

# CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE FRUTO DE LA COLECCIÓN *ex situ* DE *Psidium guajava* L.

## MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF FRUIT FROM THE *ex situ* COLLECTION OF *Psidium guajava* L.

Padilla-Ramírez, J.S.<sup>1\*</sup>; Rodríguez-Moreno, V.M.<sup>1</sup>; González-Gaona, E.<sup>1</sup>; Cortes-Penagos, C. de J.<sup>2</sup>; Acosta-Díaz, E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental Pabellón (INIFAP). Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. <sup>2</sup> Facultad de Químico Farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. <sup>3</sup> Campo Experimental General Terán (INIFAP). General Terán, Nuevo León, México.

\*Autor responsable: padilla.saul@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El guayabo (*Psidium guajava* L.) es un cultivo importante en diferentes partes del mundo, y su fruto es muy apreciado por sus propiedades nutricionales. Se considera originario de Mesoamérica, y se ha reportado que en México presenta diversidad en forma del fruto. Con el propósito de aprovechar esta diversidad, se recolectaron accesiones de *P. guajava* logrando establecer una colección *ex situ*, para caracterización y conservación. Se analizaron 93 accesiones de guayabo provenientes de 16 estados, así como tres genotipos introducidos, basándose en 24 caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos, mediante componentes principales. Los primeros cinco componentes explicaron 60% de la variabilidad total y las variables de mayor valor descriptivo fueron: las relacionadas con el tamaño del fruto (peso, diámetros, grosor de pulpa); el número y peso de semillas; forma del fruto, color de pulpa y textura. En general, las accesiones mostraron variabilidad en las características evaluadas, lo que revela la amplia base genética del germoplasma, mismo que puede ser aprovechada en el desarrollo de nuevas variedades que satisfagan demandas del consumidor de fruta fresca y la industria.

**Palabras clave:** Guayaba, Calvillo, Caraterización, Conservación.

### ABSTRACT

Guava tree (*Psidium guajava* L.) is an important crop in different parts of the world, and its fruit is much appreciated for its nutritional properties. It is considered to be native of Mesoamerica, and it has been reported that in México it presents diversity in form of the fruit. With the purpose of taking advantage of this diversity, accessions of *P. guajava* were collected and an *ex situ* collection was established, for their characterization and conservation. From 16 states, 93 guava accessions were analyzed, as well as three introduced genotypes, based on 24 quantitative and qualitative morphological traits, through principal components. The first five components explained 60 % of the total variability, and the variables of greatest descriptive value were: those related to the size of the fruit (weight, diameter, pulp thickness); the number and weight of seeds; the shape of the fruit, color of the pulp and texture. In general, the accessions showed variability in the characteristics evaluated, which reveals the broad genetic base of the germplasm, which can be taken advantage of in the development of new varieties that satisfy demands from the consumer and from the industry for fresh fruit.

