

## Evaluación de calidad en frutos de 41 genotipos de nanche (*Byrsonima crassifolia* L. HBK) de Nayarit, México\*

### Evaluation of quality in fruits of 41 nanche genotypes (*Byrsonima crassifolia* L. HBK) from Nayarit, Mexico

Raúl Medina-Torres<sup>1</sup>, Porfirio Juárez-López<sup>2§</sup>, Samuel Salazar-García<sup>3</sup>, Graciela G. López-Guzmán<sup>1</sup>, Lidia Susana Ibarra-Sánchez<sup>4</sup>, Beatriz Guillermina Arrieta-Ramos<sup>1</sup> y Eusebio Martínez-Moreno<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nayarit- Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-Compostela km 9. C. P. 63780. Xalisco, Nayarit, México. (raulmetorr@yahoo.com.mx; lguzman2303@hotmail.com; g-arrieta@hotmail.com). <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Avenida Universidad 1001. C. P. 62210. Cuernavaca, Morelos, México. (porfiriojlopez@yahoo.com). <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. C. P. 63300 Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. (samuelsalazar@prodigy.mx). <sup>4</sup>Universidad Autónoma de Nayarit-Secretaría de Investigación y Posgrado. Ciudad de la Cultura "Amado Nervo" s/n. C. P. 63190. Tepic, Nayarit, México. (ibarrasanchezl@hotmail.com). <sup>5</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-División Académica de Ciencias Agropecuarias. Carretera Villahermosa-Teapa km 25. Ranchería La Huasteca segunda sección. C. P. 86000. Villahermosa, Tabasco, México. (rednanche@gmail.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: porfiriojlopez@yahoo.com.

## Resumen

El nanche es un frutal de recolección cuyos frutos son apreciados por su sabor agridulce. El objetivo fue evaluar la calidad en frutos de 41 genotipos de nanche (*Byrsonima crassifolia* L. HBK) procedentes de la zona de clima cálido de Nayarit, México. Las variables de la calidad analizadas en los frutos: color, peso fresco (PFF), longitud (LF), diámetro (DF), sólidos solubles totales (°Brix), acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico), pH de frutos. Además, se determinó el peso seco de la semilla (PSS). Se usó análisis estadístico multivariado de componentes principales para el procesamiento de datos. Tres componentes principales (CP's) explicaron 80.61% de la varianza total (VT). El CP1 contribuyó con 38.58 de la VT en donde resultaron de importancia las variables morfológicas: peso, diámetro, longitud y tamaño de fruto mientras que el CP2 representó 24.78% de la VT, donde resultaron relevantes las características químicas: porcentaje de ácido cítrico de la pulpa (AC) y pH del jugo del fruto. En el CP3 resultaron importantes los sólidos solubles totales (°Brix), y la relación °Brix/pH de la pulpa que contribuyeron con 17.25% de la varianza total. La relación °Brix/AC, más el peso, tamaño y

## Abstract

Nanche is a harvest fruit whose fruits are prized for their bittersweet. The objective was to evaluate the quality of fruits of 41 nanche genotypes (*Byrsonima crassifolia* L. HBK) from the warm climate of Nayarit, Mexico. The quality variables analyzed in the fruit were: color, fresh weight (PFF), length (LF), diameter (DF), total soluble solids (°Brix), titratable acidity (percentage of citric acid) and pH of fruit. Furthermore, the dry weight of the seed (PSS) was determined. Multivariate statistical analysis of main components for data processing was used. Three principal components (CP's) explained 80.61% of total variance (VT). CP1 contributed with 38.58 of VT, where morphological variables of importance were: weight, diameter, length and size of the fruit while in CP2 represented 24.78% of VT, where chemical characteristics were relevant: percentage of citric acid pulp (AC) and pH of fruit juice. In CP3 were important total soluble solids (°Brix), and °Brix/pH ratio of the pulp that contributed with 17.25% of total variance. The °Brix/AC ratio, plus weight, size and yellowing of skin of the fruit were quality parameters that could be used as genetic qualities to select nanche genotypes.

color amarillo de la epidermis del fruto fueron los parámetros de calidad que podrían usarse como cualidades genéticas para seleccionar genotipos de nanche.

**Palabras clave:** análisis multivariado, calidad de frutos, recursos fitogenéticos.

## Introducción

El nanche *Byrsonima crassifolia* L. HBK pertenece a la familia Malpighiaceae, es una especie de importancia económica en donde el fruto presenta un comportamiento estacional en México y Sudamérica. Su fruto se consume en fresco por su exquisito sabor agridulce, aunque también se utiliza en la industria para la elaboración de ates, refrescos embotellados, mermeladas, almíbares, helados, licores, cremas, gelatinas, o pasteles, entre otros (Martínez-Moreno *et al.*, 2008). En México, en 2012 se cultivaron 1 377 ha de nanche, con un rendimiento promedio de 4.74 t ha<sup>-1</sup> y valor de producción alrededor de 30 millones de pesos. En el estado de Nayarit, en ese mismo año, se cultivaron 233.5 ha, con rendimiento promedio de 4.51 t ha<sup>-1</sup> y valor de producción de 6 386 010 pesos (SIAP, 2013).

La principal región productora de nanche en Nayarit se localiza en la región costera, principalmente en los municipios de Ruiz, Huajicori, Tepic, Santiago Ixcuintla y Compostela, donde el periodo de cosecha se realiza desde finales de julio hasta octubre, aunque en huertos que cuentan con sistemas de riego se cosecha durante casi todo el año (Medina-Torres *et al.*, 2004). La propagación del nanche en Nayarit es por semilla e injerto y actualmente las plantaciones se diseñan con arreglos topológicos basados en el porte de los árboles.

Al nanche se le considera un frutal menor de recolección debido a la escasa tecnificación del cultivo, pues los productores manejan los huertos empíricamente; sin embargo, se han seleccionado los mejores ecotipos basados en tamaño, sabor y color de frutos, los cuales son sus principales indicadores de calidad de fruto.

Como fruto comestible en fresco, el nanche con sabor agridulce es muy apreciado como complemento alimenticio. La pulpa representa 64% del peso del fruto, la semilla 25% y la cáscara 11% (Villachica, 1996). Se ha reportado que el peso del fruto puede variar de 2.28 a 7.22 g, con formas

**Keywords:** fruit quality, multivariate analysis, plant genetic resources.

## Introduction

Nanche *Byrsonima crassifolia* L. HBK belongs to the family Malpighiaceae, is a species of economic importance where the fruit has a seasonal pattern in Mexico and South America. Its fruit is eaten fresh for its exquisite bittersweet, but it is also used in industry to make ates, soft drinks, jams, syrups, ice cream, liqueurs, creams, jellies, and cakes, among others (Martínez-Moreno *et al.*, 2008). In Mexico, in 2012, 1 377 ha of nanche were grown, with an average yield of 4.74 t ha<sup>-1</sup> and its production value about 30 million. In the state of Nayarit, in the same year, 233.5 ha were cultivated with an average yield of 4.51 t ha<sup>-1</sup> and a production value of 6 386 010 pesos (SIAP, 2013).

