



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO Y ACEITE DE SEMILLA DE VID
SILVESTRE**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA

CECILIA CAROLINA SABÁS CHÁVEZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, estado de México, abril de 2017



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO Y ACEITE DE SEMILLA DE VID
SILVESTRE**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA

CECILIA CAROLINA SABÁS CHÁVEZ

COMITÉ DE TUTORES

Dr. OMAR FRANCO MORA. Tutor Académico

Dr. MARTÍN RUBÍ ARRIAGA. Tutor Adjunto

Dr. JOSÉ HUGO CASTORENA GARCÍA. Tutor Adjunto

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, estado de México abril de 2017

RESUMEN

CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO Y ACEITE DE SEMILLA DE VID SILVESTRE

Cecilia Carolina Sabás Chávez. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.

Comité de Tutores: Dr. Omar Franco Mora: Tutor Académico; Dr. Martín Rubí Arriaga: Tutor Adjunto y Dr. José Hugo Castorena: Tutor Adjunto.

Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario “El Cerrillo”, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50200. Tel (722) 2965529.

México es uno de los centros de origen del género *Vitis*. Para la conservación, selección y mejoramiento de las plantas de este género, es necesaria la caracterización de los diferentes parámetros de calidad tanto del fruto como de la planta en general. El objetivo de este trabajo fue “Contribuir al aprovechamiento integral del fruto y semilla de vides silvestres del centro de México”. Para ello, se determinó tamaño y dulzor de bayas de las accesiones de *Vitis* spp. que fructificaron en los años 2013, 2014 y 2015 en el banco de germoplasma de Zumpahuacán, México. En dichos años, solo ocho de 39 accesiones fructificaron de manera continua; para tales accesiones, denominadas E-15, E-9, E-201 y E-200 (Estado de México); P-57, P-178 y P-180 (Puebla) y Mo-45 (Morelos) se cuantificó la temperatura promedio durante los tres meses anteriores a la cosecha para determinar efectos de este factor en el tamaño y dulzor del fruto.

En cada ciclo anual, se seleccionaron las 50 bayas más grandes de cada accesión y se determinó peso, largo y ancho del fruto, número de semillas por fruto y contenido de sólidos solubles totales (SST), y en 2015 se identificó a las accesiones con mayor producción de fruto y con ello, de semilla, en las cuales se identificó a los ácidos grasos presentes en el aceite.

Para las accesiones que fructificaron los tres años de manera continua, el peso, ancho y largo del fruto, así como su contenido de SST y número de semillas variaron ($P < 0.05$) entre accesiones y años de estudio. Sin embargo, durante los años de estudio, el número de semillas por fruto fue constante en cuatro de las ocho accesiones. Los frutos de E-200 y Mo-45 pesaron más de 0.5 g; mientras que las bayas de P-57, que fueron las más grandes ($P < 0.05$), prácticamente alcanzaron un gramo de peso. Los frutos de las cinco accesiones restantes no superaron 0.5 g de peso por fruto; concordando con lo reportado para especies de origen Americano. El contenido de SST promedio varió de 11 a 17°B durante los tres años. Cuando se presentó la temperatura más baja durante el desarrollo de los frutos, en cinco de las ocho accesiones, se obtuvo el menor contenido de SST.

Para el resto de las accesiones, que fructificaron en algunos de los tres años se registraron pesos menores de 0.5 g, y el 90% de los frutos se encuentran por debajo de 1 g a excepción de los frutos de la accesión P-41 (2013) y P-64 (2015) cerca de los 2.0 g. Mientras la mayoría de los frutos presentaron valores de SST entre 14 y 18°B, cuatro accesiones presentaron valores de 20 y 22°B.

En 2015, la mayor producción de fruto se presentó en tres accesiones nativas de Puebla (P-78, P-178, y P-86) y una de Morelos (Mo-46), 2.5, 1.5 y 1.4 y 0.68 kg por planta,

respectivamente. Lo cual sugiere que son las accesiones con potencial de cultivo en la región Sur del Estado de México.

En relación a la extracción y composición del aceite de semilla de vid, se alcanzaron rendimientos de hasta 18 %. El aceite de la accesión P-86 presentó el mayor contenido de polifenoles totales y la mayor actividad antioxidante se reportó para la accesión Mo-45. El análisis de aceite de semilla confirmó la presencia de ácido linoleico como principal ácido graso en el aceite de semilla de uva silvestre del centro de México. Hoy en día, la extracción de aceite de semilla en las uvas autóctonas del país parece ser una alternativa viable para los intereses locales y empresas agroindustriales, lo cual podría incrementar el interés en la conservación y cultivo de este recurso genético vegetal.

Palabras clave: Calidad de fruto, bayas silvestres, recurso fitogenético, Vitaceae, ácidos grasos

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF WILD GRAPEVINE SEED FRUIT AND OIL

Cecilia Carolina Sabás Chávez. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Comité de Tutores: Ph D. Omar Franco Mora: Tutor Académico; Dr. Martín Rubí Arriaga: Tutor Adjunto y Dr. José Hugo Castorena: Tutor Adjunto.

Ph D. Omar Franco Mora, Advisor, Dr. Martín Rubí Arriaga: Member of the academic committee and Dr. José Hugo Castorena: Member of the academic committee

Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario "El Cerrillo", El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50200. Tel (722) 2965529.

Mexico is one of the centers of origin of the genus *Vitis*. For the conservation, selection and breeding of plants of this genus, it is necessary to characterize the different quality parameters of both the fruit and the plant in general. The objective of this work was "To contribute to the integral use of the fruit and seed of wild vines native of the center of Mexico". For this, we determined size and sweetness of berries of the *Vitis* spp. which fructified in the years 2013, 2014 and 2015 in the germplasm bank of Zumpahuacán, Mexico. In those years, only eight of 39 accessions continuously fruited for those; accessions, denominated E-15, E-9, E-201 and E-200 (State of Mexico); P-57, P-178 and P-180 (Puebla) and Mo-45 (Morelos) the average temperature was quantified during the three months prior to harvest to determine effects of this factor on fruit size and sweetness.

In each annual cycle, the 50 largest berries of each accession were selected and the weight, length and width of the fruit, number of seeds per fruit and total soluble solids content

(TSS) were determined. In 2015, the accessions with higher fruit and by consequence seed yield were identified. Then, in the seed oil, fatty acids present were identified.

For the accessions that continuously fruited, the weight, width and length of the fruit, as well as their content of SST and number of seeds varied ($P < 0.05$) among accessions and years of study. However, during the study years, the number of seeds per fruit was constant in four of the eight accessions. The fruits of E-200 and Mo-45 weighed more than 0.5 g; while the P-57 berries, which were the largest ($P < 0.05$), practically reached one gram of weight. The fruits of the five remaining accessions did not exceed 0.5 g of weight per fruit; Agreed with previous reports for species of American origin. The mean for TSS content ranged from 11 to 17 °B during the three years. When the lowest temperature was observed during fruit development, in five of the eight accessions, the lowest TSS content was obtained.

For the rest of the accessions, that fruited at least one of the three years, the fruit weighted less than 0.5 g, and 90% of the fruits were below 1 g, excepting of the fruits of accession P-41 (2013) and P-64 (2015), near 2.0 g. While the majority of the fruits presented values of SST between 14 and 18 ° B, four accessions presented values between 20 and 22 °B.

In 2015, the highest fruit yield was presented in three native Puebla (P-78 P-178 and P-86) and one Morelos (Mo-46), vitis, 2.5, 1.5 and 1.4 and 0.68 kg per plant, respectively. This suggests that these are the accessions with potential for cultivation in the southern region of the State of Mexico.

In relation to the extraction and composition of the grape seed oil, seed of central México native grapes present around 18% for oil. The oil of the accession P-86 presented the

highest content of total polyphenols and the highest antioxidant activity was reported for the accession Mo-45. Seed oil analysis confirmed the presence of linoleic acid as the main fatty acid in the wild grape seed oil of central Mexico. Nowadays, the extraction of seed oil in the Central Mexico native grapes seems to be a viable alternative for local interests and agroindustrial companies, present results may increase the interest in the conservation and cultivation of this plant genetic resource.

Key words: Fruit quality, wild berries, plant genetic resource, Vitaceae, fatty acids

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Familia Vitaceae.....	4
2.2 Género <i>Vitis</i>	4
2.3 La vid silvestre.....	5
2.4 Las vides silvestres en México.....	6
2.4.1 Caracterización.....	7
2.4.1.1 Morfología.....	7
2.4.1.2. Aceite.....	12
2.4.3. Ambiente.....	14
2.4.3.1. Altitud.....	14
2.4.3.2 Clima.....	14
2.4.3.3. Suelo y fisiografía.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Sitio de estudio.....	16
3.2 Análisis de calidad del fruto.....	17
3.3 Obtención de aceite.....	18
3.3.1 Determinación de ácidos grasos.....	19
3.3.2 Medición de polifenoles.....	19

3.3.3. Capacidad antioxidante.....	20
4. RESULTADOS.....	21
4.1 Tamaño y dulzor del fruto de ocho accesiones de <i>Vitis</i> spp. en tres años continuos..	22
4.2 An approach to the model for conservation of Central Mexico native grapevines	44
4.3 Caracterización del aceite de semilla.....	65
4. CONCLUSIONES	71
5. BIBLIOGRAFÍA.....	72

INDICE DE FIGURAS

Fig.1. Altitud de sitios de sitios de origen y colecta de ocho accesiones de <i>Vitis</i> creciendo <i>ex situ</i> en Zumpahuacán, Estado de México.	17
Fig. 2. Aceite extraído por soxhlet	65
Fig.3. Actividad antioxidante del aceite de vid silvestre de cinco accesiones, α -tocoferol y aceite comercial frente al DPPH.....	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rendimiento de aceite de semillas de <i>Vitis</i> spp. extraído por Soxhlet.....	65
Tabla 2. Contenido de polifenoles totales del aceite de semillas de vid silvestre	68

1. INTRODUCCIÓN

La familia Vitaceae, comprende entre 15 a 16 géneros, de ellos destaca, por su importancia comercial, el género *Vitis* L, originario de las zonas templadas del Hemisferio Norte. Las vides silvestres (*Vitis* spp.), es decir, aquellas diferentes a *Vitis vinifera* L., suman entre sesenta y setenta especies distribuidas en el norte de Sudamérica, Centro y Norteamérica, Asia y Europa (Shiraishi *et al.*, 2010, Zecca *et al.*, 2012). Los botánicos enlistan alrededor de veinticinco o treinta especies para el continente americano, un número similar para Asia y solo una especie para Euroasia, *V. vinifera sylvestris* (Gmelin) Hegi. La mayor importancia cultural dentro de las especies del género *Vitis*, corresponde a los más de diez mil cultivares de *V. vinifera*, sus híbridos generados principalmente con *V. labrusca* L.; ya que los frutos de esos cultivares son ampliamente utilizados para mesa (en fresco y seco), jugo y vino.

México es centro de origen y dispersión del género *Vitis*, a la fecha se ha reportado la presencia de 28 especies; sin embargo, la destrucción de los bosques, el constante cambio en el uso de suelo y el desarrollo de las actividades económicas son factores que limitan su mantenimiento natural. Aunado a ello, el uso principal de cultivares de *V. vinifera* en las producciones comerciales, limita el empleo de vides silvestres. Particularmente, Rzedowski y Calderón (2005) indicaron que *V. popenoei* Fennell es una especie que se encuentra en peligro de extinción en México. Una forma de conservar este patrimonio fitogenético es detectarlo, estudiarlo, llevando a cabo su caracterización sistemática que permita identificarlo de modo preciso y conservarlo en bancos de germoplasma para su futura

utilización en programas de mejoramiento genético o en reintroducciones (Cruz, 2007; Franco-Mora *et al.*, 2008).

La vid silvestre no se cultiva de manera comercial en México, por lo que se carece de datos sobre su producción. Existe un desconocimiento general del posible uso de las plantas de este género y solo se han estudiado algunas especies originarias del norte del país, principalmente como base para la obtención de portainjertos para uvas comerciales, y en menor grado para la obtención de híbridos productores de fruta (Cruz, 2007).

A la fecha, se han reportado estudios de caracterización morfológica *in situ* para frutos de vides mexicanas. Por otra parte, desde hace algunos años las semillas de vid han sido foco de interés debido a su composición alta en ácidos grasos insaturados, principalmente ácido linoleico, y el considerable contenido de compuestos fenólicos, como los taninos y proantocianidinas, así como tocoferoles y tocotrienoles y esteroides. Los polifenoles son conocidos por tener actividad antioxidante con efectos positivos en la reducción de enfermedades resultantes del estrés oxidativo y coronarias.

El presente trabajo de investigación se plantea el objetivo general de “Contribuir al aprovechamiento integral del fruto y semilla de vides silvestres del centro de México” a través de los objetivos específicos:

- Determinar tamaño y dulzura de los frutos de las accesiones establecidas en 2 de Zumpahuacán
- Determinar la influencia de la temperatura anual en el tamaño y dulzura del fruto de 8 accesiones de vid silvestre creciendo *ex situ* en Zumpahuacán, México.
- Detallar la composición de ácidos grasos en el aceite de las semillas de vid silvestre

- Cuantificar el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante del aceite de semilla de vid.

La hipótesis manejada es “El conocimiento de la influencia de factores ambientales en algunos factores de calidad del fruto de vides silvestres del centro de México y de la calidad del aceite de semilla aportará en las propuestas de aprovechamiento sustentable para este recurso fitogenético”

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Familia Vitaceae

La familia Vitaceae está formada por plantas trepadoras de lianas leñosas o herbáceas con zarcillos e inflorescencias opuestas a las hojas. Según la clasificación actual, la familia Vitaceae engloba 17 géneros y 1370 especies, las cuales se encuentran distribuidas a lo largo de los trópicos (De Almeida *et al.*, 2009). En el neotrópico de manera natural, se encuentran los géneros *Ampelocissus* Planch, *Ampelopsis* Michx, *Cissus* L. y *Vitis* L. Estos dos últimos se encuentran presentes en Sudamérica (Lombardi, 2007). *Cissus* es el género con mayor cantidad de especies dentro de las Vitáceas (350 aproximadamente), las que se encuentran distribuidas en África, América, el Sur de Asia, Australia y Papuasias (Mabberley, 1987).

2.2 Género *Vitis*.

Las especies del género *Vitis* se distribuyen principalmente en las zonas templadas del hemisferio norte, entre América del Norte y el este de Asia, pero algunas de ellas se localizan en zonas subtropicales (*V. caribae* DC. y *V. lanata* Roxb). Sólo la especie *V. vinifera* tiene su origen en Eurasia. Este género está dividido en dos secciones o subgéneros: *Euvitis* Planch y *Muscadinia* Planch. En el subgénero *Euvitis*. se distinguen tres grupos: las procedentes de América del Norte, que son resistentes a la filoxera y se utilizan fundamentalmente para la producción de portainjertos (*Vitis riparia* Michx, *Vitis rupestris* Scheele, *Vitis berlandieri* Planch, *Vitis cordifolia* (Lam.) Mich, *Vitis labrusca* L., *Vitis candicans* Engelm y *Vitis cinerea* Engelm), y las cultivadas en Europa y en Asia occidental, donde una única especie presenta grandes cualidades para la producción de

vino, *V. vinifera*, sensible a filoxera y enfermedades criptogámicas. Por su parte el subgénero *Muscadinia* está compuesto por hasta tres taxones norteamericanos *V. rotundifolia* Michx., *V. munsoniana* Planch. y *V. popenoei* Fennel (Moore, 1991).

Se ha indicado que el género *Vitis* es de taxonomía complicada, pues en muchos casos la amplitud de la variación morfológica de las especies y los límites entre las mismas no son fáciles de definir. Los componentes mexicanos de *Vitis* están pendientes de una revisión profunda y detallada (Rzedowski y Calderón, 2005).

2.3 La vid silvestre

Recientes estudios moleculares han sugerido que *V. vinifera sylvestris*, es “hermana” de las vides silvestres asiáticas, y que la diversificación en general de las vides silvestres ha pasado por un proceso complejo que surge en la época terciaria y cuaternaria, involucrando factores geográficos y climáticos (Zecca *et al.*, 2012). Desde hace algunos años es posible notar un alto grado de erosión genética, con la consiguiente pérdida de diversidad en las vides. Se ha indicado que en Francia solo se propagan ciento treinta y tres cultivares de vid para vino, y veintiocho de ellas representan más del 90 % de las plantas injertadas (Boursiquot, 2000).

Para el caso particular de *V. vinifera sylvestris*, se señala que además del uso generalizado de portainjertos americanos; en sitios donde crece naturalmente se ha observado la invasión de la viña virgen (*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch.), una vitácea introducida que está colonizando espacios desde Polonia hasta Portugal (Ocete *et al.*, 2011), lo cual puede limitar sus poblaciones naturales.

Por otro lado, durante mucho tiempo las vides silvestres de origen americano han tenido un papel poco importante en la viticultura. No fue sino hasta la invasión de filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch), un insecto que daña las raíces, ocurrida en Europa en 1860, que recobraron su importancia, ya que muchas de las especies norteamericanas que resultaron resistentes a dicha plaga fueron empleadas como portainjerto para replantar viñedos europeos (Anónimo, 1973). Inicialmente se injertó sobre *V. labrusca*, pero posteriormente se observó que *V. riparia* y *V. rupestris* presentaban mayor resistencia a filoxera (Ayala, 2001). El empleo potencial de las especies silvestres en programas de mejora varietal, resalta la importancia de salvaguardar el mayor número de ejemplares silvestres y de cultivos tradicionales (Ocete *et al.*, 2004).

