

DISTRIBUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN ECO-CLIMÁTICA DEL MEMBRILLO CIMARRÓN (*Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch) EN MÉXICO.

Carlos Alberto Núñez-Colín

Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
km 6.5 Carretera Celaya – San Miguel de Allende. A. P. 112. Celaya, Guanajuato, C. P. 38110, MÉXICO.

Correo-e: lit007a@gmail.com

RESUMEN

El membrillo cimarrón (*Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch) es un arbusto frutal nativo de México, del cual no existen suficientes estudios sobre su uso, distribución y diversidad. Este estudio tuvo como objetivo hacer un modelo de distribución, una caracterización eco-climática así como modelos actual y futuro de zonas adecuadas de cultivo de *A. denticulata* con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). El membrillo cimarrón se distribuyó principalmente en el centro de México. Se obtuvieron tres grupos climáticos; el grupo 1 presentó un clima C; el grupo 2, un clima A(C), y el grupo 3, un clima Bs. Las regiones más adecuadas de cultivo fueron Guanajuato, Querétaro e Hidalgo. Los tres diferentes grupos climáticos pueden tener germoplasma diverso, por lo que es importante colectar en cada uno de ellos. Las mejores regiones para establecer un banco de germoplasma *in vivo* son el noreste de Guanajuato, centro y sur de Querétaro y el sur de Hidalgo.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: SIG, colecta de germoplasma, frutales nativos de México, modelación climática, *Malacomeles denticulata*

DISTRIBUTION AND ECO-CLIMATIC CHARACTERIZATION OF SOUTHERN FALSE SERVICEBERRY (*Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch) IN MEXICO

ABSTRACT

The Southern false serviceberry (*Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch) is a fruit-bearing shrub native to Mexico, and there are not enough studies about the use, distribution, and diversity. This research aimed to make a distribution model and eco-climatic characterization as well as current and future models of suitable areas for cultivation of *A. denticulata* using Geographical Information Systems (GIS). The southern false serviceberry was distributed mainly in central Mexico. Three eco-climatic groups were found; group 1 showed climate C, group 2 climate A(C), and group 3 climate Bs. The most suitable regions of cultivation were Guanajuato, Queretaro, and Hidalgo. This research will serve as basis of planning the best conservation strategy of *A. denticulata* genetic resources and to design the correct way of collection. The three different climatic groups should have diverse germplasm, which is important collect from each group. The best regions to establish *in vivo* germplasm bank are northeast Guanajuato, central and southern Queretaro, and southern Hidalgo.

ADDITIONAL KEY WORDS: GIS, germplasm collection, native Mexican fruit crops, climate modeling, *Malacomeles denticulata*

INTRODUCCIÓN

La familia Rosaceae subtribu *Pyrinae* (anteriormente la subfamilia Maloideae) comprende muchas especies frutales de importancia económica como la manzana (*Malus domestica*), la pera (*Pyrus communis*), el membrillo (*Cydonia oblonga*), el tejocote (*Crataegus mexicana*), la mora Saskatoon (*Amelanchier alnifolia*), entre otros (Phipps et al., 1990; Mazza y Davidson, 1993; Núñez-Colín, 2009). Dentro de las plantas que son nativas de México y que pertenecen a esta subtribu de la familia Rosaceae se encuentra el membrillo cimarrón (*Amelanchier denticulata*

(Kunth) Koch), del cual está reportada, en estudios taxonómicos, que se encuentra de manera silvestre desde el sur de Texas en Estados Unidos hasta Guatemala (Rzedowski y Calderón, 2005).

Especies del género *Amelanchier* de Norte América (Estados Unidos y Canadá) son utilizadas para la producción de frutillas (berries) especialmente la mora Sakatoon o Juneberry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) que está ampliamente estudiada (Mazza y Davidson, 1993) y que compite en el mercado con la Mora Azul o Blueberry (*Vaccinium* sección *Cyanococcus*) e incluso contiene

mayor contenido nutrimental que este último (Mazza, 1982). En 1994 fueron registradas de manera oficial las primeras variedades comerciales de mora Sakatoon (Davison y St. Pierre, 1994), y éstas son utilizadas para la elaboración de mermeladas, jaleas y conservas de manera comercial, sobre todo en Canadá que están registradas alrededor de 400 ha; es el único cultivo frutal en el oeste de Canadá (Mazza y Davidson, 1993), por lo que el membrillo cimarrón puede ser un frutal potencial en las zonas donde se desarrolla de manera natural.

A. denticulata también recibe el nombre de duraznillo, madronillo, membrillo, membrillo silvestre, acebuche, granjenillo, manzanita y mimbre en español, así como también tlaxisqui, tlaxistle, tomistlacatli, tlaxioqui, clasile, tlachistle, yagalán y claldurazno en lenguas indígenas, y southern false serviceberry y big bed serviceberry en inglés (Vibrans *et al.*, 2006).

Dentro del tratado de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura de la FAO (FAO, 2001), del cual México es parte, se menciona que hay que tratar de conservar y estudiar las plantas nativas que puedan tener un potencial para la mejor nutrición del hombre; en este sentido, el membrillo cimarrón puede ser una alternativa no sólo por su contenido nutrimental sino que existen reportes que especies de este género presentan alta tolerancia a sequía, y se adapta a diversos rangos de pH y de textura, así como una buena producción en suelos pobres (Stushnoff, 1991) y, que según la clasificación de los recursos genéticos de la FAO, esta especie puede ser considerada un cultivo subutilizado o abandonado (FAO, 2001).

Actualmente, el membrillo cimarrón fue incluido en estudios relacionados con la taxonomía y la filogenia de la familia Rosaceae, con especial énfasis al género *Amelanchier*, pero fue estudiada bajo el sinónimo de *Malacomeles denticulata* (H. B. K.) Jones (Campbell *et al.*, 1995; Campbell *et al.*, 2007). Jones (1945) describió *Malacomeles* como un género diferente, pero relacionado a *Amelanchier*; sin embargo, sólo lo diferenció por pocas características de flores, frutos y hojas. Más tarde, Robertson (1974) reportó que el género *Malacomeles* fue incluido como una sección del género *Amelanchier*. Sin embargo, Phipps *et al.* (1990) reportaron a *M. denticulata* (H. B. K.) Jones y a otras dos especies (*M. nervosa* (Decne.) Jones y *M. paniculata* (Rehder) Phipps) dentro del género *Malacomeles*, pero todas ellas presentaron un sinónimo como pertenecientes al género *Amelanchier*. Ambos géneros están estrechamente relacionados, además de considerar al género *Peraphyllum*, aunque este último presenta frutos no comestibles (Jones, 1945; Campbell *et al.*, 1995; Campbell *et al.*, 2007).

Recientemente, Rzedowski y Calderón (2005) y Vibrans *et al.* (2006) consideraron que estas especies del llamado género *Malacomeles* realmente pertenecen al género *Amelanchier*, lo que ya habían reportado

anteriormente Stanley y Steyermark (1946) y Robertson (1974).

