

# El membrillo cimarrón o tlaxistle (*Malacomeles denticulata* [Kunth] G. N. Jones): un frutal alternativo para regiones semiáridas

The Mexican serviceberry or tlaxistle (*Malacomeles denticulata* [Kunth] G. N. Jones):  
an alternative fruit for semiarid regions

Carlos A. Núñez-Colín<sup>1\*</sup>, Diana Escobedo-López<sup>2</sup>, S. Horacio Guzmán-Maldonado<sup>2</sup>, Miguel Á. Hernández-Martínez<sup>2</sup>, M. Guadalupe Herrera-Hernández<sup>2</sup>, Emiliano Villordo-Pineda<sup>2</sup>,  
y Mario M. González-Chavira

## RESUMEN

El membrillo cimarrón (*Malacomeles denticulata* [Kunth] G. N. Jones) es una planta nativa de México que pertenece a la familia Rosaceae subtribu Pyrinae (anteriormente, la subfamilia Maloideae). Esta especie tiene un fruto con características suficientes para ser considerado un nuevo berry: posee un tamaño de fruto pequeño de color rosa y contiene un alto contenido de antioxidantes, además de que presenta una buena adaptación a regiones semiáridas y a suelos someros y pobres, cualidades que hacen de él una opción para el cultivo alternativo. En este documento se muestran los resultados de los estudios básicos hechos para conocer todos los temas relacionados con esta especie. Esto es con el objetivo de promover y cultivar este recurso fitogenético, así como también de documentar las opciones hortícolas disponibles en la flora mexicana para las regiones semiáridas del país.

## PALABRAS CLAVE

cultivos alternativos, recursos fitogenéticos, aprovechamiento de los recursos naturales

## ABSTRACT

The Mexican serviceberry (*Malacomeles denticulata* [Kunth] G. N. Jones) is a native plant in the country, it belongs to the family Rosaceae and subtribe Pyrinae (formerly the subfamily Maloideae). This species is considered as a new "berry", because its small and pinky fruits, with a high content of antioxidants. *Malacomeles denticulata* shows is adapted to semiarid regions and shallow and poor soils, turned out as an option as alternative crop. In this paper are showing the results of basic studies done by this research group to know all topics related with this species, and for increase this genetic resource as well as to document the available horticultural options in the Mexican flora for semiarid regions of the country.

## KEYWORDS

alternative crops; plant genetic resources, use of natural resources

<sup>1</sup> Programa de Biotecnología, Universidad de Guanajuato; Investigador del Programa de Frutales del INIFAP hasta febrero de 2015. Celaya, Guanajuato, México.

<sup>2</sup> Campo Experimental Bajío, Centro de Investigación Regional Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Celaya, Guanajuato, México.

\* Autor para correspondencia. Mutualismo 303, col. La Suiza, apartado postal 91. 38060 Celaya, Guanajuato, México. Correo electrónico: lit007a@gmail.com

**Recibido:** 28 de mayo de 2015

**Aceptado:** 20 de septiembre de 2015

## INTRODUCCIÓN

El género *Malacomeles* está integrado por especies arbustivas que tienen un fruto comestible de color rosa a rojo, muy parecido al de los cultivos conocidos como berries o frutillas (figura 1). Este género pertenece a la familia Rosaceae subtribu Pyrinae (antes, subfamilia Maloideae), vulgarmente conocida como la subfamilia de las manzanas (Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011; Turner 2011).



Figura 1. Frutos de membrillo cimarrón (*M. denticulata* [Kunth] G. N. Jones).

Los berries son plantas con frutos pequeños que tienen en común la habilidad de sintetizar compuestos fenólicos (flavonoides, taninos, estilbenos y ácidos fenólicos), que han tenido un comprobado efecto en la prevención, control y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, desordenes neurodegenerativos, obesidad y diversos tipos de cáncer, principalmente de esófago y gastrointestinales (Seeram, 2008).

Dentro de los berries existen muchos géneros de la familia Rosaceae, que actualmente incluye importantes cultivos: *Rubus* (frambuesas y zarzamoras), *Prunus* (chokeberry), *Amelanchier* (Saskatoon berry y serviceberry), *Sorbus* (rowanberry) y *Crataegus* (tejocote, mayhaw y hawthorn); de éstos, los últimos géneros están estrechamente relacionados con *Malacomeles*, principalmente con *Amelanchier*.

El género *Malacomeles* consta de cinco especies (Turner, 2011). Éstas se distribuyen mayoritariamente en México; sin embargo, algunas están presentes desde el sur de los Estados Unidos hasta Honduras y Guatemala, en Centroamérica (Núñez-Colín *et al.*, 2012). Dentro de las especies del género *Malacomeles*,

destaca *M. denticulata* (Kunth) G. N. Jones, que es la especie con mayor distribución en México y, por tanto, la más importante desde el punto de vista de rescate de recursos fitogenéticos (Núñez-Colín *et al.*, 2012). En español, esta especie es llamada membrillo cimarrón, duraznillo, madronillo, membrillo, membrillo silvestre, acebuche, granjenillo, manzanita, mimbres y membrillo loco; en diferentes lenguas indígenas, es conocida como tlaxisqui, tlaxistle, tomistlacatli, tlaxioqui, clasisle, tlachistle, yagalán y claldurazno; y en inglés, lleva el nombre de Mexican serviceberry, southern false serviceberry y big bend serviceberry (Vibrans *et al.*, 2006.; Hernández-Martínez *et al.* 2010; Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011).

Al igual que el tejocote (*Crataegus* spp.), el membrillo cimarrón tiene un gran potencial comercial como fruto fresco y procesado pero, a diferencia de éste, tiene la ventaja de no presentar endocarpios duros, cualidad que lo haría aún más atractivo para su procesamiento en jugos y mermeladas (Núñez-Colín, 2009; Núñez-Colín, 2010; Hernández-Martínez *et al.*, 2010; Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011).

Por lo anterior, en este trabajo se presenta un resumen de la información de *M. denticulata* obtenida de recientes proyectos desarrollados por este grupo de investigación, bajo el liderazgo del Dr. Núñez-Colín.

## DISTRIBUCIÓN Y ADAPTACIÓN AL AMBIENTE

El membrillo cimarrón se desarrolla en tres diferentes regiones eco-climáticas en el país, dos de las cuales son frías (a altitudes mayores a los 2 000 msnm.) pero contrastantes en humedad: climas C y B, de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García. La tercera presenta condiciones más cálidas y húmedas (1 572.2 msnm promedio) y clima A(C) de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García. Sin embargo, las temporadas más lluviosas (de más de 100 mm) varían entre 3 y 5 meses, por lo que el membrillo cimarrón se desarrolla en ambientes con periodos de lluvia anuales de entre 600 y 850 mm, temperaturas medias anuales de entre 14 y 19 °C, y mínimas y máximas extremas de 1 °C y 31°C, respectivamente. Todos estos datos son indicativos de su adaptación de manera natural. Su potencial de cultivo está delimitado para algunas regiones de los estados de Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla y Oaxaca (figura 2) (Núñez-Colín, 2010).