2.4 Las vides silvestres en México

En México se ha reportado la presencia de 13 especies de vides, *V. arizonica* Engelm, *V. biformis* Rose, *V. cinerea*, *V. tilifolia* Humb & Bonpl, *V. berlandieri* Planch., *V. bourgaeana* Planch., *V. caribaea*, *V. indica* Shwartz, *V. popenoei*, *V. latifolia* Humb & Bonpl., *V. rotundifolia*, *V. peninsularis* Jones y *V. blancoi* Munson (Anónimo, 1973). Debido a la riqueza de especies del género *Vitis*, no es de extrañar que México ha sido visitado por investigadores de otros países, quienes han colectado diversos ejemplares con el fin de incorporarlas a sus bancos de germoplasma y programas de mejoramiento genético (Franco y Cruz, 2012).

Esta riqueza de biodiversidad no ha sido suficientemente estudiada y prueba de ello es que tan solo a finales de los años ochenta del siglo veinte, un investigador estadounidense descubrió y clasificó *V. nesbeetiana* Comeaux, una nueva especie originaria de Veracruz

(Comeaux, 1987) y posteriormente logró la identificación de *V. bloodworthiana* Comeaux y *V. jaegeriana* Comeaux (Comeaux, 1991).

2.4.1 Caracterización

Una forma de conservar el patrimonio fitogenético es detectarlo, estudiarlo, llevando a cabo su caracterización sistemática que permita identificarlo de modo preciso y conservarlo en bancos de germoplasma para su futura utilización en programas de mejoramiento genético o en reintroducciones (Cruz, 2007; Franco-Mora *et al.*, 2008). En plantas del género *Vitis* es de suma importancia la caracterización, el descriptor para vid del International Plant Genetic Resource Institute (IPGRI) (IPGRI *et al.*, 1997) es el más empleado a nivel internacional para evaluar el germoplasma de *Vitis*.

2.4.1.1 Morfología

Sistema radical

El aspecto externo varía según la vid proceda de semilla o estaca. Las procedentes de semillas son pivotantes, con raíz principal y raíces secundarias; posteriormente aparecen raíces adventicias del tronco de la planta; las de estaca son fasciculadas y tienen la particularidad de poder sacar raíces de cada nudo. La longitud y grosor varían de acuerdo con la clase de suelo y especie. La resistencia a la filoxera se da en función de la estructura de la raíz, siendo más resistentes aquellas raíces delgadas y con pocos radios medulares (Larrea, 1981).

Tallo

Posee un tronco retorcido más o menos oscuro que funciona como tallo principal, el cual puede llegar a ser muy grueso (Larrea, 1981); de él salen los tallos secundarios, que llegan a alcanzar alturas de hasta veinte metros y ramas de hasta un centímetro de diámetro, ambos están cubiertos densamente por lenticelas (Rzedowski y Calderón, 2005). La corteza es más rugosa cuando más edad tiene, y de color castaño según la especie, edad de la planta, suelo y clima. Las ramas más jóvenes presentan un color variado, verde por lo general, aunque pueden pintarse con tonalidades amarillentas o rojizas, con o sin vellosidades (Larrea, 1981).

Hojas

Las hojas de las vides ocupan posiciones opuestas en las ramas y tienen márgenes dentados o aserrados y lóbulos que se traslapan a menudo (Rzedowski y Calderón, 2005); pueden además variar en forma y tamaño, dependiendo de la especie (Reynier, 2002). En 29 accesiones de vid silvestre del estado de Puebla el área foliar en expansión varió de 242 a 53 mm²; mientras que la relación peso por área de hoja se encontró entre 0.011 a 0.013 g mm² (Ocaña, 2009).

El peciolo, por su parte, puede llegar a medir hasta siete centímetros de largo (Rzedowski y Calderón, 2005). La forma del limbo puede ser cordiforme, cuneiforme, orbicular, reniforme o truncada, y se pueden distinguir las dos caras del mismo: la superior o haz es más oscura, más brillante y con menos pubescencia, a veces nula, que el envés (Larrea, 1981).

Al caracterizar quince ecotipos de *Vitis* spp. nativos de tres regiones representativas del estado de Puebla, denominadas Tezuitlán, Atlixco y Tehuacán, entre las cuales no se encontró ninguna *V. vinifera*, se observó que al menos 50 % de dichas plantas presentaba hojas con pigmentación por antocianinas, con algunas de ellas alcanzando coloraciones altas, particularmente las colectadas en la región de Tezuitlán. El número de lóbulos por hoja fue de cero, tres o cinco (Franco- Mora *et al.*, 2008).

Zarcillos

Este órgano actúa como un fijador gracias a su intensa excitabilidad de contacto. Son típicamente filiformes y se caracterizan por su capacidad para rodear los soportes y de este modo fijarse a ellos. Se disponen en posición opuesta cada dos o tres hojas sucesivas (Ocete *et al.*, 2004). Pueden definirse como órganos de sujeción de la parte aérea de la planta y se encuentran en los nudos de los sarmientos (Larrea, 1981). Pueden ser de dos tipos, zarcillos simples sin ramificarse, o zarcillos bifurcados (Rzedowski y Calderón, 2005).

Flores

Las flores son pequeñas y se encuentran agregadas en inflorescencias (Álvarez y Fernández, 2000); forman racimos compuestos colocados en forma opuesta a las hojas, con uno o más escapos y de forma variable (Larrea, 1981). Son pentámeras; es decir, están formadas por cinco piezas (Rzedowski y Calderón, 2005). Para el caso de *V. vinifera sylvestris*, se ha indicado que las plantas masculinas presentan flor masculina pura, en tanto que los ejemplares femeninos exhiben una flor femenina con estambres reflejos (Ocete *et al.*, 2011).

Fruto

El fruto se encuentra agrupado en infrutescencias denominadas racimos. Se trata de una baya de forma esférica o ligeramente alargada, de tamaño y color variable y sin olor definido (Larrea, 1981); cada fruto posee de dos a cuatro semillas (Álvarez y Fernández, 2000). A su vez, la cáscara está constituida por una fina recubierta de una capa cerosa (Reynier, 2002). *V. bloodworthiana*, *V. jaegeriana*, *V. rotundifolia*, *V. munsoniana* y *V. monticola* Buckl. Presentan frutos con lenticelas a diferencia del resto de las vides norteamericanas, aunque algunos frutos de *V. arizonica*. Llegan a mostrar lenticelas poco desarrolladas (Comeaux, 1991).

El sabor del fruto es dulce o ácido (Álvarez y Fernández, 2000) con predominio del ácido para las vides silvestres americanas. La pulpa está constituida por dos segmentos: el más cercano a la cáscara se compone de células redondas o alargadas en el sentido de los radios de la esfera, y al inferior lo forman las células alargadas perpendiculares a esa dirección (Larrea, 1981).

Los frutos de las vides silvestres mexicanas, entre ellas *V. cinerea*, *V. arizonica*, *V. berlandieri* y *V. rupestris*, generalmente son pequeños y pesan menos de un gramo (Shiraishi y Shiraishi, 1997; Aguirre, 2011). En Temascaltepec, Estado de México, y bajo condiciones silvestres, se ha observado que transcurren cien días de flor a maduración del fruto de *Vitis* spp.; presentando crecimiento simple sigmoide (Aguirre, 2011).

Semilla

Las semillas son de forma redondeada por un lado y aplastada por el otro, terminando en punta. La parte redondeada muestra un surco ventral y la plana tiene dos a manera de cavidades. Presenta cubierta muy dura y debajo se encuentra una fina membrana sobre abundante albumen, que contiene un embrión con dos cotiledones. Su facultad germinativa dura aproximadamente tres años y tardan en germinar alrededor de cincuenta días (Larrea, 1981).

En promedio, los frutos de *Vitis* del sur del Estado de México poseen 2.6 semillas por fruto, con dimensiones de 0.5 cm de altura y 0.4 cm de ancho, con un peso de 0.02 a 0.05 g (Aguirre, 2011). Para *V. jaegeriana* el tamaño de las semillas es de 0.3 a 0.5 cm de ancho y 0.4 a 0.5 cm de largo (Comeaux, 1991). Las semillas de *V. nesbittiana* son ligeramente más grandes, 0.3 a 0.45 cm de ancho y 0.35 a 0.6 cm de largo (Comeaux, 1987).

Por otro lado, se ha generado escasa información sobre la viabilidad de las semillas de especies no cultivadas de vid. En *V. cineraea* nativa de Temascaltepec y San Simón de Guerrero, en el sur del estado de México, la viabilidad de la semillas es mayor al 80 %, después de dos años de colecta y bajo almacenamiento a temperaturas de alrededor de 15 a 22 °C (Franco Mora *et al.*, 2012)

Las semillas de uva corresponden aproximadamente 6% del peso total de la uva y están compuestas principalmente de agua (25-45%), compuestos glucídicos (34-36%), taninos (4-10%), compuestos nitrogenados (4-6.5%), minerales (2-4%), y lípidos (13-20%) (Zúñiga, 2005; Beveridge *et al.*, 2005). Las semillas contienen además 7% de fenoles complejos y 40% de fibra (Meyer y Hernández, 1970).

Aceite

El aceite de semilla de uva se caracteriza por un ligero sabor, con toques frutales, alta digestibilidad, alto contenido de tocoferoles (vitamina E) bajo contenido en ácidos grasos saturados y elevado contenido de ácidos grasos insaturados, como el ácido linoleico, el cual participa en la síntesis de prostanglandinas, que son sustancias necesarias para reducir la agregación de las plaquetas y cualquier tipo de inflamación (Dos Santos *et al.*, 2008; Matthäus, 2008; Pardo *et al.*, 2009; Fernandes *et al.*, 2013). Además contiene altas cantidades de taninos 1000 veces mayor que otros aceites de semillas de otras frutas (Palma *et al.*, 1999).

Se ha determinado que la semilla de uva silvestre contiene aproximadamente 16.7% de aceite, el perfil de ácidos grasos de dicho aceite reportó la presencia de ácido linoleico, oleico, palmítico y esteárico, con contenidos promedio de 71.5, 17.2, 6.6 y 4.3%, respectivamente. Respecto al contenido de ácidos grasos insaturados (88.7%) en el aceite de vid silvestre, parece explicar el bajo índice de yodo (57.9 g/100 g) e índice de saponificación (170.7 mg/g); así como el alto índice de peróxidos (30 mEq/kg) del aceite. Sin embargo, ese mismo grado de insaturación no concordó con el alto punto de humeo observado (211 °C), lo cual puede ser explicado por la presencia de 11 %, aproximado, de ácidos grasos saturados i.e. ácido palmítico y ácido esteárico (Franco-Mora *et al.*, 2015).

Dentro de los polifenoles presentes en la semilla de uva, los taninos condensados son antioxidantes, atrapadores de radicales libres e inhibidores de la peroxidación lipídica. La procianidina, perteneciente a la clasificación del tanino condensado, también puede ser utilizada como principio activo en productos cosméticos que protegen del daño inducido por radicales libres. Dentro de los compuestos activos del aceite de la semilla de uva se

pueden encontrar abundantes polímeros derivados de catequina y epicatequina, denominados procianidinas (Bombardelli *et al.*, 1997).

La procianidina de semilla de uva, es captador de especies de oxígeno reactivo (EOR) generadas por la radiación ultravioleta, causante del daño celular y responsable del fotoenvejecimiento. Las EOR contribuyen al fotoenvejecimiento en la dermis a través de dos procesos: modificación de la expresión genética y oxidación de los constituyentes genéticos (Sánchez *et al.*, 2008). Las semillas de uva contienen otros antioxidantes además de los polifenoles, como los esteroides y los tocoferoles que potencializan la capacidad antioxidante, y su consumo puede ayudar a contrarrestar la acción de los radicales libres. En algunos países europeos ya se comercializa este tipo de aceite con propiedades similares a los del aceite de oliva (Martin *et al.*, 2012).

Desde hace algunos años, las semillas de *Vitis* han sido foco de interés debido al considerable contenido de compuestos fenólicos, este grupo de compuestos es conocido por tener actividad antioxidante con efectos positivos en enfermedades resultantes del estrés oxidativo. Recientes estudios han demostrado que tales compuestos fenólicos pueden ser responsables de la reducción en la incidencia de enfermedades coronarias. Para el caso del aceite de oliva, los beneficios de los compuestos fenólicos en la dieta mediterránea han sido descritos (Owen *et al.*, 2000) Por lo tanto, resulta obvio que la producción y consumo del aceite de semillas de vid podrían tener beneficios comparables al del aceite de oliva (Matthäus, 2008).

Las elevadas concentraciones de vitamina E en el aceite de uva, junto con niveles bajos de colesterol, contribuirían en la reducción del riesgo de desarrollar problemas cardíacos y

circulatorios comúnmente observados cuando se consumen aceites más saturados (Palma *et al.*, 1999). Estudios recientes indican que extractos acuosos preparados de semillas de uva pueden tener actividad antibacterial y antioxidante (Torres *et al.*, 2002), además el aceite de vid ha emergido como un producto con potencial en aplicaciones farmacéuticas y alimenticias, en países como Italia, España y Francia, por lo tanto la posibilidad de uso de las semillas de vid es prometedora (Crews *et al.*, 2005).

2.4.3. Ambiente

2.4.3.1. Altitud

En México, las vides silvestres se ubican desde 120 hasta 2540 msnm; en los estados de México, Morelos, Puebla, Veracruz y Tabasco. Reportes de herbario indican, que con respecto a la altitud, las especies mejor adaptadas al territorio de México son *V. berlandieri*, *V. bourgaeana*, *V. cinerea* y *V. tilifolia* (Franco *et al.*, 2012).

2.4.3.2 Clima

En cinco estados de la República Mexicana las vides silvestres se desarrollan en cuatro climas principales: templados, cálidos, semisecos y secos, en sus distintas variantes (Franco *et al.*, 2012). La temperatura media de las regiones en donde naturalmente crecen vides, especialmente las del centro-sur de la República, varían de 14 °C en los climas templados de Tezuitlán, Pueblas y partes altas de Temascaltepec, Edo. De México; hasta los 26 °C en los climas cálidos de San Antonio Cañada, Puebla y Cárdenas, Tabasco (Franco *et al.*, 2012).

2.4.3.3. Suelo y fisiografía

Las vides arraigan en diversos tipos de suelo, como andosol húmico, regosol éutrico, litosol, feozem háplico y redzinas, entre otros (Cortés, 2007; Luna, 2007). Y crecen en cinco unidades fisiográficas: sierra, depresión, lomerío, meseta y valle (Cortés, 2007; Luna, 2007; Rodríguez, 2007; Cruz-Castillo *et al.*, 2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio de estudio

La cosecha de frutos de las accesiones de *Vitis* spp., E-15, E-9, E-201 y E-200, originarias, respectivamente, de los municipios de Temascaltepec y Tejupilco, Estado de México; P-78, P-180 y P-178, (Hueytamalco), P-53, P-57, P-60, y P-63 (San Antonio Cañada), P-86 (Cuetzalan), P-28 (Chapulco), P-64 (Juan N. Méndez); P-41, P-47, P-45, P-18 (Tezuitlán), P-106 (Zacapoaxtla), P-130 (Tepejouma), del estado de Puebla y Mo-45 y Mo-46 de Cuernavaca, estado de Morelos, se llevó a cabo durante los años 2013, 2014 y 2015 en el banco *ex situ* de germoplasma ubicado en el poblado de “La Cruz” en el municipio de Zumpahuacán entre los paralelos 99° 27' 51" y 99° 37' 32" de longitud oeste, 18° 41' 35" y 18° 55' 22" latitud norte, a 1934 m de altitud, en una región en donde el clima es del tipo (A) C (m) (f) y presenta temperatura anual media de 18.2°C, 1055 mm de precipitación y 1706 mm de evaporación anual (García, 1988).

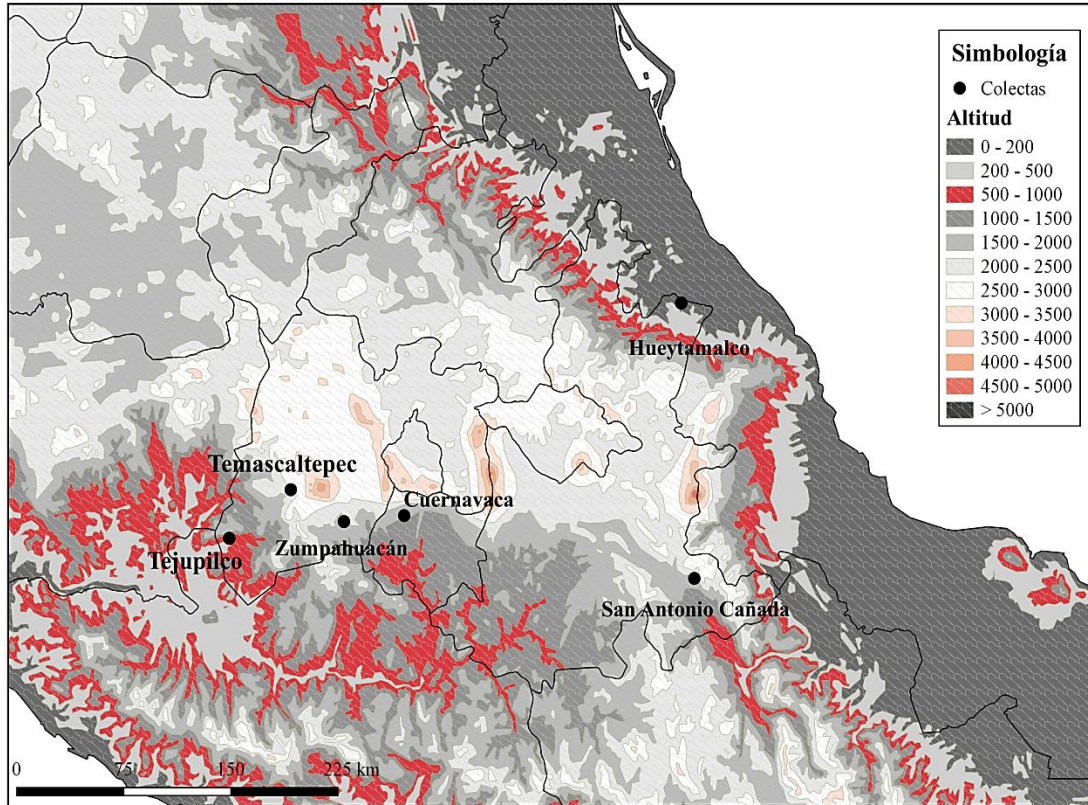


Fig.1. Altitud de sitios de origen y colecta de ocho accesiones de *Vitis* creciendo *ex situ* en Zumpahuacán, Estado de México.

