

Caracterización de frutos de guanabana (*Annona muricata* L.) en Tepic, Nayarit, México*

Characterization of soursop fruit (*Annona muricata* L.) in Tepic, Nayarit, Mexico

José Orlando Jiménez-Zurita¹, Rosendo Balois-Morales^{2§}, Irán Alia-Tejaca³, Porfirio Juárez-López³, María Teresa Sumaya-Martínez² y Juan Esteban Bello-Lara¹

¹Universidad Autónoma de Nayarit-Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Ciudad de la cultura "Amado Nervo". C. P. 63155. Tepic, Nayarit, México. (zurit_8@hotmail.com; estebanbela@hotmail.com). ²Universidad Autónoma de Nayarit- Unidad de Tecnología de Alimentos. Ciudad de la cultura "Amado Nervo" s/n. C. P. 63155. Tepic, Nayarit, México. (teresumaya@hotmail.com). ³Universidad Autónoma del Estado de Morelos- Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural. Av. Universidad Núm. 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. C. P. 62209. (iran.alia@uaem.mx; porfiriojlopez@yahoo.com). [§]Autor para correspondencia: balois_uanayar@hotmail.com.

Resumen

Nayarit es el principal productor de guanábana (*Annona muricata* L.) a nivel mundial; sin embargo, no se reconocen variedades o ecotipos presentes en la entidad, la mayoría de la producción se realiza en árboles a pie franco. Así, se presentan resultados de una investigación preliminar sobre la caracterización de frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) de Tepic, Nayarit. Se seleccionaron 13 árboles de ocho años de edad, de los cuales se cosecharon de cuatro a siete frutos entre junio y julio de 2014. La masa del fruto en la población varió entre 837.8 y 2513 g, la proporción promedio de pulpa, cascara y semilla fue de 71, 20.5 y 8.5%, respectivamente, en la población. Los frutos fueron elípticos en promedio, con un contenido de semillas entre 19 y 311. El color de la epidermis del fruto fue verde opaca y poco luminosa ($h= 151.7 - 164.9$, $C^*= 9.4-21.4$; $L^*= 30.2 -45.8$), la firmeza fue en promedio de 7.3 N, los sólidos solubles totales entre 7.1 y 14 °Brix, la acidez titulable promedio fue de 0.7 % y el pH de 3.6. El análisis de conglomerados formó 4 grupos. El grupo cuatro presentó el menor número de semillas (41) y mayor cantidad de SST (13.2 °Brix). Las variables masa, dimensiones y color de la cascara ayudaron a la separación de los grupos. Se

Abstract

Nayarit is the main producer of soursop (*Annona muricata* L.) worldwide; however, varieties or ecotypes present in the state are not recognized most production is done on trees rootstock. Thus, the results of a preliminary investigation on the characterization of soursop fruits (*Annona muricata* L.) in Tepic, Nayarit are presented. The 13 trees eight years old, which were harvested from four to seven fruits between June and July 2014. The mass of fruit in the population varied between 837.8 and 2513 g, the average pulp, peel and seed ratio was 71, 20.5 and 8.5%, respectively, in the population. The fruits were on average elliptical, with seed content between 19 and 311. Skin color of the fruit was green and slightly bright ($h= 151.7 - 164.9$, $C^*= 9.4-21.4$; $L^*= 30.2 -45.8$), average firmness 7.3 N, total soluble solids between 7.1 and 14 °Brix, titratable acidity average was 0.7% and pH 3.6. The cluster analysis formed 4 groups. Group four had the lowest number of seeds (41) and higher amount of SST (13.2 °Brix). The variables mass, size and color of the peel helped to split the groups. Soursop variability was determined with potential to obtain fruits for fresh market and industrial; thus to propagate the species.

determinó variabilidad en guanábana con potencial para obtener frutos para el mercado en fresco e industrial; así como para propagación de la especie.

Palabras clave: *Annona muricata*, ecotipos, morfología, poscosecha.

Introducción

La guanábana (*Annona muricata* L.) es el frutal mayormente establecido de las especies de *Annona*, se considera que la región del Caribe, Sur de México y Guatemala, como centros de origen, aunque se encuentra distribuido en África y Asia. Es utilizado como fruta para consumo en fresco y procesado de manera regional. En Sudamérica la mayor producción de guanábana se concentra en Venezuela, Brasil y Colombia, mientras que en América Central, México es el mayor productor y consumidor de guanábana (Vavilov, 1994; Paull y Duarte, 2011; Coelho de Lima *et al.*, 2011). En México durante 2013 se cultivó en aproximadamente 2 724 h, con un rendimiento promedio de 8.5 t ha⁻¹ y un valor de la producción total cercana a los 105 millones de pesos (SIAP, 2014). Aproximadamente 73% de la superficie establecida en el país se encuentra en el estado de Nayarit (SIAP, 2014). La producción de guanábana se exporta regularmente a través del año y se ha observado un incremento en los valores promedio de consumo en el mercado en fresco (Coelho de Lima *et al.*, 2011).

La propagación de la guanábana es generalmente por semilla (Paull y Duarte, 2011). En México los frutos de guanábana presentan gran diversidad de genotipos, debido a que la mayoría de las plantaciones están constituidas por árboles propagados por semilla, esta variabilidad ha sido estudiada muy poco (Evangelista-Lozano *et al.*, 2003). En Nayarit algunos trabajos realizados en aspectos de calidad y poscosecha de esta especie se han realizado utilizando árboles a pie franco, donde no se indica una variedad (Castillo-Ánimas *et al.*, 2005; Tovar-Gómez *et al.*, 2011). Evangelista-Lozano *et al.* (2003) indican que en otros países como Brasil, Costa Rica y Puerto Rico se ha realizado selección individual de árboles con gran rendimiento e interés hacia la industria, en tanto que en México pocos trabajos se han realizado al respecto. En particular en el estado de Nayarit, no se tienen estudios al respecto.

