

Artisanal alcoholic beverages made with *Vitis tiliifolia* grape in Mexico

Bebidas alcohólicas artesanales elaboradas con uva *Vitis tiliifolia* en México

María Elena Galindo-Tovar¹; María del Rosario Davila-Lezama¹;
Alfonso Galicia-Sánchez¹; Erika Olivares-Blanco¹;
Diana Guerra-Ramírez²; Noé Aguilar-Rivera¹;
Guillermina Hernández-Rodríguez²;
Franco Famiani³; Juan Guillermo Cruz-Castillo^{2*}

¹Universidad Veracruzana. Lomas del Estadio s/n, col. Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, C. P. 91000, MÉXICO.

²Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, C. P. 56230, MÉXICO.

³Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Piazza Università nu. 1, Perugia, C. P. 06123, ITALY.

*Corresponding author: jcruzcastillo@yahoo.com, tel. 273 110 75 78.

Abstract

In Mexico, in addition to the wine produced from the *Vitis vinifera* grape, alcoholic beverages are produced from *Vitis tiliifolia*; however, its production and physical-chemical characteristics have been little studied. Therefore, the objectives of this work were to define some socioeconomic aspects of the producers of these alcoholic beverages and to characterize the physical and chemical properties of such beverages. Producers of artisanal alcoholic beverages made with *V. tiliifolia* in Naolinco, Veracruz, Mexico, were interviewed about the social and economic aspects related to their production. PH, acidity, total soluble solids, total sugars and alcohol percentage in 39 different alcoholic beverages were determined, and five other drinks were compared with the semi-sweet Italian wine known as Lambrusco in terms of phenol, flavonoid, anthocyanin, and tannin contents, as well as antioxidant capacity. According to the survey, all the grapes used in making the beverages were harvested from wild plants with variable fruit quality. The waste generated by *V. tiliifolia* beverage production is not regulated by the government and its environmental impact is unknown. Women who make alcoholic beverages prefer to buy the grapes, while men generally harvest the fruit themselves. In the *V. tiliifolia* beverages, total reducing sugars and total soluble solids were widely variable, indicating that some fruits were not mature at harvest. The total acidity of the *V. tiliifolia* beverages was low with respect to that reported in *V. vinifera* wines. The flavonoid concentration in one *V. tiliifolia* beverage was higher than in the Lambrusco wine.

Keywords: wild *Vitis*, Mesoamerican *Vitis*, phenols, antioxidant activity, flavonoids.

Resumen

En México, además del vino producido a partir de la uva *Vitis vinifera*, se producen bebidas alcohólicas a partir de *Vitis tiliifolia*; sin embargo, su producción y características físico-químicas han sido poco estudiadas. Por ello, los objetivos de este trabajo fueron definir algunos aspectos socioeconómicos de los productores de estas bebidas alcohólicas y caracterizar las propiedades físicas y químicas de dichas bebidas. Se entrevistaron a productores de bebidas alcohólicas artesanales elaboradas con *V. tiliifolia* en Naolinco, Veracruz, México, sobre los aspectos sociales y económicos relacionados con su elaboración. Se determinó el pH, acidez, sólidos solubles totales, azúcares totales y porcentaje de alcohol en 39 bebidas alcohólicas distintas, y otras cinco bebidas se compararon con el vino italiano semidulce conocido como Lambrusco en lo referente a contenido de fenoles, flavonoides, antocianinas, taninos y capacidad antioxidante. De acuerdo con la encuesta, todas las uvas utilizadas en la elaboración de las bebidas provinieron de plantas silvestres, las cuales varían en la calidad del fruto. Los residuos generados por la producción de la bebida de *V. tiliifolia* no están regulados por el gobierno y se desconoce su impacto ambiental. Las mujeres que elaboran estas bebidas prefieren comprar las uvas, mientras que los hombres, generalmente, cosechan la fruta. En las bebidas de *V. tiliifolia*, los azúcares reductores totales y los sólidos solubles totales fueron ampliamente variables, lo que indica que algunos frutos no estaban maduros al momento de la cosecha. La acidez total de las bebidas de *V. tiliifolia* fue baja con respecto a la registrada en los vinos de *V. vinifera*, mientras que la concentración de flavonoides en una bebida de *V. tiliifolia* fue mayor que en el Lambrusco.

Palabras clave: *Vitis* silvestre, *Vitis* mesoamericanas, fenoles, actividad antioxidante, flavonoides.

Please cite this article as follows (APA 6): Galindo-Tovar, M. E., Davila-Lezama, M. R., Galicia-Sánchez, A., Olivares-Blanco, E., Guerra-Ramírez, D., Aguilar-Rivera, N., Hernández-Rodríguez, G., Famiani, F., & Cruz-Castillo, J. G. (2019). Artisanal alcoholic beverages made with *Vitis tiliifolia* grape in Mexico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 25(3), 169-183. doi: 10.5154/r.rchsh.2018.12.023

Received: December 7, 2018/ Accepted: July 17, 2019.



Revista Chapingo
Serie Horticultura

www.chapingo.mx/revistas/horticultura

Introduction

Mexican wine production covers around 30 % of the country's demand and the wine trade balance had an annual deficit of 181.3 million USD (González-Andrade, 2015). Baja California is the State with the highest wine production from *Vitis vinifera*. Other States where wine is produced are Coahuila, Zacatecas, Aguascalientes, and Queretaro. In addition, the State of Chihuahua has become a new wine producing area (Ojeda-Barrios, Rodríguez-Andujo, López-Ochoa, Leyva-Chávez, & García-Muñoz, 2012). Some Mexican wines were classified as a little salty as they have higher concentrations of Ca, Mg, Na, and K than wines from other countries (Cabello-Pasini, Macías-Carranza, Siqueiros-Valencia, & Huerta-Díaz, 2013).

In Mexico, in addition to the wine produced from *V. vinifera*, red alcoholic beverages made from *V. tiliifolia* (*Vitis tiliifolia* Humb. & Bonpl.) (*syn.V. caribbea*) grapes have been produced for 60 years. These beverages named and marketed as 'wines' have been sold outside of Mexico in small amounts (Cruz-Castillo, Franco-Mora, & Famiani, 2009), and they are popular in Cuba. In Mexico, this kind of alcoholic beverage has also been produced with wild grapevines from species other than *V. tiliifolia* (*Vitis* spp.) in some states as Guerrero and Puebla (Luna-Gaona et al., 2010). Its fruits are smaller than those of most *V. vinifera* cultivars and they are generally not eaten fresh because of their high astringency (Juárez-Trujillo, Jiménez-Fernández, Guerrero-Analco, Monribot-Villanueva, & Jiménez-Fernández, 2017) and lack of sweetness.

V. tiliifolia has a Mesoamerican/Caribbean origin (Tröndle et al., 2010; Zecca et al., 2012); they generally grow in tropical lowlands and highlands in acid soils with high organic matter. The vines climb on trees located in the mesophile forest. It also grows on trees where coffee is cultivated, and temperate fruits are produced in tropical highlands (Cruz-Castillo et al., 2009). This species is found in the wild in western South America (Tröndle et al., 2010) and in Mexico, mainly in the States of Veracruz (Cruz-Castillo et al., 2009), Puebla (Franco-Mora, Cruz-Castillo, Cortés-Sánchez, & Rodríguez-Landero, 2008), Mexico (Rubí-Arriaga et al., 2014), and Oaxaca (Sabás-Chavez, Franco-Mora, Castañeda-Vildózola, Sánchez-Pale, & Cruz-Castillo, 2018).

Fruit harvesting for the production of *V. tiliifolia* alcoholic beverages in Naolinco, Veracruz, Mexico, occurs between August and November (Lascurain, Avendaño, del Amo, & Niembro, 2010). Harvesting of this wild grapevine in forests is not regulated by the government, and its local economic importance has not been documented (Franco-Mora, Salomon-Castaño, Morales, Castañeda-Vildózola, & Rubí-Arriaga, 2015). In addition, there are no reports on the socio-economic aspects of producers who make alcoholic beverages

Introducción

La producción de vino en México cubre alrededor de 30 % de la demanda del país, y la balanza comercial de vino tuvo un déficit anual de 181.3 millones de USD (González-Andrade, 2015). Baja California es el estado con la mayor producción de vino de *Vitis vinifera*; otros estados productores son Coahuila, Zacatecas, Aguascalientes y Querétaro, mientras que, en los últimos años, Chihuahua se ha convertido en una zona vitivinícola (Ojeda-Barrios, Rodríguez-Andujo, López-Ochoa, Leyva-Chávez, & García-Muñoz, 2012). Algunos vinos mexicanos se clasifican como ligeramente salados, ya que tienen concentraciones más altas de Ca, Mg, Na y K en comparación con los vinos de otros países (Cabello-Pasini, Macías-Carranza, Siqueiros-Valencia, & Huerta-Díaz, 2013).

En México, además del vino producido a partir de *V. vinifera*, desde hace 60 años se producen bebidas alcohólicas de color rojo a partir de *V. tiliifolia* (*Vitis tiliifolia* Humb. & Bonpl.) (*syn.V. caribbea*). Estas bebidas denominadas y comercializadas como "vinos" han sido vendidas fuera de México en pequeñas cantidades (Cruz-Castillo, Franco-Mora, & Famiani, 2009), y son bastante populares en Cuba. En México, este tipo de bebida alcohólica también se produce con cepas silvestres de especies distintas a *V. tiliifolia* (*Vitis* spp.) en algunos estados como Guerrero y Puebla (Luna-Gaona et al., 2010). Los frutos *V. tiliifolia* son más pequeños que los de la mayoría de los cultivares de *V. vinifera*, y generalmente no se consumen frescos debido a su elevada astringencia (Juárez-Trujillo, Jiménez-Fernández, Guerrero-Analco, Monribot-Villanueva, & Jiménez-Fernández, 2017) y escasa de dulzura.