3.2 Análisis de calidad del fruto

Posterior a la cosecha, los frutos se trasladaron de inmediato al laboratorio de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM (Toluca, México) y se seleccionaron 50 frutos y a los mismos se les determinó peso y tamaño (ancho y largo) y se contaron el número de semillas por fruto. Además, en 10 frutos de cada accesión por año, se determinó el contenido de SST; los frutos se sometieron individualmente a presión manual para obtener gotas de jugo que se colocaron en el lector óptico de un refractómetro

digital portátil, el resultado se expresó como porcentaje de sólidos solubles totales (°B) (Franco-Mora *et al.*, 2012).

Al término de los tres años de estudio se observó que accesiones fructificaron en los tres años para realizar un análisis estadístico bifactorial (Año x Accesoión) para observar su estabilidad en peso y dulzor.

En el año 2015, la producción llegó a ser estable por lo que se registró la producción de aquellas vides con mayor peso de uvas.

3.3. Datos climatológicos

Se consultaron los rangos de precipitación y temperatura de los tres años de cosecha del sitio donde se ubica el banco de germoplasma, los datos se obtuvieron a través del Sistema Meteorológico Nacional (Sistema Meteorológico Nacional, 2015).

Posteriormente, se calculó la temperatura media presente en los tres meses anteriores a la cosecha de los frutos particularmente de las ocho accesiones que fructificaron los tres años continuos. Esto debido a que para las vides mexicanas, y particularmente en el sur del estado de México, de flor a cosecha de fruto se tienen aproximadamente 100 días (Aguirre *et al.*, 2012). Así, se graficó el contenido de sólidos solubles totales en función de la temperatura promedio de los tres meses anteriores a la cosecha.

3.4 Obtención de aceite

Previo a la extracción del aceite, las semillas de las accesiones con mayor producción de frutos se separaron de la pulpa, se lavaron y fueron puestas a secar a temperatura ambiente. Cuando el secado fue uniforme se molieron hasta obtener un polvo fino. La extracción se

llevó a cabo a partir de 10 g de semilla, utilizando la técnica soxhlet, empleando como solvente hexano y un tiempo de extracción de cuatro horas. El extracto se concentró en rotavapor, el aceite obtenido se depositó en frascos ámbar y se mantuvieron en refrigeración para su posterior análisis (CODEX STAN 210-1999).

3.4.1 Determinación de ácidos grasos

En un cromatógrafo de gases Agilent 6890, equipado con una columna capilar SP2560 75m x 0.18mm. Se ajustó la temperatura del inyector a 250 °C, FID a 205 °C. Se utilizó como gas de arrastre, nitrógeno (N₂) y un flujo de 1.6 mL/min. El gradiente de temperatura fue de 140 °C (5 min), con una rampa de calentamiento de 4 °C/min hasta 240 °C (2 min). Se inyectó 1 µL de muestra y bajo las mismas condiciones se inyectaron los patrones de ésteres de los ácidos grasos. La composición de los ácidos grasos del aceite se obtuvo por medio de las áreas bajo la curva correspondientes a cada éster (AOCS, 2009).

3.4.2 Medición de polifenoles

Se llevó a cabo la metodología propuesta por Bail *et al.* (2008) con las siguientes modificaciones: se pesó 0.5 g del aceite obtenido y se adicionaron 6 mL de una solución de metanol: agua (90:10), la mezcla se agitó durante 4 min en el vortex, y posteriormente, se centrifugó durante 5 min a 3000 rpm. El sobrenadante metanólico, conteniendo el extracto polifenólico, se separó y el residuo se descartó, los extractos fueron almacenados en frascos ámbar y mantenidos en refrigeración.

La determinación de fenoles totales se llevó a cabo con el método de Folin y Ciocalteu, (Makkar *et al.*, 2007). A 50 μL del sobrenadante metanólico se agregaron 500 μL de agua destilada, 250 μL del reactivo Folin-Ciocalteu y 1.25 mL de carbonato de sodio al 20%. La solución se incubó a temperatura ambiente por 40 min y se leyó la absorbancia a 725 nm en un espectrofotómetro UV/VIS. La cuantificación se hizo con una curva patrón de ácido gálico y se reportó la concentración como microgramos de equivalentes de ácido gálico ($\mu\text{g EAG g}^{-1}$).

3.4.3. Capacidad antioxidante

De acuerdo a Kim *et al.* (2002), se tomaron 0.7 mL del extracto polifenólico de cada muestra de aceite y se le adicionó 2 mL de la disolución de DPPH 0.1 mM. La mezcla se homogenizó y se mantuvo en la oscuridad. Las medidas de absorbancia a 517 nm se realizaron antes de añadir la muestra y transcurridos 15, 30 y 60 min. Se determinó el tiempo en que la concentración de DPPH se reduce a la mitad (IC50), que es la concentración inhibitoria media, es decir, la concentración de compuestos antioxidantes que es capaz de inhibir 50 % del radical DPPH y el porcentaje de inhibición a los 15, 30 y 60 minutos. La concentración de DPPH en el medio de reacción se calculó a partir de una curva de calibrado obtenida por regresión lineal. La actividad antioxidante se expresó como porcentaje de inhibición lo cual corresponde a la cantidad de radical DPPH neutralizado por el extracto a una determinada concentración, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Inhibición (\%)} = \frac{A - A_1}{A} (100)$$

Donde A es la absorbancia del blanco, y A1 es la absorbancia de la muestra

4. RESULTADOS

Los resultados de este trabajo se resumen en tres documentos

- a) Sabás-Chávez C. C., Franco-Mora O., Rubí-Arriaga J. R., Castañeda-Vildózola A. 2016. Tamaño y dulzor del fruto de ocho accesiones de *Vitis* spp. en tres años continuos. Publicado en: Revista Electrónica NovaScientia 8: 233-248. Revista incluida en el Índice CONACYT de Revistas Científicas.
- b) Sabás-Chávez C. C., Franco-Mora, O., Castañeda-Vildózola, A., Sánchez-Pale, J. R., Cruz-Castillo, J. G. An approach to the model for conservation of Central Mexico native grapevines. Actualmente en revisión en la revista Tree Genetics and Genome, incluida en el Índice JCR.
- c) Capítulo 4.3 de la presente tesis, incluyendo la caracterización del aceite de semilla de vid silvestre.

4.1 Tamaño y dulzor del fruto de ocho accesiones de *Vitis* spp. en tres años continuos.

Sabás-Chávez, C. *et al.*



Revista Electrónica Nova Scientia

Tamaño y dulzor del fruto de ocho accesiones
de *Vitis* spp. en tres años continuos
Berry size and sweetness during three years in
eight accessions of *Vitis* spp.

Cecilia Carolina Sabás-Chávez¹, Omar Franco-Mora¹,
Martín Rubí-Arriaga², Jesús Ricardo Sánchez-Pale² y Álvaro
Castañeda-Vildózola²

¹ Laboratorio de Horticultura, Facultad de Ciencias Agrícolas,
Universidad Autónoma del Estado de México

² Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México

México

Omar Franco-Mora. Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario El Cerrillo.
ofrancom@uaemex.mx

© Universidad De La Salle Bajío (México)



Resumen

México es uno de los centros de origen del género *Vitis*. Actualmente, en el banco de germoplasma de Zumpahuacán, México, se cuenta con más de 70 accesiones de *Vitis* de los estados de México, Puebla y Morelos. Para la conservación, selección y mejoramiento de las plantas de este género, es necesaria la caracterización de los diferentes parámetros de calidad. El objetivo de este trabajo fue determinar el tamaño y dulzor de bayas de las accesiones silvestres de *Vitis* spp., denominadas E-15, E-9, E-201 y E-200 (Estado de México); P-57, P-178 y P-180 (Puebla) y Mo-45 (Morelos) durante tres años continuos (2013-2015) en Zumpahuacán, México. En cada ciclo anual, se seleccionaron las 50 bayas más grandes de cada accesión y se determinó peso, largo y ancho del fruto, número de semillas por fruto y contenido de sólidos solubles totales (SST). Se cuantificó la temperatura promedio durante los tres meses anteriores a la cosecha para determinar algún efecto de este factor en el dulzor del fruto. El peso, (ancho y largo) del fruto, así como su contenido de SST y número de semillas variaron ($P < 0.05$) entre accesiones y años de estudio. Sin embargo, durante los años de estudio, el número de semillas por fruto fue constante en cuatro de las ocho accesiones. En promedio, los frutos de E-200 y Mo-45 pesaron más de 0.5 g; mientras que las bayas de P-57, que fueron las más grandes ($P < 0.05$), prácticamente alcanzaron un gramo de peso. Los frutos de las 5 accesiones restantes no superaron 0.5 g de peso por fruto; concordando con lo reportado para especies de origen Americano. El contenido de SST promedio varió de 11 a 17°B durante los tres años. Cuando se presentó la temperatura más baja durante el desarrollo de los frutos, en cinco de las ocho accesiones, se obtuvo el menor contenido de SST.

Palabras Clave: Parámetros de calidad, bayas silvestres, recurso fitogenético, Vitaceae.

Abstract

Mexico is one of the centers of origin of the genus *Vitis*. Nowadays, in the germplasm bank of Zumpahuacán, México, there are growing more than 70 *Vitis* accessions; they are native of the States of México, Puebla and Morelos. It is known that for conservation, selection and breeding of the genus *Vitis*, it is necessary to characterize each of the plant quality components. The objective of present work was to determine the size and sweetness of berries of accessions E-15, E-9, E-201 and E-200 (State of México); P-57, P-178 and P-180 (Puebla); and Mo-45 (Morelos) in three continuous seasons under Zumpahuacán environmental conditions. In each season, we selected the higher 50 berries from each accession and it was determined their weight, height and width, number of seeds per fruit and the content of total soluble solids (TSS). The average temperature in the three months previous to harvest was calculated in order to determine the effect of this factor in berry sweetness. Fruit weight, width and height as well as TSS and number of seeds per fruit were different ($P < 0.05$) along the years of study and among accessions. However, during the three years, the number of seeds per fruit was constant in four of the eight accessions. The three-year average for berries weight average indicates that fruits of accessions E-200 and Mo-45 were over 0.5 g each, whereas the fruit of accession P-57 were the heaviest ($P < 0.05$) with 0.96 g. TSS average content of the three years was between 11 and 17 °B. In five of the eight accessions, the lower TSS content was determined in the season with the lower temperature present at fruit development.

Keywords: Quality parameter, plant genetic resource, Vitaceae, wild berry.

Introducción

El género *Vitis*, que incluye más de 60 especies, es originario del hemisferio norte (Norteamérica, Europa y Asia) (Zecca *et al.*, 2012, 736). En México es uno de los centros de origen de la vid silvestre (*Vitis* spp.); de acuerdo a la revisión de ejemplares de *Vitis* en seis herbarios del país, se conoce de la presencia de 18 especies, distribuidas en al menos 15 estados de la República. Información reciente indica que las vides silvestres crecen de manera natural en altitudes desde 10 m, por ejemplo en Paraíso, Tabasco, a 2540 m en San Lorenzo Chiautzingo, Puebla; conviviendo con la vegetación y fauna propia de diferentes tipos de bosques (Franco-Mora *et al.*, 2012, 47-47). En su ambiente natural, las lianas de vid son componente común en la sucesión temprana y media, e incluso pueden ser predominantes en la sucesión tardía y el dosel alto; por ello pueden incidir en la forma de los árboles y alterar la regeneración de bosques (Ladwig y Meiners, 2010, 103).

La principal importancia agronómica de las vides mexicanas es su resistencia o tolerancia al insecto filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*), responsable de la destrucción de la industria vitícola en Europa en los años 1860's (CONAFRUT, 1973, 7). Además, se ha determinado el potencial de resistencia de algunas especies i. e. *V. aestivalis* Michx., *V. cinerea* Engelm. y *V. rupestris* Scheele a los nematodos *Meloidogyne incognita* y *Xiphinema indez* (Van *et al.*, 2010, 165). Aunque no existe aprovechamiento sistemático de las vides silvestres en México, existen reportes de la elaboración de vino en Huitzuco, Guerrero y jaleas en Cd. Serdán, Puebla; en el sur del Estado de México las flores se consumen en platillos regionales; mientras que en zonas serranas del estado de Puebla prácticamente el total de la planta es empleada por moradores y vecinos de los bosques en donde crece la vid crece

naturalmente (Franco y Cruz, 2012, 26). Recientemente, se determinó que la calidad del aceite de semilla de vides silvestres es similar a la reportada para *V. vinifera* L., ello debido, principalmente, a contenidos similares de cuatro ácidos grasos (Franco-Mora *et al.*, 2015, 277).

La destrucción de los bosques, el cambio de uso de suelo y el uso primordial de *V. vinifera* en la viticultura mundial, son amenazas para las diferentes especies de este género. Particularmente, Rzedowski y Calderón (2005, 23) indicaron que *V. popenoei* Fennell es una especie que se encuentra en peligro de extinción en México. Una forma de conservar este patrimonio fitogenético es detectarlo, estudiarlo, llevando a cabo su caracterización sistemática que permita identificarlo de modo preciso y conservarlo en bancos de germoplasma para su futura utilización en programas de mejoramiento genético o en reintroducciones (Cruz, 2007, 228; Franco-Mora *et al.*, 2008,1992). La diversidad de los caracteres morfológicos constituye la espina dorsal de los estudios sobre la diversidad genética en cualquiera de sus niveles. En el caso de las especies cultivadas, este tipo de información ha sido ampliamente utilizada para discriminar entre materiales procedentes de distintas regiones geográficas y ha permitido el manejo más eficiente de los bancos de germoplasma en los grandes centros internacionales (Vargas *et al.*, 2003, 707).

A la fecha, se han reportado estudios de caracterización morfológica *in situ* para frutos de vides mexicanas. El tamaño y el contenido de sólidos solubles totales (SST) de frutos de *V. cinerea*, creciendo de manera natural en montañas del sur del estado de México, varió estadísticamente de un año a otro (de 2008 a 2010) indicando la respuesta de la planta a las condiciones ambientales (Franco-Mora *et al.*, 2012, 1902). A la fecha, no existen estudios

de frutos de vid obtenidos en bancos de germoplasma del país. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue evaluar el tamaño del fruto y el dulzor de ocho accesiones de vid silvestre creciendo *ex situ* en Zumpahuacán, México, durante tres años continuos.

Método

En Zumpahuacán, México, en los años 2013, 2014 y 2015 se cosecharon los frutos de ocho accesiones de *Vitis*, originarias de los municipios de Temascaltepec (E-15 y E-9) y Tejupilco (E-200 y E-201) en el Estado de México; Hueytamalco (P-180 y P-178) y San Antonio Cañada (P-57), en el estado de Puebla y Cuernavaca (Mo-45), estado de Morelos (Figuras 1 y 2).

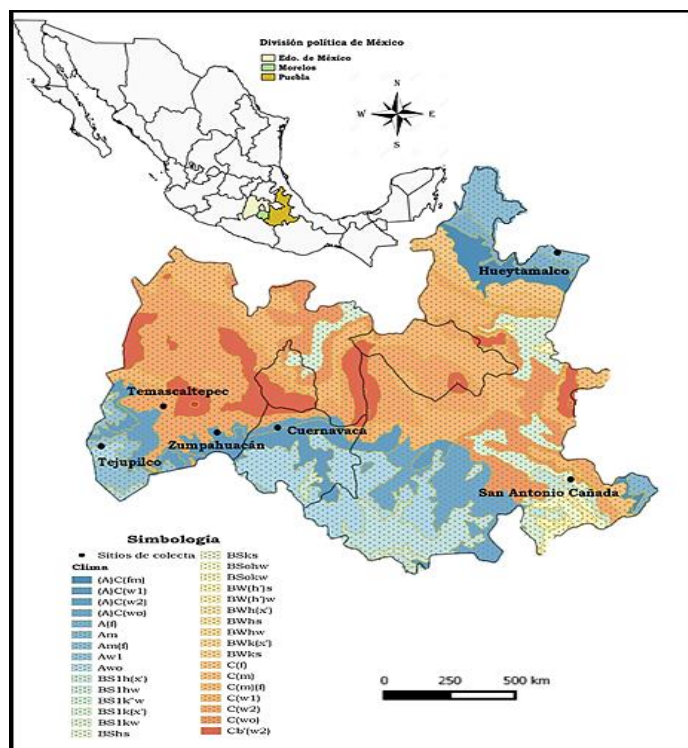


Figura 1. Clima del sitio de colecta de ocho accesiones de *Vitis* creciendo *ex situ* en Zumpahuacán, Estado de México.