El membrillo cimarrón produce un fruto comestible, el cual es muy apreciado por la gente del centro y sur de México y, además, es un fruto parecido a los cultivos conocidos como frutillas o "berries" por su nombre en inglés. Rzedowski y Calderón (2005) reportaron la presencia de esta especie en los estados mexicanos de Aguascalientes, Chiapas, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Puebla, Querétaro, Oaxaca, Tlaxcala y Veracruz. Sin embargo, reportes sobre su distribución general en México, las regiones donde podría cultivarse o sobre las diferentes condiciones climáticas donde se desarrolla no han sido reportadas completamente, existiendo sólo reportes de colectas taxonómicas.

Para empezar a hacer una colecta planificada de germoplasma de membrillo cimarrón es importante conocer la distribución y las diferentes variaciones climáticas donde esta especie mexicana se desarrolla, así como identificar las zonas potenciales de cultivo y su posible variación de dichas zonas debido al cambio climático. Todo esto puede obtenerse utilizando diversos métodos de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Jones *et al.*, 2002; Hijmans *et al.*, 2004; Guarino *et al.*, 2002; Núñez-Colín y Goytia-Jiménez, 2009).

Dentro de los paquetes computacionales que realizan SIG para estudios de recursos fitogenéticos se encuentra Floramap versión 1.03 (Jones y Gladkov, 1999), que es un programa especializado para predecir y elaborar mapas de distribución de posibles áreas de adaptación climática de especies de vida silvestres a partir de patrones climáticos basados en datos de pasaporte. Este programa también es utilizado para hacer caracterizaciones eco-climáticas de las diferentes regiones donde es posible localizar un recurso fitogenético así como también hacer mapas probabilísticos de su distribución de manera natural y de las distintas regiones eco-climáticas donde se desarrolla. Este programa ha sido utilizado con éxito para la predicción de la distribución del género *Passiflora* en los países andinos (Segura *et al.*, 2003), del género *Crataegus* en México (Núñez-Colín *et al.*, 2008), de Guayaba (*Psidium guajava* L.) en México (Cazares-Sánchez *et al.*, 2009) y de *Jatropha curcas* L. en México (Núñez-Colín y Goytia-Jiménez, 2009), así como para definir la mejor zona para establecer la colección núcleo del género *Phaseolus* en el continente americano (Tohme *et al.*, 1995).

Otro programa es DIVA-GIS versión 5.4 (Hijmans *et al.*, 2004), que es utilizado para construir modelos de zonas climáticas adecuadas actuales de un recurso fitogenético; esto es posible basándose en la base de datos climáticos denominada Worldclim (Hijmans *et al.*, 2005) que considera datos climáticos reales del periodo 1950-2000; también puede construirse otro modelo con base en el modelo CCM3 (Govindasamy *et al.*, 2003) que considera condiciones climáticas de dos veces la concentración de

CO_2 causado por el cambio climático mundial basado en el efecto invernadero, y utiliza datos modelados del año 2000 hasta el 2050; este modelo predice el cambio de las zonas potenciales de cultivo de un recurso fitogenético dadas por el cambio climático.

Con base en lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo hacer un modelo de distribución natural, una caracterización eco-climática, así como dos modelos de zonas adecuadas de cultivo del membrillo cimarrón; el primero basado en un modelo de clima actual (Hijmans *et al.*, 2005) y otro basado en el cambio climático mundial causado por el efecto de gases de invernadero (Govindasamy *et al.*, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se colectaron 168 datos de pasaporte de especímenes de herbario de *A. denticulata* (Cuadro 1) localizados en herbarios nacionales e internacionales incorporados a la Red Mundial de Información sobre la Biodiversidad-Especímenes (REMBI) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México (CONABIO, 2008).

Análisis de Sistemas de Información Geográfica

Se llevaron a cabo dos diferentes análisis basados en SIG. El primero se hizo con el programa Floramap 1.03 (Jones y Gladkov, 1999), en donde se elaboraron mapas probabilísticos de su distribución general y de la distribución de las diferentes regiones climáticas donde se desarrolla el membrillo cimarrón basado en la construcción de un dendrograma de accesiones que se desarrollan en distintas zonas climáticas. Para ello, los mapas de probabilidad fueron calculados con las siguientes ponderaciones en el análisis en componentes principales: 0.85 en precipitación, 0.95 en temperatura media y 1.20 en la variación de la temperatura diurna, sin ponderación en donde todos los coeficientes son iguales a uno. Para la transformación de los datos de precipitación, para equipararlo con la escala de temperatura, se usó la transformación del Poder A de la lluvia (Rain Power A transform) con un coeficiente de 0.2. Además, se utilizaron sólo cinco componentes principales que explicaron 95.07 % de la varianza total (Jones y Gladkov, 1999; Jones *et al.*, 2002).

Todos los mapas probabilísticos de Floramap fueron obtenidos con una probabilidad mínima del 75 % de localizar *A. denticulata*.

CUADRO 1. Datos de pasaporte de accesiones de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch.

Herbario	ID	Estado en México	Longitud	Latitud	Colector	Año
ARIZ	334696	Puebla	-97.4833	18.2000	P. Tenorio L. & A. Salinas T. & J.G. Sánchez-Ken	1990
ARIZ	ND*	Oaxaca	-96.7861	18.1944	H.S. Gentry & Barclay, Arguelles	1963
ARIZ	354464	Nuevo León	-100.0378	24.6578	F. González-Medrano	1985
ARIZ	246475	Coahuila	-102.2167	25.3833	A. Rodríguez G. & A. Orta D. & M. Martínez & M.A. Carranza P.	1983
CICY	33281	Chiapas	-92.6383	16.7367	A. Méndez	1985
ENCB	ND	Hidalgo	-98.6042	20.1097	Jerzy Rzedowski Rotter	1963
ENCB	ND	Hidalgo	-98.7375	20.1833	José Miguel Medina Cota	1975
ENCB	ND	Hidalgo	-98.6208	20.1000	José Miguel Medina Cota	1975
ENCB	ND	Hidalgo	-98.6542	20.1125	José Miguel Medina Cota	1975
ENCB	ND	Hidalgo	-98.6083	20.0458	José Miguel Medina Cota	1977
IEB	103106	Guanajuato	-100.4667	21.1950	E. Ventura, E. López	1989
IEB	103097	Guanajuato	-99.8333	21.1783	S. Zamudio R.	1977
IEB	103127	México	-98.8333	19.4933	E. Ventura V.	1983
IEB	103124	Veracruz	-97.3500	19.5883	M. Cházaro B., Et Al.	1989
IEB	103130	Puebla	-97.6000	19.7083	A. Ventura A.	1984
IEB	103117	Puebla	-97.6000	19.7083	F. Ventura A.	1986
IEB	103138	Puebla	-98.0172	18.9556	ND	1986
IEB	103116	México	-100.3017	19.1767	A. Ventura A.	1980
IEB	103094	Querétaro	-100.0183	20.8817	S. Zamudio R.	1977