Keywords: *Annona muricata*, ecotypes, morphology, postharvest.

Introduction

Soursop (*Annona muricata* L.) is the most established fruit from *Annona* species; the Caribbean region, southern Mexico and Guatemala are considered as centers of origin, although it is distributed in Africa and Asia. It is used as fruit for fresh consumption and processed regionally. In South America the highest production of soursop concentrates in Venezuela, Brazil and Colombia, while in Central America, Mexico is the largest soursop producer and consumer (Vavilov, 1994; Paull and Duarte, 2011; Coelho de Lima *et al.*, 2011). In Mexico during 2013 it was cultivated in about 2724 h, with an average yield of 8.5 t ha⁻¹ with a total production value of nearly 105 million pesos (SIAP, 2014). Approximately 73% of the area established in the country is in the state of Nayarit (SIAP, 2014). Soursop production is exported regularly throughout the year and there has been an increase in average values of consumption in the fresh market (Coelho de Lima *et al.*, 2011).

Soursop propagation is usually by seed (Paull and Duarte, 2011). In Mexico soursop fruit present great diversity of genotypes, because most plantations consist of trees propagated by seed, this variability has been studied very little (Evangelista-Lozano *et al.*, 2003). In Nayarit have been carried out few studies related to quality and post-harvest of this species using tree rootstock where no variety is indicated (Castillo-Animas *et al.*, 2005; Tovar-Gómez *et al.*, 2011). Evangelista-Lozano *et al.* (2003) indicate that in other countries like Brazil, Costa Rica and Puerto Rico have made individual selection of trees with high yield and interest towards industry, while in Mexico few studies have been done about it. Particularly in the state of Nayarit, where are no studies.

In Brazil, due to the lack of selected varieties, most commercial soursop areas were established from seed, which represents a great variability in yields and fruit quality (Do Sacramento *et al.*, 2003). Tovar-Gómez *et al.* (2011) indicate up to 60% of post-harvest losses due to the perishable nature and fragility to physical damage of the fruit, causing that soursop exportation to be made on the day of harvest and

En Brasil, debido a la falta de variedades seleccionadas, la mayoría de las áreas comerciales de guanábana fueron establecidas a partir de semilla, lo que representa una gran variabilidad en los rendimientos y calidad de los frutos (Do Sacramento *et al.*, 2003). Tovar-Gómez *et al.* (2011) indican hasta 60% de pérdidas poscosecha debido a la naturaleza perecedera y a la fragilidad a los daños físicos de este fruto, ocasionando que la exportación de la guanábana se realice el día de cosecha y el transporte sea vía aérea a 13 °C, lo cual resulta costoso. Benkeblia *et al.* (2011) reportan que el primer paso para definir la calidad y productividad de un frutal es la selección de los cultivares, debido a que cada atributo de calidad del fruto es altamente regulado por múltiples procesos inherentes al fruto individual; por lo tanto la selección de una variedad adecuada para una particular condición de cultivo y canal de mercado puede influenciar ampliamente su calidad poscosecha.

Considerando lo anterior es necesario realizar estudios sobre caracterización de frutos en Nayarit, con la finalidad de documentar las características de estos grupos de guanábana, que en posteriores trabajos apoyen el mejoramiento genético en la región y mejore su manejo poscosecha. Por lo tanto el objetivo del presente trabajo es un esfuerzo inicial en el estudio de las características físicas y químicas de árboles de guanábano establecidos a pie franco en una huerta del municipio de Venustiano Carranza, en Tepic, Nayarit.

Materiales y métodos

Se realizaron colectas de frutos en la región centro del estado de Nayarit, durante el periodo de junio de 2014 a julio de 2014, en total se colectaron frutos de 13 árboles distribuidos en la comunidad de Venustiano Carranza (latitud 21° 32' 2.77" latitud norte y longitud 104° 58' 39.73" longitud oeste), presenta un clima cálido subhúmedo (INEGI, 2005). Los frutos se colectaron de árboles a pie franco de ocho años de edad. Los árboles fueron seleccionados de acuerdo a criterios del productor, estos son: los árboles presentan una mayor producción, mejor calidad (tamaño, mayor cantidad de pulpa, mayor homogeneidad) con respecto a los frutos del resto de la huerta. De cada árbol se cortaron manualmente entre cuatro y siete frutos en madurez fisiológica, se utilizó el índice de cosecha empleado por los productores de la región, los cuales cuentan 160 días después de la anthesis cuando el fruto adquiere el color verde claro o amarillento; este cambio de color ha sido mencionado también como indicador de corte por otros

transported by air at 13 °C, which is costly. Benkeblia *et al.* (2011) report that the first step to define the quality and productivity of a fruit is the selection of cultivars, because each attribute of fruit quality is highly regulated by multiple processes inherent to the individual fruit; therefore the selection of an appropriate range for a particular growing condition and market channel can greatly influence its postharvest quality.