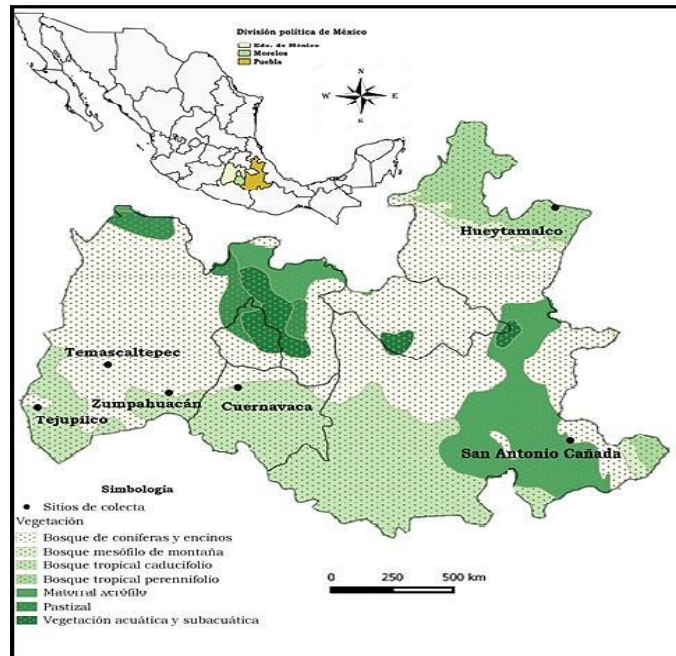


Figura 2. Tipos de vegetación del sitio de colecta de ocho accesiones de *Vitis* creciendo *ex situ* en Zumpahuacán, Estado de México.

El banco de germoplasma se ubica a 1934 m de altitud, en una región en donde el clima es tipo (A) C (m) (f), con temperatura anual media de 18.2°C, 1055 mm de precipitación y 1706 mm de evaporación anual (García, 1988, 23; Sistema Meteorológico Nacional, 2015). Los rangos de precipitación y temperatura de los tres años de cosecha del sitio donde se ubica el banco de germoplasma se obtuvieron a través del Sistema Meteorológico Nacional (Figura 3).

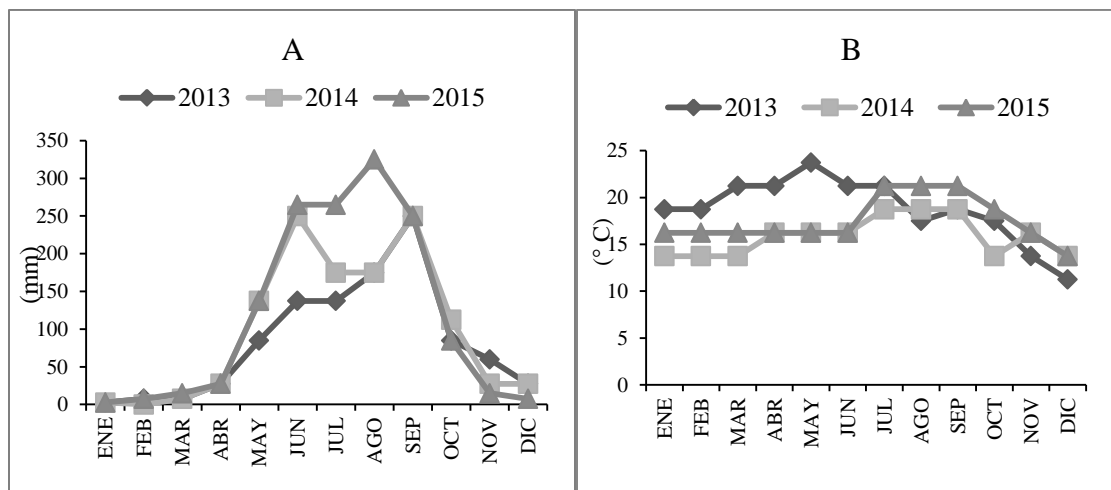


Figura 3. (A) Precipitación acumulada mensual y (B) temperaturas mensuales de tres años continuos en Zumpahuacán, México. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional (2015).

Una vez que los frutos alcanzaban el color de cáscara característico de cada accesión (púrpura, negro azulado), se realizó la cosecha y los frutos se trasladaron de inmediato al laboratorio de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM ubicado en la ciudad de Toluca, México, a 1.5 h aproximadamente. En el laboratorio el tamaño del fruto fue el criterio de selección, analizando los 50 frutos más grandes por cada accesión; a dichos frutos se les determinó peso, ancho y largo; posterior se contó el número de semillas por fruto. Además, en 10 frutos de cada accesión se determinó el contenido de sólidos solubles totales (SST); brevemente los frutos se sometieron individualmente a presión manual para obtener gotas de jugo que se colocaron en el lector óptico de un refractómetro digital portátil para obtener el contenido de SST, el resultado se expresó en grados Brix (° B) (Franco-Mora *et al.*, 2012, 1901).

Para cada una de las variables, se realizó un análisis de varianza con el programa estadístico SPSS versión 19.0 para un diseño completamente al azar con dos factores; accesiones (8) y años (3) y cuando el valor de F fue significativo, las medias se compararon con la prueba de Tukey al 0.05.

Posteriormente, se calculó la temperatura media presente en los tres meses anteriores a la cosecha de los frutos. Esto debido a que para las vides mexicanas, y particularmente en el sur del estado de México, de flor a cosecha de fruto se tienen aproximadamente 100 días (Aguirre *et al.*, 2012, 70). Así, se graficó el contenido de sólidos solubles totales en función de la temperatura promedio de los tres meses anteriores a la cosecha.

Resultados y Discusión

El análisis de varianza bifactorial indicó diferencia significativa ($p \leq 0.001$) en las cinco características del fruto evaluadas, tanto para accesiones como para años de evaluación (Tabla1). En *V. cinérea*, Franco-Mora *et al.* (2012, 1905), indicaron que la variación física y bioquímica de frutos de una misma planta en diferente año de cosecha se debe, principalmente a las condiciones ambientales de cada estación. En este trabajo, al ser vides originarias de cinco regiones climáticas diferentes, estas variaciones son explicadas inicialmente por la genética, además la influencia del ambiente de cada año de cosecha y la respuesta de la planta al ambiente. Se ha indicado que entre todos estos factores, es el genotipo el que explica primordialmente la variación en la composición del fruto (Conde *et al.*, 2007, 17).

Tabla 1. Valores de F para ocho accesiones de vid estudiadas en los años 2013, 2014 y 2015 en Zumpahuacán, Edo de México.

	g. l.	Peso (g)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Semillas (No.)	SST (°B)
Año	2	7.96***	35.345***	25.207***	22.65***	30.40***
Accesión	7	172.30***	116.483***	117.065***	38.40***	51.70***
Año x Accesión	14	79.49***	39.582***	17.417***	14.97***	15.76***
Error (CM)		0.01	0.442	0.381	0.262	2.05

Los datos son el promedio de tres años, por cada año las medias corresponden a 50 repeticiones, un fruto por repetición, excepto para sólidos solubles totales (SST) donde se tuvieron 10 repeticiones, 1 fruto por repetición. ***, significativo al 0.01.

De acuerdo a Shiraishi y Shiraishi (1997, 6), por el peso promedio obtenido durante los tres años en los frutos de las ocho accesiones del presente estudio, estos deben clasificarse como “muy pequeños”, ya que no superaron el peso de un gramo (figura 4). Dichos autores, han incluido como frutos “muy pequeños”, a las bayas de *V. arizonica* Engelm., *V. berlandieri* Planch., *V. longii* W. R. Prince & Prince y *V. rupestris* Scheele. En promedio de los tres años de estudio, los frutos de la accesión P-57, nativa de San Pedro Cañada, Puebla, fueron los más grandes, el peso individual promedió 0.96 g durante los tres años de estudio; mientras que los frutos de menor tamaño y peso (0.180 g) correspondieron a la accesión P-178, proveniente de Hueytamalco, Puebla.

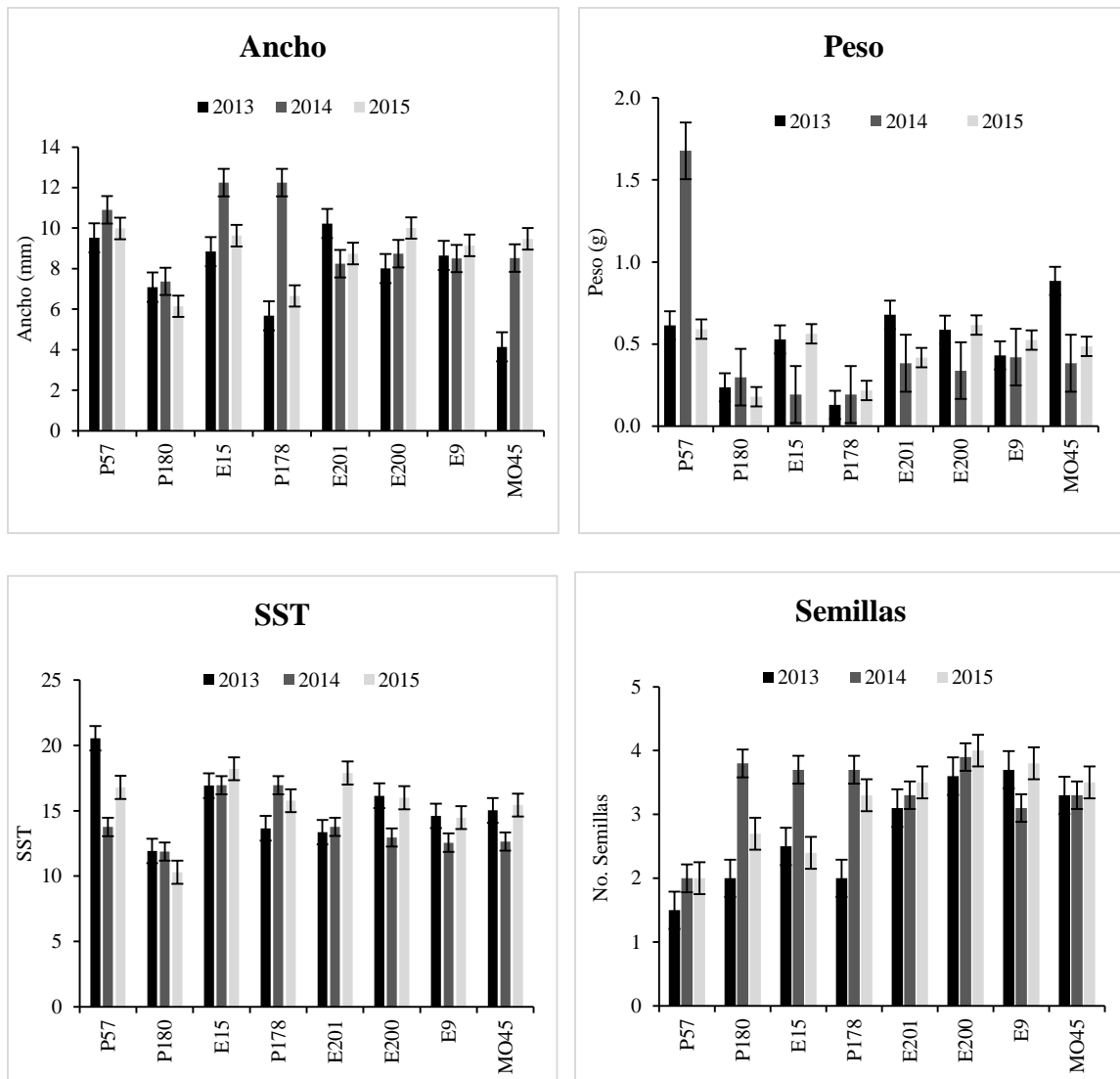


Figura 4. Ancho y peso del fruto, número de semillas por fruto y contenido de sólidos solubles totales (SST) en ocho accesiones de vid silvestre en tres años continuos de producción, creciendo *ex situ* en Zumpahuacán, México.

Existe clara diferencia entre el tamaño de baya de *V. vinifera* y las bayas de *Vitis* de origen mexicano seleccionadas para este estudio; ello en parte, se debe a que durante el proceso de selección y mejoramiento de *V. vinifera* se dio énfasis al tamaño del fruto, lo cual se refleja en la información genética de las uvas para mesa (Tello *et al.*, 2015, 2). Para el caso de las

vides silvestres de México, hasta nuestro conocimiento no ha existido un proceso de selección, mucho menos de hibridación y/o mejoramiento hacia el fruto, y sólo se reporta selección y mejoramiento para su uso como portainjertos (Van *et al.*, 2010, 165).

El peso de fruto de las vides E-09, P-178 y P-180 (promediando 0.46 g, 0.18 g y 0.24 g respectivamente) se mantuvo constante durante los tres años de estudio; sin embargo, en las cinco accesiones restantes, el fruto presentó variaciones anuales en su peso (Figura 4). En diversos estudios de *Vitis*, se ha encontrado que la estabilidad anual en el tamaño de fruto, puede estar relacionada a la adaptación del individuo a condiciones ambientales, incluido el estrés (Houel *et al.*, 2015, 2). Además aún y cuando el promedio que incluye a las 8 accesiones, 2013 fue el año con mayor peso de baya, este dato está muy influenciado por el peso de la accesión Mo-45 en dicho año, ya que para otras accesiones el mayor tamaño de fruto pudo darse en 2014 o 2015. Particularmente, los frutos de la accesión p-57 tuvieron el mayor peso, de todas las accesiones y de todos los años, en 2014; pero para esta accesión los pesos de 2013 y 2015 fueron claramente inferiores al peso de 2014; lo cual indica la posible presencia de un factor ambiental o genético- ambiental promotor del crecimiento del fruto en dicho año, particularmente para dicha accesión.

A nivel celular, el tamaño de la baya está más relacionado al largo de las células, que al número de las mismas (Fernandez *et al.*, 2006, 544). Además, las condiciones intrínsecas de la planta reaccionan de manera particular con cada uno de los factores ambientales y se generan los fenotipos observados. Durante su desarrollo, los frutos incrementan su tamaño y peso en función del aporte de nutrimentos y agua desde otras partes de la planta y el suelo. Además, tanto el peso, como el volumen, dependen de las condiciones climáticas

especialmente de la pluviosidad, o bien el riego, y de la temperatura que son los parámetros ambientales que más influyen en el contenido hídrico del fruto (San José y Rodríguez, 1995, 88; Houel *et al.*, 2015, 2). Por tanto, se infiere que en este trabajo, el efecto ambiental se manifiesta diferenciadamente para las accesiones en estudio.

Por otro lado, estudiando tres cultivares de *V. vinifera*, Ferrer *et al.* (2014, 109) determinaron que existe relación significativa entre el tamaño de la uva y el contenido de azúcar de la misma; situación parcialmente observada en el presente estudio, ya que la accesión P-57 presentó el mayor tamaño y uno de los valores más altos para SST, sin embargo, los frutos de E-15 no fueron de mayor tamaño, pero si presentaron mayores contenidos de SST (Figura 4). El mayor contenido de SST (20.55 °B) se presentó en la accesión P-57 para el año 2013; mientras que el menor contenido se determinó para la accesión P-180 en 2015. Para las ocho accesiones, el rango de los valores promedio de SST para los tres años fue de 11.4 a 17.0 °B, valores por debajo de lo reportado en frutos de *V. cinerea* (14.2 a 20.4° B) (Franco-Mora *et al.*, 2012, 1903). De acuerdo a la clasificación propuesta por Shiraishi and Shiraishi (1997, 9), las uvas de la accesión P-180 se clasifican en el nivel 1, por debajo de 12°B; tres accesiones del estado de México (E-201, E-200 y E-9), la de Morelos (Mo-45) y la P-178 de Puebla se ubican en el nivel 3, entre 12 a 16°B; mientras que en el nivel 5 se ubican las accesiones E-15 y P-57, entre 16.1 y 20°B. En el estudio *in situ* realizado en *V. cinerea* en el sur del estado de México, también se ubicaron plantas que producen bayas en las clasificaciones 1, 3 y 5 (Franco-Mora *et al.*, 2012, 1994).

En relación, exclusivamente al periodo de 3 meses durante los cuales ocurre el desarrollo del fruto de las diferentes accesiones, en el año 2014 se presentó la menor temperatura la

cual osciló entre 16.8 y 13.75°C y una precipitación de baja a moderada (de 7.5 mm a 250 mm). En dicho año se presentó, en 5 de las 8 accesiones, la menor concentración de SST, y en las tres accesiones restantes, el contenido fue igual al de los años 2013 y 2015 o bien, sólo superó el contenido de alguno de los dos años (Figuras 4 y 5). Estos resultados probablemente se deben al hecho de que la fecha de colecta de tres de los cinco frutos con contenidos bajos de SST se realizó en los meses de máxima precipitación (junio), es decir en periodos de menor temperatura e insolación. Se conoce que la precipitación puede modificar indirectamente la insolación y la temperatura por el efecto de la nubosidad sobre la radiación incidente. Además de la regulación de la fotosíntesis y fotomorfogénesis, la luz solar proporciona energía radiante que calienta la superficie de las plantas, por lo tanto la composición de la baya está influenciada directa (por la cantidad y calidad de luz) e indirectamente por la temperatura media (Bergqvist *et al.*, 2001, 6).