Continua

Herbario	ID	Estado en México	Longitud	Latitud	Colector	Año
IEB	103095	Querétaro	-99.7183	20.8333	S. Zamudio R.	1978
IEB	103096	Querétaro	-99.7183	20.8333	S. Zamudio R.	1978
IEB	103109	Querétaro	-99.7183	20.8333	S. Zamudio R.	1978
IEB	103108	Querétaro	-99.7183	20.8333	S. Zamudio R.	1978
IEB	103113	Querétaro	-99.7183	20.7433	S. Zamudio R.	1978
IEB	103111	Querétaro	-99.7183	20.8333	S. Zamudio R.	1977
IEB	103129	México	-98.8183	19.5233	E. Ventura V.	1983
IEB	103086	Guanajuato	-99.7186	21.2667	E. Ventura, E. López	1988
IEB	103088	Guanajuato	-99.7186	21.2667	E. Ventura, E. López	1989
IEB	42464	Guanajuato	-99.7186	21.2667	T. Martínez	1996
IEB	103100	Guanajuato	-100.4044	21.2736	E. Ventura, E. López	1990
IEB	103093	Querétaro	-99.1881	21.2064	E. González P.	1988
IEB	160301	Puebla	-97.4547	19.3292	G. Castillo C., Et Al.	1998
IEB	103139	México	-99.2217	19.7150	N. Herrera C.	1982
IEB	103110	Querétaro	-99.2383	21.2850	E. Carranza G.	1989
IEB	103107	Querétaro	-99.2383	21.2850	E. González P.	1989
IEB	124821	Hidalgo	-99.0383	20.1800	I. Díaz V., Et Al.	1988
IEB	103136	México	-98.8217	19.4767	A. Ventura A.	1981
IEB	103131	México	-98.8883	19.4917	M. L. Gómez S.	1987
IEB	103135	Oaxaca	-97.5717	17.0317	R. Cedillo T., R. Torres C.	1982
IEB	103123	Oaxaca	-97.3217	17.7250	ND	1979
IEB	103121	Durango	-103.9231	23.6203	M. González G., S. Acevedo	1984
IEB	103120	Durango	-103.9231	23.6203	M. González G., S. Acevedo	1984
IEB	103122	Durango	-103.9233	23.6200	S. Acevedo	1986
IEB	103092	Querétaro	-100.1067	20.3528	M. Medina C.	1986
IEB	103112	Querétaro	-100.1067	20.3528	R. Fernández N.	1986
IEB	153903	Querétaro	-100.0067	20.3528	Y. Pantoja	2000
IEB	103103	Querétaro	-99.9400	20.7400	E. Argüelles	1988
IEB	103132	México	-98.8244	19.4903	E. Ventura V.	1984
IEB	103115	México	-98.8244	19.4903	E. Ventura V.	1983
IEB	103087	Guanajuato	-100.2917	20.9933	F. Álvarez C.	1986
IEB	103128	Nuevo León	-100.0750	24.8233	G. B. Hinton, Et Al.	1979
IEB	103098	Guanajuato	-101.2100	20.1633	E. Ventura, E. López	1988
IEB	103140	Oaxaca	-96.5933	16.2633	W. R. Anderson	1983
IEB	128076	Oaxaca	-96.5600	17.2650	R. Acevedo R.	1997
IEB	103099	Guanajuato	-100.4939	21.2225	E. Ventura, E. López	1989
IEB	ND	Guanajuato	-100.4939	21.2225	E. Ventura, E. López	1990
IEB	103105	Guanajuato	-100.0778	21.2558	R. Santillán I.	1987

Continua

Herbario	ID	Estado en México	Longitud	Latitud	Colector	Año
IEB	103085	Querétaro	-99.6450	20.8017	S. Zamudio R., E. Carranza G.	1988
IEB	124826	Hidalgo	-99.0125	20.1472	I. Díaz V., Et Al.	1988
IEB	124820	Hidalgo	-99.0125	20.1472	I. Díaz V., Et Al.	1989
IEB	124819	Hidalgo	-99.0125	20.1472	I. Díaz V., A. Valverde G.	1989
IEB	103114	Oaxaca	-97.8297	17.3047	J. Sánchez B.	1987
IEB	ND	Guanajuato	-100.4633	21.4350	E. Ventura, E. López	1990
IEB	103089	Querétaro	-99.9800	21.1750	N. Herrera C.	1977
IEB	103104	Querétaro	-99.9800	21.1750	S. Zamudio R.	1977
IEB	42348	Querétaro	-99.9800	21.1750	E. Carranza G.	1993
IEB	129553	Coahuila	-100.4803	25.3644	J. A. Villarreal O., J. Zavala	1996
IEB	103125	Hidalgo	-99.4317	20.5833	T. De J. Gutiérrez	1988
IEB	103126	México	-98.8817	19.5133	A. Ventura A.	1984
IEB	103102	Guanajuato	-100.9328	21.1550	M. Cházaro B., P. Hernández De Ch.	1987
IEB	124827	Hidalgo	-99.1167	20.1667	I. Díaz V., et al.	1988
IZTA, MEXU	ND	Oaxaca	-97.5667	17.6500	González Medrano, Francisco	1979
MO	2040146	Puebla	-97.4500	18.1800	C.A. Purpus	nulo
MO	2038883	Oaxaca	-96.3333	16.8167	W. D. Stevens	1971
MO	2039070	Chiapas	-92.1667	16.2833	Grady L. Webster	nulo
MO	1240314	Oaxaca	-96.4900	17.3300	Gerrit Davidse & Jeany Davidse	nulo
MO	1700815	Oaxaca	-98.0761	17.3192	Juan Ismael Calzada	1996
MO	1240312	Hidalgo	-98.6300	20.6300	Thomas B. Croat & Dylan P. Hannon	1987
MO	2974042	Oaxaca	-97.3800	17.5053	Efraín Cruz-Cruz	2003
MO	2974044	Oaxaca	-97.3800	17.5053	Efraín Cruz-Cruz	2003
MO	1700817	Oaxaca	-97.9167	17.7167	Rafael Torres C., Álvaro Campos & J. Ismael Calzada.	1992
MO	2037215	Oaxaca	-97.9000	17.7333	Álvaro Campos V. & I. Calzada	nulo
ND*	23724	Nuevo León	-99.9000	24.1198	Hinton et al.	1993
ND	27645	Nuevo León	-100.0179	24.4776	Hinton et al.	2000
ND	17449	Nuevo León	-99.9686	23.7672	Hinton et al.	1978
ND	19898	Nuevo León	-100.0718	24.8622	Hinton et al.	1989
ND	21022	Nuevo León	-100.0718	24.8622	Hinton et al.	1991
ND	21746	Nuevo León	-99.9218	24.6088	Hinton et al.	1991
ND	17665	Nuevo León	-100.1269	24.7761	Hinton et al.	1979
ND	21329	Nuevo León	-99.9481	24.4942	Hinton et al.	1991
TEX	46640	Hidalgo	-99.0125	20.1472	I. Díaz V.&J. A. Díaz V.&A. Díaz V.&E. Díaz V.&A. Díaz V.	1988
XAL	K429129	Veracruz	-97.3333	18.7083	M. Nee & K. Taylor	1984
XAL	P12380	Oaxaca	-96.4667	17.2833	D.H. Lorence, A. García M. & C. Allen	1985
XAL	P14908	Oaxaca	-96.4667	17.3167	F. Bermmerlein, K. Elliot, D. Fallow & E. J. Judziewicz	1982
XAL	P28586	Oaxaca	-96.4333	16.9833	O. Téllez V.	1980