Considering the above is necessary to perform studies on characterization of fruits in Nayarit, in order to document the characteristics of these soursop groups, which in later works support breeding in the region and improve its postharvest handling. Therefore the aim of this paper is an initial effort in the study of the physical and chemical characteristics of soursop tree established by rootstock in an orchard from the municipality of Venustiano Carranza, in Tepic, Nayarit.

Materials and methods

Fruit collections were performed in the central region of Nayarit from June 2014 to July 2014, collecting fruits from 13 trees distributed in the community Venustiano Carranza (latitude 21° 32'2.77" north and longitude 104° 58'39.73" west), has a warm humid climate (INEGI, 2005). The fruits were collected from trees rootstock, 8 years old. The trees were selected according to criteria of the producer, which are: trees have higher production, better quality (size, greater amount of pulp, higher homogeneity) regarding the fruits from the rest of the orchard. From each tree were removed manually four to seven fruits at physiological maturity, using the harvest index used by producers in the region, who count 160 days after anthesis when the fruit becomes clear or yellowish green; this color change has also been mentioned as an indicator of harvest by other authors (Worrell *et al.*, 1994). The fruits were transported in plastic boxes to the special laboratory analysis of the Food Technology Unit from the Autonomous University of Nayarit where ripened at 26 °C and 85% RH.

From each fruit recorded longitudinal diameter (cm), equatorial diameter (cm), total diameter (cm) fruit weight, peel, pulp and seed (g); number of seeds, total soluble solids (°Brix), pH and firmness (Miranda *et al.*, 2003). Shell color, brightness or reflected light (L) (0= pure black, 100= pure white), angle hue (h) (0= red purple, 90= yellow) and chromaticity (C, intensity from gray to pure chromatic

autores (Worrell *et al.*, 1994). Los frutos se trasladaron en cajas de plástico al laboratorio de análisis especiales de la Unidad de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Nayarit donde se maduraron a 26 °C y 85% de HR.

En cada fruto se evaluó el diámetro longitudinal (cm), diámetro ecuatorial (cm), diámetro total (cm) peso de fruto, cáscara, pulpa y semilla (g), número de semillas, sólidos solubles totales (°Brix), pH y firmeza (Miranda *et al.*, 2003). Se determinaron los componentes de color de la cáscara, brillantez o luz reflejada (L) (0= negro puro, 100= blanco puro), ángulo matiz (h) (0= rojo purpura, 90= amarillo) y cromaticidad (C, intensidad desde el gris hacia el color cromático puro), con un colorímetro (Baking Meter BC-10, Konita Minolta®). La acidez se determinó por el método oficial AOAC (2005), mediante la titulación volumétrica con hidróxido de sodio (NaOH) y fenolftaleína como indicador, los resultados se expresaron en por ciento de ácido ascórbico.

Con los datos obtenidos se hicieron análisis de estadística descriptiva de la población evaluada, con el procedimiento UNIVARIATE de SAS (SAS, 2000), posteriormente los datos se estudiaron con el análisis multivariado de agrupación y ordenación, utilizando el Sistema Taxonómica Numérica (NTSYSpc 2.1); para el agrupamiento se utilizó el método de agrupamiento Secuencial, Aglomerativo, Jerárquico y Anidado (SHAN), con el que se construyó el respectivo dendrograma de agrupamiento, obtenido con el método de ligamento promedio (UPGMA) y el coeficiente de correlación cofenética. En el análisis de ordenación se utilizó el de componentes principales con la matriz de correlación entre caracteres estandarizados, con este análisis se identificaron los caracteres que más contribuyen para diferenciar los materiales de guanábana evaluados.

Resultados y discusión

Estadística descriptiva

La masa de la población de frutos de guanábana evaluada mostró alta variación (25.7%), con valores entre 837.8 y 2 513 g, el máximo valor lo obtuvo el A6 (Cuadro 2). Evangelista-Lozano *et al.* (2003) reportan frutos de guanábana con valores entre 408 y 513 g provenientes de Jiutepec, Morelos, México; en tanto que en Brasil (Do Sacramento *et al.*, 2003) reportan masa de guanábana entre 2.39 y 3.21 kg. Esto sugiere que los frutos de la huerta

color) were determined with a colorimeter (Baking Meter BC-10, Konita Minolta®). The acidity was determined by AOAC Official Method (2005), by volumetric titration with sodium hydroxide (NaOH) and phenolphthalein as indicator, the results were expressed in percentage of ascorbic acid.

Cuadro 1. Materiales de guanábana (*Annona muricata* L.) y localización geográfica del lugar de colecta.

Table 1. Soursop materials (*Annona muricata* L.) and geographical location of collection.

Materiales	Localidad	Ubicación geográfica		
		LN	LO	Altitud
A1, A2, A3, A4,	Venustiano	21° 32'	104° 58'	893 m
A5, A6, A7, A8,	Carranza	2. 77"	39.73"	
A9, A10, A11,				
A12, A13				

The data was subjected to a descriptive statistics analysis of the evaluated population, with the UNIVARIATE procedure from SAS (SAS, 2000), then the data was studied with the multivariate cluster analysis, using the Numerical Taxonomy System (NTSYSpc 2.1); for clustering the Sequential, Hierarchical, Agglomerative and Nest (SHAN) clustering, with which was built the respective grouping dendrogram with average linkage (UPGMA) and the coefficient of cophenetic correlation. In the clustering analysis was used the principal component with the standardized correlation matrix, with this analysis identified the characters that contributes the most to differentiate the evaluated soursop materials.