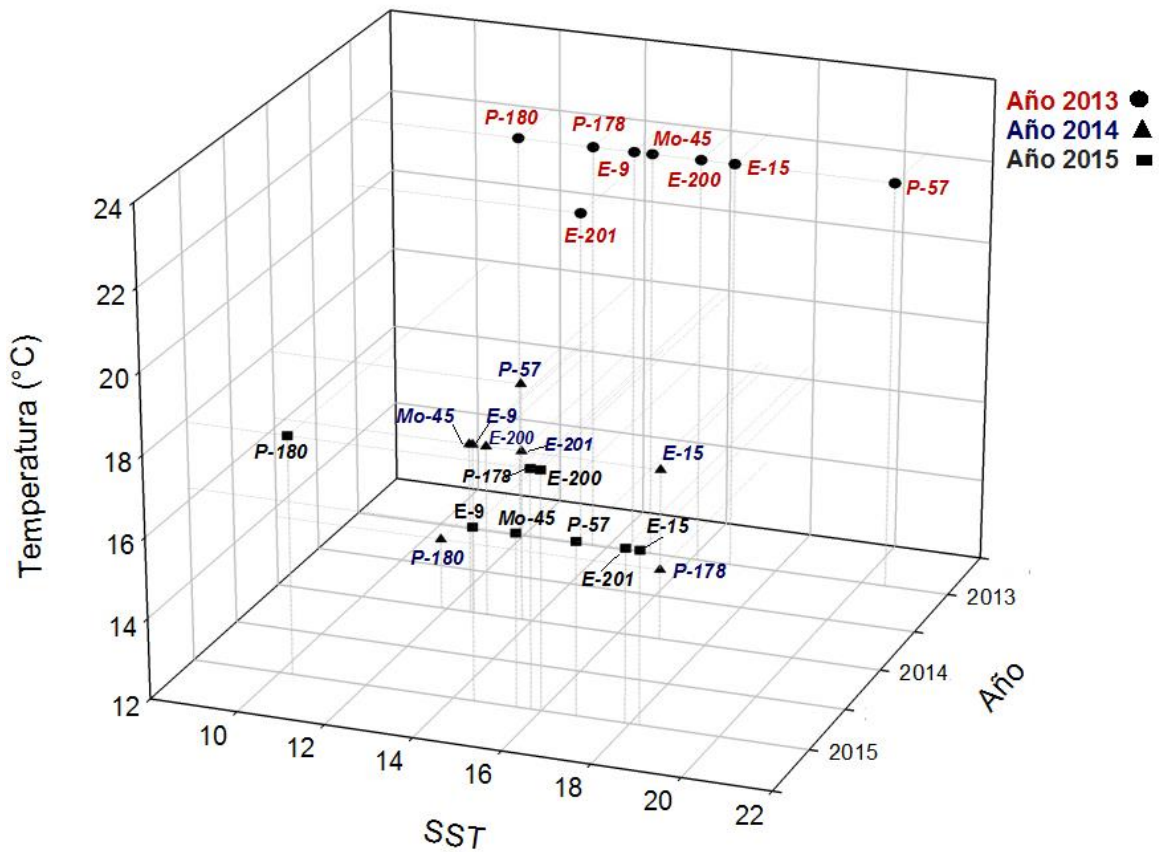


Figura 5. Temperatura promedio 100 días previos a colecta y contenido de SST de tres años continuos en Zumpahuacán México.

Se ha determinado que la composición de la uva varía en función de la temperatura a la cual se desarrolla; en ese sentido, la temperatura afecta notoriamente la maduración de la uva y la tasa de respiración, por lo que repercute sobre los sustratos (azúcares y ácidos orgánicos entre otros) utilizados durante este proceso. En algunas variedades de *V. vinifera* a menor temperatura diurna ocurre una mayor acumulación de sólidos solubles totales, mientras que en otras variedades sucede lo contrario, es decir, la temperatura influye de manera diferenciada en la acumulación de sólidos solubles (San José y

Rodríguez, 1995, 87). Se sabe que una marcada diferencia entre la temperatura diurna y la nocturna favorece una maduración lenta del fruto que lleva al desarrollo óptimo del color; además, Coombe (1986, 31) ejemplificó que temperaturas diurnas de 30°C y nocturnas de 10 °C se produce un contenido mayor de azúcares en comparación con noches más cálidas

En un trabajo realizado en Brasil, al comparar la calidad de uvas durante dos años, se observó que para el año con mayor temperatura, el rango de SST fue mayor, (de 14.7 a 22.3 °B), mientras que en el año con menor temperatura se observaron menores valores de SST (16 a 21°B) (Malinovski *et al.*, 2016, 208). En este trabajo, se consideró que, en al menos cinco de las ocho accesiones de vid silvestre del Centro de México, el contenido de SST es dependiente de la temperatura, y, dentro de parámetros fisiológicos, a mayor temperatura mayor contenido de SST, sin dejar de mencionar que existe respuesta particular del cultivar; en este caso, de la accesión, tal y como se ha demostrado en bayas de *V. vinifera* (Sadras *et al.*, 2013, 100).

El número de semillas por baya de las diferentes accesiones osciló entre 1.8 a 3.8 (Figura 4); pero, dentro de cada accesión, el número de semillas fue el valor menos variable dentro de las características evaluadas. En términos generales, se considera que la variación en las semillas es poco afectada por condiciones ambientales (Vargas *et al.*, 2003, 712). Aunque estadísticamente se reportaron diferencias, el número de semillas durante tres años en los frutos de ocho plantas de *V. cinerea* varió de 2.5 a 2.9 (Franco-Mora *et al.*, 2012, 1904). En vid se ha determinado que existe una correlación positiva entre el número de semillas y el tamaño del fruto (aprox. $r^2 = 0.6$; 0.001) (Ristic and Ilan, 2005). Sin embargo, para este

estudio, al ser genéticamente diferentes, la comparación entre las ocho accesiones en estudio no genera una correlación similar (Datos no mostrados).

Conclusiones

El peso, largo y ancho del fruto, número de semillas por fruto y contenido de SST fue diferente entre ocho accesiones de vid silvestre nativas del Centro de México, durante los tres años continuos de cosecha, creciendo en el banco de germoplasma de Zumpahuacán, México. Los resultados del peso obtenidos en los frutos estudiados de acuerdo a Shiraishi y Shiraishi, corresponden a la categoría de “muy pequeños”. La temperatura observada en el periodo de desarrollo de fruto afectó el contenido de SST. Así, en 2014, año con la menor temperatura promedio, los frutos de cinco accesiones presentaron el menor contenido de sólidos solubles totales en comparación a los otros dos años. De acuerdo al dulzor de la baya, los frutos de este estudio se clasifican en las categorías 1, 3 y 5 de Shiraishi y Shiraishi. Por otro lado, el mayor peso del fruto, para cada accesión, se presentó en cualquiera de los tres años de estudio, sin embargo las accesiones con el menor peso promedio del fruto fueron estables a través de las tres estaciones de estudio. El peso del fruto no se correlacionó con el contenido de sólidos solubles totales.

Agradecimientos

La primera autora es becaria del CONACYT (con número de becario: 253258) para estudios de doctorado. Los autores agradecen el apoyo de la M. C. Sara Aguirre en el manejo del banco de germoplasma.

Referencias

- Aguirre, O.S., Franco, M.O., González, H.A., y Pérez, L.D.J. (2012). Cinética del crecimiento del fruto y la semilla. En: Franco, M.O. y Cruz, C.J.G. (Ed.). La vid silvestre en México. Actualidades y potencial, 68-79. México: Universidad Autónoma del Estado de México –Altares-Costa Editores.
- Bergqvist, J., Dokoozlian, N., and Ebisuda, N. (2001). Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*. 52(1): 1-7.
- CONAFRUT. (1973). Localización y dispersión de vides nativas de México y su aportación a la viticultura mundial. México Programa Nacional Vitícola. Comisión Nacional de Fruticultura. México. 22 p.
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A.C.P., Tavares, R.M., and Sousa, M.J. (2007). Biochemical Changes throughout Grape Berry Development and Fruit and Wine Quality. *Food 1*: 1-22.
- Coombe, B. G. (1986). Influence of temperature on composition and quality of grapes. *Acta Horticulturae*. 206: 23-36.
- Cruz, C.J.G. (2007). Las uvas (*Vitis*) silvestres. Distribución y usos en la región central de Veracruz. En: Nieto, A.R. (Ed). *Frutales nativos, un recurso genético de México*. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.

- Fernandez, L., Romieu, C., Moing, A., Bouquet, A., Maucourt, M., Thomas, M.R., and Torregrosa, L. (2006). The grapevine fleshless berry mutation. A unique genotype to investigate differences between fleshy and non fleshy fruit. *Plant Physiology*. 140(2): 537-547.
- Ferrer, M. Echeverría, G., and Carbonneau, A. (2014). Effect of berry weight and its components on the contents of sugars and anthocyanins of three varieties of *Vitis vinifera* L. under different water supply conditions. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 35(1): 103-113.
- Franco, M.O., y Cruz, C.J.G. (2012). Antecedentes. Evolución y potencial. En: Franco-Mora O. y J. G. Cruz-Castillo (Ed.), *La vid silvestre en México. Actualidades y potencial*. 15-30. México: Universidad Autónoma del Estado de México –Altares-Costa Editores.
- Franco, M.O., Cruz, C.J.G., González, H.A., y Pérez, L.D.J. (2012). Distribución y caracterización. En: Franco-Mora O. y J. G. Cruz-Castillo (Ed.), *La vid silvestre en México. Actualidades y potencial*. 42-67. México: Universidad Autónoma del Estado de México –Altares-Costa Amic Editores.
- Franco-Mora, O., Morales-Rosales, E.J., González-Huerta, A., and Cruz-Castillo, J.G. (2008). Vegetative characterization of wild grapevines (*Vitis* spp.) native to Puebla, México. *HortScience*. 43(7): 1991-1995.
- Franco-Mora, O., Aguirre-Ortega, S., González-Huerta, A., Castañeda-Vildózola, Á., Morales-Rosales, E.J., and Pérez-López, D.J. (2012b). Characterization of *Vitis cinerea*

- Engelm. ex Millardet fruits from the southern region of the State of Mexico, Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 59(8):1899-1906.
- Franco-Mora, O., Salomón-Castaño, J., Morales, A.A., Castañeda-Vildózola, A., y Rubí-Arriaga, M. (2015). Ácidos grasos y parámetros de calidad del aceite de semilla de uva silvestre (*Vitis* spp.). *Scientia Agropecuaria*. 6(4): 271-278.
- García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen UNAM. México.
- Houel, C., Chatbanyong, R., Doligez, A., Rienth, M., Foria, S., Luchaire, N., Roux, C., Adivèze, A., Lopez, G., Farnos, M., Pellegrino, A., This, P., Romieu, C., y Torreglosa, L. (2015). Identification of stable QTLs for vegetative and reproductive traits in the microvine (*Vitis vinifera* L.) using the 18 K Infinium chip. *BMC plant biology*, 15: 205.
- Ladwing, L.M., and Meiners, S.J. (2010). Liana host preference and implications for deciduous forest regeneration. *The Journal of the Torrey Botanical Society*. 137(1): 103-112.
- Malinovski, L.I., Brighenti, A.F., Borghezan, Guerra, M., Silva, A.L., Porro, D., Stefanini, and Vieira, M. (2016). Viticultural performance of Italian grapevines in high altitude regions of Santa Catarina State, Brazil. *Acta Horticulturae*. 115: 203-210.
- Ristic, R., and Iland, P.G. (2005). Relationships between seed and berry development of *Vitis vinifera* L. cv Shiraz: developmental changes in seed morphology and phenolic composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 11(1): 43-58.

- Rzedowski, J. y Calderón, R.G. (2005). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Familia *Vitaceae*. Instituto de Ecología. Pátzcuaro, México.
- Sadras, V.O., Petrie, P., and Moran, M.A. (2013). Effects of elevated temperature in grapevine. I Berry sensory traits. *Australian of Journal Grape and Wine Research*. 19(1): 95-106.
- San José, M. L. G., y Rodríguez, M. S. A. (1995). Influencia climática en la maduración de la uva: estudio de cultivares de La Rioja y Madrid. *Zubía*. 7: 79-102.
- Shiraishi, M., and Shiraishi, S. I. (1997). Database of grape genetic resources for 21st Century ampelography. Kyushu University. Fukuoka, Japan.
- Sistema Meteorológico Nacional. (2015). Normales climatológicas de la estación Zumpahuacán. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42 (Enero de 2016)
- Tello, J., Torres-Pérez, R., Grimplet, J., Carbonell-Bejerano, P., Martínez-Zapater, J.M., and Ibáñez, J. (2015). Polymorphisms and minihaplotypes in the VvNAC26 gene associate with berry size variation in grapevine. *BMC Plant Biology*. 15(1):1.
- Van, S., Vivier, M.A., Riaz, S., and Walker, M.A. (2010). The genetic mapping of *Xiphinema index* resistance derived from *Vitis arizonica*. *Acta Horticulturae*. 1046: 165-168.
- Vargas, E. M., Castro, E., Macaya, G., y J. Rocha, O. (2003). Variación del tamaño de frutos y semillas en 38 poblaciones silvestres de *Phaseolus lunatus* (Fabaceae) del Valle Central de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 51(3-4): 707-724.

Zecca, G., Abbott, J. R., Sun, W. B., Spada, A., Sala, F., y Grassi, F. (2012). The timing and the mode of evolution of wild grapes (*Vitis*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 66: 736-747.

4.2 An approach to the model for conservation of Central Mexico native grapevines



Tree Genetics & Genomes Editorial Manager

HOME LOGOUT HELP REGISTER UPDATE MY INFORMATION JOURNAL OVERVIEW
MAIN MENU CONTACT US SUBMIT A MANUSCRIPT INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Role: Author Username: tarokun73

Submissions Being Processed for Author Omar Franco-Mora, Ph. D.

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
View Submission View Reference Checking Results Correspondence Send E-mail	TGGE-D-16-00221	An approach to the model for conservation of Central Mexico native grapevines	07 Sep 2016	10 Feb 2017	Under Review

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

<< Author Main Menu

Cecilia Carolina Sabás-Chávez • Omar Franco-Mora • Álvaro Castañeda-Vildózola • Jesús Ricardo Sánchez-Pale • Juan Guillermo Cruz-Castillo

C. C. Sabás-Chávez • O. Franco-Mora (✉)

Laboratorio de Horticultura, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario El Cerrillo. Toluca, México. C. P. 50200. e-mail: ofrancom@uaemex.mx

C. C. Sabás-Chávez

Doctoral Student at the Programa en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario El Cerrillo. Toluca, México. C. P. 50200.

A. Castañeda-Vildózola • J. R. Sánchez-Pale

Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario El Cerrillo. Toluca, México. C. P. 50200.

J. G. Cruz-Castillo

Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz, México.

Abstract

Several and diverse native populations of wild grapevines have been reported growing in the States of Puebla, Mexico and Morelos, Central Mexico. After collection, successfully rooted vines were planted in Zumpahuacán, State of Mexico, and since 2013, their fruit were analyzed, mainly in relation to berry-weight and sweetness. Recently, the seed oil content was analyzed. Most berries harvested in 2013, 2014 and 2015 weighted less than 1 g and only berries of accession Puebla-41 (P-41) weighted nearly 2.5 g. On the other hand, most berries had lower than 18°B. Four accessions, three native of Puebla and one from Morelos had the higher fruit production (2.5, 1.5 and 1.4; and 0.68 kg per plant) and might be the genetic material proposed to be planted in Zumpahuacán, Mexico. Seed oil analysis confirmed the presence of linoleic acid as the main fatty acid in Central Mexico wild grape seed oil. Nowadays, the extraction of seed oil in Central Mexico native grapes seems to be the better alternative to interest locals and agro-industrial related companies in conserving and cropping this plant genetic resource.

Keywords: Berry size • fruit genetic resource • germplasm bank • oil quality • *Vitis*

Introduction

Mexico is one of the centers of origin of the wild grapevines (*Vitis* spp.) For this country, at the end of last century, nearly 20 species were reported; and more recently, presence of most of those previously reported species has been confirmed (Table 1).

