alternativa para las zonas áridas y constituye una fuente importante de alimento dados sus atributos nutritivos y funcionales.

Literatura citada

Ávalos, A. A.; Ramírez, C. Y.; Goytia, J. M. A.; Barrientos, P. A. F. y Saucedo, V. C. 2006. Etileno en la abscisión del fruto de tres especies del género *Opuntia*. Rev. Chapingo. Ser. Hortic. 12(1):117-123.

- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. 2^{da}. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D. F. 1:743 p.
- Britton, N. L. and Rose, J. N. 1919. The cactaceae. Carnegie Institution. Washington, D. C. 1(1):174 p.
- Frankel, E. N. and German, J. B. 2006. Antioxidants in foods and health: problems and fallacies in the field. *J Sci. Food Agric.* 86(13):1999-2001.
- Gallegos, V. C.; Mondragón, J. C. and Reyes, A. J. A. 2009. An update on the evolution of the cactus pear industry in Mexico. *Acta Hort.* 811:69-76.
- Gallegos, V. C.; Scheinvar, L.; Núñez, C. C. A. and Mondragón, J. C. 2012. Morphological diversity of xoconostles (*Opuntia* spp.) or acidic cactus pears: a Mexican contribution to functional. *Foods Fruits.* 67(2):109-120.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Serie Libros, (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D. F. 252 p.
- García, P. L. G.; Reyes, A. J. A.; Aguirre, R. J. R. and Pinos, R. J. M. 2005. Preliminary nutritional and organoleptic assessment of xoconostle fruit (*Opuntia* spp.) as a condiment or appetizer. *Food Sci.* 3(17):333-340.
- Godínez, Á. H. and Ortega, B. P. 2007. Mexican cactus diversity: environmental correlates and conservation priorities. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 81:81-87.
- Guzmán, U.; Arias, S.; Dávila, P. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D. F. 315 p.
- Guzmán, M. S. H.; Morales, M. A. L.; Mondragón, J. C.; Herrera, H. G.; Guevara, L. F. and Reynoso, C. R. 2010. Physicochemical, nutritional, and functional characterization of fruits Xoconostle (*Opuntia matudae*) pears from Central-México Region. *J. Food Sci.* 75(6):485-492.
- López, M. C. R.; García, M. R.; C. Gallegos, V. y Sahagún, C. J. 2015. Antioxidant components and nutritional quality of fifteen genotypes of xoconostle (*Opuntia* spp.). *JPACD.* 17:33-49.
- Hall, T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series.* 41:95-98.
- Hernández, H. M.; Gómez, H. H. and Goettsch, B. 2004. Chec-list of Chihuahuan desert Cactaceae. *Harvard papers in Botany.* 9(1):51-58.
- Hernández, O. J. G.; Chávez, M. R. y Sánchez, M. E. 2007. Factores de riesgo de las cactáceas amenazadas de una región semiárida en el sur del Desierto Chihuahuense, México. *Interciencia.* 32(11):728-734.
- Hunt, D. 1999. CITES Cactaceae, check list, second ed. Royal Botanical Gardens, Kew. 315 pp.
- Proteggente A. L.; Pannala A. S. D.; Paganga, G.; Uren, L. V.; Wagner, E.; Wiseman, S.; De Put, F. V.; Dacombe, C. and Rice, E. C. A. 2002. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Rad Res.* 36(2):217-233.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Limusa. México, D. F. 432 p.
- Scheinvar, L.; Filardo, K. S.; Olalde, P. G. y Zavaleta, B. P. 2009. Diez especies mexicanas productoras de xoxonostles: *Opuntia* spp. y *Cylindropuntia imbricada* (Cacteaceae). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Universidad Autónoma del estado de Hidalgo (UAEH)-Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). México, D. F. 179 p.

- UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants). 2006. Cactus pear and Xoconostles (*Opuntia*, Groups 1 & 2). Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. International Union for the Protection of New Varieties of Plants. Geneva, Switzerland. TG/217/2. 36 p.
- Urquiaga, I.; Urzúa, U. y Leighton, F. 1999. Antioxidantes naturales. Impacto en la salud. *In*: 8° Congreso Latinoamericano de Grasas y Aceites.