Results and discussion

Descriptive statistics

The mass from the population of soursop fruit evaluated showed high variation (25.7%), with values between 837.8 and 2513 g, the maximum value was for A6 (Table 2). Evangelista-Lozano *et al.* (2003) report soursop fruit with values between 408 and 513 g from Jiutepec, Morelos, Mexico, while in Brazil (Do Sacramento *et al.*, 2003) report soursop mass between 2.39 and 3.21 kg. This suggests that the fruits from the assessed orchard outweigh those produced in Morelos and some trees produce fruit with similar mass to selections from Brazil.

evaluada superan a los producidos en Morelos y algunos árboles producen frutos como masa similar a selecciones de Brasil.

La proporción de masa de pulpa, cascara y semilla fue de 71.0, 20.5 y 8.5%, respectivamente; observándose altos coeficientes de variación debido a su masa, entre 25.0 y 39% (Cuadro 2). La mayor cantidad de pulpa se obtuvo en el material A6 con más de 1.5 kg (Cuadro 2), los materiales con mayor masa de semilla y cascara fueron los arboles A2 y A2, ambos sobrepasando los 200 g (Cuadro 2). Do Sacramento *et al.* (2011) indican que materiales sobresalientes de Brasil tuvieron proporciones entre 83.1 y 85.8% en pulpa, 7.1 y 9.7% en cascara y 3 y 5% en semilla. Esto indica que los materiales de Nayarit tienen mayor proporción de cascara y semilla, reduciendo por tanto la proporción de la pulpa.

The mass ratio of pulp, peel and seed was 71.0, 20.5 and 8.5%, respectively; observing high coefficients of variation due to its mass, between 25.0 and 39% (Table 2). Most pulp was obtained in the A6 material with more than 1.5 kg (Table 2), materials with greater mass of seed and peel were A2 and A2 trees, both surpassing the 200 g (Table 2). Do Sacramento *et al.* (2011) indicate that outstanding materials from Brazil had proportions between 83.1 and 85.8% in pulp, 7.1 and 9.7% in peel and 3 and 5% in seed. This indicates that materials from Nayarit have higher proportion of peel and seeds, thereby reducing the proportion of the pulp.

Diameter variables showed low coefficients of variation between 9.9 and 13.0 cm (Table 2). Hidalgo (2003) suggests that variables with lower coefficient of variation of 20%

Cuadro 2. Descriptores de características cuantitativas y parámetros estadísticos de la muestra de frutos de guanábana (*Annona muricata* L.).

Table 2. Descriptors for quantitative characteristics and statistical parameters from the sample of soursop fruit (*Annona muricata* L.).

Variable	Media	S ²	r	Máximo	Mínimo	CV (%)
Masa (g)	1529.7	383.7	1675.2	2513 (A6)	837.8 (A9)	25.72
Masa de la semilla (g)	99.3	39.1	184.5	208 (A2)	23.5 (A9)	39.21
Masa de la cascara (g)	240.3	61.2	257.5	387.6 (A2)	130.1 (A10)	25.02
Masa de la pulpa (g)	834	300.6	1425.8	1550.5 (A6)	124.7 (A13)	35.28
Diámetro longitudinal (cm)	19.5	2.5	10.3	25.3 (A6)	15 (A13)	13
Diámetro ecuatorial (cm)	12	1.5	9.2	18.8 (A6)	9.6 (A10)	12.4
Diámetro (cm)	39.5	3.9	15.8	47.8 (A2)	32 (A10)	9.9
Numero de semillas	137	70.4	292	311 (A11)	19 (A9)	47.1
Luminosidad (L*)	38.6	3.6	15.6	45.8 (A8)	30.2 (A6)	9.5
Cromaticidad (C*)	16.1	2.6	12	21.4 (A8)	9.4 (A6)	16.7
Matiz (h)	158.3	3	13.1	164.9 (A10)	151.7 (A6)	1.9
Firmeza (N)	8.3	8.9	38.3	42.3 (A17)	3.9 (A8)	71.3
pH	3.6	0.3	2	5.1 (A17)	3.1 (A3)	10.2
Sólidos solubles totales (°Brix)	10.9	1.6	6.8	14 (A9)	7.1 (A12)	15.7
Acidez titulable (%)	0.7	0.2	0.8	1.2 (A11)	0.3 (A12)	26.8

n= 51; S²= desviación estándar; r= rango de variación; CV= coeficiente de variación. Entre paréntesis se indican los frutos que obtuvieron el valor mínimo o máximo.

Las variables de diámetro, mostraron coeficientes de variación bajos, entre 9.9 y 13.0 cm (Cuadro 2). Hidalgo (2003) sugiere que las variables con coeficiente de variación menor de 20% indican poca variabilidad en estos caracteres. La proporción del diámetro longitudinal y ecuatorial indica que en general la población fue de 1.6; es decir, con mayor tendencia a una forma elíptica (Cuadro 2). El número de las

indicate little variability in these characters. The longitudinal and equatorial diameter ratio indicates that overall the population was 1.6; i.e. greater tendency to an elliptical shape (Table 2). The average number of seeds in various populations ranged from 19 and 311 (Table 2), the coefficient of variation was one of the greatest of all variables (47.2%). These results are attributed to soursop

semillas en promedio de la población vario entre 19 y 311 (Cuadro 2), el coeficiente de variación fue una de las mayores de todas las variables evaluadas (47.2%). Estos resultados se atribuyen a que en guanábana se tienen problemas de polinización y fecundación de sus flores, debido a las características de la morfología de la flor y polinizadores de la misma (Franco *et al.*, 2001) lo que ocasionó alta variación de semillas en los frutos evaluados.