The main producing region of nanche in Nayarit is located in the coastal region, mainly in the municipalities of Ruiz, Huajicori, Tepic, Santiago Ixcuintla and Compostela, where the harvest period is from late July to October, but in orchards that have irrigation systems is harvested almost throughout the year (Medina-Torres *et al.*, 2004). The spread of nanche in Nayarit is by seed and grafting and currently plantations are designed with topological arrangements based on the bearing of the trees.

Nanche is considered a minor fruit collection due to poor mechanization of farming, as producers manage orchards empirically; however, the best ecotypes based on size, taste and color of fruits have been selected, which are the main indicators of quality of fruit.

As a fresh edible fruit, nanche with its bittersweet taste is prized as a food supplement. The pulp represents 64% of the weight of the fruit, the seed 25% and shell 11% (Villachica, 1996). It has been reported that the fruit weight can range from 2.28 to 7.22 g, cylindrical, slightly elongated or elongated shapes; in the fruit pulp soluble solids range from 5.6 to 8.8 °Brix and pH from 3.5 to 4.3, which changes the flavor of the fruit (Martínez-Moreno *et al.*, 2008).

The average nutritional value of 100 g nanche pulp contain citric acid 2.45 g, 4.4 °Brix, pH 2.8, amino acids 25.86, vitamin C 7.27 mg, pectin 0.02 g, phosphorus 17-20 mg, iron 1 mg, calcium 29-80 mg, ether extract 4.75 g, total soluble

cilíndrica, alargada o ligeramente alargada. En la pulpa del fruto los sólidos solubles varían de 5.6 a 8.8 °Brix y el pH de 3.5 a 4.3, lo cual modifica el sabor del fruto del nanche (Martínez-Moreno *et al.*, 2008).

El valor nutricional promedio de 100 g de pulpa de nanche contienen 2.45 g de ácido cítrico, 4.4 °Brix, pH 2.8, aminoácidos 25.86, vitamina C 7.27 mg, pectina 0.02 g, fósforo 17-20 mg, hierro 1 mg, calcio 29-80 mg, extracto etéreo 4.75 g, sólidos soluble totales 21.5 g, azúcares reductores 4.89 g, grasas totales 1.3 g, ácido ascórbico 71 mg, tiamina 0.03 mg, riboflavina 0.03 mg, niacina 0.4 mg, entre otros (Villachica, 1996; Muñoz de Chávez *et al.*, 2002). Por su parte, Bayuelo *et al.* (2006) reportan valores de proteína de 3.8 a 5.2% en el mesocarpio del fruto.

Por otra parte, Medina-Torres *et al.* (2004) determinaron como índices de calidad del fruto del nanche a las relaciones químicas °Brix/ácido cítrico, °Brix/pH de la pulpa, y el porcentaje de ácido cítrico del jugo del fruto; así como las características morfológicas al diámetro ecuatorial (D) y polar (L) del fruto que determinan la forma del fruto a partir de la relación L/D. En general, en México son escasos los estudios de calidad en frutos de nanche que permitan aprovechar este recurso fitogenético. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar la calidad en frutos de 41 genotipos de nanche (*Byrsonima crassifolia* HBK) procedentes de la zona de clima cálido de Nayarit, México.

## Materiales y métodos

### Exploración de genotipos y colecta de frutos de nanche de interés comercial

En el verano de 2010, se hicieron exploraciones en Nayarit y se ubicaron con un geoposicionador (GPS, Garmin®, E-trex H, Taiwán) árboles de nanche para la recolección de frutos en las localidades de los municipios indicados en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Municipios y localidades de Nayarit donde se colectaron frutos de 41 genotipos de nanche.**  
**Table 1. Municipalities and towns of Nayarit where fruits of 41 nanche genotypes were collected.**

Municipio	Localidad	Latitud norte	Longitud oeste	Altitud (m)
Santiago Ixcuintla	Valle Lerma	21.81119°	105.10454°	31
	Las Higueras	21.75138°	105.08235°	128
San Blas Compostela	Mecatán	21.51638°	105.10711°	101
	La Lima de Abajo	21.13296°	105.18522°	160
Ruíz	El Divisadero	21.13536°	105.21356°	171
	Jarretadera	21.92585°	105.04470°	70

solids 21.5 g, reducing sugars 4.89 g, total fat 1.3 g, ascorbic acid 71 mg, thiamin 0.03 mg, riboflavin 0.03 mg, niacin 0.4 mg, among others (Villachica, 1996; Muñoz de Chávez *et al.*, 2002). Meanwhile, Bayuelo *et al.* (2006) reported protein values of 3.8 to 5.2% in the mesocarp of the fruit.

Moreover, Medina-Torres *et al.* (2004) determined as indexes of quality of fruit, chemical ratio °Brix/citric acid, °Brix / pH of pulp, and the percentage of citric acid of fruit juice; thus morphological characteristics like equatorial (D) and polar (L) diameter of the fruit that determine the shape of the fruit from the L/D ratio. Overall, in Mexico there are few studies on quality of fruit of nanche that allow taking advantage of this plant genetic resource. Therefore, the objective was to evaluate the quality of fruits from 41 nanche genotypes (*Byrsonima crassifolia* HBK) from the warm climate of Nayarit, Mexico.

## Materials and methods

### Genotypes exploration and collection of nanche of commercial interests

In the summer of 2010, explorations were made Nayarit and marked with GPS (GPS, Garmin E-Trex H, Taiwan) nanche trees for fruit collection in the towns of the municipalities listed in Table 1.

The climate in the coastal area where the collection of fruit were made is warm sub humid with summer rains (1 089 to 1 300 mm from July to October); annual average temperature of 21.7 to 22.7 °C (Castro-López *et al.*, 2012).

Due to nanche is a fruit harvesting, the fruits were collected directly from the ground in a 50 cm band around the shadow of the tree (between 1.5 - 2 m radius from the trunk), to complete 1kg. The fruits were placed in polyethylene bags and transported in a container with ice to prevent weight loss.

El clima predominante en la zona costera donde se llevaron a cabo las colectas de frutos es cálido subhúmedo, con lluvias en verano (1 089 a 1 300 mm de julio a octubre); temperatura media anual de 21.7 a 22.7 °C (Castro-López *et al.*, 2012).

Debido a que el nanche es un fruto de recolección, los frutos se recolectaron directamente del suelo, en una banda de 50 cm alrededor de la sombra de la copa del árbol (entre 1.5-2 m de radio a partir del tronco), hasta completar 1 kg. Los frutos se depositaron en bolsas de polietileno y se transportaron en un contenedor con hielo para evitar pérdida de peso.