V. tiliifolia es de origen mesoamericano y caribeño (Tröndle et al., 2010; Zecca et al., 2012), generalmente crece en los bosques bajos tropicales y en los altiplanos en suelos ácidos con gran cantidad de materia orgánica. Las vides trepan a los árboles situados en el bosque mesófilo, así como en árboles donde se cultiva café y en frutales de clima templado que se producen en los altiplanos tropicales (Cruz-Castillo et al., 2009). Esta especie se encuentra en estado silvestre en el oeste de Sudamérica (Tröndle et al., 2010) y en México, principalmente en Veracruz (Cruz-Castillo et al., 2009), Puebla (Franco-Mora, Cruz-Castillo, Cortés-Sánchez, & Rodríguez-Landero, 2008), Estado de México (Rubí-Arriaga et al., 2014) y Oaxaca (Sabás-Chávez, Franco-Mora, Castañeda-Vildózola, Sánchez-Pale, & Cruz-Castillo, 2018).

La cosecha de fruta para la producción de bebidas alcohólicas de *V. tiliifolia* en Naolinco, Veracruz, México, se realiza entre agosto y noviembre (Lascurain, Avendaño, del Amo, & Niembro, 2010); sin embargo, la recolección de esta vid silvestre en los bosques no está regulada por el gobierno y su importancia económica local no ha sido documentada (Franco-

with *V. tiliifolia* in Mexico and in the tropical regions of the Americas, and there are no reports in the literature on the physical and chemical properties of beverages made with this species. The alcoholic beverage producers that use *V. tiliifolia* in Naolinco keep their way of making these beverages secret, but it is known that they usually add sugar and alcohol from sugar cane to the *V. tiliifolia* juice.

Considering the above, the objectives of the present study were: 1) to define some socioeconomic aspects of the alcoholic beverage producers that use *V. tiliifolia*, and 2) to characterize physical and chemical properties of the alcoholic beverages that they produce.

Materials and methods

Socio-economical survey of alcoholic beverage producers

From a list of 75 producers of *V. tiliifolia* alcoholic beverages in Naolinco, Veracruz, Mexico, 25 were arbitrarily selected for an interview, representing 30 % of the producers. The socioeconomic and cultural aspects investigated were: 1) gender (1 = male, 2 = female), 2) age, 3) academic education (1 = primary, 2 = junior high school, 3 = high school, 4 = college), 4) knowledge about the health benefits of *V. tiliifolia* alcoholic beverage consumption (1 = cardiovascular, 2 = digestive, 3 = circulatory, 4 = others), 5) years of experience making alcoholic beverages, 6) sale price, 7) amount of grapes used per liter of beverage ($\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$), 8) quantity of alcoholic beverage produced per year (L), 9) price of grapes per kg, 10) place where grape is bought (1 = street vendor, 2 = local market, 3 = no purchase), 11) use of fruit peel (1 = waste, 2 = fertilizer), 12) use of grape seeds (1 = waste, 2 = fertilizer, 3 = others), and 13) problems in marketing alcoholic beverage (1 = a lot of competition, 2 = no competition).

Plant material

The fruits of typical *V. tiliifolia* used to make the alcoholic beverages were collected or bought in the county of Naolinco, Veracruz, Mexico, in 2016 and 2017. All the wild plants were located between 1,469 masl (19° 38' 47.9" NL and 96° 51' 13.6" WL) and 1,528 masl (19° 38' 59.0" NL and 96° 51' 37.0" WL) (Cruz-Castillo et al., 2009). At each site, per year (2016 and 2017), samples were taken for analysis at a depth of 40 cm from the soils where the plants grew.

In September 2016, when the plants had mature fruits, the soil had a pH of 4.6-4.7, density of $1.02\text{-}1.29\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, total N of 0.23-0.25 %, P of 4.25-5.61 ppm, K of 200 ppm, Ca of 1.12-1.7 meq \cdot 100 g^{-1} , Mg of 0.023-0.025 meq \cdot 100 g^{-1} , organic matter of 4.73-5.27 %, and electrical conductivity of 0.1353-0.1941 μS . In February

Mora, Salomón-Castaño, Morales, Castañeda-Vildózola, & Rubí-Arriaga, 2015). Además, no hay reportes sobre los aspectos socioeconómicos de los productores que elaboran bebidas alcohólicas con *V. tiliifolia* en México y en América tropical, y no existen informes en la literatura sobre las propiedades físicas y químicas de las bebidas elaboradas con esta especie. Los productores de estas bebidas en Naolinco mantienen en secreto su proceso de elaboración, pero se sabe que, usualmente, añaden azúcar y alcohol de caña de azúcar al jugo de *V. tiliifolia*.

Considerando lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron: 1) definir algunos aspectos socioeconómicos de los productores de bebidas alcohólicas que utilizan *V. tiliifolia* y 2) caracterizar las propiedades físicas y químicas de las bebidas que producen.

Materiales y métodos

Sondeo socioeconómico de los productores de bebidas alcohólicas

De una lista de 75 productores de bebidas alcohólicas con *V. tiliifolia* en Naolinco, Veracruz, México, se seleccionaron 25 de manera arbitraria para entrevistarlos, lo que representó el 30 % de los productores. Los aspectos socioeconómicos y culturales evaluados fueron: 1) género (1 = hombre, 2 = mujer), 2) edad, 3) nivel de estudios (1 = primaria, 2 = secundaria, 3 = preparatoria, 4 = universidad), 4) conocimiento sobre los beneficios para la salud al consumir bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia* (1 = cardiovascular, 2 = digestivo, 3 = circulatorio, 4 = otros), 5) años de experiencia en la elaboración de bebidas alcohólicas, 6) precio de venta, 7) cantidad de uva utilizada por litro de bebida ($\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$), 8) cantidad de bebida alcohólica producida por año (L), 9) precio de la uva por kilogramo, 10) lugar de compra de la uva (1 = vendedor ambulante, 2 = mercado local, 3 = no compra), 11) uso de la cáscara de la fruta (1 = desperdicio, 2 = fertilizante), 12) uso de las semillas de uva (1 = desperdicio, 2 = fertilizante, 3 = otros) y 13) problemas en la comercialización de la bebida alcohólica (1 = mucha competencia, 2 = sin competencia).

Material vegetal

Los frutos de *V. tiliifolia* utilizados para elaborar las bebidas alcohólicas se recolectaron o compraron en el municipio de Naolinco, Veracruz, México, en 2016 y 2017. Todas las plantas silvestres se localizaron entre los 1,469 msnm (19° 38' 47.9" latitud norte y 96° 51' 13.6" longitud oeste) y 1,528 msnm (19° 38' 59.0" latitud norte y 96° 51' 37.0" longitud oeste) (Cruz-Castillo et al., 2009). En cada sitio, por año (2016 y 2017), se tomaron muestras a 40 cm de profundidad de los suelos donde creció la planta para su análisis.

2017, when the plants had leaves but no reproductive growth, the soil had a pH of 5.2-5.6, density of 1.33-1.34 g·cm⁻³, total N of 0.20-0.27 %, P of 3.12-3.86 ppm, K of 225 ppm, Ca of 1.58-1.79 meq·100 g⁻¹, Mg of 0.60 meq·100 g⁻¹, organic matter of 4.19-5.44 %, and electrical conductivity of 0.342-0.1446 µS. The sampling and analyses of the soil were conducted according to standard NOM-021-RECNAT-2000 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2002).

Chemical attributes of the alcoholic beverages

In 39 different bottles of alcoholic beverages, the pH, total soluble solids (TSS), total sugars, alcohol percentage, and acidity were determined in August 2016. The pH was determined with a potentiometer (pHM82, Radiometer®, Denmark). The TSS were determined using refractometry by placing a drop of the alcoholic beverage on a digital refractometer (HI96801, Hanna instruments®), which was calibrated with distilled water. Titratable acidity was determined by the volumetric method and expressed in percentage malic acid (Jackson, 2008) using a titator (HI84532U-01, Hanna instruments®). Total sugars were evaluated by a modified anthrone method (Shakappa, 2015), and the alcohol percentage by direct distillation (Servicio Agrícola y Ganadero [SAG], 2011).

Total phenols, total flavonoids, anthocyanins, tannins, and antioxidant capacity were evaluated in August 2017 in another five bottles of alcoholic beverages made with *V. tiliifolia*. One named commercially by the producer as Tinto Salvaje and the others were coded from 1 to 4. All chemical determinations of alcoholic beverages were made in triplicate. The beverages made with *V. tiliifolia* in Naolinco were locally classified as semi-sweet wines, so they were contrasted with the semi-sweet Lambrusco® wine (made with *V. vinifera* cv Lambrusco Salamino in Italy), because its sweet taste resembles that of the drink made with *V. tiliifolia*. All chemical determinations of the alcoholic beverages were repeated three times. A completely randomized design was used for these evaluations.