En observaciones preliminares cualitativas hechas en plantas de *M. denticulata* localizadas en el arboretum de plantas nativas de Guanajuato del



Figura 2. Zonas potenciales para el cultivo de *M. denticulata*.

Campo Experimental Bajío, del INIFAP, se observó que éstas han tolerado condiciones ambientales como sequía y heladas, así como condiciones de suelos arcilloso con pH de entre 7 y 8, y poco drenaje (Hernández-Martínez *et al.*, 2010; Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011). También se detectó que, de manera natural, el membrillo cimarrón se distribuye en diversas zonas con pendientes pronunciadas con suelos someros y pobres, prácticamente sobre las piedras (Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011) (figura 3).

### CARACTERÍSTICAS ETNOBOTÁNICAS

El membrillo cimarrón es apreciado por la gente del Bajío como fruta fresca y cultivado en huertas de traspatio; sin embargo, su aprovechamiento es local y aún no se tiene una amplia difusión sobre el uso de este recurso fitogenético (Hernández-Martínez *et al.*, 2010; Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011).

Mediante entrevistas directas con algunos pobladores de diferentes comunidades rurales de Guanajuato, se obtuvo información sobre los principales usos que ellos le dan al membrillo cimarrón: planta forrajera, dendroenergética, comestible y para la construcción. Por ejemplo, en



Figura 3. Condiciones naturales en las que se desarrolla *M. denticulata*.

la comunidad Estancia de Zamarrita, perteneciente al municipio de Dolores Hidalgo, un hombre de 82 años comentó que él recuerda que, desde que era pequeño y hasta el día de hoy, las ramas de membrillo cimarrón se utilizan como combustible (leña), principalmente como iniciadoras del fuego, a lo que regionalmente se conoce como marañas<sup>1</sup>. Las ramas

<sup>1</sup>Ramas delgadas entrecruzadas.

utilizadas para este fin se colectan de árboles secos; una característica importante que han observado es que cuando las ramas están secas se tuercen o se rajan (Hernández-Martínez *et al.*, 2010; Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011). A su vez, en la comunidad la Calera, en San Miguel de Allende, un hombre de 72 años comentó que las ramas más anchas del membrillo cimarrón son utilizadas para fabricar mangos<sup>2</sup> de herramientas pequeñas como martillos, cuchillos, hoces y otros instrumentos de trabajo (Hernández-Martínez *et al.*, 2010; Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011). Por otro lado, en la comunidad de Las Tuzas, en San José Iturbide, una mujer de 80 años comentó que las ramas gruesas de la planta del membrillo cimarrón fueron utilizadas para el tallado de algunas figuras, principalmente religiosas y de animales del campo (Hernández-Martínez *et al.*, 2010; Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011). En la comunidad Corral Falso, de Santa Catarina, un hombre de 62 años comentó que las ramas tratadas con cal fueron usadas, y aún se utilizan por algunos pobladores, para la construcción de sus tejamaniles<sup>3</sup>. Las ramas se usaban como soporte de los techos. En esta misma comunidad utilizan las hojas verdes y los brotes jóvenes como forraje del ganado asnal y caprino. En relación con esto, algunos pobladores comentaron que, cuando las cabras consumen esta planta, la calidad de su leche mejora (Hernández-Martínez *et al.*, 2010; Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011). En la comunidad Meza de Escalante del municipio de San Luis de la Paz, un hombre de 64 años comentó que las hojas y brotes verdes se utilizan como forraje para alimentar vacas, cabras y borregos mediante el pastoreo. Durante la primavera (época de floración de esta especie), las flores son preferidas por las abejas, por lo que el membrillo cimarrón resulta importante para la producción de miel de dicha comunidad (Hernández-Martínez *et al.*, 2010; Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011).

En relación con el uso comestible, los frutos son consumidos en fresco por la gente de las comunidades rurales. Varias personas comentaron que los frutos son muy dulces y que complementan su dieta alimenticia. En algunas comunidades los frutos son recolectados para elaborar una especie de mermelada y, de esta forma, conservarlos todo el año. Por ejemplo, en comunidades rurales dentro de la sierra de Santa Rosa, algunas personas preparan los frutos hervidos con canela y piloncillo para consumirlos como postre.

El abastecimiento de los frutos en estas comunidades se da, generalmente, a partir de la colecta en las serranías cercanas a las comunidades, donde la especie se distribuye ampliamente. La forma de consumo tradicional es la recolección ocasional; es decir, algunos campesinos consumen estos frutos cuando se encuentran en sus labores de campo para mitigar el hambre y elevar sus niveles de glucosa en la sangre. Adicionalmente, los niños, que son los principales consumidores del fruto en fresco, lo recolectan y consumen como una alternativa para mitigar el hambre cuando regresan de la escuela o de otras comunidades cercanas dado que la especie crece y se desarrolla a la orilla de caminos. Esto fue documentado en las comunidades de La Calera en San Miguel Allende y Meza de Escalante en San Luis de la Paz, en Guanajuato (Hernández-Martínez *et al.*, 2010; Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011).

Sin embargo, durante los recorridos realizados, se detectó que esta especie también se encuentra dentro de algunos huertos de traspatio de las viviendas en las comunidades rurales de algunos municipios como San Miguel de Allende, con lo que forma parte de las especies que proporcionan productos comestibles en estos sistemas rústicos de producción (Hernández-Martínez *et al.*, 2010; Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011).

#### **CARACTERÍSTICAS NUTRIMENTALES, NUTRACÉUTICAS Y FUNCIONALES**

Actualmente, las tendencias en la alimentación mundial se consideran un mecanismo de influencia recíproca, donde adquieren similar importancia los mercados de los países desarrollados como los de países en vías de desarrollo. En este mecanismo intervienen múltiples factores como la globalización de la economía, los cambios sociales, la investigación e incorporación de innovaciones, el desarrollo de las mismas y los cambios en el consumo (Langreo, 2008). Este último da lugar a la apertura de un nuevo sector en la alimentación a nivel mundial: el de los alimentos funcionales, un término que fue acuñado por los japoneses en la década de los ochenta y que resultó de la publicación de la reglamentación para los Alimentos de uso específico de salud (Foods for Specified Health Use, FOSHU) (Alvídrez-Morales *et al.*, 2002).

<sup>2</sup> Nombre por el que se conoce la parte de donde se toman algunos utensilios de uso principalmente caseros.