Las selecciones (Cuadro 2), se denominaron por las siglas del nombre del donador como: DR (Darío Rodríguez), BE (Bonifacio Estrada), IB (Isaías Becerra), MG (Mariano Godoy), LG (Lorenzo García) y JP (José Peña); y eventualmente por el origen de la zona geográfica donde se hicieron las colectas, como: HIG (Las Higueras), VL (Valle Lerma) y D (El Divisadero). Cabe señalar que las selecciones presentaron frutos con epidermis color amarillo, con excepción de VL-4 (rojiza) y JP-3 (morada).

### Variables evaluadas

Las variables de la calidad se analizaron en frutos maduros: peso fresco (PFF) que se determinó con una balanza digital (Precisa®, AG 8953, Suiza); longitud (LF) y diámetro (DF) con vernier electrónico (Mitutoyo, Inc., Japón), de donde se obtuvo la relación largo/diámetro del fruto (L:D); sólidos solubles totales (SST, °Brix) se cuantificó con un refractómetro manual con escala de 0 a 32% (Atago®, Japón) colocando directamente una gota de jugo en la celda del aparato; después de cada medición el refractómetro se calibró con agua destilada. La acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico) se determinó por titulación con 0.1% de NaOH y fenolftaleína 1% como indicador, con bureta automática. El pH de frutos se midió directamente de la pulpa macerada de 10 frutos (sin dilución) con potenciómetro digital (Hanna®, Portugal). En etapa de máxima madurez de consumo, se extrajeron las semillas de 10 frutos y se secaron al sol por 72 h para obtener el peso seco de la semilla (PSS).

Con las variables mencionadas se formularon las siguientes relaciones basadas en: °Brix/porcentaje de ácido cítrico (°Brix/AC), peso fresco de fruto (g)/peso seco de la semilla (g) (PFF/PSS) y la relación °Brix/pH de la pulpa del fruto (g) (°Brix/pH). Para la clasificación del tamaño de fruto se usó la escala: 1) chico <4.9 g, 2) mediano 5-6.7 g, y

The selections (Table 2), were designated by the letters of the name of the donor as DR (Dario Rodríguez), BE (Bonifacio Estrada), IB (Isaiah Becerra), MG (Mariano Godoy), LG (Lorenzo García) and JP (José Peña); and eventually by origin of the geographical area where the collections were made, as: HIG (Las Higueras), VL (Valle Lerma) and D (El Divisadero). Note that the selections presented fruit with yellow skin, except VL-4 (red) and JP-3 (purple).

### Variables evaluated

The quality variables were analyzed in mature fruit: fresh weight (PFF), which was determined with a digital scale (precisa®, AG 8953, Switzerland); length (LF) and diameter (DF) with an electronic vernier caliper (Mitutoyo, Inc., Japan), of which the length / diameter ratio of the fruit (L: D) was obtained; total soluble solids (SST, °Brix) was measured with a handheld refractometer with scale of 0 to 32% (Atago®, Japan) directly placing a drop of juice in the unit cell; after each measurement the refractometer was calibrated with distilled water. The titratable acidity (percentage of citric acid) was determined by titration with 0.1% NaOH and 1% phenolphthalein as an indicator, with automatic burette. The pH was measured directly from fruit pulp of 10 fruits macerated (undiluted) with a digital potentiometer (Hanna®, Portugal). At maturity stage of maximum consumption, 10 fruits seeds were extracted and dried in the sun for 72 h to obtain dry weight of the seed (PSS).

With these variables the following ratios were developed based on: °Brix / percentage of citric acid (°Brix / AC), fresh weight of fruit (g) / dry weight of seed (g) (PFF / PSS) and the ratio °Brix / pH of the fruit pulp (g) (°Brix / pH). For fruit size classification was used the scale: 1) small <4.9 g, 2) medium 5-6.7 g, and 3) large >7 g. For classification *a posteriori* of flavor of the fruit was based on the scale proposed by Medina *et al.* (2004) based on the Brix / AC ratio, as acids (5.1-8.1), sour (8.1 -10.1) and sweet (> 10.1). 10 repetitions at each of these factors and the corresponding ratios were made, in each of the 41 genotypes assessed to form the matrix of original variables.

Fruit color was measured with colorimeter (Color Tec-PCM®, D25-PC2, USA), which produces quantitative readings on the Hunter Lab scale: L \*, a \* and b \*, where L \* refers to the brightness or luminosity, a \* measures hues ranging from green (-) to red (+), b \* express colors ranging from blue (-) to yellow (+). With these values, dye (Hue = h) and color purity or chromatocity (C \*) (McGuire, 1992) were determined.

3) grande >7 g. Para la clasificación *a posteriori* del sabor del fruto fue basada en la escala propuesta por Medina *et al.* (2004) basada en la relación °Brix/AC, como: ácidos (5.1-8.1), agridulces (8.1 -10.1) y dulces (>10.1). Se hicieron 10 repeticiones en cada una de las variables evaluadas y las correspondientes relaciones, en cada uno de los 41 genotipos evaluados para conformar la matriz de variables originales.

### Statistical analysis

Multivariate statistical of principal components analysis (CP's) was used, prior to which, the original variables (VO) were standardized through the value of Z, calculated as  $Z = (X_b - X_m) S^{-1}$ , where Z is the standardized value,  $X_b$  is the original value of the variable,  $X_m$  is the overall average of the variable,

### Cuadro 2. Características de fruto de 41 genotipos de nanche determinadas *a priori* (como son reconocidas por productores locales) en Nayarit, México.

Table 2. Characteristics of fruits from 41 nanche genotypes determined *a priori* (as are recognized by local producers) in Nayarit, Mexico.

Localidad	Clave	Tamaño del fruto	Sabor de la pulpa
Valle Lerma, Municipio de Santiago Ixcuintla	VL-1	Chico	Agridulce
	VL-2	Chico	Agridulce
	VL-3	Chico	Agrio
	VL-4	Chico	Astringente
Las Higueras, Municipio de Santiago Ixcuintla	HIG-1	Mediano	Agridulce
	HIG-2	Mediano	Agridulce
	HIG-3	Chico	Agridulce
	HIG-4	Mediano	Agridulce
	HIG-5	Chico	Agridulce
	HIG-6	Chico	Agridulce
	HIG-7	Chico	Agridulce
Mecatán, Municipio de San Blas	BE-1	Grande	Agridulce
	BE-2	Grande	Agridulce
	BE-3	Grande	Agridulce
	BE-4	Grande	Agridulce
	DR-1	Grande	Agridulce
	DR-2	Mediano	Agridulce
	DR-3	Mediano	Agridulce
Las Jarretaderas, Municipio de Ruiz	IB-1	Grande	Agridulce
	IB-2	Mediano	Dulce
	IB-3	Mediano	Agridulce
	IB-4	Mediano	Dulce
	IB-5	Grande	Dulce
	IB-6	Mediano	Dulce
	IB-7	Grande	Agridulce
	IB-8	Mediano	Agridulce
	IB-9	Chico	Dulce
	IB-10	Mediano	Agridulce
	IB-11	Mediano	Agrio
La Lima de Abajo, Municipio de Compostela	MG-1	Mediano	Agridulce
	MG-2	Mediano	Agridulce
	MG-3	Mediano	Agridulce
	MG-4	Mediano	Dulce
	LG-1	Mediano	Agridulce
	LG-2	Grande	Agridulce
	JP-1	Mediano	Dulce
El Divisadero, Municipio de Compostela	JP-2	Mediano	Agridulce
	JP-3	Chico	Agridulce
	D-1	Mediano	Agridulce
	D-2	Mediano	Agridulce
	D-3	Mediano	Agridulce