El color de la cascara de la guanábana fue verde (h entre 151.7 y 164.9) opaco (C^* entre 9.4 y 21.4) con baja luminosidad (L^* entre 30.2 y 45.8) (Cuadro 2). El parámetro de cromaticidad fue el que mostró mayor coeficiente de variación en el color de los frutos evaluados. Evangelista-Lozano *et al.* (2003) indican que en frutos de guanábana cultivados en Jiutepec, Morelos, los valores de matiz fueron entre $h=92.9 \pm 2.5$ y 96.7 ± 2 y luminosidad entre $L^*=46.3 \pm 2.7$ y 47.5 ± 3.7 , indicando un color verde brillante poco intenso. Estos resultados indican que los frutos de Nayarit tienen mayor tendencia al verde que los frutos de Morelos, aunque menos brillantes.

La firmeza fue la variable con mayor coeficiente de variación (71.4), lo valores fueron entre 3.93 y 42.3 N (Cuadro 3). Márquez *et al.* (2012) indican que la guanábana en etapa madura su firmeza es entre 4.7 y 7.4 N, mientras que en la etapa sobre madura los valores son en promedio de 3.6 N. Lo anterior sugiere que la firmeza promedio de la población fue coincidente con una etapa madura, dado que en promedio la firmeza tuvo valores de 8.3 N (Cuadro 2).

Los sólidos solubles de la población evaluada fueron entre 7.1 y 14 °Brix (Cuadro 2). Borrero *et al.* (1995) indican que la guanábana en madurez fisiológica alcanza valores de 7.0 °Brix. Tres días después de cosecharse los frutos alcanzan valores entre 10 y 16% (Paull y Duarte, 2011). El Ministerio de Agricultura de Brasil (1999) indica que la guanábana debe tener un mínimo de 9 °Brix en consumo. Do Sacramento *et al.* (2012) determino valores entre 12.1 y 13.8 °Brix en algunas selecciones de Brasil. En tanto que frutos provenientes de Morelos y Nayarit se han reportado valores entre 11 y 12 (Evangelista-Lozano *et al.*, 2003). El pH de los frutos de guanaba evaluados mostró valores mínimos de 3.1 y máximos de 5.1 y en promedio la población mostró valores de 3.6 (Cuadro 2). El Ministerio de Agricultura de Brasil (1999) indica que el valor mínimo de pH para guanábana es de 3.5. Lo cual es muy cercano en el presente trabajo, para toda la población en promedio. Finalmente la acidez titulable tuvo en promedio 0.7%, con altos valores en el coeficiente

has pollination problems and fertilization of its flowers, due to the characteristics of morphology of the flower and pollinators thereof (Franco *et al.*, 2001) which caused high seed variation in fruits evaluated.

Soursop peel color was green (h between 151.7 and 164.9) opaque (C^* between 9.4 and 21.4) with low luminosity (L^* between 30.2 and 45.8) (Table 2). The chromaticity parameter showed the highest coefficient of variation in fruit color. Evangelista-Lozano *et al.* (2003) indicate that soursop fruits grown in Jiutepec, Morelos, the hue values were between $h=92.9 \pm 2.5$ and 96.7 ± 2 and luminosity between $L^*=46.3 \pm 2.7$ and 47.5 ± 3.7 , indicating a bright green little intense. These results indicate that fruits from Nayarit have a tendency to green than fruits from Morelos, although less bright.

Firmness was the variable with higher coefficient of variation (71.4), the values were between 3.93 and 42.3 N (Table 3). Márquez *et al.* (2012) indicate that soursop on mature stage its firmness is between 4.7 and 7.4 N, while in the stage over mature the average values are 3.6 N. This suggests that the average firmness of the population match with a mature stage, since firmness had average values of 8.3 N values (Table 2).

Soluble solids from the population under study were between 7.1 and 14 °Brix (Table 2). Borrero *et al.* (1995) indicate that soursop at physiological maturity reaches values of 7.0 °Brix. Three days after harvesting the fruits reach values between 10 and 16% (Paull and Duarte, 2011). The Ministry of Agriculture from Brazil (1999) indicates that soursop must have a minimum of 9 °Brix in consumption. Do Sacramento *et al.* (2012) determined values between 12.1 and 13.8 °Brix in some selections from Brazil; while fruits from Morelos and Nayarit have reported values between 11 and 12 (Evangelista-Lozano *et al.*, 2003). pH of the soursop fruits showed minimum values of 3.1 and maximum of 5.1 and on average the population showed values of 3.6 (Table 2). The Ministry of Agriculture from Brazil (1999) indicates that the minimum pH value for soursop is 3.5; which is very close to the one from this work on average for the entire population. Finally titratable acidity was on average 0.7%, with higher values in the coefficient of variation (26.8%) (Table 2); these values are lower than 0.92-1.00 in soursop fruits from Brazil (Do Sacramento *et al.*, 2003) but similar to those reported by Márquez *et al.* (2012) for soursop from Colombia.

de variación (26.8%) (Cuadro 2). Estos valores son menores a los valores de 0.92-1.00 en frutos de guanábana de Brasil (Do Sacramento *et al.*, 2003) pero similares a los reportados por Márquez *et al.* (2012) para guanábanas de Colombia.