<sup>3</sup> Usado en México para referirse a tablas de madera recortadas a modo de tejas para los techados de las casas

Existen autores que aseveran una relación estrecha entre la ausencia de una dieta balanceada y las enfermedades no transmisibles que afectan a las grandes masas de la población como la diabetes, el cáncer o la hipertensión; asocian estos dos últimos al estrés oxidativo al que se ven sometidas las personas. Es por esto que, en la actualidad, las personas poseen cada vez más información acerca de los beneficios que aporta el consumo de alimentos nutraceuticos, situación que ha marcado una tendencia creciente en el consumo de estos productos (Jones, 2002; Pokorny y Yanishlieva-Maslarova, 2001).

En un afán por promover el consumo de alimentos funcionales de origen natural, se han efectuado numerosas investigaciones en las cuales se prueban los efectos fisiológicos de compuestos aislados provenientes de frutos; incluso se han realizado estudios comparativos con algunos fármacos. Si bien estos compuestos de origen natural no tienen el mismo poder que los fármacos de patente, se acercan demasiado, con la ventaja de que provienen de fuentes 100% naturales (Adhikari *et al.*, 2006).

Existen reportes de contenido de compuestos fenólicos totales en uvas tintas y blancas, que van de 900-950 mg/100 g de fruta fresca para las variedades tintas y de 350 mg/100 g de fruta fresca en el hollejo para las variedades blancas, y sólo 100 mg/100g de fruta fresca en la carne de estas variedades. Se ha relacionado a los compuestos fenólicos con la inhibición de cáncer de colon, esófago, pulmón, hígado, mama y piel (Mazza y Girard, 1998).

En este sentido, en México se busca conservar y estudiar las plantas nativas que puedan tener un potencial para la mejor nutrición del hombre. Diversas frutillas tienen un potencial benéfico para la salud debido a que contienen importantes cantidades de compuestos nutraceuticos. En este caso, el membrillo cimarrón es parecido en tamaño y forma a la baya saskatoon (*Amelanchier alnifolia* (Nutt.) ex M. Roem.), la cual en años recientes ha llamado la atención por su elevado contenido de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante (Mazza y Davidson, 1993; Meda *et al.*, 2008).

Por lo anterior, este grupo de investigación realizó dos trabajos enfocados en obtener datos nutrimentales, nutraceuticos y funcionales del membrillo cimarrón.

El primero de ellos se realizó con muestras que fueron recolectadas *in situ* de una población silvestre en la comunidad de la Valenciana, municipio de Guanajuato, la capital. Las muestras se clasificaron en cuatro estados de acuerdo con el color del fruto: estado 1: rosa fuerte; estado 2: rosa-blanco; estado 3: rosa



**Figura 4.** Estados de madurez de frutos de *M. denticulata*; de izquierda a derecha estado 1: rosa fuerte; estado 2: rosa-blanco; estado 3: rosa claro, y estado 4: café.

claro, y estado 4: café (figura 4, Herrera-Hernández *et al.*, 2013). Una parte del fruto fresco se utilizó para el análisis fisicoquímico (color, acidez titulable, pH y grados brix) y otra se liofilizó y se almacenó a 4 °C en la obscuridad hasta su posterior análisis nutraceutico (fenoles solubles, taninos condensados, antocianinas y capacidad antioxidante).

El análisis de los datos obtenidos muestra diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la luminosidad ( $L^*$ ). Puede observarse un incremento progresivo para los estados 2 y 3 con respecto al valor del estado 1 (18.3), seguido de una caída para el cuarto estado (11.8) (cuadro 1). Este fenómeno se puede atribuir a la presencia de un fuerte color rosa en el primer estado, seguido de tonalidades blanquecinas en el estado 2 y de la presencia de zonas translucidas en la pigmentación violeta en el estado 3. La caída de este valor en el estado 4 se puede explicar por la opacidad de la cáscara de los frutos.

El ángulo de matiz  $H^\circ$  más alto es el calculado para el cuarto estado de madurez, con un valor de  $32.7^\circ$ , que indica un leve distanciamiento de las tonalidades rojas propias de los ángulos cercanos a 0, y la adquisición de tonos amarillentos propios de ángulos mayores. En relación con los estados 2 y 3 se obtuvieron valores propios de los tonos rojos ( $8.15$  y  $9.32^\circ$ , respectivamente), que no mostraron diferencia estadísticamente significativa entre ellos. El primer estado de madurez arroja un ángulo de  $24.7^\circ$ , que es propio de los colores rojos.

El valor de croma  $C^*$ , asociado a la saturación del color, presenta diferencias estadísticamente significativas en todos los estados de madurez. Su valor más alto se presenta en el segundo estado de madurez, en contraparte con su valor más bajo, que se presenta en el estado 4 (cuadro 1). La combinación de los parámetros  $H^\circ$  y  $C^*$  permite establecer la razón por la cual resulta posible la clasificación de los diferentes estados de madurez del membrillo cimarrón a simple vista. Sin embargo, este parámetro no brinda información sobre cuál es el punto óptimo para la

**Cuadro 1. Comparación de medias de los parámetros de color evaluados en cuatro estados de madurez en membrillo cimarrón.**

ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO	L*	H°	C*
1	18.3 ± 0.239 c	24.7 ± 0.576 b	29.7 ± 0.281 b
2	23.7 ± 0.419 b	8.15 ± 0.426 c	32.1 ± 0.308 a
3	29.6 ± 0.172 a	9.32 ± 0.320 c	27.9 ± 0.143 c
4	11.8 ± 0.563 d	32.7 ± 1.44 a	13.3 ± 0.963 d

Resultados expresados como la media de cuatro repeticiones ± la desviación estándar. Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

**Cuadro 2. Comparación de medias de pH, acidez titulable y °Brix evaluados en cuatro estados de madurez en membrillo cimarrón.**

ESTADO DE MADUREZ	pH	ACIDEZ TITULABLE*	°Brix
1	4.17 ± 0.006d	3.32 ± 0.484 a	17.0 ± 1.0 bc
2	4.26 ± 0.005c	2.65 ± 0.077 ab	16.0 ± 1.0 c
3	4.33 ± 0.003b	2.37 ± 0.088 b	19.6 ± 0.57b
4	4.54 ± 0.002a	2.51 ± 0.167 b	28.6 ± 1.52 a

Resultados expresados como la media de cuatro repeticiones ± la desviación estándar. Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). \*Acidez titulable expresada como gramos de ácido málico en 100 gramos de muestra fresca.

cosecha de esta frutilla, una situación muy similar a la del garmbullo (*Myrtillocactus geomtrizans* (Mart. ex Pfeiff) Console) (Herrera-Hernández *et al.*, 2011). Los resultados obtenidos de las determinaciones del pH, acidez titulable y °Brix se muestran en el cuadro 2.