El color de fruto se midió con colorímetro (Color Tec-PCM®, D25-PC2, EUA), que genera lecturas cuantitativas en la escala Hunter Lab: L\*, a\* y b\*, donde L\* se refiere a la brillantez o luminosidad, a\* mide tonalidades que van desde el color verde (-) hasta el rojo (+), b\* expresa colores que van desde el azul (-) hasta el amarillo (+). Con estos valores se determinó el tinte (Hue= h) y la pureza del color o cromaticidad (C\*) (McGuire, 1992).

### Análisis estadístico

Se usó análisis estadístico multivariado de componentes principales (CP's), previo al cual, las variables originales (VO) fueron estandarizadas mediante el valor de Z, calculado como  $Z = (X_b - X_m) S^{-1}$ , donde Z es el valor estandarizado,  $X_b$  es el valor original de la variable,  $X_m$  es el promedio general de dicha variable, y  $S^{-1}$  es el inverso de la desviación estándar (Johnson-Dallas, 2000). El análisis de componentes principales estudia la dispersión o variabilidad presente en las VO y cumple con las siguientes condiciones: el número de CP's será igual al número de VO, la varianza del primer CP es la máxima varianza (CP1), la varianza del segundo CP será la segunda máxima (CP2) y así sucesivamente (CPn) (Iezzoni y Pritts, 1991). Se seleccionaron los CP's que acumularon  $\geq 80\%$  de la variación total, con pesos canónicos  $> 1$  y con valores característicos  $> 0.30$ .

Con el objeto de verificar las diferencias significativas de estas variables entre los diferentes grupos formados, se realizaron pruebas de F usando el procedimiento ANOVA de SAS; también se efectuaron pruebas de medias por el método de Tukey (0.05) para comparar las diferencias entre grupos en el análisis de varianza. Se usó el programa estadístico SAS (SAS, Institute Inc., 2011) para todos los análisis estadísticos.

## Resultados y discusión

### Análisis de componentes principales

De las variables originales fueron discriminadas por su baja aportación en la variación total las variables de color: C (cromaticidad) y h (pureza de color) debido a que la mayoría ( $> 96\%$ ) de los frutos eran de color amarillo, la relación largo/ancho del fruto (L/D) y el peso seco de la semilla (PSS). Fueron discriminadas las variables con vectores característicos menores de 0.30, criterio similar al empleado por Soto *et al.* (2007) y Rodríguez-Medina *et al.* (2003).

and  $S^{-1}$  is the inverse of the standard deviation (Johnson-Dallas, 2000). The principal component analysis studies the dispersion or variability present in VO and meets the following conditions: the number of CP's will be equal to the number of VO, variance of the first CP is the maximum variance (CP1), variance of the second CP will be the second highest (CP2) and so on (CPn) (Iezzoni and Pritts, 1991). CP's that accumulated  $\geq 80\%$  of total variation, with canonical weights  $> 1$  and with characteristic values  $> 0.30$  were selected.

In order to verify the significant differences in these variables between different groups formed, F tests were performed using ANOVA from SAS; also tests were carried out by the method of Tukey (0.05) to compare differences between groups in the analysis of variance. SAS statistical software (SAS Institute Inc., 2011) for all statistical analyzes was used.

## Results and discussion

### Principal component analysis

From the original variables were discriminated for their low contribution to the total variation the color variables: C (chromaticity) and h (purity of color) because the majority ( $> 96\%$ ) of fruits were yellow, long/ width ratio (L/D) and dry weight of the seed (PSS). Were discriminated the variables with characteristic vectors less than 0.30, criteria similar to that used by Soto *et al.* (2007) and Rodríguez-Medina *et al.* (2003).

Three principal components (CP's) explained 81.61% of the total variation. CP1 with a characteristic value of 3.86 contributed 38.58% of total variance (Table 3), which were in order of importance the morphological variables: fresh weight of fruit, diameter, length and size, which were considered as the most relevant characteristics of quality of fruit; and the ratio of fruit fresh weight / dry weight of the seed with a negative corratio trend (Table 3).

CP2 showed a characteristic value of 2.48 and contributed with 24.78% of total variance, where chemical characteristics: percentage of citric acid of fruit pulp, total soluble solids / percentage of citric acid ratio, and the pH of the pulp fruit resulted of second order of importance in the evaluation of fruit quality of nache. In

Tres componentes principales (CP's) explicaron 81.61% de la variación total. El CP1 con un valor característico de 3.86, contribuyó con 38.58% de la varianza total (Cuadro 3), en donde resultaron en orden de importancia las variables morfológicas de fruto: peso fresco, diámetro, longitud y tamaño, que fueron consideradas como las características de calidad de fruto más relevantes; y la relación peso fresco del fruto/peso seco de la semilla con tendencia a correlación negativa (Cuadro 3).

El CP2 mostró un valor característico de 2.48 y contribuyó con 24.78% de la varianza total, donde las características químicas: porcentaje de ácido cítrico de la pulpa del fruto, la relación sólidos solubles totales/porcentaje de ácido cítrico, y el pH de la pulpa del fruto resultaron de importancia de segundo orden en la evaluación de la calidad de fruto del nanche. En el CP3 resultaron importantes la relación °Brix/pH de la pulpa y los °Brix por sí solos, que contribuyeron con 17.25% de la varianza total (Cuadro 3). En el Cuadro 4 se presentan la proporción de varianza total, vectores y valores propios de los dos primeros componentes principales.

CP3 were important the ratios of °Brix/pH of the pulp and Brix alone, which contributed 17.25% of total variance (Table 3). Table 4 shows the proportion of total variance, vectors and eigenvalues of the first two principal components.