Formación de conglomerados y análisis de componentes principales

El análisis de conglomerados indicó que con un índice de distancia taxonómica media de 1.26 se formaron cuatro grupos (Figura 1). En el grupo I se ubicaron 5 árboles: A1, A4, A11, A12 y A13, estos frutos presentaron baja acidez (<0.6%), la mayor firmeza (21.6 N), pH (3.79) y valores intermedios de sólidos solubles totales (10.97 °Brix) (Cuadro 3). En el grupo II se ubicaron 6 materiales: A2, A3, A5, A6, A7 y A10, estos frutos presentaron los valores mayores de dimensiones, número de semillas (187.6), masa total (1718.4 g) y masa de cascara (264.1 g) y pulpa (1027.0 g), además del mayor valor de acidez titulable (0.8%) (Cuadro 3). El grupo III estuvo integrado por un solo árbol (A9), este tuvo el mayor peso de semilla (128.8 g), la menor firmeza (7.2 N) y acidez titulable alto (0.8%), con valores similares al grupo anteriormente descrito (Cuadro 3). El IV grupo estuvo el árbol A8, donde sus frutos presentaron el menor número de semillas (40.3), menor masa de fruto (968.6 g), el color con menor tendencia al verde (h= 156.8), opaco (C*= 13.5) y menos brillante (L*= 34.08), además de la mayor cantidad de sólidos solubles (Cuadro 3).

Clustering and principal component analysis

Cluster analysis showed that with a mean index of taxonomic distance of 1.26, four groups were formed (Figure 1). Group I located 5 trees: A1, A4, A11, A12 and A13, these fruits showed low acidity (<0.6%), the highest firmness (21.6 N), pH (3.79) and intermediate values for total soluble solids (10.97 °Brix) (Table 3). Group II 6 materials: A2, A3, A5, A6, A7 and A10, these fruits showed the highest values in dimensions, number of seeds (187.6), total mass (1718.4 g) and peel mass (264.1 g) and pulp (1027 g), also the the highest value for titratable acidity (0.8%) (Table 3); group III consisted of a single tree (A9), this had the highest seed weight (128.8 g), lower firmness (7.2 N) and high titratable acidity (0.8%), with similar values to the latter group (Table 3). Group IV was formed by tree A8, where its fruits showed the lowest number of seeds (40.3), lower fruit mass (968.6 g), the color with less tendency to green (h= 156.8), opaque (C*= 13.5) and less bright (L*= 34.08) also the highest amount of soluble solids (Table 3).

Castillo-Animas *et al.*, (2005) classified soursop fruit, from an orchard of Peñita Jaltemba, Nayarit in three sizes: a) small between 350 and 550 g b) medium between 560 and 750 g and large between 760- 1200 g. In this work all the fruits were large (Table 3). The fruits from groups with the highest number and seed mass can be important

Cuadro 3. Valores promedio de las variables evaluadas en los 4 grupos formados por el análisis de conglomerados de los 13 materiales de guanábana del ejido Venustiano Carranza del municipio de Tepic, Nayarit.

Table 3. Average values of evaluated variables in 4 groups formed by clustering of 13 soursop materials from ejido Venustiano Carranza municipality of Tepic, Nayarit.

	DL	DE	D	NS	PS	PC	PP	L*	C*	H*	M	F	pH	SST	ACT
I	19.14	11.87	38.18	104.55	73.07	246.26	728.43	40.12	16.13	159.41	1361.71	21.61	3.79	10.97	0.6
II	20.5	12.69	41.81	187.6	123.28	264.13	1027.08	37.7	16.31	158.4	1718.48	8.47	3.58	10.44	0.8
III	17.43	10.17	34.17	204.33	128.83	172.23	535.93	42.07	18.8	161.83	1051.73	7.19	3.63	10.23	0.8
IV	17.53	10.93	34.3	40.33	33.6	173.97	495.9	34.08	13.49	156.79	968.67	9.97	3.57	13.12	0.7

L*= luminosidad (0: blanco, 100: negro); h*= ángulo matiz (0: rojo; 180: verde); C*= cromaticidad (del gris); diámetro longitudinal (cm); diámetro ecuatorial (cm); diámetro (cm); número de semillas; peso de la semilla (g); peso de la cascara (g); peso de la pulpa (g); masa (g); firmeza (N); pH; sólidos solubles totales (°Brix); acidez titulable (%).

Castillo-Animas *et al.* (2005) clasificaron frutos de guanábana, provenientes de una huerta de la Peñita de Jaltemba, Nayarit en tres tamaños: a) chico entre 350 y 550 g b) mediano entre 560 y 750 g y grandes entre 760-1 200 g. En el presente trabajo todos los frutos fueron grandes (Cuadro 3). Los frutos de los grupos con mayor número

to be used in propagation of rootstocks or to search for useful antioxidants in different industries (Correa *et al.*, 2012). The tree from group IV showed higher values for soluble solids and lower seed proportion which could be considered the most promising for fresh consumption and industrialization.

y masa de semillas pueden ser importantes para utilizar en la propagación de portainjertos o en la búsqueda de antioxidantes útiles en diferentes industrias (Correa *et al.*, 2012). El árbol del grupo IV mostró los valores mayores de sólidos solubles y menor proporción de semilla se pudiera considerar el más promisorio para su consumo en fresco e industrialización.

El análisis de componentes principales (CP) indica que el CP1, CP2 y CP3 explicaron respectivamente el 34.71, 23.13 y 16.39% de la variabilidad, de tal forma que juntos explicaron cerca de 74.3% de la variabilidad total (Cuadro 4).