The antioxidant capacity of the five different alcoholic beverages made with *V. tiliifolia* and the Lambrusco wine was determined by DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Cheng, Moore, & Yu, 2006), ABTS (2,2'-azino-bis[3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid]) (Re et al., 1999), and FRAP (ferric reducing antioxidant power) (Benzie & Strain, 1996) assays, all adapted to microplates. Absorbances were measured in a microplate reader (Synergy 2, Biotek®, EUA).

To determine antioxidant capacity by the DPPH method, 200 µL of wine sample dilution (1.3 to 13 µmL·mL⁻¹) and 50 µL of DPPH solution (0.099 mM) were mixed; the mixture was then covered with aluminum foil

En septiembre de 2016, cuando las plantas tenían frutos maduros, el suelo tuvo un pH de 4.6 a 4.7, densidad de 1.02 a 1.29 g·cm⁻³, N total de 0.23 a 0.25 %, P de 4.25 a 5.61 ppm, K de 200 ppm, Ca de 1.12 a 1.7 meq·100 g⁻¹, Mg de 0.023 a 0.025 meq·100 g⁻¹, materia orgánica de 4.73 a 5.27 % y conductividad eléctrica de 0.1353 a 0.1941 µS. Por su parte, en febrero de 2017, cuando las plantas tenían hojas, pero sin desarrollo reproductivo, el suelo tuvo un pH de 5.2 a 5.6, densidad de 1.33 a 1.34 g·cm⁻³, N total de 0.20 a 0.27 %, P de 3.12 a 3.86 ppm, K de 225 ppm, Ca de 1.58 a 1.79 meq·100 g⁻¹, Mg de 0.60 meq·100 g⁻¹, materia orgánica de 4.19 a 5.44 % y conductividad eléctrica de 0.342 a 0.1446 µS. El muestreo y análisis del suelo se realizó de acuerdo con la norma NOM-021-RECNAT-2000 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2002).

Propiedades químicas de las bebidas alcohólicas

En agosto de 2016 se determinó el pH, los sólidos solubles totales (SST), los azúcares totales, el porcentaje de alcohol y la acidez de 39 botellas de bebidas alcohólicas diferentes. El pH se midió con un potenciómetro digital (pHM82, Radiometer®, Dinamarca). Los SST se determinaron mediante refractometría, para lo cual se colocó una gota de la bebida alcohólica en un refractómetro digital (HI96801, Hanna instruments®), calibrado previamente con agua destilada. La acidez titulable se determinó por un método volumétrico con ayuda de un titulador (HI84532U-01, Hanna instruments®), y se expresó en porcentaje de ácido málico (Jackson, 2008). Los azúcares totales se evaluaron por el método de antronas modificadas (Shakappa, 2015), y el porcentaje de alcohol por destilación directa (Servicio Agrícola y Ganadero [SAG], 2011).

En agosto de 2017 se evaluaron fenoles totales, flavonoides totales, antocianinas, taninos y capacidad antioxidante de otras cinco botellas de bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia*; una nombrada comercialmente por el productor como "Tinto Salvaje" y las otras se codificaron del 1 al 4. Las bebidas elaboradas con *V. tiliifolia* en Naolinco se clasifican localmente como vinos semidulces, por lo que se contrastaron con el vino semidulce Lambrusco® (elaborado con *V. vinifera* cv Lambrusco Salamino en Italia), debido a que su sabor dulce se asemeja al de la bebida elaborada con *V. tiliifolia*. Todas las determinaciones químicas de las bebidas alcohólicas se realizaron por triplicado. Para estas evaluaciones se utilizó un diseño completamente aleatorio.

La capacidad antioxidante de las cinco bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia* y el vino Lambrusco se determinó por los métodos DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) (Cheng, Moore, & Yu, 2006), ABTS (2,2'-azino-bis[3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico]) (Re et al., 1999) y FRAP (poder antioxidante reductor de hierro) (Benzie & Strain, 1996), todos adaptados a

and incubated for 30 min in the dark. Subsequently, the decrease in absorbance was monitored at 517 nm versus a blank, which consisted of 80 % methanol (250 μL). The control contained 200 μL of 80 % methanol and 50 μL of the DPPH solution (50 μL). Prior to analysis, a standard curve was prepared from a 1 mM Trolox stock solution (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid) with a linear range of 7.37 to 34.51 μM . Results were expressed as micromoles of Trolox equivalents (TE) per liter of alcoholic beverage ($\mu\text{mol TE}\cdot\text{L}^{-1}$).

The ABTS method consists of mixing 20 μL of the diluted alcoholic beverage sample and 180 μL of the ABTS+ solution, which was obtained by reacting 7.4 mM ABTS and 2.6 mM of sodium persulfate. The mixture's absorbance was measured at 734 nm. Prior to analysis, a curve was prepared from a 1 mM Trolox stock solution with a linear range of 4.99 to 5,993 μM . Results were expressed as micromoles of Trolox equivalents per liter of alcoholic beverage ($\mu\text{mol TE}\cdot\text{L}^{-1}$).

To determine antioxidant capacity by the FRAP method, 20 μL of the diluted alcoholic beverage, 180 μL of the FRAP solution and 60 μL of distilled water were mixed. Absorbance was measured at 595 nm. The FRAP reagent was prepared from a sodium acetate buffer (300 mM, pH 3.6), TPTZ solution (10 mM) (HCl 40 mM as solvent) and iron (III) chloride solution (20 mM) at a ratio of 10:1:1, respectively. Prior to measurement, a standard curve was prepared from a Trolox stock solution (1 mM) with a linear range of 3.8 to 46 μM . Results were expressed as micromoles of Trolox equivalents per liter of alcoholic beverage ($\mu\text{mol TE}\cdot\text{L}^{-1}$).

Total phenolic compounds content was determined using the Folin-Ciocalteu reagent (Singleton & Rossi, 1965) adapted to microplates, for which 25 μL of diluted alcoholic beverage, or gallic acid standard, were added to 125 μL of distilled water; subsequently, 20 μL of Folin-Ciocalteu reagent, diluted to 1:10, was added and mixed with 30 μL of 20 % Na_2CO_3 solution. After incubation for 30 min at room temperature, absorbance was measured at 750 nm versus a blank, which consisted of 25 μL of distilled water instead of sample. A gallic acid standard curve with a linear range of 2.5 to 29.0 $\mu\text{g GA}\cdot\text{mL}^{-1}$ was prepared from 0.5 mg mL^{-1} of a gallic acid stock solution. Results were expressed as milligrams of gallic acid equivalents (GAE) per liter of alcoholic beverage ($\text{mg GAE}\cdot\text{L}^{-1}$).

Total flavonoid content was determined according to Kubola and Siriamornpun (2011) and adapted to microplates. Briefly, 500 μL of sample or standard (catechin) were mixed with 2.5 mL of distilled deionized water. At time zero, 0.15 mL of 5 % NaNO_2 solution were added and mixed. After 6 min, 10 % $\text{AlCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solution (0.3 mL) was added and mixed. After 5 min, 5 % NaOH solution (1 mL) was added and mixed. Absorbance of

microplacas. Las absorbencias se midieron en un lector de microplacas (Synergy 2, Biotek®, EUA).

Para determinar la capacidad antioxidante por el método DPPH, se mezclaron 200 μL de dilución de muestra de vino (1.3 a 13 $\mu\text{mL}\cdot\text{mL}^{-1}$) y 50 μL de la solución de DPPH (0.099 mM); la mezcla se incubó durante 30 min en oscuridad, para lo cual se cubrieron con papel de aluminio. Posteriormente, la disminución en la absorbancia se midió a 517 nm contra un blanco, el cual consistió de 250 μL de metanol al 80 %. Por su parte, el control contenía 200 μL de metanol al 80 % y 50 μL de la solución de DPPH (0.099 mM). Previo al análisis, se preparó una curva estándar a partir de una solución madre de Trolox (1 mM) (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico) con un rango lineal de 7.37 a 34.51 μM . Los resultados se expresaron en micro moles de equivalentes de Trolox (TE) por litro de bebida alcohólica ($\mu\text{mol TE}\cdot\text{L}^{-1}$).

El método ABTS consiste en mezclar 20 μL de la muestra de bebida alcohólica diluida y 180 μL de la solución de ABTS^+ , la cual se obtuvo mediante la reacción de 7.4 mM ABTS y 2.6 mM de persulfato de sodio. La absorbancia de la mezcla se midió a 734 nm. Previo al análisis, se preparó una curva a partir de una solución madre Trolox (1 mM) con un rango lineal de 4.99 a 5,993 μM . Los resultados se expresaron en micro moles de equivalentes de Trolox por litro de bebida alcohólica ($\mu\text{mol TE}\cdot\text{L}^{-1}$).

Para determinar la capacidad antioxidante por el método de FRAP, se mezclaron 20 μL de la bebida alcohólica diluida, 180 μL de la solución de FRAP y 60 μL de agua destilada. La absorbancia se midió a 595 nm. El reactivo de FRAP se preparó al momento a partir de un tampón de acetato de sodio (300 mM, pH 3.6), solución de TPTZ (10 mM) (HCl 40 mM como disolvente) y solución de cloruro de hierro (III) (20 mM) en una proporción de 10:1:1, respectivamente. Previo a la medición, se preparó una curva estándar a partir de una solución madre Trolox (1 mM) con un rango lineal de 3.8 a 46 μM . Los resultados se expresaron en micro moles de equivalentes de Trolox por litro de bebida alcohólica ($\mu\text{mol TE}\cdot\text{L}^{-1}$).