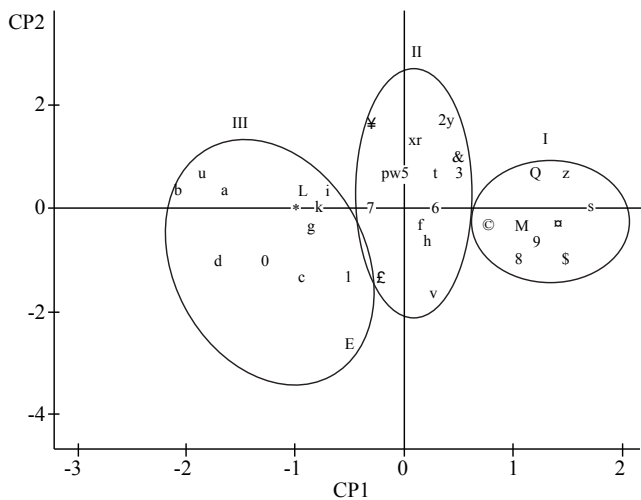
Nanche genotypes that formed group I (Figure 1) were: IB-5, IB-7 and IB-1 from Jarretaderas; LG-2 from Lima de Abajo; and BE-4, BE-1, BE-2, BE-3 and D-1 from Mecatán, which were characterized with the highest average fresh fruit weight, size (caliber 3), classified as sweet fruits with high ratio °Brix/AC (except BE-4 that was classified as bittersweet) with more edible mass (low ratio PFF / PSS), with high content of total soluble solids (10.55 to 15.48 °Brix), low averages in pH of pulp (2.87 to 3.87) (Table 5). It is possible that IB's and BE's series have similarities because from Mecatán to Jarretaderas is circulated with graft material and plant from seed for spread, even Mecatán is recognized in Nayarit as the leading producer of commercial nanche.

**Cuadro 3. Valores promedio de los pesos canónicos estandarizados y varianza de los tres componentes principales de calidad en frutos de 41 genotipos de nanche de Nayarit, México.**

**Table 3. Average values of the standardized canonical weights and variance of the three principal components of quality in fruits of 41 nanche genotypes from Nayarit, Mexico.**

Variable		CP1	CP2	CP3
Porcentaje de ácido cítrico de la pulpa	AC	-0.02	-0.58	0.04
Relación peso fresco del fruto/peso seco de la semilla	PFF/PSS	-0.34	0.06	-0.05
Sólidos solubles totales/pH de la pulpa del fruto	°Brix/pH	-0.19	-0.15	0.67
pH del fruto	pH	0.05	0.52	-0.08
Peso fresco del fruto (g)	PFF	0.47	-0.06	0.18
Longitud del fruto (mm)	LF	0.43	0.05	0.14
Diámetro ecuatorial de fruto (mm)	DF	0.45	0.02	0.07
Sólidos solubles totales	°Brix	-0.18	0.15	0.67
Tamaño del fruto por categoría	TF	0.45	-0.07	0.14
Relación °Brix/AC	°Brix/AC	0.02	0.58	0.14
Valor característico		3.86	2.48	1.12
Varianza proporcional (%)		38.58	24.78	17.25
Varianza acumulada (%)		38.58	63.36	80.61

Los genotipos de nanche que conformaron el grupo I (Figura 1) fueron: IB-5, IB-7 e IB-1 de Jarretaderas; LG-2 de la Lima de Abajo; y BE-4, BE-1, BE-2, BE-3 y D-1 de Mecatán, los cuales se caracterizaron con los más altos promedios de peso fresco del fruto, de tamaño grande (calibre 3), clasificados como frutos dulces con elevada relación °Brix/AC (con excepción de BE-4 que se clasificó como agridulce) con más masa comestible (baja relación PFF/PSS), con elevado contenido de sólidos solubles totales (10.55 a 15.48 °Brix), bajos promedios de pH de la pulpa (2.87 a 3.87) (Cuadro 5). Es posible que las series IB's y BE's tengan similitudes debido a que de Mecatán a Jarretaderas se transita con material de propagación para injertos y plantas procedentes de semilla, inclusive Mecatán es reconocido en Nayarit como el principal productor de nanche comercial.



**Figura 1. Diagrama de dispersión de los pesos canónicos estandarizados de los 41 genotipos de nanche de los dos primeros componentes principales.** Las claves para identificar a los genotipos están en el Cuadro 4.

**Figure 1. Scatterplot of the standardized canonical weights of 41 nanche genotypes from the first two principal components.** The key to identify the genotypes are in Table 4.

El grupo II (Figura 1) estuvo constituido por los genotipos LG-1, MG-1, MG-2, MG-3, MG-4, JP-1, y JP-2 de La Lima de Abajo; DR-2, DR-3, D-2 y D-3 del Divisadero, ambos del municipio de Compostela; 1B-8, IB-10 e IB-11 de Las Jarretaderas del municipio de Ruiz; e HIG-4 de Las Higueras del municipio de Santiago, Ixcuintla, Nayarit. Este grupo se distinguió por tener frutos del calibre 2, de tamaño mediano (PFF de 5.02 a 6.66 g), clasificados como frutos dulces con relación °Brix/AC de 10.42 a 45.44, sólo IB-11 fue clasificado como agridulce; el pH de la pulpa varió de 3.99 a 4.30, °Brix de 8.93 a 15.99 y una relación °Brix/pH de 2.86 a 6.62 (Cuadro 5).

**Cuadro 4. Proporción de la varianza total, vectores y valores propios de los dos primeros componentes principales en 41 genotipos de nanche de Nayarit, México.**

**Table 4. Proportion of total variance, vectors and eigenvalues of the first two principal components in 41 nanche genotypes from Nayarit, Mexico.**

Genotipo	Clave	CP1	CP2
IB-7	s	1.7399	0.0939
LG-2	z	1.4664	0.7803
DR-1	\$	1.4653	-1.1309
BE-3	□	1.4607	-0.4799
BE-2	9	1.2459	-0.7967
IB-5	Q	1.1903	0.6869
BE-1	8	1.0878	-0.8562
IB-1	M	1.0359	-0.2841
BE-4	©	0.7759	-0.362
DR-2	&	0.5313	1.1633
D-3	3	0.4674	0.6695
LG-1	y	0.4148	1.6648
D-2	2	0.3917	1.7137
IB-11	v	0.3034	-1.5517
MG-2	6	0.2801	0.1336
IB-8	t	0.2545	0.6572
HIG-4	h	0.2177	-0.7253
HIG-2	f	0.1629	-0.3981
MG-4	4	0.1483	-0.3037
IB-6	r	0.1387	1.2542
IB-10	x	0.0631	1.2126
MG-1	5	0.0334	0.766
JP-1	w	-0.0946	0.5485
IB-4	p	-0.1266	0.7445
IB-2	n	-0.1302	0.5658
DR-3	£	-0.1932	-1.3922
JP-2	¥	-0.2787	1.5304
MG-3	7	-0.2859	0.0371
D-1	l	-0.4954	-1.198
HIG-1	E	-0.5136	-2.6302
HIG-5	i	-0.6794	0.2083
HIG-6	k	-0.751	0.1416
HIG-3	g	-0.8343	-0.283
VL-3	c	-0.8955	-1.2067
HIG-7	L	-0.9003	0.4017
JP-3	*	-0.9774	0.0164
IB-3	O	-1.3066	-0.9664
VL-1	a	-1.6439	0.2688
VL-4	d	-1.6923	-0.8676
IB-9	u	-1.8295	0.7792
VL-2	b	-2.039	0.3019
Pr>F		0.0001	0.0001
R <sup>2</sup>		0.9013	0.9