Table 1. Species of *Vitis* historically reported in Mexico

Species	Before 2000	After 2000	In herbariums ¹
<i>V. acerifolia</i> Raf.			CODAGEM
<i>V. aestivalis</i> Michx.			CODAGEM
<i>V. arizonica</i> Engelm.	A; K	G; I; L	MEXU; ENCB; CHAPA
<i>V. berlandieri</i> Planch.	A	G	XAL; ENCB; BUAP; CHAPA
<i>V. biformis</i> Rose	A		MEXU; ENCB;
<i>V. blancoi</i> Munson	A		
<i>V. bloodwothiana</i> Comeaux	C		MEXU
<i>V. bourgaeana</i> Planch	A	H	MEXU; XAL; ENCB; BUAP; CHAPA; OAX
<i>V. caribaea</i> D. C.	A		MEXU; XALU
<i>V. cinerea</i> Engelm.	A	D; G; O	MEXU; XAL; CODAGEM; ENCB; CHAPA
<i>V. girdiana</i> Munson	K		MEXU; ENCB
<i>V. incisa</i> Jacq.		G	
<i>V. indica</i> Shwartz	A		
<i>V. indivisa</i> Willd.			ENCB
<i>V. jaegeriana</i> Comeaux	C		
<i>V. labrusca</i> L.	A		
<i>V. latifolia</i> H. et B.	A		ENCB; OAX
<i>V. lincecumii</i> Buckl.			CHAPA
<i>V. monticola</i> Buckl.			MEXU
<i>V. mustangensis</i> Buckl.		G	MEXU; CODAGEM; ENCB
<i>V. nesbittiana</i> Comeaux	B		
	A; Q		MEXU; ENCB
<i>V. peninsularis</i> Jones			
<i>V. popenoie</i> Fennel	A	F; G	MEXU; XAL
<i>V. riparia</i> Michx.	J		MEXU; CODAGEM; CHAPA
<i>V. rotundifolia</i> Michx.	A	N	MEXU; ENCB; CHAPA
<i>V. rupestris</i> Scheele	A		
<i>V. tiliifolia</i> H. et B.	A	E; F; G; P; R	MEXU; CODAGEM; ENCB; BUAP; CHAPA; OAX; XALU
<i>V. tuberosa</i> D.C.		M	ENCB

A: CONAFRUT, 1973; B: Comeaux, 1987; C: Comeaux 1991; D: Franco-Mora et al., 2012; E: Martínez et al., 2007; F: Rzedowsky and Calderon, 2005; G: Jaques and Salazar, 2012 (unpublished); H: Barber et al., 2001; I: Van Zyl et al., 2014; J: Remaily, 1987; K: Wiersma & Leon, 1999; L: Riaz et al., 2007; M: Blanckaert et al., 2004; N: Andersen et al., 2010; O: López-Sandoval et al., 2010; P: La Torre-Cuadros & Islebe, 2003; Q: León & Domínguez, 1989; R: Ibarra-Manríquez et al., 1997.

¹: From data of Franco et al., 2012; MEXU: Herbario de la Universidad Nacional Autónoma de México; XAL: Herbario del Instituto Nacional de Ecología (Xalapa); CODAGEM: Herbario de la Universidad Autónoma del Estado de México; ENCB: Herbario del Instituto Politécnico Nacional; BUAP: Herbario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; CHAPA: Herbario del Colegio de Postgraduados; OAX: Herbarios del Instituto Politecnico Nacional en Oaxaca.

Nevertheless, changes in the use of land, constructions related with urban progress such as railways, residential zones, establishment of factories and others, reduced the space where naturally *Vitis* species grow in Mexico (Franco and Cruz 2012). Moreover, there is a lack of knowledge on the actual presence of each particular species of this genus because the difficulty of their correct species determination (Moore 1991). However, recently, *V. popenoie* was stated as in danger of extinction (Rzedowski and Calderón 2005) at least in the Bajío region in Central-West Mexico.

A national effort to conserve native *Vitis* species was initiated in the early 2000's (Franco et al. 2012). Nowadays, for Mexican wild species of this genus, it is established a national germplasm bank in Coatepec Harinas, Mexico (Bernal et al. 2012); and at least three local *Vitis* collections are reported in the states of Puebla, Veracruz and Mexico (Franco et al. 2012). From 2005, the states where the *Vitis* plants were GPS positioned included Puebla, Mexico, Veracruz, Morelos, Nayarit, Tabasco, San Luis Potosí, Hidalgo, Guerrero y Michoacán (Franco-Mora et al. 2008; Cruz-Castillo et al. 2009; Tobar-Reyes et al. 2009). In this sense, some studies on taxonomy, floral biology, reproduction, contents of biological compounds, agro-industrial and culinary uses, as well as agricultural practices have been conducted (Tobar-Reyes et al. 2009; Tobar-Reyes et al. 2011; Aguirre et al.

2012; Jiménez et al. 2012; Franco-Mora et al. 2012; Salomón et al. 2012; Jimenez-Martínez et al. 2013; Franco-Mora et al. 2016). Breeding of *V. vinifera*, one of the most cultivated fruit crop in the world (Londo and Martinson 2015) implies the conservation of American *Vitis*, including those native of Mexico. Some American *Vitis* are resistance-tolerant to phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) (Downie et al. 2000); presence of nematodes (Van Zyl et al. 2014) limey soils (Grundler et al. 2015), and they might be an interesting genetic resource to help solving the forthcoming queries in *V. vinifera* cultivation.

On the other hand, the berries of Central Mexican wild grapevines are usually small and unsweet. During 3 continuous years, it was determined an average of 0.404 g per berry and a total soluble solid content of 16.9°B in grapes of *V. cinerea* growing in the South of the State of Mexico, Mexico (Franco-Mora et al 2012). Thus, although human consume of those berries is reported, it is possible that the development of alternative uses for the berries of wild grapevines will increase the interest of locals for preserving this plant genetic resource. One potential use is obtaining seed oil; the seeds of grapes growing in situ and ex situ presented over 16% (w/w) oil. In that oil, four fatty acids were determined, linoleic, oleic, palmitic and stearic acids (Franco-Mora et al. 2015)

In present report, the scheme for conservation and utilization of wild grapevines of the States of Puebla, Mexico and Morelos, in Central Mexico, is presented.

Materials and Methods

Location of wild grapevines

Several trips to locate wild grapevines were performed in the States of Puebla, México and Morelos. Their locations were recorded with a GPS, and then, pointed out in a map with the free software DIVA-GIS. When possible, some cuttings were taken and then, under greenhouse conditions, induced to root (Jiménez et al. 2013)]. Successfully obtained plants were donated to the National *Vitis* Germplasm Bank (Bernal et al. 2012) and for some accessions their copy or copies were kept for the members of the *Vitis* group for further studies.

Cropping

Nowadays, in the Working *Vitis* Collection in Zumpahuacán, Mexico, there are planted 76 accessions from the states of Puebla, Mexico and Morelos (Fig. 1). The distance from plant to plant is 50 cm and between lines 80 cm. The vines were pruned and fertilized with lombricompost tea and a commercial fertilizer, 15-15-15 or nitrofoska ®. Control of pest and diseases has been done by applying recommendations for *V. vinifera*.

Fruit quality and yield characterization

Since 2013, berry weight, height and width, and the content of total soluble solids had been determined in 23 grapevines. As berry sweetness and size are important components for selection and breeding (Shiraish and Shiraishi 1997), a figure relating both fruit characteristic was arranged. In 2015, because production has become stable, the yield of

each plant has been recorded and those plants with higher production have been selected to increase the plant number and start a small plantation of cloned grapevines.

Fatty acid in seed oil

In 2014, we extracted, with hexane (Franco-Mora et al. 2015), the oil in seeds of accession Puebla-78 (P-78), a mix of seeds from the plants native of the State of Mexico and a mix of seeds of plants native of the State of Puebla. In 2015, the seed oil was extracted from accessions Morelos-45 (Mo-45), P-86, P-78, P-178 and EdoMex-15 (E-15). Then, those samples were sent to a certified laboratory to their fatty acid determination (Franco-Mora et al. 2016).

Results

Plant location

The states of Puebla, Mexico and Morelos, located in Central Mexico, have regions where the wild grapevines grow extensively (Fig. 1).

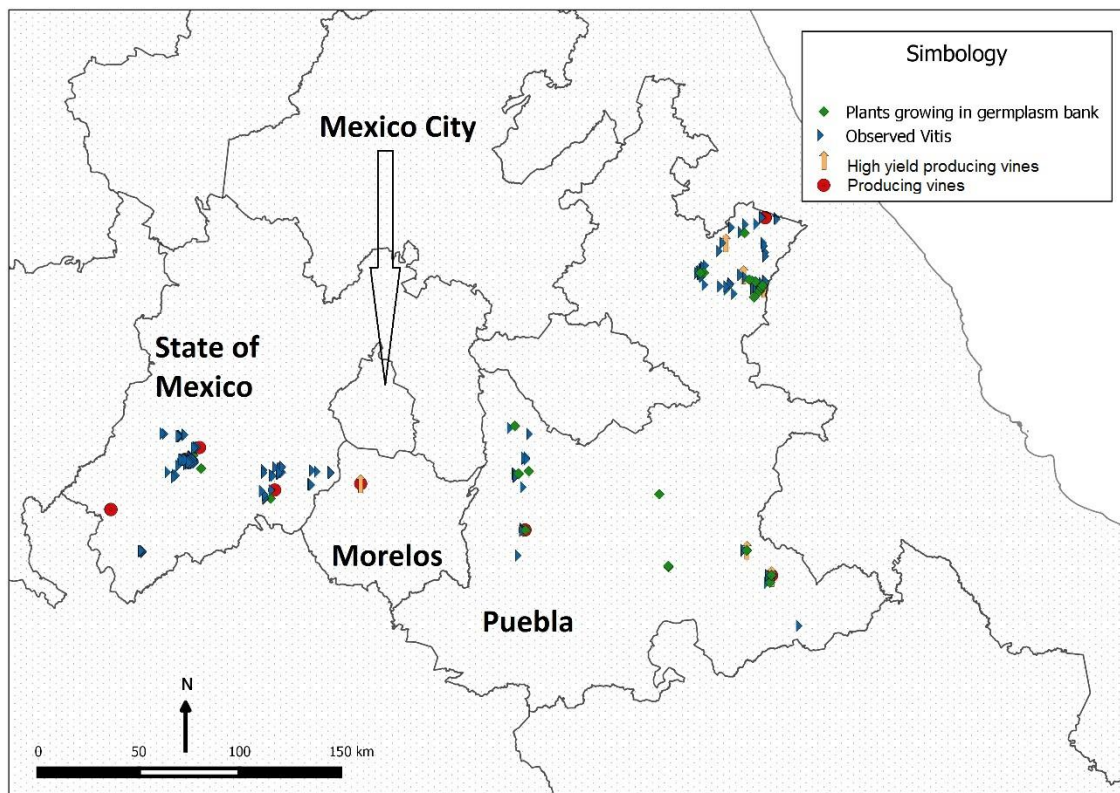


Figure 1. Map of Central Mexico showing the places of location of wild grapevines (*Vitis* spp.), pointing out the location of plants that have fruited, fruiting continuously in three years and with higher fruit production in 2015.

In the working collection in Zumpahuacán, Mexico, it has been determined the presence of plants of *V. cinerea* (López-Sandoval et al. 2010; Franco-Mora et al. 2012), *V. popoioie* and *V. mustangensis* (Fig. 2). The rest of the accessions are under further analyzes for correct species determination.



Figure 2. Fruits of *Vitis popenoie* (left) and leaves and flowers of *Vitis mustangensis* (right) in vines growing ex situ in Zumpahuacán, Mexico.

Fruit size and TSS content

Most of the berries weighted less than 0.5 g, and 90% of the fruit were lower than 1 g. Fruit of accessions P-41 (2013) and P-64 (2015) were over 2.0 g (Fig. 3). Whereas most of the berries have TSS between 14 and 18°B, 4 accessions presented values between 20 and 22°B. By dividing the accessions according to classification of Shiraishi and Shiraishi (1997) for fruit weight and TSS content, only those berries of P-18 harvested in 2013 were over 1 g and had 18°B.

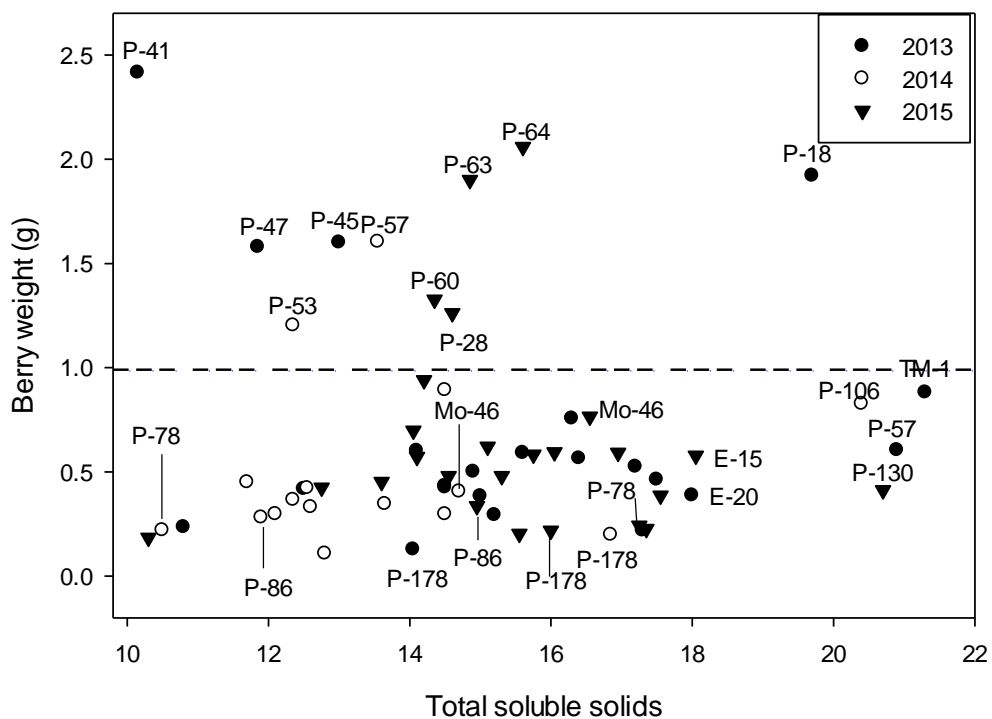


Figure 3. Fruit weight and total soluble solid content in the berries of *Vitis* spp. growing in Zumpahuacán, Mexico in 2013, 2014 and 2015.

In 2015, three accessions have fruited over one kilogram per plant (Table 2, Fig. 4), and under present conditions of cropping, it has been estimated a production over 60 t ha⁻¹ for the accession P-78, native of Hueytamalco, Puebla.

Table 2. Berry production in 2015 in four *Vitis* accessions growing in Zumpahuacán, Mexico.

Accession	Yield per plant (kg)	Estimated production* (t ha ⁻¹)
P-78	2.500	62.0
P-178	1.500	37.5
P-86	1.400	35.0
Mo-46	0.680	17.0

* Estimation is based on a density of 25000 plants per hectare, actual conditions of the germplasm bank.



Figure 4. Racimes of the accessions Puebla-178 (P-178) (left) and Puebla-78 (P-78) (right) in 2015 in Zumpahuacán, Mexico.

Seed oil

There were determined four main fatty acids (Fig. 5 and 6) in the oil of *Vitis* seeds. Within those four acids, e.g. linoleic, oleic, palmitic and stearic, all were found in the respective oil of 8 samples, with exception of the stearic acid, absent only in the oil of EdoMex (2014). Others fatty acid present in some of the oils in low levels were linolenic acid, behenic acid,

eicosapentanoic acid, palmitoleic acid, arachidic acid, elaidic acid, linolelaidic acid and lignoceric acid.

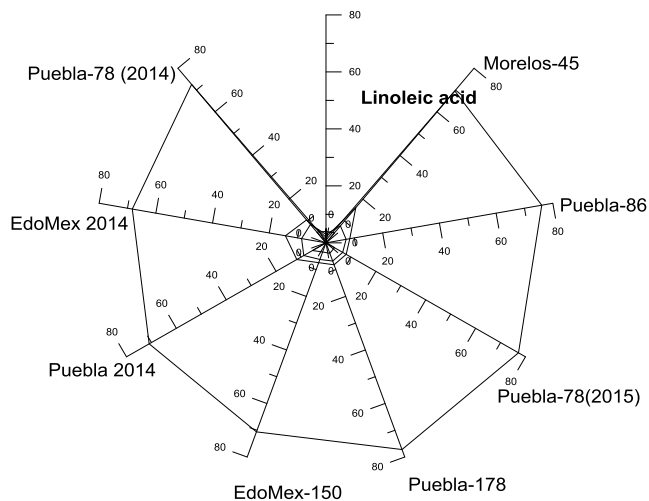


Figure 5. Linoleic acid content in the seed oil of 8 *Vitis* growing in a germplasm bank in the South of the State of Mexico.

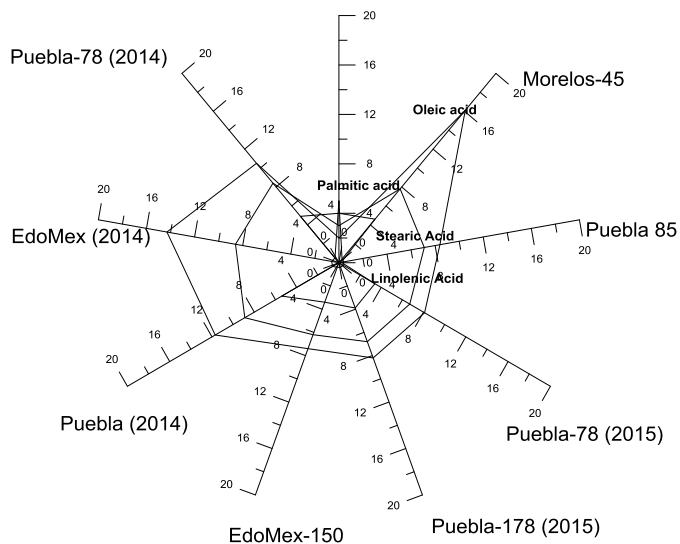


Figure 6. Oleic, palmitic, stearic and linolenic acid contents in the seed oil of 8 *Vitis* growing in a germplasm bank in the South of the State of Mexico.