El contenido de compuestos fenólicos se determinó utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965) adaptado a microplacas, para lo cual se agregaron 25 μL de bebida alcohólica diluida, o estándar de ácido gálico, a 125 μL de agua destilada; posteriormente, se añadieron 20 μL de reactivo de Folin-Ciocalteu, diluido a 1:10, y se mezclaron con 30 μL de solución de Na_2CO_3 al 20 %. Después de la incubación durante 30 min a temperatura ambiente, se midió la absorbancia a 750 nm frente a un blanco, el cual consistió de 25 μL de agua destilada en lugar de la muestra. Se preparó una curva estándar de ácido gálico con rango lineal de 2.5 a

an aliquot (200 μL) of the colored flavonoid–aluminum complex was measured at 510 nm. The blank consisted of 500 μL of 80 % methanol. Prior to analysis, a standard curve was prepared from a catechin stock solution (300 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) with a linear range of 0.7 to 34.5 $\mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{mL}^{-1}$. Results were expressed as micrograms of catechin equivalents (CE) per liter of alcoholic beverage ($\mu\text{g}\cdot\text{CE}\cdot\text{L}^{-1}$).

Monomeric anthocyanin content of the samples was determined by the spectrophotometric pH differential protocol (Giusti & Wrolstad, 2001), for which 0.5 mL of alcoholic beverage were mixed with 0.5 mL of a pH 1 buffer (KCl 0.025 M). The mixture's absorbance was measured at 510 and 700 nm. Subsequently, 0.5 mL of alcoholic beverage were mixed with 0.5 mL of a pH 4.5 buffer (CH_3COONa 4.5 M), and the absorbance of this solution was measured at the same wavelengths. The anthocyanin content was calculated based on cyanidin-3-O-glucoside, molar extinction coefficient of 26,900 and a molecular weight of 449.2 $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Results were expressed as milligrams of cyanidin-3-O-glucoside equivalents (Cyde) per liter of alcoholic beverage ($\text{mg}\cdot\text{Cyde}\cdot\text{L}^{-1}$).

Condensed tannins were determined according to Liu, Lin, Wang, Chen, and Yang (2009), for which 25 μL of alcoholic beverage were mixed with 750 μL of a 4 % vanillin solution and 375 μL of concentrated HCl. The mixture was vortexed for 20 min. The mixture's absorbance was measured at 500 nm. Prior to determination, a catechin standard curve was prepared in a linear range of 0.004 to 0.032 $\text{mg}\cdot\text{C}\cdot\text{mL}^{-1}$ from a catechin stock solution (2 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) using 80 % methanol as solvent. Results were expressed in milligrams of catechin equivalents per liter of alcoholic beverage ($\text{mg}\cdot\text{CE}\cdot\text{L}^{-1}$).

Statistical analysis

To obtain information on companies and technological advances, some exploratory studies have analyzed surveys of a few individuals through principal components (Corrales-García, Cruz-Castillo, Lozano-López, & Famiani, 2009), so in this study the responses to the survey were analyzed using this technique. The relevance of PCA in this work was determined by a Kaiser-Meyer-Olkin sample analysis and a Bartlett sphericity test applied to the resulting correlation matrix (Álvarez, 1994).

The 39 alcoholic beverages studied were grouped by cluster analysis with Ward's minimum variance method with Gower distance. For the selection of the number of groups, the cophenetic correlation coefficient was used, with the 0.60 distance value as threshold. The variables used in these analyses were TSS, total sugars, acidity, pH and alcohol percentage. Standard errors were estimated

29.0 $\mu\text{g}\cdot\text{AG}\cdot\text{mL}^{-1}$ a partir de 0.5 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ de una solución madre de ácido gálico. Los resultados se expresaron en miligramos de equivalentes de ácido gálico (EAG) por litro de bebida alcohólica ($\text{mg}\cdot\text{EAG}\cdot\text{L}^{-1}$).

El contenido de flavonoides totales se determinó de acuerdo con el método reportado por Kubola y Siriamornpun (2011), adaptado a microplacas; para ello, se mezclaron 500 μL de muestra o patrón (catequina) con 2.5 mL de agua destilada desionizada. En el momento cero se añadieron y mezclaron 0.15 mL de solución de NaNO_2 al 5 %; después de 6 min se agregaron y mezclaron 0.3 mL de una solución de $\text{AlCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ al 10 % (0.3 mL), y pasados 5 min se añadió y mezcló 1 mL de una solución de NaOH al 5 %. La absorbancia de 200 μL del complejo flavonoide-aluminio coloreado se midió a 510 nm. El blanco consistió de 500 μL de metanol al 80 %. Previo al análisis se preparó una curva estándar a partir de una solución madre de catequina (300 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) con un rango lineal de 0.7 a 34.5 $\mu\text{g}\cdot\text{C}\cdot\text{mL}^{-1}$. Los resultados se expresaron en microgramos de equivalentes de catequina (EC) por litro de bebida alcohólica ($\mu\text{g}\cdot\text{EC}\cdot\text{L}^{-1}$).

El contenido de antocianinas monoméricas de las muestras se determinó mediante el protocolo espectrofotométrico diferencial de pH (Giusti & Wrolstad, 2001), para lo cual se mezclaron 0.5 mL de bebida alcohólica con 0.5 mL de un tampón de pH 1 (KCl 0.025 M). La absorbancia de la mezcla se midió a 510 y 700 nm. Posteriormente, se mezclaron 0.5 mL de bebida alcohólica con 0.5 mL de un tampón de pH 4.5 (CH_3COONa 4.5 M), y la absorbancia de esta solución se midió en las mismas longitudes de onda. El contenido de antocianinas en función de la cianidina-3-O-glucósido, un coeficiente de extinción molar de 26,900 y un peso molecular de 449.2 $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Los resultados se expresaron en miligramos de equivalentes de cianidina-3-O-glucósido (ECin) por litro de bebida alcohólica ($\text{mg}\cdot\text{ECin}\cdot\text{L}^{-1}$).

Los taninos condensados se determinaron de acuerdo con lo reportado por Liu, Lin, Wang, Chen, y Yang (2009), para ello se mezclaron 25 μL de bebida alcohólica con 750 μL de una solución de vainillina al 4 % y 375 μL de HCl concentrado. La mezcla se agitó en vórtex por 20 min. La absorción de la mezcla se midió a 500 nm. Previo a la determinación se preparó una curva estándar de catequina en un rango lineal de 0.004 a 0.032 $\text{mg}\cdot\text{C}\cdot\text{mL}^{-1}$ a partir de una solución madre de catequina (2 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) usando metanol al 80 % como disolvente. Los resultados se expresaron en miligramos de equivalentes de catequina por litro de bebida alcohólica ($\text{mg}\cdot\text{EC}\cdot\text{L}^{-1}$).

Análisis estadístico

Para obtener información sobre empresas y avances tecnológicos, en algunos estudios exploratorios se han

for these variables when groups had two or more replications (Di Rienzo et al., 2008). The concentration data for phenols, flavonoids, anthocyanins, tannins and antioxidant capacity were subjected to an analysis of variance and, subsequently, Tukey's multiple comparison test ($P \leq 0.05$). All statistical analyses were performed with the InfoStat-statistic version 8 software (Di Rienzo et al., 2016).

Results and discussion

Socio-economical survey of alcoholic beverage producers

The multivariate analysis yielded four principal components (PCs) greater than 1.0 and one with 0.9, which together accounted for 79 % of the total variability of the data (Table 1), with PC1 explaining the greatest variability (26 %) (Table 1). The main variables which contributed to explaining this variability were the price of alcoholic beverage sales and the final destination of the wastes, represented by fruit peels and seeds (Table 1). Thus, the producers who were able to sell the alcoholic beverages at the highest prices were also able to use the wastes resulting from the processing (peels and seeds). For example, two producers sold their beverages at a high

analizado encuestas de pocos individuos mediante componentes principales (ACP) (Corrales-García, Cruz-Castillo, Lozano-López, & Famiani, 2009), por lo que en este estudio, las respuestas a la encuesta se analizaron por esta técnica. La relevancia del ACP en este trabajo se determinó con un análisis de muestra de Kaiser-Meyer-Olkin y una prueba de esfericidad de Bartlett aplicada a la matriz de correlación resultante (Álvarez, 1994).

Las 39 bebidas alcohólicas estudiadas se agruparon por análisis de conglomerados con el método de varianza mínima de Ward con la distancia de Gower. Para seleccionar el número de grupos se utilizó el coeficiente de correlación cofenética, con un valor de distancia de 0.60 como umbral. Las variables evaluadas con estos análisis fueron: SST, azúcares totales, acidez, pH y porcentaje de alcohol. Los errores estándar se estimaron para estas variables cuando los grupos tuvieron dos o más repeticiones (Di Rienzo et al., 2016). Los datos de concentración de fenoles, flavonoides, antocianos, taninos y capacidad antioxidante se sometieron a un análisis de varianza y, posteriormente, a una comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa InfoStat-statistic versión 8 (Di Rienzo et al., 2016).

Table 1. Eigenvectors of the first five principal components (PCs) of surveys of 25 producers of alcoholic beverages made with *Vitis tiliifolia* in Veracruz, Mexico. PC eigenvalues of the correlation matrix and proportion of variance also shown.

Cuadro 1. Vectores propios de los primeros cinco componentes principales (CPs) de encuestas realizadas a 25 fabricantes de bebidas alcohólicas elaboradas con *Vitis tiliifolia* en Veracruz, México. También se muestran los valores propios del CP de la matriz de correlación y la proporción de varianza.