Group II (Figure 1) consisted of genotypes LG-1, MG-1, MG-2, MG-3, MG-4, JP-1 and JP-2 From Lima de Abajo; DR-2, DR-3, D-2 and D-3 from Divisadero, both in the municipality of Compostela; 1B-8, IB-10 and IB-11 from



**Cuadro 5. Promedios de las variables de calidad de fruto de genotipos de nanche de clima tropical de Nayarit, México.**  
**Table 5. Average of quality of fruit variable of nanche genotypes from tropical climate of Nayarit, Mexico.**

Genotipo	PFF	°Brix/AC	AC	PFF/PSS	°Brix/pH	pH	LF	DF	°Brix	TF
LG-2	9.39	38.07	0.41	5.52	4.25	3.61	23.64	25.85	15.48	3
BE-4	9.23	9.81	1.17	4.89	3.5	3.28	23.81	25.23	11.48	3
IB-7	8.82	21.8	0.51	4.42	3.13	3.61	23.24	25.41	11.16	3
DR-1	8.51	10.34	1.13	3.50	3.43	3.4	22.4	23.93	11.65	3
BE-3	8.36	11.52	1.05	5.16	3.14	3.87	24.25	23.92	12.05	3
BE-2	7.86	11.97	1.03	4.45	3.47	3.54	22.28	24.05	12.28	3
BE-1	7.64	12.57	1.04	5.02	3.78	3.45	22.28	24.26	13.03	3
IB-5	7.37	33.12	0.32	4.53	2.87	3.69	18.91	25	10.59	3
IB-1	7.13	14.62	0.93	4.74	3.52	3.84	21.9	24.06	13.53	3
LG-1	6.66	45.44	0.32	5.38	3.54	4.11	20.89	23.2	14.54	2
IB-8	6.6	25.57	0.44	6.97	2.88	3.87	18.65	23.36	12.9	2
DR-2	6.51	35.53	0.33	4.77	2.94	3.99	20.8	22.15	11.71	2
MG-4	6.34	20.11	0.76	5.44	3.77	3.42	18.98	23.17	12.89	2
D-1	6.29	14.71	1.18	6.75	5.63	3.1	19.23	23	17.4	2
MG-2	6.22	29.64	0.44	3.76	3.92	3.29	19.08	22.84	12.9	2
D-3	6.03	33.04	0.31	4.44	2.87	3.57	20.03	21.71	10.24	2
HIG-4	5.89	10.42	0.97	5.03	2.86	3.54	19.05	21.71	10.12	2
IB-11	5.89	7.03	1.27	5.77	2.91	3.07	20.61	22.1	8.93	2
D-2	5.88	43.05	0.31	5.30	3.21	4.22	22.54	21.8	13.55	2
IB-2	5.84	25.37	0.59	7.35	3.87	3.87	20.39	22.7	14.98	2
HIG-2	5.84	13.38	0.87	5.17	3.18	3.66	18.95	22.4	11.63	2
MG-1	5.83	32.9	0.43	4.45	3.77	3.77	18.49	22.21	14.23	2
IB-10	5.73	40.03	0.38	6.55	4.02	3.82	23.49	21.55	15.37	2
JP-1	5.59	26.67	0.5	6.08	3.26	3.8	17.89	22.15	12.36	2
DR-3	5.45	10.56	1.43	6.03	3.17	3.28	17.6	21.41	10.31	2
IB-6	5.27	29.65	0.36	5.58	2.51	4.3	18.88	21.49	10.8	2
IB-4	5.25	25.31	0.52	6.54	3.25	4.02	19.11	22.01	13.05	2
MG-3	5.14	24.42	0.53	5.88	3.84	3.39	17.93	22.08	13.03	2
JP-2	5.02	42.35	0.31	6.17	3.2	4.07	17.58	21.32	13.01	2
HIG-1	5.02	5.12	2.19	6.04	3.83	2.92	17.61	20.73	11.2	2
IB-3	5.73	15.13	1.06	4.60	4.85	3.3	14.41	15.51	15.99	2
HIG-6	4.81	17.11	0.67	6.94	3.03	3.78	17.89	20.59	11.46	1
VL-3	4.57	14.44	0.76	5.99	4.14	2.65	18.78	19.88	10.96	1
JP-3	4.56	22.99	0.65	4.97	4.31	3.48	17.23	20.49	14.98	1
HIG-5	4.53	19.5	0.6	5.72	3.07	3.76	17.73	20.56	11.53	1
HIG-3	4.41	14.73	0.96	5.45	3.8	3.71	17.98	19.98	14.07	1
HIG-7	4.41	20.04	0.61	6.45	3.08	3.89	17.73	19.47	11.98	1
VL-4	3.83	14.39	0.78	8.85	3.8	2.96	14.06	19.54	11.23	1
VL-1	3.69	21.09	0.88	5.58	4.72	3.94	16.4	18.61	18.61	1
VL-2	3.41	19.62	0.81	10.78	4.12	3.87	15.79	19.2	15.9	1
IB-9	3.36	28.57	0.51	9.20	3.85	3.8	17.09	17.48	14.63	1

PFF= peso fresco del fruto (g); °Brix/AC= relación °Brix/porcentaje de ácido cítrico; AC= porcentaje de ácido cítrico de la pulpa; PFF/PSS= relación peso fresco del fruto/ peso seco de la semilla; °Brix/pH= relación sólidos solubles totales/pH de la pulpa del fruto; pH= pH del jugo de la pulpa; LF= longitud del fruto (mm), DF= diámetro ecuatorial de fruto (mm); TF= tamaño del fruto por categorías (g) (1, chico <4.9; 2, mediano 5.0-6.7; y 3, grande >7).