La determinación del pH de cada uno de los cuatro estados de madurez muestra un incremento gradual que se sostiene en una tasa constante de alrededor de 3% de este valor en promedio y que se manifiesta de manera proporcional al incremento de la madurez del fruto (cuadro 2).

El análisis de esta tendencia con respecto al incremento de la alcalinidad es similar al que presentan los tomates de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) conforme incrementa su estado de maduración. Este fenómeno puede ser atribuido a la disminución de hidrogeniones libres en la pulpa de la fruta, posiblemente debido a que muchos de los ácidos orgánicos son utilizados en la síntesis de nuevos compuestos volátiles aromáticos que favorecen la aparición de caracteres organolépticos (Márquez *et al.*, 2007).

El porcentaje de acidez titulable muestra un valor máximo de 3.32 gramos de ácido málico en 100 gramos de muestra fresca (100gÁM·100gmf<sup>-1</sup>), que se manifiesta durante el primer estado de madurez.

A partir de este punto, el porcentaje de acidez disminuye paulatinamente y con pocas diferencias estadísticamente significativas (cuadro 2).

El decremento del contenido de acidez se ve acompañado del incremento paralelo del pH que de manera tangente pone de manifiesto la reducción del contenido de compuestos ácidos. Posiblemente esto se explique por el hecho de que, conforme avanza la madurez de algunos frutos, la síntesis de algunos compuestos aromáticos demanda ácidos orgánicos como sustrato (Marquez *et al.*, 2007).

El incremento progresivo del contenido de sólidos solubles en el jugo del fruto (cuadro 2) es una clara manifestación del metabolismo de materiales complejos como polisacáridos, pectinas y proteínas, entre otros, para dar lugar a la formación de compuestos simples responsables de caracteres organolépticos como el olor, el sabor etcétera (Pérez-Acevedo, 2008).

Por otro lado, se observó un incremento progresivo del contenido de fenoles totales en el membrillo cimarrón con respecto al estado de madurez. Éste tuvo su valor más bajo en el primer estado de madurez (239 mgEAG·100gmf<sup>-1</sup>) y el más alto en el cuarto estado de madurez (809 mgEAG·100gmf<sup>-1</sup>), como se observa en el cuadro 3 (Herrera-Hernández *et al.*, 2013).

**Cuadro 3. Contenido de compuestos nutraceuticos en cuatro estados de madurez en membrillo cimarrón.**

ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO	FENOLES TOTALES	TANINOS CONDENSADOS	Antocianinas
1	239 ± 12.7 d	239 ± 12.7 d	4.43 ± 0.109 b
2	292 ± 11.1 c	292 ± 11.1 c	5.18 ± 0.374 a
3	445 ± 3.91b	445 ± 3.91b	2.66 ± 0.124 c
4	809 ± 15.5 a	137 ± 8.87 bc	5.71 ± 0.309 a

Resultados expresados como la media de cuatro repeticiones + la desviación estándar. Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas entre ellas ( $p < 0.05$ ). Fenoles totales expresados como mgEAG·100gmf<sup>-1</sup>. Taninos condensados expresados como mgEC·100gmf<sup>-1</sup>. Antocianinas expresadas como mgEC3G·100gmf<sup>-1</sup>.

Resulta importante señalar que el contenido de fenoles totales correspondiente al cuarto estado se ve ampliamente influenciado por el ajuste correspondiente al contenido inicial de humedad del fruto fresco (38%). Recurriendo a la comparación del contenido de fenoles totales reportados en otras especies, el membrillo cimarrón posee un contenido mayor al de la guava (*Psidium guajava* L.), que llega a tener hasta 459 mgEAG·100gmf<sup>-1</sup> seguido de la fresa (*Fragaria x ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier), que contiene hasta 256 mgEAG·100gmf<sup>-1</sup> según lo reportado por Corral-Aguayo *et al.* (2008). También se tiene como referencia el contenido de fenoles totales en garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), que de acuerdo a lo reportado por Herrera-Hernández *et al.* (2011), contiene 185 mgEAG·100gmf<sup>-1</sup> en su estado maduro (Herrera-Hernández *et al.*, 2013).

El comportamiento del contenido de taninos del membrillo cimarrón comienza con una concentración relativamente baja de estos compuestos para después sufrir un incremento de aproximadamente 30 unidades. Este fenómeno se podría explicar por el hecho de que, durante el primer estado de madurez del membrillo cimarrón, la producción de taninos aún no ha alcanzado su punto máximo de síntesis.

Como se aprecia en el cuadro 3, el contenido de antocianinas del membrillo cimarrón resulta demasiado bajo si se le compara con el contenido de antocianinas de blueberries (*Vaccinium corymbosum*), cranberries (*V. macrocarpon*), chokeberries (*Aronia melanocarpa*) y lingonberries (*V. vitis-idaea*), para las cuales se registran 120, 32, 428 y 45 mgEC3G·100gmf<sup>-1</sup>, respectivamente según lo reportado por Zheng y Wang (2003).

El bajo contenido de antocianinas de *M. denticulata* se puede explicar por la coloración natural del fruto pues, como es bien sabido, el contenido de estos compuestos fenólicos guarda una estrecha relación con el color, principalmente el tendiente a azul de

algunas bayas y con la intensidad del mismo (Del Valle *et al.*, 2005; Garzón, 2008; Martínez-Valverde *et al.*, 2000). La determinación de la capacidad antioxidante de los extractos de membrillo cimarrón muestra una tendencia a disminuir conforme avanza el tiempo de madurez del mismo (cuadro 4).

**Cuadro 4. Capacidad antioxidante evaluada en cuatro estados de madurez en membrillo cimarrón.**

ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TEAC	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ORAC
1	184 ± 10 d	122 ± 2.8 a
2	240 ± 15 b	77.3 ± 2.5 b
3	175 ± 8 c	39.3 ± 3.0 c
4	298 ± 19 a	34.7 ± 1.5 c

Resultados expresados como la media de cuatro repeticiones + la desviación estándar. Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas entre ellas ( $p < 0.05$ ). Capacidad antioxidante expresada como  $\mu\text{molET}\cdot 100\text{gmf}^{-1}$ .

Según lo reportado por Herrera-Hernández *et al.* (2011), el garambullo ( $30.5\mu\text{molET}\cdot 100\text{gmf}^{-1}$ ) posee una capacidad antioxidante menor a la del membrillo cimarrón. En cambio, la mora Saskatoon manifiesta una capacidad antioxidante de hasta  $124\mu\text{molET}\cdot 100\text{gmf}^{-1}$  (Hu *et al.*, 2005), cuya diferencia con la del membrillo es mínima. Por lo anterior, el potencial nutraceutico del membrillo cimarrón en este aspecto se torna importante.