Variables	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
1) Gender/Género	0.19	-0.43	-0.33	0.26	-0.26
2) Age/Edad	-0.24	-0.31	0.23	0.47	0.19
3) Academic education/Nivel de estudios	-0.18	-0.11	0.36	-0.24	-0.35
4) Health benefits of wine consumption/ Beneficios para la salud al consumir el vino	-0.14	0.13	-0.19	0.60	-0.21
5) Years of experience making alcoholic beverages/ Años de experiencia en la elaboración de bebidas alcohólicas	-0.24	-0.19	0.42	0.18	0.26
6) Sale Price/Precio de venta	0.49*	0.30	-0.19	-0.25	0.32
7) Amount of grapes used per liter of beverage ($\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$)/ Cantidad de uva utilizada por litro de bebida ($\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.28	-0.36	-0.35	0.10	-0.21
8) Amount of alcoholic beverage produced per year/ Cantidad de vino producido por año (L)	-0.17	-0.34	-0.22	-0.22	0.60
9) Price of grapes per kilogram/Precio de las uvas por kilogramo	-0.21	0.36	-0.21	0.25	-0.26
10) Place where grape is bought/Lugar de compra de la uva	0.17	0.47	-0.22	0.25	0.10
11) Use of fruit peel/Usos de la cascara de la fruta	0.42	-0.17	0.19	0.24	0.25
12) Uses of grape seeds/Usos de las semillas de las uvas	0.43	-0.28	0.19	0.22	0.25
13) Problems in wine marketing/Problemas en la comercialización del vino	-0.25	-0.24	-0.17	0.31	-0.34
Eigenvalue/Valores propios	4.01	3.2	2.86	1.95	1.44
Variance proportion (%)/Proporción de variación (%)	26	19	14	11	9

*High absolute values are highlighted.

*Se resaltan los mayores valores absolutos.

price and used the wastes as food for poultry (Table 2). In contrast, another producer sold his alcoholic beverage at a low price and did not use the fruit peels and seeds (Table 2). In the process of making the beverage, many wastes are produced and the environmental impact of the artisanal production of *V. tiliifolia* 'wines' in Naolinco has not been determined. In this regard, their management is a necessary activity that has to be regulated (Devesa-Rey et al., 2011).

PC2 accounted for 19 % of the data variability. Gender and grape purchasing site were the main variables (Table 1). Thus, the beverage producer with number 14 was male and harvested the fruit himself. In contrast, a female beverage producer with number 12 bought the grapes from street vendors to make the alcoholic beverage (Table 2).

PC3 explained 14 % of the total variability (Table 1), with the most important contributing variables being the

Resultados y discusión

Sondeo socioeconómico de los productores de bebidas alcohólicas

El análisis multivariado arrojó cuatro componentes principales (CPs) mayores a 1.0 y uno con 0.9, que en conjunto representaron 79 % de la variabilidad total de los datos, siendo el CP1 el que explicó la mayor variabilidad (26 %) (Cuadro 1). Las principales variables que contribuyeron a explicar dicha variabilidad fueron el precio de venta de las bebidas alcohólicas y el destino final de los residuos, representados por uso de cáscara y uso de las semillas (Cuadro 1). Es decir, los productores que pudieron vender las bebidas alcohólicas a precios más elevados, también pudieron utilizar los residuos resultantes de la elaboración (cáscaras y semillas). Por ejemplo, dos productores vendieron sus bebidas a un precio elevado y utilizaron los residuos como alimento para aves de corral (Cuadro 2). Por el contrario, otro

Table 2. Standardized scores of the first five principal components (PCs) of the survey of 25 producers of alcoholic beverages made with *Vitis tiliifolia* in Veracruz, Mexico.

Cuadro 2. Resultados estandarizados de los primeros cinco componentes principales (CPs) de la encuesta realizada a 25 fabricantes de bebidas alcohólicas elaboradas con *Vitis tiliifolia* en Veracruz, México,

Producers/Productores	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
1	0.10	3.50	-1.07	0.39	0.87
2	4.23*	-0.78	0.67	-1.23	-0.77
3	2.89	-1.24	-0.12	-0.33	0.09
4	1.75	-0.80	-1.12	-0.79	-1.42
5	-2.05	0.49	2.32	-0.01	1.35
6	1.84	-0.28	1.37	-0.02	0.37
7	4.39	-1.40	1.16	0.98	1.97
8	-0.30	2.50	0.53	-0.20	0.70
9	0.18	0.22	-0.72	-2.99	-0.47
10	-1.70	-0.09	1.18	-0.97	-0.05
11	-2.24	-1.54	0.79	0.08	-0.92
12	-1.85	-2.48	-2.04	-0.02	-0.96
13	-2.52	-0.69	2.13	-1.24	-0.41
14	2.14	3.85	-2.11	1.19	-1.30
15	0.55	1.84	0.33	-0.70	0.68
16	0.76	1.62	0.84	-1.28	-0.92
17	-0.29	3.62	-0.79	1.50	0.08
18	-0.38	0.79	0.94	-1.04	-0.43
19	-0.30	-1.72	-0.84	1.36	-1.11
20	0.33	-1.29	-0.12	-0.23	-1.58
21	-0.20	-1.24	-2.65	1.35	-1.42
22	-1.16	-1.82	-3.73	-1.56	3.66
23	-2.11	-0.88	1.49	1.52	0.27
24	-2.45	0.39	0.21	1.68	0.92
25	1.65	-1.98	0.74	2.78	0.36

*High absolute values are highlighted.

*Se resaltaron los mayores valores absolutos.

years of experience in beverage making and gender. The producers with more years of experience making the alcoholic beverages were generally male. PC4 explained 11 % of the total variability, and the variable which most contributed to explaining this variability was the knowledge about the health benefits of alcoholic beverage consumption (Table 1). This indicated that some producers are unaware of the health benefits that their beverages could provide to customers. Finally, PC5 explained 9 % of the total variability and the most important variable was the amount of alcoholic beverage produced per year (Table 1). In this regard, producer number 22 had the highest production (1,000 L) in the period evaluated (Table 2), and he or she received no financial support from either the government or any bank for producing the alcoholic beverage.

The alcoholic beverage producers had no difficulties in obtaining the grapes from the wild vines that are overexploited locally. Sometimes unripe fruit was harvested, and the vines did not receive any horticultural management. The beverage makers need training to improve their operations. Wastes generated by winemaking should be considered as a supplementary income source and also strategies to avoid any damage to the local environment should be developed.

Total soluble solids, reducing sugars, acidity, alcohol, and pH

All 39 alcoholic beverages made with *V. tiliifolia* were classified into seven different groups by cluster analysis. Three alcoholic beverages were not grouped, and one of them showed the lowest TSS (0.26 °Brix) and the lowest alcohol percentage (2 %) (Table 3). In Italy, it was suggested that dealcoholized wines should be marketed not as a wine but as a different type of beverage (Stasin,

productor vendió su bebida alcohólica a precio bajo y no utilizó las cáscaras ni las semillas de la fruta (Cuadro 2). En el proceso de elaboración de la bebida se generan muchos desechos y no se ha determinado el impacto ambiental de la producción artesanal de los 'vinos' elaborados con *V. tiliifolia* en Naolinco. En este sentido, su manejo es una actividad necesaria que debe ser regulada (Devesa-Rey et al., 2011).

El CP2 representó 19 % de la variabilidad de los datos, en donde el género y el lugar de compra de la uva fueron las principales variables (Cuadro 1). Así, el productor de bebidas con el número 14 era varón y él cosecha. En contraste, la productora con el número 12 compró las uvas a vendedores ambulantes para elaborar la bebida alcohólica (Cuadro 2).

El CP3 explicó el 14 % de la variabilidad total, y las variables que más contribuyeron fueron los años de experiencia en la elaboración de bebidas y el género (Cuadro 1). Los productores con más años de experiencia en la elaboración de bebidas alcohólicas, en general, fueron hombres. El CP4 representó 11 % de la variabilidad total, y la variable que más contribuyó a explicarla fue el conocimiento sobre los beneficios para la salud al consumir la bebida alcohólica (Cuadro 1); esto indicó que algunos de los productores no están conscientes de los beneficios para la salud que sus bebidas pueden proporcionar a los clientes. Finalmente, el CP5 explicó 9 % de la variabilidad total y la variable más importante fue la cantidad de bebidas alcohólicas producidas al año (Cuadro 1). En este sentido, el productor número 22 tuvo la mayor producción (1,000 L) en el periodo evaluado (Cuadro 2), y no recibió apoyo financiero del gobierno ni de algún banco para producir la bebida alcohólica.

Los productores de bebidas alcohólicas no tuvieron dificultades para obtener las uvas de las vides silvestres

Table 3. Chemical characteristics of 39 alcoholic beverages made with *V. tiliifolia* in Veracruz, Mexico, grouped by cluster analysis. Standard errors are shown in groups with replications.

Cuadro 3. Características químicas de 39 bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia* en Veracruz, México, agrupadas por análisis de conglomerados.