**Keywords:** guava, Calvillo, characterization, conservation.



**Agroproductividad:** Vol. 9, Núm. 4, abril. 2016, pp: 9-18.

**Recibido:** julio, 2015. **Aceptado:** febrero, 2016.

## INTRODUCCIÓN

**El guayabo** (*Psidium guajava* L.) (Myrtaceae) es un cultivo de importancia económica en varios países (India, Brasil, México, Venezuela, Colombia, Cuba, Tailandia, Malasia y Sudáfrica) (Negi y Rajan, 2005). Su área de distribución ecológica se ubica entre la latitud 30° al norte y sur del ecuador y se distribuye en áreas con climas tropicales y subtropicales (Dinesh e Iyer, 2005). Su posible centro de origen es en Mesoamérica (De Candolle, 1967 y Ruehle, 1964, citados por Mata y Rodríguez, 1990; Negi y Rajan, 2005). En México, su cultivo ocupa el doceavo lugar en importancia dentro de los principales frutales, y se producen en promedio 300 mil t año<sup>-1</sup> en 22,500 ha (SIAP-SAGARPA, 2013), destinándose más del 80% del volumen al consumo en fresco. Borys y Leszczyńska (2001) mencionan que el guayabo es una especie con potencial frutícola, así como con amplia variabilidad en los caracteres del fruto, y en este sentido, se reporta la diversidad de tipos de guayaba (Padilla et al., 2007; Padilla y González, 2010; Padilla et al., 2014a) que pudieran ampliar la oferta de diferentes variedades, incluyendo aquellas con otro color de pulpa y mejores características nutrimentales atribuidas principalmente a su contenido de ácido ascórbico o vitamina C, además de que estas variantes vegetales tendrían buena aceptación para su consumo en fresco. Por su composición nutrimental la guayaba se considera una excelente fuente de vitamina C, ya que llega a tener entre 200 y 400 mg 100 g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico de fruto fresco (Padilla et al., 2012b; Sánchez, 2013). Estos valores duplican a los registrados en otras frutas como kiwi y lichi ([www.dietaynutricion.net](http://www.dietaynutricion.net)), y de tres a seis veces más que la naranja (*Citrus sinensis*), ([www.euroresidentes.com/Alimentos/naranjas/htm](http://www.euroresidentes.com/Alimentos/naranjas/htm)). Otro compuesto importante de la fracción de los carotenoides de la guayaba es el licopeno, considerado un antioxidante con propiedades nutraceúticas que contribuye en la disminución de ciertos padecimientos cardiovasculares, y cuya concentración en el fruto fluctúa entre 0.5 a 4.4 mg 100 g<sup>-1</sup> (Mondragón et al., 2009; Sánchez, 2013; Padilla et al., 2014b). Aunque existen reportes que señalan guayabas de pulpa rosa con concentraciones de licopeno de 5.5 mg 100 g<sup>-1</sup> (Waliszewski y Blasco, 2010) y en frutos mínimamente procesados en estado de maduración verde-amarillo de las variedades brasileñas "Paluma" y "Pedro Sato" de hasta 6 y 8 mg 100 g<sup>-1</sup> respectivamente (Andrade et al., 2009). Además, dada la gama de propiedades medicinales atribuidas al guayabo (hojas, frutos y corteza) se le atribuye amplia gama de usos etnobotánicos (Padilla et al., 2007). A nivel internacional, se han realizado colectas, caracterización y aprovechamiento del germoplasma de guayabo en Hawai por Zee (2003), Sither et al. (2014), y en la India (Pandey, 2007; Babu et al., 2007), en Brasil (Fernandes-Santos et al., 2010); Venezuela (Valecillos et al., 2010) y Cuba (Díaz-Infante et al., 2010). Con base en lo anterior, se realizó una recolecta de germoplasma de *P. guajava* en varios estados de México, con el fin de caracterizar la biodiversidad y conservar el acervo genético de la especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos de selección de material sobresaliente de guayabo en México, datan de finales de los años 60s, en la zona de Calvillo, Aguascalientes con

siete grupos biológicos para color de pulpa, frutos de diferente tamaño y peso, árboles con alto potencial de rendimiento (Pérez, 1970). Estudios posteriores han demostrado la existencia de una amplia diversidad fenotípica y genética de guayabo en cuanto a forma, tamaño, color de pulpa, calidad y rendimiento de fruto (Laksminarayana y Moreno, 1978; Perales y Silguero, 1995; Padilla et al., 2002a; Padilla et al., 2007; Padilla y González, 2010; Padilla et al., 2014b). La colección *ex situ* del *P. guajava* está establecida en el Sitio Experimental "Los Cañones" (21° 44.7', 102° 58.0'; 1508 m) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias "INIFAP" ubicado en el municipio de Huanusco, Zacatecas, y comprende la región guayabera conocida como "Los Calvillo-Cañones" que incluye a los municipios de Calvillo, Aguascalientes y Huanusco, Jalpa, Apozol y Juchipila en Zacatecas, México. En total se incluyeron 93 accesiones de guayabo, las cuales se colectaron, propagaron y establecieron en condiciones de campo; y forman parte de la colección *ex situ* del germoplasma (Padilla et al., 2010; Padilla et al., 2014b). El germoplasma bajo estudio se recolectó durante el periodo 2004-2009 en 16 estados del país desde altitudes a nivel del mar en Campeche hasta los 2000 m en el Estado de México, además de otros materiales introducidos de diferentes países. La mayor parte de los genotipos se propagaron a partir de semilla y algunos otros fueron obtenidos por acodo aéreo (Cuadro 1).