Respecto a la capacidad antioxidante realizada por el método TEAC, se pueden observar altibajos en los valores obtenidos. No obstante, los valores expresados como  $\mu\text{molET}\cdot 100\text{gmf}^{-1}$  mantienen promedios por encima del garambullo ( $229\mu\text{molET}\cdot 100\text{gmf}^{-1}$ ) según

lo reportado por Herrera-Hernández *et al.* (2011). En comparación con la capacidad antioxidante de *A. alnifolia*, ésta contiene hasta  $148 \mu\text{mol ET} \cdot 100\text{gmf}^{-1}$  (Hu *et al.*, 2005), que representa cerca de 50% de la capacidad antioxidante del membrillo cimarrón. El punto máximo de capacidad antioxidante por el método TEAC se manifiesta en el cuarto estado de madurez y coincide con el punto máximo del contenido de fenoles totales. Esta relación entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante ya había sido descrita por Corral-Aguayo *et al.* (2008) y Faria *et al.* (2005).

En el segundo experimento, se obtuvieron el análisis proximal y los perfiles de fenólicos simples en muestras silvestres de la localidad del experimento de Herrera-Hernández *et al.* (2013) pero se incorporaron muestras cultivadas en el campo experimental Bajío

del INIFAP, y sólo se tomaron los últimos dos estados de madurez.

De acuerdo con los datos del análisis proximal (Cazarez-Franco *et al.*, 2014), el membrillo cimarrón contiene altos contenidos de fibra, que resultan más altos que los reportados para la mora Saskatoon ( $38 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  pf). Así, consumir 100 g de mora Saskatoon equivale a 17% de la recomendación diaria de fibra, de acuerdo con la American Dietetic Association (Mazza, 1982), por lo que el membrillo cimarrón podría contribuir todavía más: 100 g de membrillo cimarrón, en algunos casos, aportaría más de 50% de la recomendación diaria, además de tener altos niveles de Fe, Zn y Ca (cuadro 5, Cazarez-Franco *et al.*, 2014).

Además de lo anterior, se encontraron importantes cantidades de vitamina C y compuestos fenólicos (Cazares-Franco *et al.*, 2014) (cuadro 6). Asimismo,

**Cuadro 5. Composición Química ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  pf) y contenido de minerales ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pf) de membrillo cimarrón (*Malacomeles denticulata*) silvestre y cultivado.**

ESTADO DE MADUREZ	PROTEÍNA	FIBRA			EXTRACTO DE ÉTER	CENIZA	CARBOHIDRATOS	MINERALES		
		SOLUBLE	INSOLUBLE	TOTAL				Fe	Zn	Ca
Silvestre										
Maduro	11.2 ± 0.4 b	4.2 ± 0.9 c	48.0 ± 0.4 c	52.2 d	8.1 ± 0.4 d	7.2 ± 0.4 c	149.3 d	15.5 ± 1.3 d	14.1 ± 0.5 b	3114 ± 90 c
	Sobremaduro	23.5 ± 2.5 a	14.8 ± 1.7 a	106.0 ± 1.7 a	120.8 a	23.4 ± 0.2 b	15.4 ± 0.3 b	434.4 a	28.8 ± 1.1 c	10.0 ± 0.3 d
Cultivado										
Maduro	10.9 ± 1.1 b	3.8 ± 0.4 c	43.7 ± 1.7 d	47.5 c	14.3 ± 1.4 c	6.9 ± 0.4 c	161.4 c	42.5 ± 0.9 a	12.1 ± 0.4 c	2510 ± 51 d
	Sobremaduro	26.5 ± 2.4 a	11.7 ± 1.1 b	99.4 ± 1.8 b	111.1 b	25.3 ± 0.2 a	16.7 ± 0.4 a	423.4 b	37.5 ± 1.9 b	15.3 ± 0.6 a

Resultados expresados como la media de cuatro repeticiones + la desviación estándar. Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas entre ellas (Tukey  $p < 0.05$ ).

**Cuadro 6. Vitamina C, fenoles solubles totales, taninos condensados y antocianinas totales de membrillo cimarrón (*Malacomeles denticulata*) silvestre y cultivado.**

ESTADO DE MADUREZ	VITAMINA C ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ pf)			FENOLES SOLUBLES TOTALES ( $\text{g}$ ácido galico $\text{Eq} \cdot \text{kg}^{-1}$ pf)	TANINOS CONDENSADOS ( $\text{g}$ (+) catequina $\text{Eq} \cdot \text{kg}^{-1}$ pf)	ANTOCIANINAS TOTALES ( $\text{g}$ cianidín 3-glucosido $\text{Eq} \cdot \text{kg}^{-1}$ pf)
	ÁCIDO ASCÓRBICO	ÁCIDO DEHIDRO-ASCÓRBICO	TOTAL			
Silvestre						
Maduro	0.249 ± 0.007	1.071 ± 0.031 a	1.320 a	4.242 ± 0.380 c	1.436 ± 0.032 a	0.026 ± 0.001 c
	No detectado			8.058 ± 0.150 a	1.373 ± 0.039 a	0.057 ± 0.006 a
Sobremaduro	No detectado	0.586 ± 0.010 c	0.586 c	3.831 ± 0.260 c	1.251 ± 0.035 b	0.046 ± 0.001 b
	No detectado			5.844 ± 0.430 b	1.137 ± 0.041 c	0.063 ± 0.005 a

Resultados expresados como la media de cuatro repeticiones + la desviación estándar. Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas entre ellas (Tukey  $p < 0.05$ ).

se encontró que la mayor cantidad de vitamina C se presentó como ácido dehidroascórbico, que es altamente asimilable por el hombre (Corrales-Aguayo *et al.* 2008). El membrillo cimarrón mostró más de 2.5 veces el contenido de vitamina C que la mora Saskatoon (Stuchnoff, 1991) y éste resultó mayor al reportado para frutos como la ciruela (0.095 g·kg<sup>-1</sup> pf), uva (0.108 g·kg<sup>-1</sup> pf), manzana (0.046 g·kg<sup>-1</sup> pf) y blueberry (0.097 g·kg<sup>-1</sup> pf) (Cazarez-Franco *et al.*, 2014).

En compuestos fenólicos, su contenido es similar al reportado para mora Saskatoon (Bakowska-Barczak y Kolodziejczyk, 2008) y es una buena fuente de fenoles solubles totales comparado con cultivos como fresa, frambuesa, ciruela roja, uva (Proteggente *et al.*, 2002) y blueberry (Ehlenfeldt y Prior, 2001).