Groups/ Grupos	No. of alcoholic beverages per group/ Núm. de bebidas alcohólicas por grupo	Total soluble solids (°Brix)/ Sólidos solubles totales (°Brix)	Total sugars (g·L ⁻¹)/ Azúcares totales (g·L ⁻¹)	Acidity (%)/ Acidez (%)	pH	Alcohol (%)
1	1	38.16	36.75	1.7	3.31	21.94
2	4	28.33 ± 1.05	23.69 ± 3.07	1.2 ± 0.2	2.94 ± 0.03	16.28 ± 0.67
3	1	15.66	6.43	0.5	3.89	8.48
4	20	25.90 ± 0.73	15.97 ± 1.05	0.8 ± 0.1	3.28 ± 0.03	14.72 ± 0.45
5	1	0.26	9.73	1.6	3.27	2.0
6	2	4.50 ± 1.17	3.98 ± 2.39	4.7	1.17 ± 0.00	2.50 ± 0.50
7	10	17.11 ± 1.06	9.61 ± 0.71	1.1 ± 0.1	3.16 ± 0.05	9.29 ± 0.63

[‡]Standard errors are shown in groups with replications.

[‡]Los errores estándar se muestran en grupos con repeticiones.

Bimbo, Viscecchia, & Seccia, 2014). In contrast, another individual alcoholic beverage had the highest TSS (38.16 °Brix) and the highest alcohol percentage (21.94 %) (Table 3), which, according to Jackson (2008), can be considered as liquor for the market.

Group number 4 included 51 % of all alcoholic beverages sampled, and these beverages had 14.72 % alcohol and considering their high concentration of sugars (15.97 g·L⁻¹) and high acidity (0.8 %) (Table 3), they are not classified as dry red wines (Matsuhira et al., 2009). Sugar commonly needs to be added to the juice from species that do not attain adequate sugar concentration at harvest (~20 %) to develop about 12 % alcohol-content wine (Jackson, 2008). This could be the case for some *V. tiliifolia* alcoholic beverages in this group.

The second largest group (number 7) had 26 % of all the alcoholic beverages. This group had beverages with 9.29 % alcohol and with intermediate TSS (17.11 °Brix) and sugar (9.61 g·L⁻¹) values with respect to the other alcoholic beverages (Table 3).

Grape quality and fruit yield per vine have considerable influence on wine quality (Poni et al., 2018; Pozo-Bayon, Polo, Martín-Alvarez, & Pueyo, 2004). The differences in fruit quality for the making of alcoholic beverages from *V. tiliifolia* vines has not been determined, and producers of alcoholic beverages use grapes from any wild vine growing in the forest with fruit production that is very different in each one.

The alcohol percentage recorded across all the alcoholic beverages was between 2 and 21.94 %, and this shows the lack of regulations for making alcoholic beverages from *V. tiliifolia* in Naolinco. Also, the wide-ranging values for reducing sugars, pH, acidity and TSS in the alcoholic beverages indicate different stages of maturity in the harvested grapes. To determine the date of harvest in *V. vinifera*, it is necessary to consider the TSS of the fruit. For example, as a general rule for making a good-quality table wine, the wine grapes should have a minimum of ~20 °Brix at harvest (Poni et al., 2018). The TSS values reported in mature fruits of *V. tiliifolia* are about 13 °Brix for the pulp and 8 °Brix for the peel (Jiménez, Juárez, Jiménez-Fernández, Monribot-Villanueva, & Guerrero-Analco, 2018), and the TSS in the beverages studied had values between 0.26 and 38.16 %. The makers of alcoholic beverages of Naolinco do not take into account the TSS as an index for harvest and sometimes the harvested fruit is not ripe or overripe, thereby lowering the quality of the alcoholic beverage.

The *V. tiliifolia* alcoholic beverages were more acidic (0.5-4.7 %) (Table 3) than the Sangiovese (6.5-6.6 %) (Palliotti et al., 2017), Cabernet Sauvignon (7.83 %) and Merlot (6.90 %) wines (de la Cruz-Aquino, Martínez-

que están sobreexplotadas localmente; a veces se cosechan frutos inmaduros y las viñas no recibieron ningún tipo de manejo hortícola. Los fabricantes de esta bebida necesitan capacitación para mejorar sus operaciones. Los residuos generados por la vinificación deben ser considerados como fuente de ingresos complementarios y también deben desarrollarse estrategias para evitar cualquier daño al medio ambiente local.

Sólidos solubles totales, azúcares reductores, acidez, alcohol y pH

Las 39 bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia* se clasificaron en siete grupos diferentes mediante un análisis de conglomerados. Tres bebidas alcohólicas no se agruparon y una de ellas mostró el menor valor de SST (0.26 °Brix) y el menor porcentaje de alcohol (2 %) (Cuadro 3). En Italia, se sugiere que los vinos desalcoholizados no deberían comercializarse como vino, sino como un tipo diferente de bebida (Stasin, Bimbo, Viscecchia, & Seccia, 2014). Por el contrario, una de las bebidas alcohólicas tuvo los valores mayores de SST (38.16 °Brix) y porcentaje de alcohol (21.94 %) (Cuadro 3), la cual, de acuerdo con Jackson (2008), puede ser clasificada como fortificada, por lo que podría ser considerada como licor para el mercado.

El grupo 4 incluyó 51 % de las bebidas alcohólicas, las cuales tuvieron 14.72 % de alcohol, y considerando su alta concentración de azúcares (15.97 g·L⁻¹) y acidez (0.8 %) (Cuadro 3) no se clasifican como vinos tintos secos (Matsuhira et al., 2009). Por lo general, es necesario añadir azúcar al zumo de *V. vinifera* que no alcanza una concentración adecuada de azúcares al momento de la cosecha (~20 %) para elaborar un vino con un contenido alcohólico de alrededor de 12 % (Jackson, 2008). Este podría ser el caso de algunas bebidas alcohólicas de *V. tiliifolia* de este grupo.

El segundo grupo más importante (el número 7) representó el 26 % de las bebidas alcohólicas, las cuales tuvieron 9.29 % de alcohol, y valores intermedios de SST (17.11 °Brix) y azúcar (9.61 g·L⁻¹) con respecto al resto de las bebidas (Cuadro 3).

La calidad de la uva y el rendimiento de la fruta por vid tienen una influencia considerable en la calidad del vino (Poni et al., 2018; Pozo-Bayon, Polo, Martín-Alvarez & Pueyo, 2004). Sin embargo, las diferencias en la calidad de la fruta para elaborar bebidas alcohólicas a partir de vides de *V. tiliifolia* no han sido determinadas, además, los productores de estas bebidas utilizan uvas de cualquier vid silvestre que crezca en el bosque, siendo la fruta muy diferente en cada una de ellas.

El porcentaje de alcohol registrado en todas las bebidas alcohólicas se situó entre 2 y 21.94 %, lo que

Peniche, Becerril-Román, & Chávaro-Ortíz, 2012). This is probably because *V. tiliifolia* vines in the wild have acidic juice with titratable acidity values of 3 % (Jiménez et al., 2018), while the juice of *V. vinifera* cultivar grapes used for making commercial red wine is less acidic (Sadras, Petrie, & Moran, 2012; Soyer, Koca, & Karadeniz, 2003). Therefore, the high acidity and low pH (1.17-3.31) found in alcoholic beverages made with *V. tiliifolia* (Table 3) would be related to the acidic characteristic of the *V. tiliifolia* grapes that grow naturally in the tropical forest.

The seven different groups of *V. tiliifolia* alcoholic beverages had different chemical characteristics, making it difficult to compare them with dry red wines. However, the taste of alcoholic beverages made with *V. tiliifolia* is similar to that of semi-sweet red wines that are used in Italy to accompany dessert.

Phenols, anthocyanins, flavonoids, tannins and antioxidant capacity

The semi-sweet Lambrusco Italian wine was superior to all red alcoholic beverages of *V. tiliifolia* in total phenols, anthocyanins, tannin contents, and antioxidant capacity (ABTS, DPPH, and FRAP) (Table 4). Regarding the flavonoid concentration, the Tinto Salvaje 'wine', made with *V. tiliifolia* grapes, surpassed the Lambrusco wine (Table 4). Tinto Salvaje had greater antioxidant capacity than the other alcoholic beverages made with *V. tiliifolia* (Table 4).

Total phenol and anthocyanin levels determined in the Lambrusco wine (Table 4) were similar to those

demuestra la falta de regulación para la elaboración de bebidas alcohólicas a partir de *V. tiliifolia* en Naolinco. Además, los rangos amplios en los valores de azúcares reductores, pH, acidez y SST en las bebidas alcohólicas indican diferentes estados de madurez en las uvas cosechadas. Para determinar la fecha de cosecha de las uvas de *V. vinifera*, es necesario tener en cuenta los SST del fruto; por ejemplo, como regla general para elaborar un vino de mesa de buena calidad, las uvas deben tener un mínimo de ~20 °Brix al momento de la cosecha (Poni et al., 2018). No obstante, los valores reportados de SST en frutos maduros de *V. tiliifolia* son de aproximadamente 13 °Brix para la pulpa y 8 °Brix para la cáscara (Jiménez, Juárez, Jiménez-Fernández, Monribot-Villanueva, & Guerrero-Analco, 2018), y los SST en las bebidas estudiadas tuvieron valores entre 0.26 y 38.16 %, esto debido a que los fabricantes de bebidas alcohólicas de Naolinco no tienen en cuenta los SST como índice de cosecha, y a veces la fruta cosechada no está madura o está bastante madura, lo que disminuye la calidad de la bebida alcohólica.