El CP1 estuvo definido por las dimensiones del fruto, la masa total, de pulpa de los frutos y sus estructuras (Cuadro 5). El CP2 se definió por la cromaticidad y de forma inversa por la firmeza y la acidez titulable. Finalmente el CP3 se definió por los parámetros de color luminosidad (L*) y matiz (h). En otros estudios de caracterización en frutales tropicales como zapote mamey y ciruela mexicana, las características de masa del mesocarpio y el color son los que han determinado la mayor variabilidad y ayudaron en la formación de grupos (Gaona- García *et al.*, 2008; Alia *et al.*, 2012). Es importante en trabajos posteriores ampliar el área de exploración y adicionar variables de interés fisiológico como respiración, producción de etileno, producción de volátiles fermentables, la actividad antioxidante, concentración de fenoles totales y ácido ascórbico, para obtener materiales con buen sabor, mayor vida útil y mayor aporte a la salud humana.

Cuadro 4. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por los componentes principales, con base en la matriz de correlación aplicada a 15 características cuantitativas de 13 materiales de guanábana del ejido Venustiano Carranza del municipio de Tepic, Nayarit.

Table 4. Eigenvalues and proportion of total variance explained by principal components, based on the correlation matrix applied to 15 quantitative characteristics from 13 soursop materials in ejido Venustiano Carranza municipality of Tepic, Nayarit.

Componente principal	Valor propio	Proporción de la varianza explicada (%)	
		Absoluta	Acumulada
1	4.51	34.71	34.71
2	3	23.13	57.84
3	2.13	16.39	74.24
4	1.2	9.25	83.49
5	0.75	5.8	89.29
6	0.58	4.5	93.8
7	0.36	2.77	96.57
8	0.23	1.78	98.35

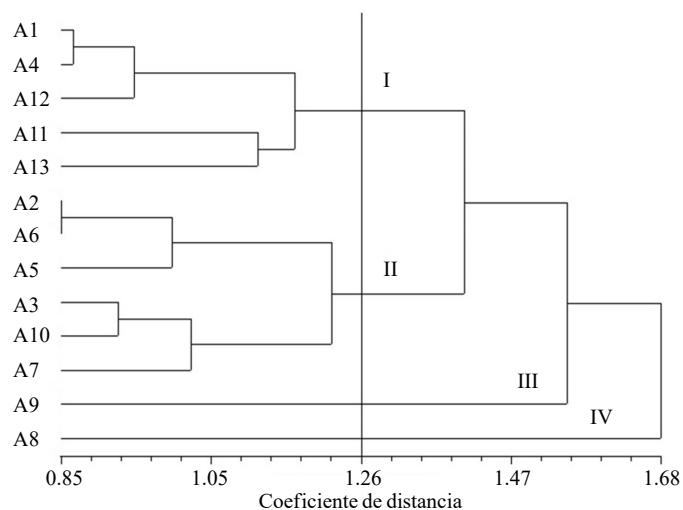


Figura 1. Dendrograma de 13 materiales de guanábana (*Annona muricata* L.), construido por el método de UPGMA (ligamiento promedio) a partir de 15 atributos.

Figure 1. Dendrogram from 13 soursop materials (*Annona muricata* L.) built by UPGMA (average linkage) from 15 attributes.

The principal component analysis (CP) indicates that CP1, CP2 and CP3 explained respectively 34.71, 23.13 and 16.39% of variability, so that together accounted for about 74.3% of total variability (Table 4).

CP1 was defined by the size of the fruit, total mass, fruit pulp and its structures (Table 5). CP2 was defined by chromaticity and inversely by firmness and titratable acidity.

Cuadro 5. Vectores propios y grado de participación de 15 variables en los tres primeros componentes principales, con base en la matriz de correlación de 13 ecotipos de guanábana (*Annona muricata* L.).**Table 5. Eigenvectors and degree of participation of 15 variables in the first three principal components based on the correlation matrix from 13 soursop ecotypes (*Annona muricata* L.).**

Variable original	Vectores propios		
	CP1	CP2	CP3
Diámetro longitudinal (cm)	0.6377	0.3272	0.1035
Diámetro ecuatorial (cm)	0.8889	0.184	0.0305
Diámetro (cm)	0.9047	0.0062	0.221
Numero de semillas	0.6472	-0.522	-0.1087
Peso de la semilla (g)	0.7779	-0.4508	0.0228
Peso de la cascara (g)	0.7682	0.3588	0.3785
Peso de la pulpa (g)	0.9526	0.1282	0.0502
Luminosidad (L*)	-0.3735	-0.4589	0.6864
Cromaticidad (C*)	-0.1386	-0.7709	0.5687
Matiz (h*)	-0.2861	-0.2349	0.7609
Masa (g)	0.9516	0.0893	0.177
Firmeza (N)	-0.2077	0.7438	0.4635
pH	-0.2215	0.4325	0.1267
Solidos solubles totales (°Brix)	-0.5433	0.0534	-0.0544
Acidez titulable (%)	0.2862	-0.8321	-0.3486

Conclusiones

Se observó variabilidad en guanábana cultivada en Tepic, Nayarit. Se detectaron cuatro grupos de árboles con potencial para desarrollo de mercado en fresco e industrial; así como para propagación de la especie. Las variables masa, dimensiones y color de la cascara ayudaron a la separación de los grupos.

Agradecimientos

El primer autor agradece al CONACYT por la beca otorgada (360119) para estudios de posgrado. Se agradece también al "Proyecto apoyado por el fondo sectorial de investigación para la educación, CB-2014-01/242718".