Finalmente, se encontraron siete ácidos fenólicos, tres flavonoles y el flavonol rutina en esta especie

(cuadro 7); todos importantes para la salud humana y con fuerte efecto antioxidante (Cazarez-Franco *et al.*, 2014).

## ESTUDIOS DE DIVERSIDAD

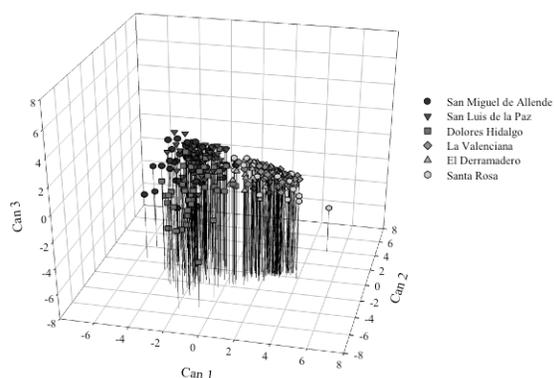
Hernández-Martínez *et al.* (2011) hizo el primer acercamiento a la variabilidad mediante la caracterización de poblaciones por medio de semillas de seis diferentes poblaciones de *M. denticulata* obtenidas de colectas hechas en campo cerca de las comunidades de San Miguel de Allende, San Luis de la Paz, Dolores Hidalgo, La Valenciana, El Derramadero y Santa Rosa, en Guanajuato.

Se encontró alta variabilidad tanto interpoblacional como intrapoblacional. Mediante análisis discriminante canónico, se encontró que las poblaciones tienden a agruparse en dos (figura 5) y que las variables más discriminantes son perímetro y longitud del eje

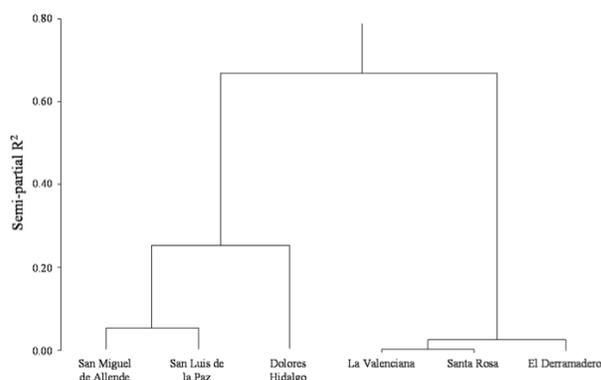
**Cuadro 7. Contenido de ácidos fenólicos, flavonoles y flavonol rutina en membrillo cimarrón (*Malacomeles denticulata*) silvestre y cultivado.**

ESTADO DE MADUREZ	FIBRA							FLAVONOLES				Total
	BENZOICO	CAFEICO	CLOROGÉNICO	CUMÁRICO	GÁLICO	SIRINGICO	VANÍLICO	Catequina	Epicatequina	Epigalocatequina gallato	Flavonol Rutina	
Silvestre												
Maduro	57.3±3.5 c	231±11 c	267±10.1 d	161±9.3	4.2±0.2 d	185±5.8 c	122±8.7 b	34.5±2.7 c	111±16 c	17.8±1.4 c	307±16 a	1497.8 c
Sobremaduro	43.9±1.6 d	No Detectado	407±25.0 a	No detectado	9.6±0.9 b	315±15.4 b	95±8.5 c	62.4±2.0 a	117±12 c	33.3±6.2 b	318±22 a	1401.2 d
Cultivado												
Maduro	79.8±2.7 b	399±54 b	382±7.9 b	No detectado	8.4±0.1 c	172±4.3 d	141±4.3 b	46.6±0.5 b	205±23 b	35.0±1.5 b	251±15 b	1719.8 b
Sobremaduro	122±31 a	529±24 a	337±7.4 c	No detectado	19.7±1.2 a	551±14.9 a	326±45.1 a	59.3±1.7 a	457±93 a	193±3.4 a	297±19 a	2891.0 a

Resultados expresados como la media de cuatro repeticiones + la desviación estándar. Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas entre ellas (Tukey p<0.05).



**Figura 5. Representación tridimensional de seis poblaciones de *M. denticulata*, en las tres primeras raíces canónicas del análisis discriminante canónico mediante variables de semilla.**



**Figura 6. Dendrograma de seis poblaciones de *M. denticulata*, obtenido de variables de semillas mediante la distancia Euclidiana y el método de Ward.**

mayor (raíz canónica 1, Can 1), por un lado; índice de compactación y relación inversa del índice de alargamiento (Can 2), por el otro, y finalmente, índice de redondez (Can 3) (Hernández-Martínez *et al.*, 2011). Lo anterior se corroboró con un análisis clúster donde claramente se observa esa separación en dos grupos de diversidad (figura 8) que pueden interpretarse como dos posibles acervos genéticos en Guanajuato (Hernández-Martínez *et al.*, 2011).

Después, Torres-Hernández *et al.* (2013) reportó la variabilidad de siete poblaciones de Guanajuato y dos de Querétaro mediante 23 SSR desarrollados en manzana, donde sólo 17 de los 23 SSR fueron transferibles, dos fueron parcialmente transferibles (sólo se transfirió a algunos individuos) y el resto fue no transferible.

También se encontró que 16 de los 17 SSR transferibles tuvieron altos valores de diferenciación genética y que no existe equilibrio Hardy-Weinberg (H-W), lo que hace suponer incompatibilidad gametofítica, que es común en la familia Rosaceae (De Franceschi *et al.*, 2011; 2012). Además, mediante el análisis molecular de la varianza (Amova) se encontró que la mayor parte de la variabilidad fue intrapoblacional (Torres-Hernández *et al.* 2013) (cuadro 8).

Con los 17 SSR, las poblaciones se agruparon en tres grupos de variación: las dos poblaciones de La Valenciana, Guanajuato se separaron del resto de las poblaciones; el segundo grupo estuvo conformado por la población del Tepozán, Querétaro, y finalmente, el resto de las poblaciones quedaron agrupadas en un solo grupo (figura 7, Torres-Hernández *et al.*, 2013).

No obstante, después de los datos publicados por Torres-Hernández *et al.* (2013), se probaron 28 SSR con la modalidad M13, que permite una mediante un secuenciador DNA LI-COR® 4300 para automatizar el proceso de acuerdo con las recomendaciones de Schuelke (2000).

En este proceso se observó que algunos SSR presentaban más de dos bandas típicas para SSR en individuos diploides, por lo que, a diferencia de Torres-Hernández *et al.* (2013), se procesaron como marcadores dominantes y no como codominantes. Además, se incorporaron tres poblaciones: una de Guanajuato y dos del Estado de México. Para datos dominantes, hay que presuponer el equilibrio H-W, que por lo reportado por Torres-Hernández *et al.* (2013), se presupuso en desequilibrio.