Las bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia* fueron más ácidas (de 0.5 a 4.7 %) (Cuadro 3) que los vinos Sangiovese (de 6.5 a 6.6 %) (Palliotti et al., 2017), Cabernet Sauvignon (7.83 %) y Merlot (6.90 %) (de la Cruz-Aquino, Martínez-Peniche, Becerril-Román, & Chávaro-Ortíz, 2012). Lo anterior, probablemente, debido a que las vides de *V. tiliifolia* en estado silvestre tienen jugo ácido, con valores de acidez titulable de 3 % (Jiménez et al., 2018), mientras que el jugo de las uvas de los cultivares de *V. vinifera*, utilizados para hacer vino tinto comercial, es menos ácido (Sadras, Petrie, & Moran, 2012; Soyer, Koca & Karadeniz, 2003). Por lo tanto, la acidez alta y el pH

Table 4. Phenols, anthocyanins, flavonoids, tannins and antioxidant capacity for five alcoholic beverages made with *Vitis tiliifolia* grapes, and for Lambrusco wine made with *Vitis vinifera*. Alcohol percentage was a single value for each bottle of alcoholic beverage.

Cuadro 4. Fenoles, antocianinas, flavonoides, taninos y capacidad antioxidante de cinco bebidas alcohólicas elaboradas con *Vitis tiliifolia* y de vino Lambrusco elaborado con *Vitis vinifera*. El porcentaje de alcohol fue valor único por cada botella.

Beverage/ Bebida	Total phenolic (mg GAE·L ⁻¹)/ Fenoles totales (mg EAG·L ⁻¹)	Anthocyanins (mg Cyd·L ⁻¹)/ Antocianinas (mg ECin·L ⁻¹)	Flavonoids (µg CE·L ⁻¹)/ Flavonoides (µg EC·L ⁻¹)	Tannins (mg CE·L ⁻¹)/ Taninos (mg EC·L ⁻¹)	FRAP (µmol TE·L ⁻¹)	ABTS (µmol TE·L ⁻¹)	DPPH (µmol TE·L ⁻¹)	Alcohol (%)
Naolinco 1	598.15 c ^z	2.90 bcd	272.11 bc	275.13 c	1290.06 d	3861.25 d	3229.11 d	14.73
Naolinco 2	542.62 c	2.58 d	234.92 c	244.07 cd	1588.97 d	4041.96 d	3261.32 d	14.21
Naolinco 3	537.06 c	3.50 bc	242.98 c	228.86 cd	1136.97 d	3143.54 d	2692.49 e	14.07
Naolinco 4	951.56 b	3.93 b	228.53 c	201.34 d	3201.86 c	6295.76 c	3823.13 c	8.60
T. Salvaje	1088.53 b	2.19 de	449.27 a	589.29 b	4377.68 b	9217.43 b	7465.12 b	5.25
Lambrusco	1294.07 a	7.77 a	291.65 b	996.28 a	6228.53 a	11582.00 a	8798.86 a	7.50
LSD ¹ /DMSH ¹	157.50	1.14	44.51	72.15	533.70	990.00	526.81	

¹LSD = Least significant difference. ²Means with the same letter within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).

¹DMSH = Diferencia mínima significativa honesta. ²Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

reported by other researchers for this wine (Tassoni, Tango, & Ferri, 2014). The antioxidant capacity (DPPH, FRAP and ABTS) of the *V. tiliifolia* alcoholic beverages resembled that determined in *V. vinifera* rosé wines (Lino et al., 2014). Moderate consumption of *V. tiliifolia* alcoholic beverages with adequate concentrations of flavonoids could help to regulate immune responses that decrease the inflammation observed in many diseases such as Alzheimer's and dementia diseases (Magrone & Jirillo, 2010).

The alcoholic beverages made from *V. tiliifolia* are valued by certain consumers in Mexico and Cuba. This species is not commercially cultivated in Mexico, but with a selection of varieties, along with horticultural management, the quality of its fruits (increasing TSS at maturity) can be enhanced and better alcoholic beverages produced. The artisanal processes used in the making of alcoholic beverages of *V. tiliifolia* were not documented in the present study, but with greater technological knowledge in the production of this beverage, the quality will be improved. The alcohol percentage of the beverages varied from 5.25 to 14.73 %. The Tinto Salvaje had the lowest value (Table 4) and this can be classified as a dealcoholized 'wine' (Stasi et al., 2014) or a beverage made from *V. tiliifolia*. The rest of the alcoholic beverages are within the alcohol-content range for wines (Table 4).

Conclusions

This is the first report where the physical and chemical characteristics of alcoholic beverages made with *V. tiliifolia* are shown.

An artisanal alcoholic beverage made with wild *V. tiliifolia* surpassed a commercial wine made from *V. vinifera* in total flavonoids.

The survey generated socio-economic and cultural information about the alcoholic beverage producers that can be used to take actions to improve this local industry. For example, the uses of wastes produced in the making of these alcoholic beverages must be regulated. The vines of *V. tiliifolia* are widely distributed in the tropical regions of the Americas and one of their main uses could be the production of alcoholic beverages under a regulatory framework aimed at enhancing their quality. It is necessary to cultivate this species since it is overexploited in some regions. The selection of individuals with outstanding fruit, having a good balance between organic acids and carbohydrates, is required in order to make quality alcoholic beverages.

End of English version

bajo (de 1.17 a 3.31), que se encuentran en las bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia* (Cuadro 3), están relacionadas con las características ácidas de las uvas de *V. tiliifolia* que crecen naturalmente en el bosque tropical.

Los siete grupos diferentes de bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia* tuvieron características químicas distintas, lo que dificulta su comparación con los vinos tintos secos. Sin embargo, el sabor de las bebidas elaboradas con *V. tiliifolia* es parecido al de los vinos tintos semidulces, los cuales utilizan en Italia para acompañar los postres.

Fenoles, antocianinas, flavonoides, taninos y capacidad antioxidante

El vino italiano Lambrusco semidulce fue superior y diferente estadísticamente ($P \leq 0.05$) a todas las bebidas elaboradas con *V. tiliifolia* en el contenido de fenoles totales, antocianinas, taninos y capacidad antioxidante (ABTS, DPPH y FRAP) (Cuadro 4). En cuanto a la concentración de flavonoides, la bebida de Tinto Salvaje, elaborada con uvas *V. tiliifolia*, superó al Lambrusco (Cuadro 4); además, Tinto Salvaje tuvo mayor capacidad antioxidante en comparación con las otras bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia* (Cuadro 4).

Los niveles de fenoles totales y antocianinas del Lambrusco (Cuadro 4) fueron similares a los reportados por otros investigadores para este vino (Tassoni, Tango, & Ferri, 2014). La capacidad antioxidante (DPPH, FRAP y ABTS) de las bebidas elaboradas con *V. tiliifolia* se asemeja a la determinada en los vinos rosados elaborados con *V. vinifera* (Lino et al., 2014). El consumo moderado de bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia* con concentraciones adecuadas de flavonoides podría ayudar a regular las respuestas inmunitarias que disminuyen la inflamación observada en muchas enfermedades como el Alzheimer y la demencia (Magrone & Jirillo, 2010).

Las bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia* son valoradas por ciertos consumidores en México y Cuba. Esta especie no se cultiva comercialmente en México, pero con una selección de variedades, junto con manejo hortícola, se puede aumentar la calidad de sus frutos (incrementando los SST en la madurez) y producir mejores bebidas alcohólicas. Los procesos artesanales utilizados en la elaboración de bebidas alcohólicas con *V. tiliifolia* no se documentaron en el presente estudio, pero con mayor conocimiento tecnológico en la producción de esta bebida, la calidad se podría mejorar. El porcentaje de alcohol de las bebidas osciló entre 5.25 y 14.73 %. El Tinto Salvaje tuvo el valor más bajo (Cuadro 4), por lo que puede clasificarse como 'vino' desalcoholizado (Stasi et al., 2014) o bebida elaborada

References / Referencias

- Álvarez, C. R. (1994). *Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS: aplicación a las ciencias de la salud*. Madrid, España: Ediciones Díaz Santos, S.A.
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76. doi: 10.1006/abio.1996.0292
- Cabello-Pasini, A., Macías-Carranza, V., Siqueiros-Valencia, A., & Huerta-Díaz, M. A. (2013). Concentrations of calcium, magnesium, potassium, and sodium in wines from Mexico. *American Journal of Enology and Viticulture*, 64(2), 280-284. doi: 10.5344/ajev.2012.12080
- Cheng, Z., Moore, J., & Yu, L. (2006). High-throughput relative DPPH radical scavenging capacity assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20), 7429-7436. doi: 10.1021/jf0611668
- Corrales-García, J., Cruz-Castillo, J. G., Lozano-López, E., & Famiani, F. (2009). Condiciones tecnológicas de huertas de lima persa (*Citrus latifolia* Tan.) para el mercado Japonés en Veracruz, México. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 93(2), 143-147.
- Cruz-Castillo, J. G., Franco-Mora, O., & Famiani, F. (2009). Presence and uses of wild grapevine (*Vitis* spp.) in the Central Region of Veracruz, Mexico. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 43(2), 77-81. doi: 10.20870/oenone.2009.43.2.787
- De la Cruz-Aquino, M. A., Martínez-Peniche, R. A., Becerril-Román, A. E., & Chávaro-Ortiz, M. S. (2012). Caracterización física y química de vinos tintos producidos en Querétaro. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(5), 61-67. Retrieved from https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/35-3_Especial_5/11r.pdf
- Devesa-Rey, R., Vecino, X., Varela-Alende, J. L., Barral, M. T., Cruz, J. M., & Moldes, A. B. (2011). Valorization of winery waste vs. the costs of not recycling. *Waste Management*, 31(11), 2327-2335. doi: 10.1016/j.wasman.2011.06.001
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2016). *Statistical analysis InfoStat versión 2016*. Argentina: Grupo InfoStat, FCA.
- Franco-Mora, O., Salomon-Castaño, P. A., Morales, A. A., Castañeda-Vildózola, A., & 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. doi: 10.17268/sci.agropecu.2015.04.04
- Franco-Mora, O., Cruz-Castillo, J. G., Cortés-Sánchez, A. A., & Rodríguez-Landero, A.C. (2008). Localización y usos de vides silvestres (*Vitis* spp.) en el estado de Puebla, México. *Revista Ra Ximhai*, 4(1), 151-165. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/28211208_Localizacion_y_usos_de_vides_silvestres_Vitis_spp_en_el_estado_de_Puebla_Mexico
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 1, 1-13. doi: 10.1002/0471142913.faf0102s00
- con *V. tiliifolia*. El resto de las bebidas alcohólicas se encontraron dentro del rango de contenido de alcohol para vinos (Cuadro 4).