Continua

Herbario	ID	Estado en México	Longitud	Latitud	Colector	Año
XAL	V060469	Veracruz	-97.3019	18.7108	M. Rosas R.	1967
XAL	K400735	Querétaro	-100.2900	20.8700	S. Zamudio R. & Et Al.	1989
XAL	22916	Durango	-104.4761	23.3500	M. González & S. Acevedo	1987
XAL	P24604	Guanajuato	-100.4633	21.4350	E. Ventura V. & E. López	1990
XAL	V005115	Veracruz	-97.2306	19.5328	C. H. Ramos	1967
XAL	3257	Hidalgo	-99.1489	20.7678	V. H. López B.	1995
XAL	P17641	Jalisco	-103.7167	20.1333	M. Cházaro B. & P. Hernández De Ch.	1987
XAL	P14372	Guanajuato	-100.4833	21.2167	E. Ventura V. & E. López	1989
XAL	P14380	Guanajuato	-100.6500	20.7667	E. Ventura V. & E. López	1989
XAL	P14546	Guanajuato	-100.4833	21.2167	E. Ventura V. & E. López	1990
XAL	P14579	Guanajuato	-100.5000	21.2833	E. Ventura V. & E. López	1990
XAL	K426283	Querétaro	-99.5500	20.9000	Z. Ortega V.	1992
XAL	K429130	Veracruz	-98.5333	20.4333	M. Nee & K. Taylor	1983
XAL	K429676	Puebla	-98.0833	18.8000	E. Inzunza I. & E. Herrera C. & M. Rosenblueth	1987
XAL	V011652	Veracruz	-98.4833	20.4500	L.I. Nevling & A. Gómez-Pompa	1971
XAL	P18628	Tlaxcala	-98.2667	19.3167	M. Sánchez	1988
XAL	P19578	Tlaxcala	-98.2333	19.3167	R. Acosta P.	1988
XAL	V002073	Veracruz	-97.3500	18.7167	A. Lot H.	1970
XAL	V120371	Veracruz	-97.3500	18.7000	J. L. Martínez P. & R. Acosta P.	1985
XAL	V012195	Veracruz	-97.2833	18.7167	L. I. Nevling & A. Gómez-Pompa	1971
XAL	V012193	Veracruz	-97.2833	18.7167	L. I. Nevling & A. Gómez-Pompa	1971
XAL	V048249	Veracruz	-97.3333	19.5000	M. Vázquez T.	1975
XAL	P19635	Oaxaca	-97.4167	17.6167	R. Cedillo T. & R. Torres C.	1982
XAL	P25252	Puebla	-97.5500	19.4500	G. Segura	1985
XAL	20832	Tlaxcala	-97.6500	19.3167	R. Acosta P. & M. Cházaro B.	1992
ENCB	ND	México	-98.8333	19.5678	A. Ventura A.	1984
ENCB	ND	México	-98.8333	19.5678	E. Ventura V.	1983
ENCB	ND	Hidalgo	-98.7000	20.1361	J. Rzedowski R.	1965
ENCB	ND	México	-98.8172	19.5197	E. Ventura V.	1983
ENCB	ND	México	-98.8175	19.4967	M. T. Pulido S.	1979
ENCB	ND	México	-98.8175	19.4967	M. T. Pulido S.	1979
ENCB	ND	México	-99.2011	19.9031	Romero R.	1980
ENCB	ND	México	-99.3011	19.5392	L. Paray	1952
ENCB	ND	Hidalgo	-98.7178	20.1036	R. Hernández M.	1975
ENCB	ND	México	-98.8183	19.4856	E. Ventura V.	1983
ENCB	ND	México	-98.8028	19.5053	E. Ventura V.	1983
ENCB	ND	México	-98.8194	19.4700	A. Ventura A.	1981
ENCB	ND	México	-98.8536	19.4719	E. Ventura V.	1982

Continua

Herbario	ID	Estado en México	Longitud	Latitud	Colector	Año
ENCB	ND	México	-98.6872	19.6758	F. Ventura A.	1975
ENCB	ND	México	-98.6872	19.6758	A. Ventura A.	1975
ENCB	ND	Hidalgo	-98.6706	20.1214	J. M. Medina C.	1975
ENCB	ND	Hidalgo	-98.6214	20.0494	J. M. Medina C.	1977
ENCB	ND	México	-99.4886	19.2131	S. López L.	1967
ENCB	ND	México	-99.3056	19.6378	A. Ventura A.	1978
ENCB	ND	Distrito Federal	-99.1561	19.5592	S. Moreno G.	1973
ENCB	ND	Hidalgo	-98.6394	20.1036	J. M. Medina C.	1975
ENCB	ND	Hidalgo	-98.7394	20.1919	M. Del S. Fernández	1967
ENCB	ND	Hidalgo	-98.7397	20.1850	J. M. Medina C.	1975
ENCB	ND	México	-99.2900	19.4653	X. Madrigal S.	1961
ENCB	ND	México	-99.2906	19.7703	N. Herrera C.	1982
ENCB	ND	México	-99.4242	19.5678	M. Equihua Z.	1979
ENCB	ND	Distrito Federal	-99.0925	19.2381	E. Ventura V.	1983
ENCB	ND	Hidalgo	-98.5275	19.7625	F. Ventura A.	1975
ENCB	ND	México	-99.2447	19.7542	J. Rzedowski R.	1975
ENCB	ND	Hidalgo	-98.7453	19.9211	L. Rivera	1975
ENCB	ND	Hidalgo	-98.7456	19.9244	A. Ventura A.	1976
ENCB	ND	Hidalgo	-98.7456	19.9244	A. Ventura A.	1976
ENCB	ND	Hidalgo	-98.7456	19.9244	A. Ventura A.	1976
ENCB	ND	México	-99.2978	19.6128	J. Espinosa G.	1964
ENCB	ND	México	-99.3483	19.6678	F. J. Espinosa G.	1965
ENCB	ND	México	-99.2153	19.8886	E. Díaz V.	1981
ENCB	ND	México	-99.3486	19.6989	R. Cruz C.	1966
ENCB	ND	México	-98.6486	19.1425	F. J. Magallón B.	1975
ENCB	ND	México	-98.8161	19.5028	E. Ventura V.	1982
ENCB	ND	Hidalgo	-98.5164	19.8181	F. Ventura A.	1975
MO	1797238	Puebla	-97.6667	18.4167	P. Tenorio L. & L. Nelly	2001
MO	1700783	Oaxaca	-97.8167	17.8333	Tenorio L. & A. Salinas T.	1986
MO	1700818	Oaxaca	-97.9833	17.4500	J. I. Calzada	1995
MO	1700821	Oaxaca	-97.9833	17.4500	Juan Ismael Calzada	1995
CICY	45659	Oaxaca	-97.9833	17.4500	J. I. Calzada	1995
IEB	103133	Oaxaca	-96.4900	17.3300	O. Téllez V., Et Al.	1982
IEB	103134	Oaxaca	-96.4767	17.5550	D. H. Lorence, Et Al.	1985