Literatura citada

Alia, T. I.; Y. I.; Astudillo, M. C. A.; Nuñez, C. L. A. Valdez, A. S.; Bautista, B. E.; García, V. R. Ariza, F. y Rivera, C. F. 2012. Caracterización de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea*) del sur de México. Rev. Fitotec. Mex. (5):21-26.

Finally CP3 was defined by color brightness (L*) and hue (h). In other characterization studies in tropical fruits like mamey and Mexican plum, mesocarp mass characteristics and color have determined the greatest variability and helped in group formation (Gaona- García *et al.*, 2008; Alia *et al.*, 2012). It is important to consider in future works to expand the exploration area and add variables of physiological interest such as respiration, ethylene production, production of fermentable volatile, antioxidant activity, concentration of total phenols and ascorbic acid to obtain materials with good flavor, longer shelf life and greater contribution to human health.

Conclusions

It was observed variability in soursop grown in Tepic, Nayarit. Four groups of trees with potential for development of fresh and industrial market were detected; thus to propagate the species. The variables mass, size and peel color helped to separate the groups.

End of the English version



- AOAC. 2005. 18th (Ed.). Gaithersburg, Maryland, U.S.A.
- Benkeblia, N.; Tennant, P. F.; Jaecandha, S. K. and Gill, P. S. 2011. Preharvest and harvest factors influencing the postharvest quality of tropical and subtropical fruits. *In: postharvest biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. V. 1: Fundamental issues.* Yahia, M. E. (Ed.) Woodhead Publishing Limited. 113-141 pp.
- Borrero, F. V.; Hernández, E.; Jiménez, R. y Roa, A. 1995. Determinación de índices de madurez de cosecha en guanábana (*Annona muricata*) en dos regiones de Colombia. *In: IV simposio Internacional de Manejo, Calidad u fisiología Postcosecha de Frutas.* Santiago, Universidad de Chila. Lizana. 42:25-43.
- Castillo, A. D.; Varela, H. G.; Pérez, S. y Pelayo, Z. B. R. 2005. Daños por frío en guanábana. Índice de corte y tratamientos postcosecha. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 11:51-57.
- Coelho, de L. M. A. and Alves, R. E. 2011. Soursop (*Annona muricata* L.). *In: postharvest biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits.* Mangosteen to white sapote. Yahia, M. E. (Ed.) Woodhead Publishing Limited. 4:363-391.
- Correa, G. J.; Ortiz, D.; Larrahondo, E. J.; Sánchez, M. M. y Pachon, H. 2012. Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.): una revisión bibliográfica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas.* 11:111-126.
- Do Sacramento, K. C.; Faria, J. C.; Da Cruz, W. F. L. de S. Barretto, J.; Gaspar, W. e Viera, L. J. B. 2003. Caracterizacáo física e química de frutos de tres tipos de graviroleira (*Annona muricata* L.). *Rev. Bras. Jaboticabal.* 25:329-331.
- Evangelista, L. S.; Cruz, C. J. G.; Pérez, G. S.; Mercado, S. E. y Dávila, O. G. 2003. Producción y calidad frutícola de guanábanos (*Annona muricata* L.) provenientes de semilla de Jiutepec, Morelos, México. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 9:69-79.
- Franco, M. O.; J. Jass, E.; García, V. y Saucedo, C. 2001. Crecimiento y calidad de frutos de *Annona muricata* L. con diferente intensidad de polinización. *Rev. Fitotec Mex.* 24:139-144.
- Gaona, G. A.; Alia, T. I.; López, M. V.; Andrade, R. M.; Colinas, L. M. T. y O. Villegas, T. O. 2008. Caracterización de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) en el suroeste del estado de Morelos. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 14:41-47.
- INEGI. 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tepic, Nayarit.
- Márquez, C. C. J.; Villacorta, L. V.; Betancur, D. P. P.; Ciro, V. H. J. y Cartagena, V. J. R. 2012. Physiological and physicochemical characterization of the soursop (*Annona muricata* L. cv. Elita). *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía-Medellín* 65:6477-6486.
- Ministerio de Agricultura de Brasil. 1999. Portaria Núm. 136. Diario Oficial Núm. 62. Secao 1-5 pp.
- Miranda, L. D.; Barragán, Q. E. y Barreto, O. D. 2003. Manejo integrado del cultivo de la guanábana: innovaciones tecnológicas. Ibagué: Corpoica. 189.
- Paull, R. E. and Duarte O. 2011. Tropical fruits. Volume 2. CABI Publishing. Oxfordshire, UK. 371.
- SAS Institute Inc., SYSTEM2000® Software: Product Support Manual, Version 1, First Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2000.
- SIAP. 2014. Cierre de la producción agrícola. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.
- Tovar, G. B.; Mata, M.; de Oca, M.; García, G. H. S. y Montalvo, G. E. 2011. Efecto de emulsiones de cera y 1-metilciclopropeno en la conservación poscosecha de guanábana. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 17:53-61.
- Vavilov, N. I. 1994. México y Centroamérica como centro básico del origen de las plantas cultivadas del nuevo mundo. Traducción. Gribosvskaia, E y Ortega, P. R. *Rev. Geog. Agríc.* 20:15-34.
- Worrell, D. B.; Carrington, C. M. S. and Huber, D. J. 1994. Growth, maturation and ripening of soursop (*Annona muricata* L.). *Sci. Hortic.* 57(1-2):7-15.