Durante el ciclo 2014 se tomó una muestra de cinco frutos de las 93 accesiones para su caracterización morfológica. Los frutos se

**Cuadro 1.** Origen de las accesiones de *P. guajava* en Huanusco, Zacatecas, México.

| Colecta         | Municipio      | Estado | Latitud     | Longitud   | Altitud (m) |
|-----------------|----------------|--------|-------------|------------|-------------|
| CAM-517         | Carmen         | Cam.   | 18°37'56"   | 91°00'30"  | 19          |
| 129 d           | Tamuín         | S.L.P. | 22°00'18"   | 98°46'03"  | 36          |
| 95              | Atenguillo     | Jal.   | 20°24'51"   | 104°29'32" | 1317        |
| 67              | Zinapécuaro    | Mich.  | 19°49'50"   | 100°49'18" | 1878        |
| 129 a           | Tamuín         | S.L.P. | 22°00'18"   | 98°46'03"  | 36          |
| 1               | Zacatlán       | Pue.   | 20°01'51"   | 97°54'07"  | 1684        |
| 113 h           | Calvillo       | Ags.   | 21°55'55"   | 102°43'06" | 1788        |
| 77 acodo        | Yuriria        | Gto.   | 20°05'54"   | 101°24'01" | 1916        |
| 49              | Zitácuaro      | Mich.  | 19°24'58"   | 100°23'39" | 1748        |
| 114             | Aguascalientes | Ags.   | 21°54'39"   | 102°15'15" | 1942        |
| 24              | Huachinango    | Pue.   | 20°11'50"   | 98°02'10"  | 1416        |
| 75              | Zinapécuaro    | Mich.  | 19°51'42"   | 100°49'57" | 1881        |
| 120             | Ruíz           | Nay.   | 21°57'03"   | 105°09'36" | 38          |
| 59              | Zitácuaro      | Mich.  | 19°24'57"   | 100°23'39" | 1753        |
| CAM 503 B       | Tikinmul       | Cam.   | 19°45'44"   | 90°13'35"  | 22          |
| 76              | Cerano         | Gto.   | 20°05'26"   | 101°26'39" | 1974        |
| 129 c           | Tamuín         | S.L.P. | 22°00'18"   | 98°46'03"  | 36          |
| El Charro-1     | Ahome          | Sin.   | 25°56'21"   | 109°08'00" | 16          |
| Juana Glez      | Ruiz           | Nay.   | 21°57'03"   | 105°09'36" | 38          |
| 106             | Huanusco       | Zac.   | 21°45'32"   | 102°52'25" | 1545        |
| 111 F           | Apozol         | Zac.   | 21°26'38"   | 103°05'50" | 1269        |
| Roja Col Fres   | Guadalajara    | Jal.   | 20°39'30"   | 103°22'30" | 1586        |
| 51              | Zitácuaro      | Mich.  | 19°24'52"   | 100°23'39" | 1741        |
| 129 b           | Tamuín         | S.L.P. | 22°00'18"   | 98°46'03"  | 36          |
| 131 b           | Ahuacatlan     | S.L.P. | 21°18'57"   | 99°03'29"  | 1201        |
| 77              | Yuriria        | Gto.   | 20°05'54"   | 101°24'01" | 1916        |
| Pilcaya Pulpa N | Pilcaya        | Gro.   | 18°40'56"   | 99°33'53"  | 1493        |
| 90              | Mixtlan        | Jal.   | 20°26'25"   | 104°24'44" | 1546        |
| 54              | Benito Juárez  | Mich.  | 19°17'54"   | 100°26'38" | 1314        |
| 87              | Mixtlan        | Jal.   | 20°26'25"   | 104°24'44" | 1546        |
| Fuentes Acodo   | Jalpa          | Zac.   | 21°33'28"   | 102°54'50" | 1893        |
| 83              | Yuriria        | Gto.   | 20°07'02"   | 101°22'49" | 1871        |
| 118             | Calvillo       | Ags.   | 21°52'06"   | 102°41'46" | 1708        |
| 143             | Comala         | Col.   | 19°25'06"   | 103°47'44" | 832         |
| 89              | Mixtlan        | Jal.   | 20°26'25"   | 104°24'44" | 1546        |
| 132 Jalpan      | Jalpan         | Qro.   | 21°09'48"   | 99°29'24"  | 1193        |
| 132 hijuelo     | Jalpan         | Qro.   | 21°09'48"   | 99°29'24"  | 1193        |
| Doña Chuy-acodo | Mascota        | Jal.   | 20°31'39"   | 104°47'52" | 1243        |
| Seve Acodo      | Santiago lxc.  | Nay.   | 21°48'56"   | 105°12'22" | 17          |
| 113 J Acodo     | Calvillo       | Ags.   | 21°55'55"   | 102°43'06" | 1788        |
| 147 hijuelo     | Tecomán        | Col.   | 18°49'33"   | 103°49'00" | 21          |
| 123 D Semilla   | Tepic          | Nay.   | 21°30'52"   | 104°59'38" | 1163        |
| 138             | Colima         | Col.   | 19°07'46"   | 103°46'45" | 319         |
| Mirna-Petra     | Ruíz           | Nay.   | 21°57'03"   | 105°09'36" | 38          |
| Roble y Paraíso | Guadalajara    | Jal.   | 20°39'38"   | 103°22'04" | 1562        |
| Nogal y Paraíso | Guadalajara    | Jal.   | 20°39'39"   | 103°22'07" | 1579        |
| India-semilla   |                | India  | Introducida |            |             |
| SJN             | San Juan Nvo.  | Mich.  | ND          |            |             |