Discussion

In the states of Puebla, Mexico and Morelos, in Central Mexico, there are several regions where native populations of wild grapevines grow. It has been determined a huge vegetative and fruit quality diversity among *Vitis* native of the same region (Franco-Mora et al. 2008; Cruz-Castillo et al. 2009; Franco-Mora et al. 2012). In this sense, conservation of all the variability is nearly impossible due to the high requirements of time, money and staff. Breeding of *V. vinifera* for fruit production has been performed regarding in fruit size and sweetness (Alleweldt and Possingham 1988) According to those parameters, in present work, the fruit of accessions P-41 (Teziutlán); P-64 (Juan N. Mendez), P-63 (San Antonio Cañadas) and P-18 (Teziutlán) presented the higher values for fruit weight, between 1.8 and 2.4 g per berry. Those grapes and those fruited by P-45, P-47 (Teziutlán), P-53, P-57, P-60 (San Antonio Cañadas) and P-28 (Chapulco) are classified as small berries; whereas the rest of the harvested berries were classified as very small ones (Shiraishi and Shiraishi 1997). Fruits with very small size are typical in several species of *Vitis* native of America and particularly Mexico (Shiraishi and Shiraishi 1997; Franco-Mora et al. 2012). The grapevines from Teziutlán and San Antonio Cañadas, Puebla State, seem to be well adapted to the conditions of Zumpahuacán.

Higher fruit size, was positively correlated with TSS only for berries of P-18; whereas the rest of the berries belonging to the sweetness category 7 (between 20.1 and 24°B) (Shiraishi and Shiraishi 1997) presented very small fruit. For *V. vinifera* some researchers have determined that fruit sweetness is related to fruit size (Ferrer 2014), however as most of wild grapevines in Mexico had not been bred, fruit quality has not been improved for human consume.

The grapevines producing more yield fruit in 2015 were originally collected in Teziutlán (P-78), Hueytamalco (P-178) and Cuetzalán (P-86), Puebla; and Cuernavaca (Mo-46), Morelos. For present grapevine collection, it is interesting, that the grapevines which were originally collected in the State of Mexico had not a high yield potential, at less when growing in a place of the same state, implying similar environmental conditions. Contrarily, Teziutlán Region, in Puebla, appears as an interesting place to continue collecting grapevines, which might be productive, and also some of them might get interesting sizes and contents of TSS when growing in the State of Mexico, specifically in Zumpahuacán.

It has been determined that the seed oil of wild Central Mexico *Vitis* is closely similar to the quality of *V. vinifera* oil (Franco-Mora et al. 2015). The results of present report agreed, as the main fatty acid in all the analyzed oils is linoleic acid, between 68 and 78% (w/w). Nevertheless, some differences, possible related to genetic or environmental conditions were observed. For example, in the oil of mix of seeds from the accessions of the State of Mexico (2014) it was not present the stearic acid; whereas recently, in the seed oil of three samples from the State of Mexico that acid was reported (Franco-Mora et al. 2015). In that former report, only the four main fatty acids observed in present research, linoleic, oleic, palmitic and stearic acids, were determined. For this paper, with a more detailed methodology, few amounts of other 8 fatty acids were observed in the seed oil of wild grapes, that is, linolenic acid, behenic acid, eicosapentanoic acid, palmitoleic acid, arachidic acid, elaidic acid, linolelaidic acid and lignoceric acid. Those fatty acids were reported to be present, also in low amounts, in *V. vinifera* seed oil (Fernandes et al. 2013). The seed oil analysis confirms that one potential use of this Central Mexico *Vitis* species is the extraction of seed oil. In this sense, as the seed weight represents an important

percentage of the total fruit weight (Franco-Mora et al. 2012) its useful management might improve the interest in conserving this plant genetic resource.

Conclusions

Fruit weight of most of Central Mexico wild grapevines growing in Zumpahuacán, Mexico was below 1 g; and the content of total soluble solids was between 10 and 18°B. In the seed oil the main fatty acid was linoleic acid with a range content between 68 and 78%; other fatty acids representative present were oleic, palmitic and stearic; additionally few amounts of linolenic acid, behenic acid, eicosapentanoic acid, palmitoleic acid, arachidic acid, elaidic acid, linolelaidic acid and lignoceric acid were observed.

Acknowledgements Public and private funding sources have supported present research: SINAREFI-SAGARPA, UAEMEX; Mr. JFR and Mrs. EMO allowed the conservation of grapes in Zumpahuacán, Mexico. First author (CCSC) is a fellow of the Mexican Council of Science and Technology (CONACYT), Mexico.

Compliance with ethical standars

Conflict of interest The authors declare that they do not have conflict of interest

References

- Aguirre OS, Franco-Mora O, González HA, Villarreal FJM (2012) Cinética del crecimiento del fruto y la semilla. In: Franco MO, Cruz CJG (ed.) La vid silvestre en México actualidades y potencial, UAEM-ACA, Toluca, México, pp 68-79
- Alleweldt G, Possingham JV (1988) Progress in grapevine breeding. *Theor Appl Genet* 75: 669-673
- Andersen PC, Crocker TE, Breman J (2010) The muscadine grapes. IFAS Extension. University of Florida, Florida, USA
- Barber A, Tun J, Crespo MB (2001) A new approach of the bioclimatology and potential vegetation of the Yucatan Peninsula (Mexico). *Phytocoenologia* 31: 1-31
- Bernal VF, Espíndola BMC, Reyes AJC, Aguilar MJJ, Barrientos PA (2012) Conservación *ex situ* de germoplasma de vides silvestres: Experiencias en el Centro de Conservación de Recursos Fitogenéticos de Especies con Semillas Recalcitrantes de Clima Subtropical. In: Franco MO, Cruz CJG (ed.) La vid silvestre en México actualidades y potencial, UAEM-ACA, Toluca, México, pp 125-129
- Blanckaert I, Swennen RL, Paredes FM, Rosas LR, Lira SR (2004) World economic plants: a standard reference Floristic composition, plant uses and management practices in homegardens of San Rafael Cozcatlán, Valley of Tehuacán-Cuicatlán: Mexico. *J Arid Environ* 57: 39-62. doi:10.1016/S0140-1963(03)00100-9
- Comeaux BL (1987) A new *Vitis* (Vitaceae) from Veracruz, México. *SIDA* 12: 273-277

- Comeaux BL (1991) Two new *Vitis* (Vitaceae) from mountainous México. SIDA 14: 459-466
- CONAFRUT (1973) Localización y dispersión de vides nativas de México y su aportación a la viticultura mundial. Cd. México, México
- Cruz-Castillo JG, Franco-Mora O, Famiani F (2009) Presence and uses of wild grapevines in Central Veracruz, Mexico. J Int Sci Vigne Vin 43: 77-81
- Downie DA, Granett J, Fisher JR (2000) Distribution and abundance of leaf galling and foliar sexual morphs of grape phylloxera (Hemiptera: Phylloxeridae) and *Vitis* species in the Central and Eastern United States. Environ Entomol 29: 979-986
- Fernandes L, Casal S, Cruz R, Pereira JA, Ramalhosa E (2013) Seed oil of ten traditional Portuguese grape varieties with interesting chemical and antioxidant properties. Food Res Int 50: 161-166. doi:10.1016/j.foodres.2012.09.039
- Ferrer M, Echeverría G, Carbonneau A (2014) Effect of berry weight and its components on the contents of sugars and anthocyanins of three varieties of *Vitis vinifera* L. under different water supply conditions. S Afr J Enol Vitic 35: 103-113
- Franco MO, Cruz CJG (2012) Antecedentes. Evolución y potencial. In: Franco MO, Cruz CJG (ed.) La vid silvestre en México actualidades y potencial, UAEM-ACA, Toluca, México, pp 15-30
- Franco MO, Cruz CJG, González HA, Pérez LDJ (2012) Distribución y caracterización. In: Franco MO, Cruz CJG (ed.) La vid silvestre en México actualidades y potencial, UAEM-ACA, Toluca, México, pp 42-67

- Franco-Mora O, Morales-Rosales EJ, González-Huerta A, Cruz-Castillo JG (2008) Vegetative characterization of wild grapevines (*Vitis* spp.) native to Puebla, Mexico. HortScience 43: 1991-1995.
- Franco-Mora O, Aguirre-Ortega S, González-Huerta A, Castañeda-Vildózola A, Morales-Rosales EJ, Pérez-López DJ (2012) Characterization of *Vitis cinerea* Engelm. ex Millardet fruits from the southern region of the State of Mexico. Gene Res Crop Evol 59: 1899-1906. doi: 10.1007/s10722-012-9908-5
- Franco-Mora O, Salomón-Castaño J, Morales PAA, Castañeda-Vildózola A, Rubí-Arriaga M (2015) Ácidos grasos y parámetros de calidad del aceite de semilla de uva silvestre. Sci Agropec 6: 271-278.
- Franco-Mora O, Morales-Pérez AA, Mirelles VAD, Castañeda-Vildózola A, Sánchez-Pale JR (2016) Searching alternative uses for *Cissus tiliacea* fruit in Central Mexico: seed oil and fruit liquor. Gene Res Crop Evol 63: 141-149. doi: 10.1007/s10722-015-0343-2
- Grundler S, Schmid J, Meßner J, Rühl (2015) Variability in *Vitis berlandieri*. Acta Hort 1082: 123-130. doi: 10.17660/ActaHortic.2015.1082.16
- Ibarra-Manríquez G, Ricker M, Ángeles G, Sinaca S, Sinaca CMA (1997) Useful plants of the Los Tuxtlas rain forest (Veracruz, Mexico): Considerations of their market potential. Econ Bot 51: 362-376. doi: 10.1007/BF02861046
- Jacques HC, Salazar BA (2012) El género *Vitis* en Tamaulipas. Tamaulipas, México. (Manuscript)

- Jiang HE, Zhang YB, Li X, Yao YF, Ferguson DK, Lu EG, Li CS (2009) Evidence of early viticulture in China: proof of grapevine (*Vitis vinifera* L., Vitaceae) in the Yanghai tombs, Xinjiang. *J Archaeol* 36: 1458-1465. doi.org/10.1016/j.jas.2009.02.010
- Jiménez MJH, Franco-Mora O, González HA, Gutiérrez RF (2012) Reproducción y propagación. In: Franco MO, Cruz CJG (ed.) *La vid silvestre en México actualidades y potencial*, UAEM-ACA, Toluca, México, pp 31-41
- Jiménez-Martínez JH, Gutiérrez-Martínez MG, Franco-Mora O, González-Huerta A, Gutiérrez-Ibáñez AT (2013) Micropropagación de vides silvestres (*Vitis* spp.) del centro de México. *Phyton* 82: 107-112.
- IPGRI, UPOV, OIV. (1997). *Descriptor para vid (Vitis spp.)*. Unión internacional para la protección de las obtenciones vegetales, Ginebra, Suiza/Oficina internacional de Viña y del Vino, Paris, Francia/ Instituto Nacional de Recursos Filogenéticos. Roma, Italia. 50 pp.
- La Torre-Cuadros MA, Islebe GA (2003) Traditional ecological knowledge and use of vegetation in southeastern Mexico: a case study from Solferino, Quintana Roo. *Biodivers Conserv* 12: 2455-2476. doi: 10.1023/A: 1025861014392
- León LJJ, Domínguez-Cadena R (1989) *Flora de la sierra de la Laguna, Baja California Sur*. Madroño. México
- Londo J, Martinson T (2015) Geographic trend of bud hardiness response in *Vitis riparia*. *Acta Hort* 1082: 299-304. doi: 10.17660/ActaHortic.2015.1082.41

- López-Sandoval JA, Koch-SD, Vázquez-García LM, Munguía-Lino G, Morales-Rosales EJ (2010) Estudio florístico de la parte central de la barranca Nenetzingo, Municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México. *Polibotánica* 30: 9-33
- Martínez MA, Evangelista V, Basurto F, Mendoza M, Cruz-Rivas A (2007) Flora útil de los cafetales de la Sierra Norte de Puebla, México. *Rev Mex Biodivers* 78: 15-40
- Moore MO (1991) Classification and systematics of eastern North American *Vitis* L. (Vitaceae) North of Mexico. *SIDA* 14: 339-367
- Remaily GW (1987) Diversity of North American species of *Vitis*. *IBPGR Plant Genet. Resour News* 71: 25-30.
- Riaz S, Vezzulli S, Harbertson ES, Walker MA (2007) Use of molecular markers to correct grape breeding errors and determine the identity of novel sources of resistance to *Xiphinema index* and Pierce's Disease. *Am J Enol Viticult* 58: 494-498
- Rzedowski J, Calderón RG (2005) Flora del bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 131. Vitaceae. Pátzcuaro, México
- Salomón CJ, Cruz CJG., Franco MO, Rubí AM (2012) Potencial agroindustrial y culinario. In: Franco MO, Cruz CJG (ed.) *La vid silvestre en México actualidades y potencial*, UAEM-ACA, Toluca, México, pp 80-93
- Shiraishi M, Shiraishi SI (1997) Database of grape genetic resources for 21-st Century ampelography. Kyushu University, Fukuoka, Japan

Tobar-Reyes JR, Franco-Mora O, Morales-Rosales EJ, Cruz-Castillo JG (2009) Contenido de resveratrol en hojas de vides silvestres (*Vitis* spp.) mexicanas. Rev Fac Cienc Agrar 41: 127-137

Tobar-Reyes JR, Franco-Mora O, Morales-Rosales EJ, Cruz-Castillo JG (2011) Fenoles de interés farmacológico en vides silvestres (*Vitis* spp.) de México. BLACPMA 10: 167-172

Van Zyl S, Vivier MA, Riaz S, Walker MA (2014) The genetic mapping of *Xiphinema index* resistance derived for *Vitis arizonica*. Acta Hort 1046: 165-168. doi: 10.17660/ActaHortic.2015.1082.41

Wiersma JH, Leon B (1999) World economic plants: a standard reference. Boca Raton, Fl. USA

4.3 Caracterización del aceite de semilla

4.3.1 Obtención y rendimiento de aceite

El aceite obtenido por el método soxhlet, empleando hexano como solvente presentó un color amarillo y olor característico (Fig. 2). El porcentaje de rendimiento osciló entre 16% para las accesiones provenientes de Puebla, y 18% para la accesión originaria de Temascaltepec (Tabla 2).



Fig. 2. Aceite extraído por soxhlet

Tabla 1. Rendimiento de aceite de semillas de *Vitis* spp. extraído por Soxhlet.

Muestra	Rendimiento de aceite (%)
Puebla (86)	16 ± 0.170 a
Puebla (178)	16 ± 0.185 a
Morelos (45)	17 ± 0.117 bc
Puebla (78)	17 ± 0.606 b
Temascaltepec (15)	18 ± 0.030 c

Los valores son la media de tres repeticiones. \pm SD. Letras diferentes significan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Los rendimientos obtenidos en este estudio son superiores a lo reportado por Beveridge et al. (2005), quienes señalan valores de rendimiento en semilla de uva de las variedades Malbec de 10.78 %, Merlot de 10.75 %, Cabernet Franc de 10.29% Syrah de 10.10% y Cabernet Sauvignon de 11.17%. Otros autores indican rendimientos de aceite de *Vitis vinifera* en rangos de 12.35 a 16 % (Baydar et al., 2007; Baydar y Akkurt, 2001).

El rendimiento de la extracción varía por la influencia de algunos factores, entre ellos, el contenido de aceite en las semillas y el método de extracción empleado. Así mismo, el contenido de aceite en la semilla depende de la variedad, y las condiciones agroclimatológicas del lugar donde se cultiva (Baydar et al., 2007).

Estos resultados evidencian la posible utilidad de este recurso como materia prima en la industria de productos alimenticios, cosmetológicos y farmacéuticos al presentar un potencial similar e incluso superior a *Vitis vinifera*, aunado al hecho de que la semilla de la mayoría de las vides silvestres americanas es un órgano predominante en el fruto (Shiraishi y Shiraishi, 1997; Franco-Mora et al., 2012)

4.3.2 Contenido de polifenoles totales

El contenido de compuestos polifenólicos totales del aceite de semilla de uva varió significativamente entre las distintas accesiones (Tabla 3). El aceite obtenido de la accesión P-86 (Puebla) presentó el máximo valor con $95.22 \mu\text{g EAG.g}^{-1}$, en contraste con la accesión P-178 (Puebla) con $61.581 \mu\text{g EAG.g}^{-1}$.

A pesar de que los valores reportados en la presente investigación se encuentran por debajo de lo reportado por Berradre et al. (2014) para el aceite de semilla de uva de la variedad Tempranillo con $341.16 \mu\text{g EAG.g}^{-1}$, para el cultivar Merlot con $108 \mu\text{g EAG.g}^{-1}$, y para Cavernet Sauvignon con $115.5 \mu\text{g EAG.g}^{-1}$ (Bail *et al.*, 2008), el contenido de polifenoles de las accesiones de vid silvestre empleadas en el presente estudio fue mayor al obtenido del aceite comercial de vid ($26.431 \mu\text{gAG.g}^{-1}$) y al α -Tocoferol ($25.423 \mu\text{gAG.g}^{-1}$) empleado como referencia.

Tabla 2. Contenido de polifenoles totales del aceite de semillas de vid silvestre

Aceite	Polifenoles totales ($\mu\text{g EAG}\cdot\text{g}^{-1}$ aceite)
P-78	85.44 \pm 0.109 c
P-86	95.22 \pm 0.016 e
P-178	61.581 \pm 0.087 a
E-15	71.673 \pm 0.047 b
Mo-45	93.485 \pm 0.056 d
α -Tocoferol	25.423 \pm 0.031
Aceite comercial	26.431 \pm 0.031

Los valores son la media de tres repeticiones. PTF. Polifenoles totales expresados en μg de equivalente de acido gálico por gramo de aceite. \pm SD. Letras diferentes significan diferencias significativas ($P < 0.05$).