En el Amova (cuadro 9), se registraron datos contrastantes con los reportados por Torres-Hernández *et al.* (2013) ya que, con estos marcadores SSR-M13, la mayor variabilidad fue interpoblacional. Esto nos hace pensar que las accesiones incorporadas ampliaron la variabilidad mostrada por este mismo autor, lo que se suma al hecho de que se amplió la base de loci SSR evaluados.

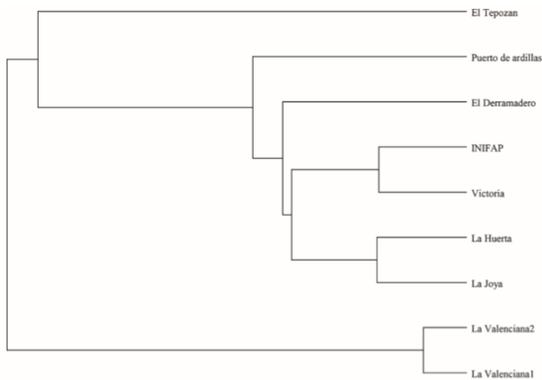
Con los 28 SSR-M13, las poblaciones se agruparon en cuatro grupos de variación: las poblaciones del Tepozán, Querétaro y las dos del Estado de México conformaron el primer grupo; la población no evaluada antes de Agua Zarca, Guanajuato, quedó como grupo atípico; otro grupo estuvo conformado por las dos poblaciones de La Valenciana, Guanajuato, y, finalmente, el resto de las poblaciones

**Cuadro 8. Amova basado en  $F_{st}$  de 13 loci SSR en nueve poblaciones de *Malacomeles denticulata* del centro de México.**

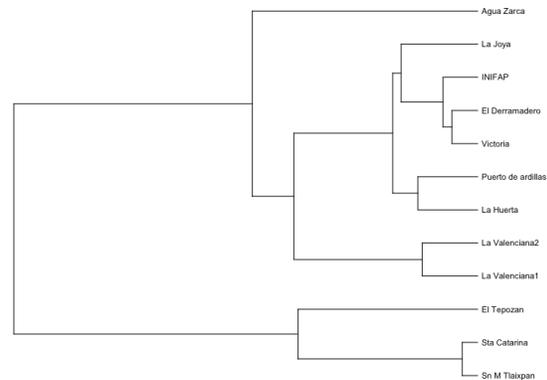
FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VARIANZA ESTIMADA	%
Interpoblacional	8	304.489	38.061	1.690	28
Intrapoblacional	171	729.350	4.265	4.265	72
Total	179	1033.839		5.955	100

**Cuadro 9. Amova basado en  $\Phi_{pr}$  de 28 loci SSR-M13 en doce poblaciones de *Malacomeles denticulata* del centro de México.**

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VARIANZA ESTIMADA	%
Interpoblacional	11	3409.275	309.934	30.494	86
Intrapoblacional	108	539.700	4.997	4.997	14
Total	119	3948.975		35.491	100



**Figura 7. Dendrograma de nueve poblaciones de membrillo cimarrón (*Malacomeles denticulata*) caracterizados mediante 17 SSR.**



**Figura 8. Dendrograma de doce poblaciones de membrillo cimarrón (*Malacomeles denticulata*) caracterizados mediante 28 SSR-M13.**

quedaron conformadas en un solo grupo (figura 8). Con lo anterior se corrobora lo obtenido por Torres-Hernández *et al.* (2013) con la diferencia de que la variabilidad en este ensayo fue mayormente inter-poblacional.

#### **PRUEBAS AGRONÓMICAS PRELIMINARES**

Se han hecho pruebas de compatibilidad al injertar membrillo cimarrón sobre portainjertos de manzana 'MM111' y, en ensayos preliminares, se tiene un prendimiento de 50%. En éstos, se ha observado que presenta un mayor vigor y desarrollo más rápido (Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011) (figura 9), además de un sabor más dulce. No obstante, estos resultados se siguen evaluando para hacer un estudio fitoquímico preliminar de la fruta de árboles injertados así como pruebas de compatibilidad a fondo. Más aún, aprovechando las características de adaptabilidad del membrillo cimarrón a suelos someros y pobres (Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011), se probará la relación inversa para utilizarlo como portainjerto de manzanas, peras y otras especies de la subfamilia de las manzanas, cuya compatibilidad ya ha sido documentada (Nieto-Ángel y Borys, 1999).

#### **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el financiamiento otorgado mediante el proyecto CB2009/134193: "Estudios básicos sobre diversidad y potencial agroalimentario del membrillo cimarrón (*Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch) en el centro de México", así como a los Fondos Fiscales INIFAP mediante el proyecto SIGI 1145232069, por el financiamiento parcial para el seguimiento de estudios en esta especie.