ND = Datos no disponibles; ARIZ = Herbario de la Universidad de Arizona; CICY = Herbario del Centro de Investigación científica de Yucatán; ENBC = Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN; IEB = Herbario del Instituto de Ecología A. C. campus Bajío; IZTA = Herbario de la Universidad Autónoma Metropolitana campus Iztapalapa MEXU = Herbario de la Universidad Nacional Autónoma de México; MO = Herbario del Jardín Botánico de Missouri; TEX = Herbario de la Universidad de Texas; XAL = Herbario del Instituto de Ecología A. C. campus Jalapa.

El segundo análisis se realizó con el paquete DIVA-GIS versión 5.4 (Hijmans *et al.*, 2004) para construir un modelo de zonas climáticas adecuadas y actuales de membrillo cimarrón, usando una resolución de 2.5 minutos, así como la construcción de otro modelo con base en el modelo CCM3 (Govindasamy *et al.*, 2003) con la misma resolución que el caso anterior. Ambos modelos se compararon para poder localizar las zonas más adecuadas para establecer bancos de germoplasma *in vivo* de esta especie.

Ambos análisis sólo toman en cuenta datos climáticos relacionados a la temperatura y a la precipitación y no consideran otros factores como el viento o el suelo (Jones *et al.*, 2002; Hijmans *et al.*, 2004).

RESULTADOS

Distribución general de manera natural

La distribución potencial de manera natural del membrillo cimarrón se concentró en la región central de México. Desde el este de Durango colindando con Zacatecas en el noroeste de México y desde el suroeste de Tamaulipas colindando con San Luis Potosí en el noreste hasta la región mixteca en Oaxaca en el sur de México; principalmente se distribuye en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Puebla y Tlaxcala. Además se encontraron algunos puntos atípicos en los estados de Chihuahua y Chiapas (Figura 1).

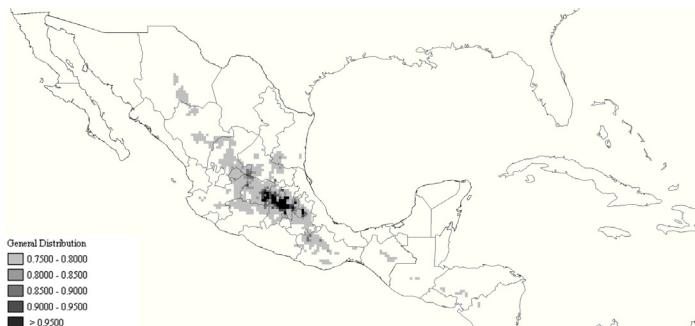


FIGURA 1. Distribución general estimada de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch en México.

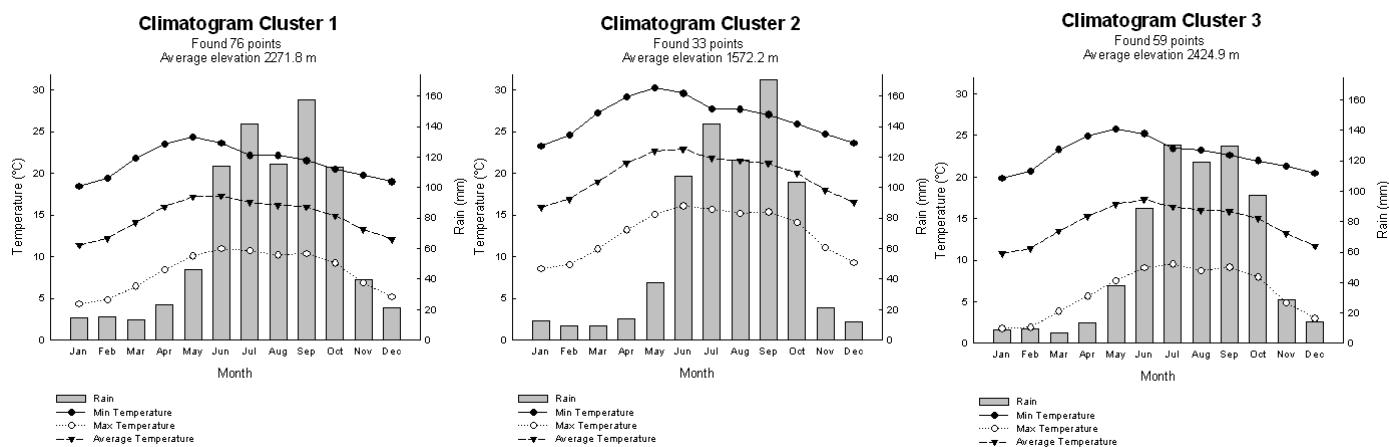


FIGURA 3. Climogramas de los tres diferentes grupos eco-climáticos como potenciales eco-regiones de distribución de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch en México

Caracterización eco-climática

Del análisis de agrupación usando el método de varianzas mínimas de Ward (Figura 2) con el programa Floramap, se obtuvieron tres diferentes grupos climáticos donde se desarrolla el membrillo cimarrón (Figura 3). El grupo 2, que agrupa 33 de las 168 accesiones, mostró una temperatura mínima promedio anual de 13 °C, máxima de 27 °C y una precipitación anual de 757.1 mm y el mes más lluvioso fue septiembre con 170.5 mm, mientras que el grupo 1, constituido por 76 accesiones, presentó patrones similares de temperatura al grupo 2, pero con menores valores en estas variables (mínima de 8.2 °C y máxima de 21 °C) aunque la precipitación fue similar al grupo 2 con 816.2 mm y el mes más lluvioso fue septiembre con 157.9 mm, y el grupo 3, formado por 59 accesiones, presentó

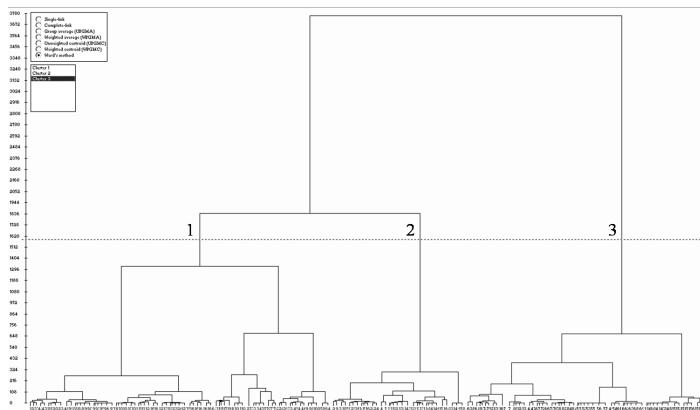


FIGURA 2. Dendrograma por el método de Ward de 168 datos de pasaporte de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch usando variables climáticas desarrollado por el programa.

un decremento de la precipitación (685.5 mm anuales) en comparación con los otros dos grupos, además de mayor variación entre la temperatura mínima y máxima (6.1 y 23 °C, respectivamente) (Figura 3).