4.3.3 Capacidad antioxidante

En la Figura 3, se presentan los resultados de la actividad antioxidante del aceite de semilla de vid silvestre. La accesión Mo-45 (Morelos) registró un porcentaje de inhibición del 54 % frente al radical DPPH a los 60 min de reacción , seguido de la accesión P-86 con un 48 %, la accesión E-15 con 46.6 %, P-178 con 30 %, y P-78 con 14 %. Como puede

observarse, el aceite de la accesión Mo-45, al encontrarse por encima del 50% de inhibición, indica que este presentó buena actividad antioxidante comparada con la actividad del α -tocoferol cuya actividad solo reflejo 22 % de inhibición. Estos resultados permiten deducir que el aceite de semillas de *Vitis* spp. presenta buena actividad antioxidante.

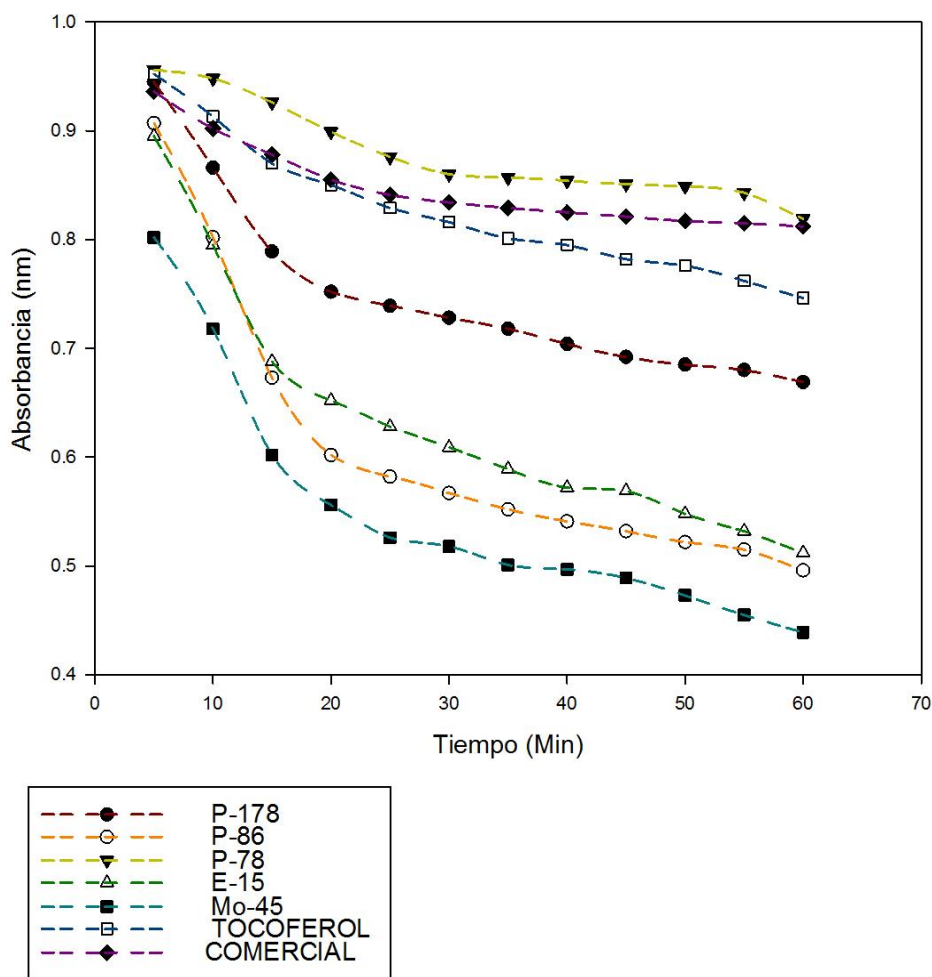


Fig.3. Actividad antioxidante del aceite de vid silvestre de cinco accesiones, α -tocoferol y aceite comercial frente al DPPH.

La actividad antioxidante del aceite de vid silvestre se atribuye en gran parte a su contenido de taninos condensados (Domínguez *et al.*, 1995), además contienen, otros antioxidantes, como los esteroides y los tocoferoles, los cuales pueden influir también en el nivel de actividad antioxidante (Zúñiga, 2005).

4. CONCLUSIONES

De acuerdo a la caracterización de frutos de vid silvestre durante tres años consecutivos de colecta, el peso, largo y ancho del fruto y contenido de SST variaron entre accesiones y años de estudio. La temperatura es un factor que afecta el desarrollo del fruto, sobre todo en el contenido de sólidos solubles totales. El peso promedio del fruto durante los tres años de estudio para las ocho accesiones que fructificaron continuamente no superó el gramo de peso, por lo que los frutos se clasifican como “muy pequeños”. Para el resto de las accesiones estos resultados fueron similares a excepción de los frutos de la accesión P-41 (2013) y P-64 (2015) con cerca de los 2.0 g. El número de semillas por baya, fue el valor menos variable de las características evaluadas.

En 2015, se presentó la mayor producción de fruto en tres accesiones nativas de Puebla P-78, P-178 y P-86 con (2.5, 1.5 y 1.4 kg) y una de Morelos (Mo-46 con 0.680 kg) lo cual sugiere que son las accesiones con potencial de cultivo en la región Sur del Estado de México.

En relación a la extracción y composición del aceite de semilla de vid, se alcanzaron rendimientos de hasta 18 %. El aceite de la accesión P-86 (0.5 g /6 mL) presentó el mayor contenido de polifenoles totales y la mayor actividad antioxidante se reportó para la accesión Mo-45.

La composición del aceite de semilla de vid silvestre resultó similar a la reportada en *Vitis vinifera*. Los principales ácidos grasos presentes fueron: ácido linoleico (60-78%), oleico (14-17 %), palmítico (8.5-8.9%) y esteárico (4.7-5.4%).

5. BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, O. S. (2011). Crecimiento y caracterización morfométrica y bioquímica de frutos de vid silvestre. (*Vitis cinerea*). Tesis de M. C. UAEM. Toluca, México. 83pp.
- Aguirre, O.S., Franco, M.O., González, H.A., y Pérez, L.D.J. (2012). Cinética del crecimiento del fruto y la semilla. En: Franco, M.O. y Cruz, C.J.G. (Ed.). La vid silvestre en México. Actualidades y potencial, 68-79. México: Universidad Autónoma del Estado de México –Altres-Costa Editores.
- Almeida, E. R., K. R. D. Rafael, G. B. L. Couto and A. B. M. Ishigami. (2009). Anxiolytic and anticonvulsant effects on mice of flavonoids, linalool, and tocopherol presents in the extract of leaves of *Cissus sicyoides* L. (Vitaceae). Biomed Research International.
- Álvarez, R., y Fernández, J. A. (2000). Poblaciones silvestres de higueras, vides y olivos en la Costa Cantábrica. Consideraciones acerca de su uso y origen. *Naturalia Cantabrica*. 1: 33-43.
- Anónimo. (1973). Localización y dispersión de vides nativas de México y su aportación a la viticultura mundial. Programa Nacional Vitícola. Comisión Nacional de Fruticultura. México, D.F. 62 pp.
- AOCS. (2009). Official Methods and Recommended Practices. Champaign, Illinois, American Oil Chemists' Society.
- Ayala, F. J. (2001). "Elixir of life: *In vino veritas*". Proceedings of the National Academy of Sciences. 108(9): 3457-3458.
- Bail, S., Stuebiger, G., Krist, S., Underwaterny, H. and Buchbauer, G. (2008). Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. *Food Chemistry*. 108:1122–1132.

- Baydar, N. G., Özkan, G., and Çetin, E. S. (2007). Characterization of grape seed and pomace oil extracts. *Grasas y aceites*. 58(1): 29-33.
- Baydar, N. and Akkurt, M. (2001). Oil content and oil quality properties of some grape seeds. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 25: 163-168.
- Berradre, M., Arias, N., Sulbarán, B., Fernández, V., y Peña, J. (2014). Actividad antioxidante del aceite de semillas de uva *Vitis vinifera* de la variedad Tempranillo. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 31(3): 393-406
- Beveridge, T., Girard, B., Kopp, T. and Drover, J. (2005). Yield and composition of grape seed oils extracted by supercritical carbon dioxide and petroleum ether: Varietal Effects. *Food Chem*. 53: 1799-1804.
- Bombardelli, E., Morazzoni, P., Carini, M., Aldini, G., and Maffei Facino, R. (1997). Biological activity of procyanidins from *Vitis vinifera* L. *BioFactors*. 6(4): 429-431.
- Boursiquot, J. M. (2000). Development of methods for the conservation and the management of grape genetic resources. *Acta Horticulturae*. 528: 33-38.
- CODEX STAN 210-1999. (1999). Norma del Codex Alimentario para Aceite Vegetales Especificados. 210. pp
- Comeaux BL. (1987). A new *Vitis* (Vitaceae) from Veracruz, México. *SIDA*. 12: 273-277
- Comeaux BL. (1991). Two new *Vitis* (Vitaceae) from mountainous México. *SIDA*. 14: 459-466

- Cruz, C.J.G. (2007). Las uvas (*Vitis*) silvestres. Distribución y usos en la región central de Veracruz. En: Nieto, A.R. (Ed). Frutales nativos, un recurso genético de México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- Cruz-Castillo, J. G., Franco-Mora, O., and Famiani, F. (2009) Presence and uses of wild grapevines in Central Veracruz, México. *Journal International des Sciences de la Vigne Et du Vin*. 43: 77-81
- Crews, C., Hough, P., Godward, J., Brereton, P., Lees, M., Guet, S., and Winkelmann, W. (2005). Study of the main constituents of some authentic hazelnut oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53(12): 4843-4852.
- Cortés, S.A. (2007). Colecta y conservación *ex situ* de *Vitis* spp. nativa de la zona oriental del estado de Puebla. Tesis de Licenciatura. BUAP. Tezuitlán. Puebla. 86 pp.
- Domínguez, H., Torres, J. S., y Núñez, M. J. (1995). Pepitas de uva como fuente de aceite y proteína. *Alimentación, equipos y tecnología*. 14(3): 49-56.
- Dos Santos, F. L., Assis, R., Francois, M., Loviane da Silva, A. and Bastos, E. (2008). Pressurized liquid extraction of vitamin E from Brazilian grape seed oil. *Journal of Chromatography*. 1200: 80–83.
- Fernandes, L., Casal, S., Cruz, R., Pereira, J. A., and Ramalhosa, E. (2013). Seed oils of ten traditional Portuguese grape varieties with interesting chemical and antioxidant properties. *Food Research International*. 50(1): 161-166.
- Franco-Mora, O., Morales-Rosales, E.J., González-Huerta, A., and Cruz-Castillo, J.G. (2008). Vegetative characterization of wild grapevines (*Vitis* spp.) native to Puebla, México. *HortScience*. 43(7): 1991-1995.

Franco, M.O., y Cruz, C.J.G. (2012). Antecedentes. Evolución y potencial. En: Franco-Mora O. y J. G. Cruz-Castillo (Ed.), La vid silvestre en México. Actualidades y potencial. 15-30. México: Universidad Autónoma del Estado de México Altres-Costa Editores.

Franco, M.O., Cruz, C.J.G., González, H.A., y Pérez, L.D.J. (2012). Distribución y caracterización. En: Franco-Mora O. y J. G. Cruz-Castillo (Ed.), La vid silvestre en México. Actualidades y potencial. 42-67. México: Universidad Autónoma del Estado de México–Altres-Costa Amic Editores.

Franco-Mora, O., Aguirre-Ortega, S., González-Huerta, A., Castañeda-Vildózola, Á., Morales-Rosales, E.J., and Pérez-López, D.J. (2012). Characterization of *Vitis cinerea* Engelm. ex Millardet fruits from the southern region of the State of Mexico, Mexico. *Genetic Resources and Crop*. 59(8):1899-1906.

Franco-Mora, O., Salomón-Castaño, J., Morales, P., Castañeda-Vildózola, Á., y Rubí-Arriaga, M. (2015). Ácidos grasos y parámetros de calidad del aceite de semilla de uva silvestre (*Vitis* spp.). *Scientia Agropecuaria*. 6(4): 271-278.

García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen UNAM. México.

IPGRI, UPOV. OIV. (1997). Descriptor para vid (*Vitis* spp.). Unión internacional para la protección de las obtenciones vegetales, Ginebra, Suiza/Oficina internacional de Viña y del Vino, Paris, Francia/ Instituto Nacional de Recursos Filogenéticos. Roma, Italia. 50 pp.

- Kim, D., Lee, K., and Lee, H. (2002). Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolics phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(13): 3713-3717.
- Larrea, R. A. (1981). *Viticultura básica, prácticas y sistemas de cultivo en España e Iberoamérica*. AEDOS. Madrid, España. 267pp.
- Lombardi, J. A. (2007). Systematics of Vitaceae in South America. *Canadian Journal of Botany*. 85 (8): 712-721.
- Luna, G. G. (2007). Distribución ecogeográfica y aprovechamiento de uva silvestre (*Vitis* spp.) en la región totonaca de Puebla. Tesis de Licenciatura. UACH. Huatusco, Veracruz. 84 pp.
- Mabberley D.J. (1987). *The plant book*. Cambridge, UK. Cambridge University Press, 1040 pp.
- Makkar, H. P., Siddhuraju, P., and Becker, K. (2007). *Plant secondary metabolites*. Human Press.
- Martin, J. G. P., Porto, E., Correa, C. B., Alencar, S. M., Gloria, E. M., Cabral, I. S. R., and Aquino, L. M. (2012). Antimicrobial potential and chemical composition of agro-industrial wastes. *Journal of Natural Products*. 5(2): 27-36.
- Matthäus B. (2008). Virgin grape seed oil: Is it really a nutritional highlight?. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 110: 645-650.
- Meyer, J. and Hernández, R. (1970). Seed tannin extraction in Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture*. 21(4): 184-188.

- Moore, M.O. (1991). Classification and systematics of eastern North American *Vitis* L. (Vitaceae) north of Mexico. *Sida*. 14:339-367.
- Ocaña, J. R. (2009). Contenido foliar de compuestos fenólicos en vides silvestres (*Vitis* spp.) en México. Tesis de Lic. Ingeniero Agrónomo Industrial. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 44 pp.
- Ocete, R. R., López, M.A., Gallardo, C., Arnold, C., Pérez, I., y Rubio, M. (2004). La vid silvestre en el país vasco y territorios limítrofes: ecología, distribución y riegos para su conservación. Servicio central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria- Gasteiz, España. 497 pp.
- Ocete, R., A. Gallardo, M. A. Pérez, C. Ocete, M. Lara y M. A. López. (2011). Usos tradicionales de la vid silvestre en España. *Territoires du vin* (Consultado el 31 de Enero de 2017) en [https:// revuesshs.u-bourgogne.fr/ territoiresduvin/ document.php?id=934](https://revuesshs.u-bourgogne.fr/territoiresduvin/document.php?id=934)).
- Owen, R. W., Giacosa, A., Hull, W. E., Haubner, R., Würtele, G., Spiegelhalder, B., and Bartsch, H. (2000). Olive-oil consumption and health: the possible role of antioxidants. *The lancet oncology*. 1(2): 107-112.
- Palma, M., Taylor, L. T., Varela, R. M., Cutler, S. J., and Cutler, H. G. (1999). Fractional extraction of compounds from grape seeds by supercritical fluid extraction and analysis for antimicrobial and agrochemical activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47(12): 5044-5048.

- Pardo, J. E., Fernández, E., Rubio, M., Alvarruiz, A., and Alonso, G. L. (2009). Characterization of grape seed oil from different grape varieties (*Vitis vinifera*). *European Journal of Lipid Science and Technology*. 111(2): 188-193.
- Reynier, A. (2002). *Manual de viticultura*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 497 pp.
- Rodríguez, L. A. C. (2007). *Colecta y conservación ex situ de Vitis spp. nativa de la zona occidental del estado de Puebla*. Tesis de Licenciatura. BUAP. Tezuitlán. Puebla. 56 pp.
- Rzedowski, J. y Calderón, R.G. (2005). *Flora del bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 131. Vitaceae. Pátzcuaro, México.
- Sánchez, V., Sandoval, C., y Franco, C. (2008). Evaluación de la liberación de polifenoles desde vehículos cosméticos. *Ars Pharmaceutica*. 49(4): 309-320.
- Shiraishi, M. and Shiraishi, S. (1997) *Database of grape genetic resources for 21-st Century ampelography*. Kyushu University, Fukuoka, Japan.
- Shiraishi, M., H. Fujishima and H. Chijiwa. (2010). Evaluation of table grape genetic resources for sugar, organic acid and amino acid composition of berries. *Euphytica*. 174: 1-13
- Torres, J. L., Varela, B., Garcia, M. T., Carilla, J., Matito, C., and Centelles, J.J., (2002). Valorization of grape (*Vitis vinifera*) by products antioxidant and biological properties of polyphenolic fractions differing in procyanidin composition and flavonol content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 7548–7555.

Zecca, G., Abbott, J. R., Sun, W. B., Spada, A., Sala, F., and Grassi, F. (2012). The timing and the mode of evolution of wild grapes (*Vitis*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 66: 736-747.

Zúñiga, M. C. (2005). Caracterización de fibra dietaria en orujo y capacidad antioxidante en vino, hollejo y semilla de uva. Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile, Santiago-Chile, 68pp.