**Cuadro 1.** Continuación.

| Colecta         | Municipio       | Estado | Latitud     | Longitud   | Altitud (m) |
|-----------------|-----------------|--------|-------------|------------|-------------|
| SJN             | San Juan Nvo.   | Mich.  | ND          |            |             |
| Mirna-1         | Ruiz            | Nay.   | 21°57'03"   | 105°09'36" | 38          |
| Berna 3         | Ruiz            | Nay.   | 21°56'49"   | 105°08'10" | 24          |
| 81              | Yuriria         | Gto.   | 20°07'06"   | 101°22'46" | 1868        |
| F-7 Bahía B     | Bahía Band.     | Nay.   | 20°45'28"   | 105°15'54" | 27          |
| 56x46           | Jalpa           | Zac.   | 21°44'42"   | 102°58'00" | 1508        |
| 56x46           | Jalpa           | Zac.   | 21°44'42"   | 102°58'00" | 1508        |
| 51x12           | Jalpa           | Zac.   | 21°44'42"   | 102°58'00" | 1508        |
| 54x57           | Jalpa           | Zac.   | 21°44'42"   | 102°58'00" | 1508        |
| 10x51           | Jalpa           | Zac.   | 21°44'42"   | 102°58'00" | 1508        |
| La Mezquitera   | Jalpa           | Zac.   | 21°28'50'   | 102°58'18" | 1380        |
| 101             | Sn. Sebastián   | Jal.   | 20°45'03"   | 104°58'37" | 751         |
| Teq. Herradura  | Amatitan        | Jal.   | 20°50'19"   | 103°43'33" | 1243        |
| Valle Bravo 2   | Valle de Bravo  | Méx.   | 19°11'23"   | 100°07'52" | 1788        |
| Ten-2           | Tenancingo      | Méx.   | 18°57'39"   | 99°35'26"  | 2000        |
| El Charro-2     | Ahome           | Sin.   | 25°56'21"   | 109°08'00" | 16          |
| La Palma-Acodo  | Zitácuaro       | Mich.  | 19°24'02"   | 100°22'54" | 1740        |
| Tlajomulco      | Tlajomulco      | Jal.   | 20°28'37"   | 103°27'10" | 1600        |
| Ciprés Col Fres | Guadalajara     | Jal.   | 20°39'32"   | 103°22'08" | 1570        |
| Ten-1           | Tenancingo      | Méx.   | 18°57'39"   | 99°35'26"  | 2000        |
| Villahermosa    |                 | Tab.   | ND          |            |             |
| 10x56           | Jalpa           | Zac.   | 21°44'42"   | 102°58'00" | 1508        |
| Sn Is.-4        | Ocuilan         | Méx.   | 18°54'53"   | 99°27'14"  | 1540        |
| Pant. Tej-2     | Tejupilco       | Méx.   | 18°52'19"   | 100°00'48" | 1718        |
| P. Meyuca 1     | Coatepec H.     | Méx.   | 18°51'57"   | 99°46'57"  | 1892        |
| Sn Is. Mal2-2   | Malinalco       | Méx.   | 18°53'17"   | 99°27'47"  | 1431        |
| CAM-516 C       | Escárcega       | Cam.   | 18°36'50"   | 90°44'35"  | 89          |
| ERC-semilla     |                 | Cuba   | Introducida |            |             |
| ERC-semilla     |                 | Cuba   | Introducida |            |             |
| Vivero Guasave  |                 | Sin.   | ND          |            |             |
| El Guayabo      |                 | Sin.   | ND          |            |             |
| CHIS-525        | Chilon          | Chis.  | 17°08'20"   | 92°07'46"  | 850         |
| CHIS-522 B      | Salto de Agua   | Chis.  | 17°23'14"   | 91°59'17"  | 272         |
| CHIS-526 B      | Chilon          | Chis.  | 17°03'44"   | 92°08'55"  | 900         |
| TAB-543 B       | Teapa           | Tab.   | 17°27'06"   | 93°02'28"  | 451         |
| CAM-517 B       | Carmen          | Cam.   | 18°37'55"   | 91°00'30"  | 19          |
| CAM-511         | Champotón       | Cam.   | 18°28'41"   | 90°42'13"  | 0           |
| CAM-516 B       | Escárcega       | Cam.   | 18°36'50"   | 90°44'35"  | 89          |
| CHIS-527        | Chilon          | Chis.  | 15°58'29"   | 92°06'10"  | 1163        |
| CHIS-530        | Chiapa de Corzo | Chis.  | 16°44'12"   | 92°58'32"  | 531         |
| CHIS-529 B      | Zinacantan      | Chis.  | 16°43'13"   | 92°49'39"  | 1863        |
| CHIS-532        | Chiapa de Corzo | Chis.  | 16°41'56"   | 93°01'37"  | 407         |
| TAB-546 B       | Cárdenas        | Tab.   | 17°00'01"   | 93°17'58"  | 33          |
| Bahía Band F-11 | Bahía Band.     | Nay.   | 20°45'58"   | 105°15'54" | 27          |
| Bahía Band F-14 | Bahía Band.     | Nay.   | 20°45'28"   | 105°15'54" | 27          |