Los tres grupos obtenidos fueron climáticamente diferentes. El grupo 2 presentó un clima A(C) (semicálido), mientras que el grupo 1 presentó un clima C (templado) y el grupo 3 presentó un clima Bs (estepa seca) (García, 1988).

El grupo 1 se localizó principalmente en el norte de Michoacán, noroeste de Guanajuato, sur de Hidalgo colindando con el Estado de México, el noroeste de Oaxaca, este de Tlaxcala y el centro occidente de Puebla. Además, se distribuye en algunas regiones aisladas de los estados de Durango, Aguascalientes y Zacatecas con algunos puntos en Jalisco, Nuevo León, San Luis Potosí y Chiapas (Figura 4).

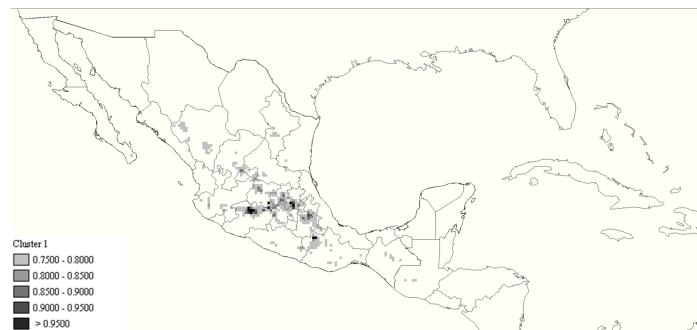


FIGURA 4. Distribución estimada del grupo 1 (76 puntos) de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch en México.

El grupo 2 se distribuye principalmente en el sur de Guanajuato, noroeste de Querétaro, zona centro de San Luis Potosí colindando con Tamaulipas al norte y Querétaro al sur, este de Guerrero en frontera con Oaxaca, y la zona central de Oaxaca así como puntos atípicos en Tamaulipas, Zacatecas y Chiapas (Figura 5).

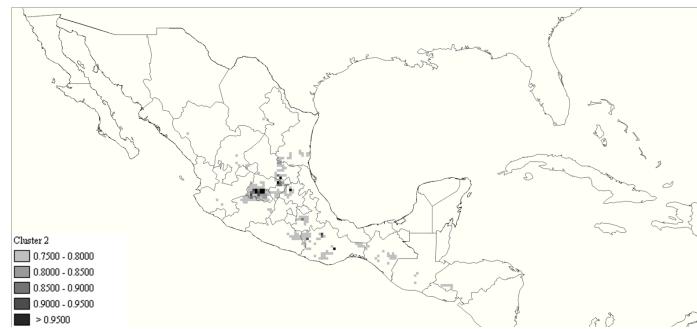


FIGURA 5. Distribución estimada del grupo 2 (33 puntos) de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch en México.

El grupo 3 se distribuyó principalmente en el centro oeste de Oaxaca, este y norte del Estado de México, Distrito Federal, Norte de Guanajuato colindando con Zacatecas y San Luis Potosí, Aguascalientes, oeste de Zacatecas y algunas partes de Durango y Chihuahua (Figura 6).

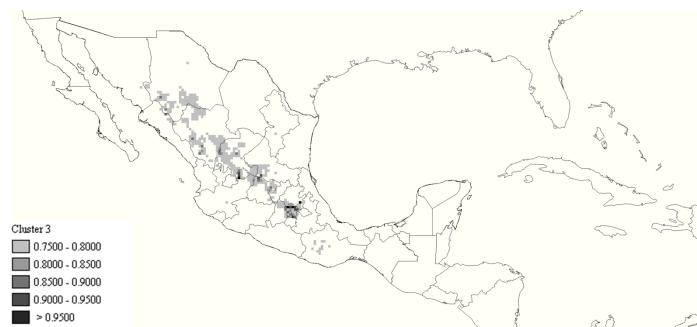


FIGURA 6. Distribución estimada del grupo 3 (59 puntos) de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch en México.

Zonas adecuadas de cultivo

Utilizando los datos climáticos actuales, se encontró que las mejores áreas para el cultivo del membrillo cimarrón son el sur de Hidalgo colindando con el norte del Estado de México, el valle de Toluca en el Estado de México, sur de Querétaro, norte de Guanajuato, todo Tlaxcala, centro occidente y noroeste de Puebla colindando con Tlaxcala, sur de Nuevo León colindando con Tamaulipas y noroeste de Oaxaca (Figura 7). Sin embargo, el membrillo cimarrón puede crecer con menor grado de adaptación en el oeste de Durango, sur de Zacatecas, Aguascalientes, norte de Michoacán, sur de Jalisco y sur del Estado de México.

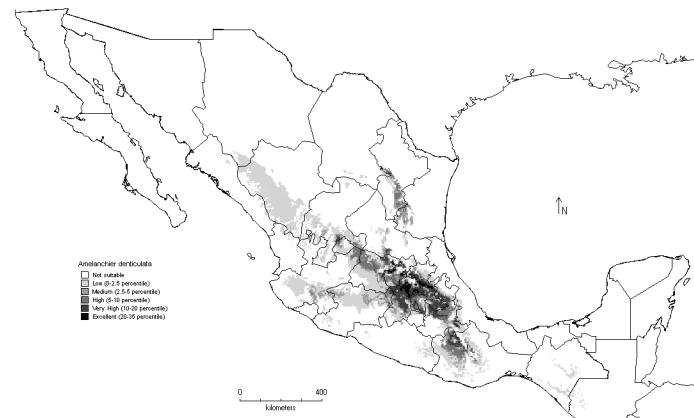


FIGURA 7. Modelo de zonas adecuadas de cultivo de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch en México usando los datos climáticos actuales de la base de datos Worldclim (Hijmans et al., 2005).

Adicionalmente, utilizando el modelo CCM3, se encontró que las mejores áreas donde crecería adecuadamente este cultivo, considerando el cambio climático global, fueron centro y sur de Hidalgo, el Valle de Toluca y la región norte del Estado de México, suroeste de Tlaxcala en colindancia con la parte centro occidente de Puebla, sureste de Guanajuato en colindancia con el noreste de Michoacán y sur y centro de Querétaro, noreste de Guanajuato y noroeste de Aguascalientes (Figura 8). El membrillo cimarrón puede crecer con menor grado de adaptación en algunas regiones del modelo de datos climáticos actuales, pero áreas más adecuadas en el norte de Michoacán y todo Jalisco y restringe áreas adecuadas en algunas áreas de Oaxaca.