El grupo III (Figura 1) estuvo conformado por los genotipos, HIG-1, HIG-3, HIG-5, HIG-6 e HIG-7 de Las Higueras; VL-1, VL-2 VL-3 y VL-4 de Valle Lerma, ambos del municipio de Santiago, Ixcuintla; IB-3 e IB-9 de Las Jarretaderas del municipio de Ruiz; D-1 del Divisadero del municipio de Compostela; y JP-3 de la Lima de Abajo, municipio de Compostela, Nayarit. Las similitudes del grupo incluyen fruto chico de calibre 1 en su mayoría (con excepción de

Las Jarretaderas in the municipality of Ruiz; and HIG-4 from Las Higueras in the municipality of Santiago, Ixcuintla, Nayarit. This group is distinguished by having fruit caliber 2, medium sized (PFF of 5.02 to 6.66 g), classified as sweet fruits with Brix/AC ratio of 10.42 to 45.44, only IB-11 was classified as bittersweet; pH of the pulp varied from 3.99 to 4.30, °Brix of 8.93 to 15.99 and a °Brix/pH ratio of 2.86 to 6.62 (Table 5).

IB-3 y Hig-2, que son de calibre 2), con peso de 3.36 a 5.02 g, LF aproximadamente de 14 mm y DF alrededor de 17 mm, la mayoría de los genotipos de este grupo son de frutos dulces ( $^{\circ}$ Brix entre 10.96 a 14.07) y relación  $^{\circ}$ Brix/AC de 14.44 a 22.99, pH de la pulpa de 2.65 a 3.94 y AC de 0.51-0.96%. En los extremos se encontró que IB-3 es un fruto mediano (calibre 2) pero con el más alto contenido de sólidos solubles totales de los tres grupos (15.99%), e HIG-1 también de fruto calibre 2 y con el más alto porcentaje de ácido cítrico (2.19%) (Cuadro 5).

El nanche es un fruto de recolección, que es recogido del suelo en pequeñas plantaciones por los propios productores y sus familias, o bien, se paga al recolector por kilogramo de fruto recogido en los huertos comerciales, así que el tamaño del fruto dado por la longitud, diámetro y peso son características de calidad importantes desde la cosecha hasta el consumidor. En este trabajo los genotipos con mayor tamaño, basados en estos parámetros, corresponden al grupo I, donde destacaron LG-2 del Divisadero (Compostela), BE-4 de Mecatán (San Blas), con 9.32 y 9.23 g, respectivamente, ambos genotipos hicieron grupo estadístico con IB-7, DR-1, BE-3, BE-2, BE-1, IB-5, IB-1 (Figura 1) que superan a los frutos más grandes de este frutal reportados Bayuelo *et al.* (2006) en Michoacán (3.8 g).

En el presente estudio, la acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico) fluctuó de 0.31 a 2.19% resultados que contrastan con los valores máximos de 1.3 y 2.6% para nanches ácidos y dulces respectivamente, reportados por Bayuelo *et al.* (2006), e inferiores (2.45%) a los publicados por Villachica (1996) y por Muñoz de Chávez *et al.* (2002).

El color, la forma y el sabor del fruto del nanche son atributos que el consumidor valora al momento de hacer una compra. El consumidor, por lo general, selecciona los nanches por sus atributos externos; sin embargo, al momento de ser consumidos deben satisfacer otras exigencias, dadas por la combinación de propiedades intrínsecas, tales como el contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable y pH del jugo, para los cuales deberían establecerse parámetros de calidad para el mercado directo y la industria. De ahí la importancia de generar información acerca de aquellos genotipos de nanche que cumplan satisfactoriamente las características demandadas por los diversos sectores. Al respecto, de las características químicas, los sólidos solubles de la pulpa y la acidez del fruto han resultado parámetros útiles, debido

Group III (Figure 1) consisted of genotypes, HIG-1, HIG-3, HIG-5, HIG-6 and HIG-7 from Las Higueras; VL-1, VL-2, VL-3 and VL-4 from Valle Lerma, both in the municipality of Santiago, Ixcuintla; IB-3 and IB-9 from Jarretaderas in the municipality of Ruiz; D-1 from Divisadero in the municipality of Compostela; and JP-3 from Lima de Abajo in the municipality of Compostela Nayarit. The similarities of the group include small fruit mostly caliber 1 (except IB-3 and Hig-2, which are caliber 2), weighing 3.36 to 5.02 g, LF of approximately 14 mm and DF about 17 mm, most of the genotypes in this group are sweet fruits ( $^{\circ}$ Brix between 10.96 to 14.07) and  $^{\circ}$ Brix / AC ratio of 14.44 to 22.99, pH of pulp of 2.65 to 3.94 and AC of 0.51 to 0.96%. At the ends was found that IB-3 is a medium fruit (caliber 2), but with the highest content of total soluble solids of the three groups (15.99%), and HIG-1 also fruit caliber 2 and with the highest citric acid percentage (2.19%) (Table 5).

Nanche is a fruit harvesting, which is collected from the soil in small orchards by the grower and their families, or paid to collector per kilogram of fruit picked in commercial orchards, so the size of the fruit given by length, diameter and weight are important quality characteristics from harvest to consumer. In this paper the genotypes with larger size, based on these parameters correspond to group I, where highlighted LG-2 from Divisadero (Compostela), BE-4 Mecatán (San Blas) with 9.32 and 9.23 g, respectively, both genotypes did statistical group with IB-7, DR-1, BE-3, BE-2, BE-1, IB-5, IB-1 (Figure 1) that exceed the largest fruits of this fruit reported by Bayuelo *et al.* (2006) in Michoacán (3.8 g).

In the present study, titratable acidity (percentage of citric acid) fluctuated from 0.31 to 2.19% which contrasts with the maximum values of 1.3 and 2.6% for acidic and sweet Nanches respectively, reported by Bayuelo *et al.* (2006), and lower (2.45%) to those reported by Villachica (1996) and Muñoz de Chávez *et al.* (2002).

The color, shape and flavor of nanche are attributes that consumers value when making a purchase. The consumer usually selects nanches by its external attributes; however, when being consumed must meet other requirements, given by a combination of intrinsic properties, such as the content of total soluble solids, titratable acidity and pH of the juice, for which quality standards should be established for the direct market and industry. Hence the importance to generate information

a que el sabor depende principalmente del equilibrio entre azúcares y ácidos orgánicos (Braceló *et al.*, 1998, Medina-Torres *et al.*, 2004).

Los sólidos solubles totales encontrados variaron de 8.93 a 15.99 °Brix, en contraste con el intervalo de 3.2 a 7.9 °Brix reportados por Martínez-Moreno *et al.* (2006) y similares a los valores más altos (15.18 °Brix) reportados por Bayuelo *et al.* (2006), y ligeramente inferiores (7.6 - 12.2 °Brix) a los obtenidos por Medina-Torres *et al.* (2004).

El pH de la pulpa del fruto de las selecciones de nanche evaluados varió de 2.65 a 4.30, ligeramente inferiores (3.50 a 4.38) a los publicados por Martínez-Moreno *et al.* (2006), y similares a los reportados previamente (2.6 a 4) por Medina-Torres *et al.* (2004).