Conclusiones

Este es el primer informe en el que se muestran las características físicas y químicas de bebidas alcohólicas elaboradas con *V. tiliifolia*.

Una bebida alcohólica artesanal elaborada con *V. tiliifolia* silvestre superó a un vino comercial elaborado con *V. vinifera* en flavonoides totales.

La encuesta generó información socioeconómica y cultural sobre los productores de bebidas alcohólicas que puede utilizarse para tomar medidas para mejorar esta industria local; por ejemplo, debe regularse el uso de residuos producidos en la elaboración de dichas bebidas. Las vides de *V. tiliifolia* están ampliamente distribuidas en la América tropical y uno de los principales usos podría ser la producción de bebidas alcohólicas bajo un marco regulatorio destinado a mejorar su calidad. Adicionalmente, se considera necesario cultivar esta especie, ya que está sobreexplotada en algunas regiones. Para elaborar bebidas alcohólicas de calidad se requiere seleccionar individuos con fruta de calidad, que tenga un buen equilibrio entre ácidos orgánicos y carbohidratos.

Fin de la versión en español

González-Andrade, S. (2015). Cadena de valor económico del vino de Baja California, México. *Estudios Fronterizos*, 16(32), 163-193. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-69612015000200006

Jackson, R. S. (2008). *Wine science principles and applications*. Amsterdam: Elsevier.

Jiménez, M., Juárez, N., Jiménez-Fernández, V. M., Monribot-Villanueva, J. L., & Guerrero-Analco, J. A. (2018). Phenolic compounds and antioxidant activity of wild grape (*Vitis tiliifolia*). *Italian Journal of Food Science*, 30(1), 128-143. doi: 10.14674/IJFS-975

Juárez-Trujillo, N., Jiménez-Fernández, V. M., Guerrero-Analco, J. A., Monribot-Villanueva, J. L., & Jiménez-Fernández, M. (2017). Caracterización del aceite y harina obtenido de la semilla de uva silvestre (*Vitis tiliifolia*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1113-1126. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263152411009.pdf>

Kubola, J., & Siriamornpun, S. (2011). Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng). *Food Chemistry*, 127(3), 1138-1145. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.01.115

- Lascurain, M., Avendaño, S., del Amo, S., & Niembro, A. (2010). *Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz*. Mexico: Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal, CONAFOR-CONACYT. Retrieved from http://www1.inecol.edu.mx/inecol/documentos/frutos_silvestres_comestibles.pdf
- Lino, F. M., de Sáa, L. Z., Torres, I. M., Rocha, M. L., Dinis, T. C., Ghedini, P. C., Somerset, V. S., & Gil, E. S. (2014). Voltammetric and spectrometric determination of antioxidant capacity of selected wines. *Electrochimica Acta*, 128, 25-31. doi: 10.1016/j.electacta.2013.08.109
- Liu, S. C., Lin, J. T., Wang, C. K., Chen, H. Y., & Yang, D. J. (2009). Antioxidant properties of various solvent extracts from lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) flowers. *Food Chemistry*, 114(2), 577-581. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.09.088
- Luna-Gaona, G., Cruz-Castillo, J. G., Pérez-Portilla, E., Licona-Vargas, A., Sánchez-Sánchez, M., & Franco-Mora, O. (2010). Distribución geográfica y aprovechamiento de las uvas silvestres (*Vitis* spp.) de la región Totonaca en la Sierra Norte de Puebla. *Geografía Agrícola*, 45, 39-47. Retrieved from <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rga-1374.pdf>
- Magrone, T., & Jirillo, E. (2010). Polyphenols from red wine are potent modulators of innate and adaptive immune responsiveness. *Proceedings of the Nutrition Society*, 69(3), 279-285. doi: 10.1017/S0029665110000121
- Matsushiro, B., Torres, R., Zúñiga, E. A., Aguirre, M. J., Mendoza, L., & Isaacs, M. (2009). Determination of low molecular weight carbohydrates in Cabernet Sauvignon red wines. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 54(4), 405-407. doi: 10.4067/S0717-97072009000400018
- Ojeda-Barrios, D. L., Rodríguez-Andujo, A., López-Ochoa, G. R., Leyva-Chávez, A. N., & García-Muñoz, S. A. (2012). Aspectos a considerar por los viticultores de Chihuahua en la nutrición de vid para vino. *Tecnociencia*, 6(2), 77-83. Retrieved from http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v6n2/data/Aspectos_a_considerar_por_los_viticultores_de_Chihuahua_en_la_nutricion_de_vid_para_vino.pdf
- Palliotti, A., Frioni, T., Tombesi, S., Sabbatini, P., Cruz-Castillo, J. G., Lanari, V., Silvestroni, O., Gatti, M., & Poni, S. (2017). Double-pruning grapevines as a management tool to delay berry ripening and control yield. *American Journal of Enology and Viticulture*, 68(4), 412-421. doi: 10.5344/ajev.2017.17011
- Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T. T., Ferrara, G., Stella-Matarrese, A. M., Gallotta, A., Bellincontro, A., Mencarelli, F., & Tombesi, S. (2018). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*, 234, 445-462. doi: 10.1016/j.scienta.2017.12.035
- Pozo-Bayon, M. A., Polo, M. C., Martín-Alvarez, P. J., & Pueyo, E. (2004). Effect of vineyard yield on the composition of sparkling wines produced from the grape cultivar Parellada. *Food Chemistry*, 86(3), 413-419. doi: 10.1016/j.foodchem.2003.09.016
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231-1237. doi: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Rubí-Arriaga, M., González-Huerta, A., Martínez-de la Cruz, I., Franco-Mora, O., Ramírez-Dávila, J. F., López-Sandoval, J. A., & Hernández-Flores, G. V. (2014). Inventario de especies frutales y aspectos etnobotánicos en Sultepec, Estado de México, México. *Phyton International Journal of Experimental Botany*, 83(1), 203-211 Retrieved from <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v83n1/v83n1a26.pdf>
- Sabás-Chávez, C. C., Franco-Mora, O., Castañeda-Vildózola, A., Sánchez-Pale, J. R., & Cruz-Castillo, J. G. (2018). An approach to the model for conservation of Central Mexico native grapevines. *Natural Resources Conservation and Research*, 1, 1-10. doi: 10.24294/nrcr.v1i2.212
- Sadras, V. O., Petrie, P. R., & Moran, M. A. (2012). Effects of elevated temperature in grapevine. II juice pH, titratable acidity and wine sensory attributes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(1), 107-115. doi: 10.1111/ajgw.12001
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis*. Mexico: Author. Retrieved from <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2011). *Instructivo técnico para el análisis de alcoholes de importación*. Chile: Author. Retrieved from https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/resolucion_228_2011.pdf
- Shakappa, B. D. (2015). Estimation of glycemic carbohydrates from commonly consumed foods using modified anthrone method. *Indian Journal of Applied Research*, 5(3), 45-47. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/305659058_Estimation_of_glycemic_carbohydrates_from_commonly_consumed_foods_using_modified_anthrone_method
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158. Retrieved from <http://www.ajevonline.org/content/16/3/144>

- Soyer, Y., Koca, N., & Karadeniz, F. (2003). Organic acid profile of Turkish white grapes and grape juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(5), 629-636. doi: 10.1016/S0889-1575(03)00065-6
- Stasin, A., Bimbo, F., Viscecchia, R., & Seccia, A. (2014). Italian consumers' preferences regarding dealcoholized wine, information and price. *Wine Economics and Policy*, 3(1), 54-61. doi: 10.1016/j.wep.2014.05.002
- Tassoni, A., Tango, N., & Ferri, M. (2014). Polyphenol and biogenic amine profiles of Albana and Lambrusco grape berries and wines obtained following different agricultural and oenological practices. *Food and Nutrition Sciences*, 5(1), 8-16. doi: 10.4236/fns.2014.51002
- Tröndle, D., Schröder, S., Kassemeyer, H., Kiefer, C., Koch, M. A., & Nick, P. (2010). Molecular phylogeny of the genus *Vitis* (Vitaceae) based on plastid markers. *American Journal of Botany*, 97(7), 1168-1178. doi: 10.3732/ajb.0900218
- Zecca, G., Abbott, J. R., Sun, W. B., Spada, A., Sala, F., & Grass, F. (2012). The timing and the mode of evolution of wild grapes (*Vitis*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 62(2), 736-747. doi: 10.1016/j.ympev.2011.11.015