Al comparar ambos modelos de zonas adecuadas de cultivo de membrillo cimarrón (Figura 7 y 8) se puede apreciar que no hay cambios radicales en ellos debido al cambio climático; sin embargo, el desarrollo de esta especie puede verse afectado en algunas regiones, principalmente en zonas del norte y sur del país donde de ser de medianas a buenas zonas de cultivo pasan a ser de bajas a medianas. En este sentido, las zonas más estables y donde mejores condiciones para desarrollarse presenta esta especie en ambos modelos son el noreste de Guanajuato, el centro y sur de Querétaro y el sur de Hidalgo.

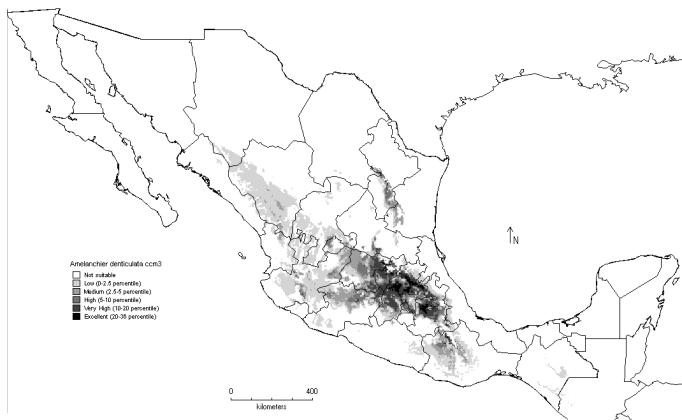


FIGURA 8. Modelo de zonas adecuadas de cultivo de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch en México con el modelo CCM3 (Govindasamy *et al.*, 2003).

DISCUSIÓN

De acuerdo a esta investigación, la distribución de *A. denticulata* estaba sobreestimada por los taxónomos (Rzedowski y Calderón, 2005) porque esta especie se distribuye principalmente en el centro de México y la probabilidad de encontrarla en el norte de México en frontera con Texas y en el sur de México o Guatemala es baja (Figura 1). Guatemala es tomada en cuenta por Floramap debido a que realiza los mapas probabilísticos para toda América Latina sin considerar fronteras políticas, extrapolando la información climática para estas zonas aun cuando no haya colectas reportadas en dicha región. La presencia de esta especie en dichas regiones puede ser explicada ya que en Texas puede haberse introducido material mexicano por influencia del hombre mientras que en el sur esta especie puede confundirse con *A. nervosa* (Decne.) Standl., que es común en esta región y que se diferencia de *A. denticulata* principalmente por el mayor tamaño de la fruta y de la flor, por lo que materiales de *A. nervosa* con frutos y flores no muy grandes, típicas de la especie, pueden confundirse fácilmente con los del membrillo cimarrón (Jones, 1945; Phipps *et al.*, 1990)

Dentro de la caracterización eco-climática se observó que existen tres regiones climáticas donde se desarrolla el membrillo cimarrón, por lo que para la planeación de una buena colecta de germoplasma debe de hacerse colectando genotipos que correspondan a cada uno de estos grupos climáticos donde se desarrolla esta especie (Guarino *et al.*, 2002), debido a que el germoplasma de cada uno de estos tres grupos eco-climáticos podrían tener cambios genéticos específicos (probablemente únicos) que la planta ha hecho en su evolución para adaptarse a estas condiciones ambientales (Dobzhansky, 1970). Por consecuencia, la colecta debe concentrarse en regiones con más del 90 % de probabilidad de encontrar este recurso genético en cada grupo eco-climático, debido a que de esta manera pueden ser colectados los mejores especímenes representativos de cada uno de ellos (Jones *et al.*, 2002)

Distribución y caracterización...

El membrillo cimarrón es un recurso fitogenético nativo de México (Rzedowski y Calderón, 2005) y con potencial de llegar a ser un cultivo como lo es actualmente la mora Saskatoon (*A. alnifolia*) en Canadá (Mazza y Davidson, 1993) sobre todo por su condición ruderal y los pocos requerimientos edáficos e hídricos que presenta en general este género (Stushnoff, 1991). Por esta razón y por pertenecer al tratado internacional de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (FAO, 2001), México tiene la obligación de preservar dentro de bancos de germoplama este recurso genético subutilizado y sus relativos silvestres, para que, en un futuro cercano, estos especímenes puedan servir como base de programas de mejoramiento genético (Zagaja, 1988). Con base en este estudio, la base genética deberá estar conformada por germoplasma de los tres diferentes ambientes de evolución, lo que puede suponer que se tendrán genotipos genéticamente diferentes (Dobzhansky, 1970); por lo tanto, se puede asumir que al utilizar como padres estos individuos con características genéticas diferentes se tendrá una baja probabilidad de obtener progenies endogámicas lo que dará como resultado que éstos pueden generar una gran heterosis en sus poblaciones F1 (Wright, 1978).

Por otro lado, al hacer la comparación del modelo actual y el modelo CCM3 como lo reportaron Núñez-Colín y Goytia-Jiménez (2009) para *Jatropha curcas*, se encontró que las zonas más adecuadas y con la mayor estabilidad en cuanto al desarrollo del membrillo cimarrón son el noreste de Guanajuato, centro y sur de Querétaro y sur de Hidalgo. En este sentido, estas regiones son donde se recomendaría establecer un banco de germoplama *in vivo*.

Además, usando el modelo CCM3 puede servir para planear las mejores zonas adecuadas para cultivar el membrillo cimarrón, que actualmente en México no es un cultivo, pero que presenta un gran potencial económico por presentar características similares a la mora Saskatoon (Mazza y Davidson, 1993), debido que de esta manera se evitaría problemas de adaptación a futuro por el cambio climático global.

Por lo visto anteriormente, esta investigación puede servir como base de la planeación de la mejor estrategia de conservación *in situ* y *ex situ* de los recursos genéticos de *A. denticulata* debido a que se pueden predecir los lugares más apropiados donde se pueden establecer las parcelas experimentales *in situ* y dónde establecer los bancos de germoplasma *in vivo* de este recurso (Tohme *et al.*, 1995; Hamilton *et al.*, 2007). Además, con base en la caracterización eco-climática, se puede planear el diseño correcto para realizar la colecta de germoplasma (Jones *et al.*, 2002; Hijmans *et al.*, 2004; Guarino *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

Se encontraron tres diferentes grupos climáticos de membrillo cimarrón, en donde es posible localizar germoplasma diverso, por lo que es importante colectar de cada una de

las regiones para hacer un estudio más preciso enfocado a su diversidad y sus usos.

Las mejores regiones para establecer un banco de germoplasma *in vivo* son el noreste de Guanajuato, centro y sur de Querétaro o el sur de Hidalgo.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG) por el apoyo financiero dado para estudiar esta especie. A los revisores técnicos y al editor adjunto por sus atinados comentarios que ayudaron a mejorar este trabajo.