Los valores de longitud del fruto (LF) fluctuaron de 24.35 a 14.06 mm y de 25 a 17.48 mm de diámetro polar (DP) en todas los genotipos y resultaron relevantes en el CP1; sin embargo, estos parámetros morfológicos sólo definen la forma del fruto, que con frecuencia en el nanche es más ancho que largo (Medina-Torres *et al.*, 2004) (Cuadro 5).

## Conclusiones

Se identificaron tres grupos de selecciones de nanche por sus características químicas como parámetros de calidad del fruto, entre los cuales resultaron en orden de importancia: la relación °Brix/porcentaje de ácido cítrico, porcentaje de ácido cítrico y pH del jugo de la pulpa; y las características morfológicas: tamaño, peso, longitud y diámetro ecuatorial de fruto.

Se proponen los siguientes parámetros para calidad de fruto: a) basados en el peso: grandes >7, medianos 6.9-5 y chicos <4.9 g; b) clasificados por el porcentaje de ácido cítrico (acidez titulable) de la pulpa como: dulces (0.2-0.5), agridulces (0.6-1.9) y ácidos (>2) y, c) basados en la relación °Brix/porcentaje de ácido cítrico (acidez titulable), como: ácidos (5.1-8), agridulces (8.1-10.1) y dulces (>10.1).

La relación °Brix/porcentaje de ácido cítrico, más el peso, tamaño y color amarillo de la epidermis del fruto son parámetros de calidad que podrían usarse como cualidades genéticas para seleccionar genotipos de nanche.

about those nanche genotypes that meet the characteristics required by the various sectors; in this regard, the chemical characteristics, soluble solids of the pulp and the acidity of the fruit have been found useful parameter because the flavor depends mainly on the balance between sugars and organic acids (Braceló *et al.*, 1998, Medina-Torres *et al.*, 2004).

Total soluble solids found ranged from 8.93 to 15.99 °Brix, in contrast to the range of 3.2 to 7.9 °Brix reported by Martínez-Moreno *et al.* (2006) and similar to the highest value (15.18 °Brix) reported by Bayuelo *et al.* (2006) and slightly lower (7.6 - 12.2 °Brix) to those obtained by Medina-Torres *et al.* (2004).

pH of the pulp of the selected fruits of nanche ranged from 2.65 to 4.30, slightly lower (3.50 to 4.38) to those reported by Martínez-Moreno *et al.* (2006) and similar to those reported previously (2.6 to 4) by Medina-Torres *et al.* (2004).

Values of fruit length (LF) ranged from 24.35 to 14.06 mm and from 25 to 17.48 mm in polar diameter (DP) in all genotypes and were relevant in CP1; however, these morphological parameters only define the shape of the fruit, often in nanche is wider than long (Medina-Torres *et al.*, 2004) (Table 5).

## Conclusions

Three groups of selections were identified by its chemical characteristics as parameters of fruit quality, among which were in order of importance were as: °Brix/percentage of citric acid ratio, percentage of citric acid and pH of the juice from the pulp; and morphological characteristics: size, weight, length and equatorial diameter of fruit.

The following parameters for quality of fruit are proposed: a) based on weight: large >7 medium 6.9-5 and small <4.9 g; b) classified by the percentage of citric acid (acidity) of the pulp as: sweets (0.2-0.5), sour (0.6-1.9) and acid (> 2) and, c) based on °Brix/percent citric acid (acidity) ratio as: acids (5.1-8), bittersweet (8.1-10.1) and sweet (> 10.1).

The Brix/percentage of citric acid ratio, plus the weight, size and yellowing color of the skin of the fruit are quality parameters that could be used as genetic qualities to select nanche genotypes.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Bayuelo-Jiménez, J. S.; Lozano-Rico, J.C. y Ochoa, I. E. 2006. Caracterización morfológica de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt nativa de Churumuco, Michoacán, México. Rev. Fitotec. Mex. 29:31-36.
- Braceló, C. J.; Nicolás, G. R.; Sabater, B. G. y Sánchez, R. T. 1998. Fisiología vegetal. Ediciones Pirámide. España. 585-599 pp.
- Castro-López, M. G.; Salazar-García, S.; González-Durán, I. J. L.; Medina-Torres, R. y González-Valdivia, J. 2012. Evolución nutrimental foliar en tres cultivares de mango en Nayarit. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 3:685-700.
- Iezzoni, A. F. y Pritts, M. P. 1991. Applications of principal component analysis to horticultural research. HortScience 26:334-338.
- Johnson-Dallas, E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Internacional Thompson Editores. D. F. México. 566 p.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27:1254-1255.
- Martínez-Moreno, E.; Corona-Torres, T.; Avitia-García, E.; Castillo-González, A. M.; Terrazas-Salgado, T. y Colinas-León, M. T. 2006. Caracterización morfométrica de frutos y semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia* L.). Rev. Chapingo Serie Horticultura 12:11-17.
- Martínez-Moreno, E.; Santiaguillo-Hernández J. F. y Cuevas-Sánchez J. A. 2008. Principales usos del nanche (*Byrsonima crassifolia* L.) HBK. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 57 p.
- Medina-Torres, R.; Salazar, G. S. and Gómez, A. R. 2004. Fruit quality indices in eight nance [*Byrsonima crassifolia* (L.) H. B. K.] selections. HortScience 39:1070-1073.
- Muñoz de Chávez, M.; Ledesma Solano, J. A. y Chávez-Villasana, A. 2002. Tablas de valor nutritivo de los alimentos. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. Editorial Pax, México. D. F. 132 p.
- Nava, K. G. y Uscanga, K. G. 1980. Estudio físico y químico comparativo de 28 tipos de *Byrsonima crassifolia* en el estado de Veracruz. CONAFRUT-SARH, México. 988-1029 pp.
- Rodríguez-Medina, N. N.; Rohde, W.; González-Arencibia, C.; Ramírez-Pérez, I. M.; Fuentes-Lorenzo, J. L.; Román-Gutiérrez, M. A.; Xiqués-Martín, X.; Becker, D. y Velázquez-Palenzuela, J. B. 2003. Caracterización morfológica, bioquímica y molecular de cultivares de aguacatero (*Persea americana* Mill.) en Cuba. V Congreso Mundial del Aguacate. Málaga España. Memorias. 47-53 pp.
- Statistical Analysis System (SAS). 2011. SAS Institute Inc. Release 9.3 Edition. Cary, NC, USA.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <http://www.siap.gob.mx/>.
- Soto, E.; Avilán, L.; Pérez, M.; Rodríguez, M. y Ruiz, J. 2007. Evaluación de cultivares criollos de aguacate (*Persea* spp.) en la colección del INIA-CENIAP en Venezuela. VI Congreso Mundial del Aguacate. Viña del Mar, Chile. Memoria electrónica. 9 p.
- Villachica, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia. Secretaría Pro Tempore del Tratado de Cooperación Amazónica. Lima, Perú. 367 p.