## LITERATURA CITADA

- Adhikari, D., R. Schutzki, D. DeWitt, M. Nair. (2006). Effects of Amelanchier Fruit isolates on cyclooxygenase enzymes and lipid peroxidation. *Food Chemistry* 97: 56-64.
- Alvídrez-Morales, A., B. González-Martínez, Z. Jiménez-Salas. 2002. Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *Revista Salud Pública y Nutrición* 3(3): 1-6.
- Bakowska-Barczak, A. M., P. Kolodziejczyk. 2008. Evaluation of Saskatoon berry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) cultivars for their polyphenol content, antioxidant properties, and storage stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(21): 9933-9940.
- Cazares-Franco, M. C., C. Ramírez-Chimal, M. G. Herrera-Hernández, C. A. Núñez-Colín, M. Á. Hernández-Martínez, S. H. Guzmán-Maldonado. 2014. Physicochemical, nutritional and health-related component characterization of the underutilized Mexican serviceberry fruit [*Malacomeles denticulata* (Kunth) G. N. Jones]. *Fruits* 69(1): 47-60
- Corral-Aguayo, R., E. Yahia, A. Carrillo-López, G. González-Aguilar. 2008. Correlation between some nutritional components and the total antioxidant capacity measured with six different assays in eight horticultural crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 10498-10504.
- Del Valle, G., A. González, R. Báez. 2005. Antocianinas en uva (*Vitis vinifera*) y su relación con el color. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(004):359-368.
- De Franceschi, P., L. Dondini, J. Sanzol, S. Sansavini. 2012. Structural and functional conservation of S-Specificities among *Pyrinae* Species. *Acta Horticulturae* 967: 95-104.
- De Franceschi, P., L. Pierantoni, L. Dondini, M. Grandi, S. Sansavini, J. Sanzol. 2011. Evaluation of candidate F-box genes for the pollen S of gametophytic self-incompatibility in the *Pyrinae* (Rosaceae) on the basis of their phylogenomic context. *Tree Genetics and Genomes* 7: 663-683.
- Ehlenfeldt, M. K., R. L. Prior. 2001. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic and anthocyanin concentrations in fruit and leaf tissues of highbush blueberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(5): 2222-2227.
- Faria, Q., J. Oliverira, P. Neves, P. Gameiro, C. Santos-Buelga, V. Freitas, N. Mateus. 2005. Antioxidant properties of prepared Blueberry (*Vaccinium myrtillus*) extracts. *Agricultural and Food Chemistry* 53: 6896-6902.
- Garzón, G. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta Biol Colombia* 13(3): 27-36.
- Hernández-Martínez, M. A., E. Espinosa-Trujillo, C. A. Núñez-Colín. 2010. Perspectivas del membrillo cimarrón (*Amelanchier denticulata* [Kunth] Koch) como un frutal alternativo para el centro de México. *Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 54: 49-53.
- Hernández-Martínez, M. A.; C. A. Núñez-Colín, S. H. Guzmán-Maldonado, E. Espinosa-Trujillo, M. G. Herrera-Hernández. 2011. Variabilidad morfológica mediante caracteres de semilla de poblaciones de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch, originarias de Guanajuato, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(3): 161-172.
- Herrera-Hernández, M. G., C. A. Núñez-Colín, S. H. Guzmán-Maldonado, M. Á. Hernández-Martínez. 2013. Contenido de algunos compuestos antioxidantes en tres estados de madurez y dos localidades en frutos de membrillo cimarrón (*Malacomeles denticulata*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(4): 45-57.
- Herrera-Hernández, M., F. Guevara-Lara, R. Reynoso-Camacho, S. Guzmán-Maldonado. 2011. Effects of maturity and storage on cactus Berry (*Myrtillocactus geometrizans*) phenolics, vitamin C, betalains and their antioxidant properties. *Food Chemistry* 1744-1750.
- Hu, C., B. Kwok, D. Kitts. 2005. Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) scavenge free radicals and inhibit intracellular oxidation. *Food research international* 38: 1079-1085.
- Jones, P. 2002. Clinical nutrition: 7. Functional foods—More than just nutrition. *Canadian Medical Association* 166(12): 1555-1563.
- Langreo, A. 2008. El sistema alimentario mundial principales tendencias y efectos sobre los sistemas alimentarios locales. *Distribución y Consumo* 100: 258-274.
- Márquez, C. J., C. M. Otero, M. Cortés. 2007. Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha. *Vitae* 14(2): 9-16.
- Martínez-Valverde, I., M. Periago, G. Ros. 2000. Significado nutricional de los compuestos Fenólicos en la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 50(1): 5-15.
- Mazza, G. 1982. Chemical composition of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Journal of Food Science* 47(5): 1730-1731.
- Mazza, G., B. Girard. 1998. Productos funcionales derivados de las uvas y de los cítricos. En: *Alimentos funcionales: Aspectos bioquímicos y de procesado*. 2da. Edición. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España. 141-157 pp.
- Mazza, G., C. G. Davidson. 1993. Saskatoon berry: A fruit crop for the prairies. In: Janick, J., J. E. Simon, J. E. (eds.). *New crops*. Wiley. New York, USA. 516-519. pp.
- Meda, V., M. Gupta, A. Opoku. 2008. Drying kinetics and quality characteristics of Microwave-Vacuum dried Saskatoon berries. *Journal of Microwave Power & Electromagnetic Energy* 42(4): 4-12.
- Nieto-Angel, R., M. W. Borys. 1999. Relaciones fisiológicas y morfológicas de injertos de frutales sobre tejocote (*Crataegus* spp.) como portainjerto. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(2): 137-150.
- Núñez-Colín, C. A. 2009. The tejocote (*Crataegus* spp.): a Mexican plant genetic resource that is wasted, a review. *Acta Horticulturae* 806: 339-346.

- Núñez-Colín, C. A. 2010. Distribución y caracterización eco-climática del membrillo cimarrón (*Amelanchier denticulata* [Kunth] Koch) en México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(3): 195-206.
- Núñez-Colín, C. A., M. A. Hernández-Martínez. 2011. The Mexican serviceberry (*Amelanchier denticulata*): a new potential berry fruit crop from semiarid areas. *Acta Horticulturae* 918: 917-924.
- Núñez-Colín, C. A., M. A. Hernández-Martínez, D. Escobedo-López, C. Ortega-Rodríguez. 2012. Priority areas to collect germplasm of *Malacomeles* (Rosaceae) in Mexico based on diversity and species richness indices. *Plant Genetic Resources* 10(2): 128-133.
- Pérez-Acevedo, Y. 2008. Eventos fisiológicos asociados a la madurez y calidad de los frutos cítricos en Cuba y su relación con los productos transformados de la industria. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical y FAO. 23p. En línea: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1067/cuf0114s.pdf> (consultado el 6 de enero de 2015).
- Pokorny, J., N. Yanishlieva-Maslarova, 2001. Antioxidantes de los alimentos, aplicaciones prácticas. 1ra Edición. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España. 364 p.
- Schuelke, M. 2000. An economic method for the fluorescent labeling of PCR fragments. *Nature Biotechnology* 18: 233-234.
- Seeram, N. P. 2008. Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and their impact of their intake on human health, performance, and disease. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(3): 627-629.
- Stushnoff, C. 1991. *Amelanchier* species. *Acta Horticulturae* 290: 549-566.
- Torres-Hernández, S., F. Pérez-Rodríguez, L. M. Serrano-Jamaica, E. Villordo-Pineda, M. Á. Hernández-Martínez, M. M. González-Chavira, C. A. Núñez-Colín. 2013. Genetic variability in *Malacomeles denticulata* (Rosaceae) from central Mexico revealed with SSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60: 2192-2200.
- Turner, B. 2011. Recension of the genus *Malacomeles* (Rosaceae). *Phytologia* 93(1): 99-106.
- Vibrans, H., A. M. Hanan Alipi, J. Mondragón Pichardo, P. Tenorio Lezama. 2006. Ficha técnica de *Amelanchier denticulata* (Kunth) K. Koch. In: Vibrans, H. (ed.). Malezas de México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (Conabio). México. En línea: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/rosaceae/amelanchier-denticulata/fichas/ficha.htm#1.%20Nombres> (consultado el 18 de febrero de 2015).
- Zheng, W., S. Wang, S. 2003. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries and lingon berries. *Agricultural and Food Chemistry* 51:502-509.