LITERATURA CITADA

- CAMPBELL, C. S.; DONOGHUE, M. J.; BALDWIN, B. G.; WOJCIECHOWSKI, M. F. 1995. Phylogenetic relationships in Maloideae (Rosaceae): Evidence from sequences of the internal transcribed spacers of nuclear ribosomal DNA and its congruence with morphology. *American Journal of Botany* 82 (7): 903-918.
- CAMPBELL, C. S.; EVANS, R. C.; MORGAN, D. R.; DICKINSON, T.A.; ARSENAULT, M. P. 2007. Phylogeny of subtribe Pyrinae (formerly the Maloideae, Rosaceae): Limited resolution of a complex evolutionary history. *Plant Systematics and Evolution* 266: 119-145.
- CAZARES-SÁNCHEZ, E.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; DOMÍNGUEZ-ÁLVAREZ, J. L.; LUNA-MORALES, C. C.; ROJAS-MARTÍNEZ, R. I.; SEGURA, S. 2009. Potencial biogeographic distribution of guava (*Psidium guajava* L.) in Mexico, *Acta Horticulturae* 849: 55-62.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO). 2008. Red Mundial de Información sobre la Biodiversidad-especímenes (REMIB), *In:* página web de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México. Disponible en el enlace electrónico http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.htm. Accedido el 01 Oct 2008
- DAVIDSON, J. G. N.; ST. PIERRE, R. G. 1994. Saskatoons. p. 959-960. *In:* Cummings, J (ed.). Register of new fruit and nut varieties. Brook and Olmo. List 36. *Hortscience* 29 (9): 942-978
- DOBZHANSKY, T. 1970. Genetics of the evolutionary process. Columbia University Press, New York, USA. 505 p.
- FAO. 2001. Tratado Internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Versión en español. Resolución 3/2001. United Nations Food and Agriculture Organization. Roma, Italia. 27 p. Disponible en el enlace electrónico <ftp://ftp.fao.org/ag/cgrfa/it/ITPGRs.pdf>
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 90 p.
- GOVINDASAMY, B.; DUFFY, P. B.; COQUARD, J. 2003. High resolution simulations of global climate, part 2: effects of increased greenhouse gases, *Climate Dynamics* 21: 391-404.
- GUARINO, L.; JARVIS, A.; HIJMANS, R. J.; MAXTED, N. 2002 Geographic Information Systems (GIS) and the Conservation and Use of Plant Genetic Resources. pp. 387-404. *In:* Managing Plant Genetic Diversity. ENGELS, J. M. M.; RAMANATHA RAO, V.; BROWN, A. H. D.; JACKSON, M. T. (eds.). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Roma, Italia.
- HAMILTON, R. S.; ENGELS, J.; VAN HINTUM, TH. 2007. Consideraciones para mejorar los conceptos y estrategias de conservación y utilización pp. 49-67. *In:* Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma, Manuales para Bancos de Germoplasma Núm. 6. ENGELS, J.; VISSER L. (eds.). Bioversity Internacional, Roma, Italia.
- HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- HIJMANS, R. J.; GUARINO, L.; BUSSINK, C.; MATHUR, P.; CRUZ, M.; BARRANTES, I.; ROJAS, E. 2004. DIVA-GIS Versión 4. Sistema de información geográfica para el análisis de datos de distribución de especies, Guía de usuario. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 83 p.
- JONES, P. G.; GLADKOV, A. 1999. FloraMap: a computer tool for predicting the distribution of plants and the other organisms in the wild; version 1.03. JONES, A. L. (ed.). CIAT CD-ROM Series. CIAT, Cali, Colombia. 99 p.
- JONES, P. G.; GUARINO, L.; JARVIS, A. 2002. Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 2. Floramap. *Plant Genetic Resources Newsletters* 130: 1-6.
- JONES, P. N. 1945. *Malacomeles*, a genus of Mexican and Guatemalan shrubs, *Madroño* 8: 33-39.
- MAZZA, G. 1982. Chemical composition of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Journal of Food Science* 47:1730-1731.
- MAZZA, G.; DAVIDSON, C. G. 1993. Saskatoon berry: A fruit crop for the prairies pp. 516-519. *In:* New crops. JANICK, J.; SIMON, J. E. (eds.). Wiley, New York, USA.
- 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.; GOYTIA-JIMÉNEZ, M. A. 2009. Distribution and agroclimatic characterization of potential cultivation region sod physic nut in Mexico.

- Pesquisa Agropecuaria Brasileira 44 (9): 1078-1085.
- NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; NIETO-ÁNGEL, R.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F.; SEGURA, S.; SAHAGÚN-CASTELLANOS, J.; GONZÁLEZ-ANDRÉS F. 2008. Distribución y caracterización eco-climática del género *Crataegus* (Rosaceae subfam. Maloideae) en México. Revista Chapingo serie Horticultura 14 (2): 177-184.
- PHIPPS, J. B.; ROBERTSON, K. R.; SMITH, P. G.; ROHRER, J. R. 1990. A checklist of the subfamily Maloideae (Rosaceae). Canadian Journal of Botany 68: 2209-2269.
- ROBERTSON, K. R. 1974. The genera of Rosaceae in the southeastern United States (part 3). Journal of the Arnold Arboretum 55: 611-662.
- RZEDOWSKI, J.; CALDERÓN DE RZEDOWSKI, G. 2005. Flora del Bajío y regiones adyacentes. Fascículo 135 Rosaceae. Instituto de Ecología A. C. y CONABIO, Morelia, Michoacán. 157 p.
- SEGURA, S.; COOPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; LÓPEZ, L.; GRUM, M.; GUARINO, L. 2003. Mapping the distribution of five species of *Passiflora* in Andean countries. Genetics Resources and Crop Evolution 50(6), 555-566.
- STANDLEY P. C.; STEYERMARK J. A. 1946. Flora of Guatemala. Fieldiana: Botany Vol. 24 Part IV. Chicago Natural Museum, Chicago, USA. 493 p.
- STUSHNOFF, C. 1991. *Amelanchier* species. Acta Horticulturae 290: 549-566.
- TOHME, J.; JONES, P.; BEEBE, S.; IWANAGA, M. 1995. The combined use of agroecological and characterization data to establish the CIAT *Phaseolus vulgaris* core collection. pp. 95-115. In: Core Collection of Plant Genetic Resources. HODGKIN, T.; BROWN, A. H. D.; VAN HINTUM, TH. J. L.; MORALES, E. A. V. (eds). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Roma, Italia.
- VIBRANS, H.; HANAN ALIPI, A. M.; MONDRAGÓN PICHARDO, J. Y TENORIO LEZAMA, P. 2006. Ficha técnica de *Amelanchier denticulata* (Kunth) K. Koch. In: Malezas de México. VIBRANS, H. (ed.) Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). Disponible en el enlace electrónico <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/rosaceae/amelanchier-denticulata/fichas/ficha.htm#1.%20Nombres>.
- WRIGHT, S. 1978. Evolution and the genetics of populations, Vol. 4 Variability within and among natural populations, University of Chicago Press, Chicago, USA. 580 p.
- ZAGAJA, S. W. 1988. Exploración de recursos genéticos. pp. 3-12. In: Métodos genotécnicos en frutales. MOORE, J. N.; JANICK, J. (eds.). AGT Editor, Ciudad de México, México.