ND=No determinado.

cosecharon en madurez fisiológica (entre las etapas 2 y 3) de acuerdo con la escala de colores de maduración para guayaba (Padilla, 2002b) y se registraron 24 características morfológicas con variables continuas y categóricas. Las características de fruto registradas, con ligeras modificaciones, son parte de los descriptores para *P. guajava* de acuerdo con la Unión para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV, 1987) y se utilizan para las pruebas de distinción, homogeneidad y estabilidad entre los genotipos (Cuadro 2).

Los diámetros (polar y ecuatorial) se midieron con un vernier digital MITUTOYO<sup>MR</sup>, con aproximación a 0.00 de milímetro, mientras que los pesos se registraron en una báscula OHAUSMR con aproximación a 0.000 de g. Una vez registrados el peso, los diámetros y demás caracteres externos, los frutos se cortaron transversalmente para medir el grosor de pulpa (mesocarpio) y registrar su color. Posteriormente se extrajeron las semillas de cada fruto, separándolas del mesocarpio bajo constante flujo de agua utilizando un cedazo para retener las

semillas, las cuales se secaron a la sombra y temperatura ambiente ( $22.0\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2.0$ ) por 72 h para contar y pesarlas. El contenido de sólidos solubles totales ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) se registró con refractómetro manual ATA-GO<sup>MR</sup> modelo N-1EBX (0-32  $^{\circ}\text{Brix}$ ). Se obtuvieron los valores estadísticos descriptivos (valor mínimo, máximo, promedio y desviación estándar de las características registradas en las accesiones caracterizadas; y con se construyó una matriz (24x93) para analizar mediante Componentes Principales (Numerical Taxonomy System

**Cuadro 2.** Características morfológicas registradas en 93 accesiones de la colección *ex situ* de *P. guajava* L. Huanusco, Zacatecas, México.

| Característica                  | Abreviatura | Unidades              | Categorías  |
|---------------------------------|-------------|-----------------------|---|
| Peso de fruto                   | PF          | g                     |   |
| Peso de cascos                  | PCas        | g                     |   |
| Cascos/semilla                  | C/S         | %                     |   |
| Diámetro polar                  | DP          | cm                    |   |
| Diámetro ecuatorial             | DE          | cm                    |   |
| Relación DP/DE                  | DP/DE       | Adimensional          |   |
| Forma de fruto                  | F           | Cualitativo           | Aperado=1; Ovoide=2; Redondo=3; Truncado=4  |
| Diámetro de cuello              | DCue        | cm (solo aperadas)    |   |
| Color externo                   | CExt        | Cualitativo           | Amarillo=1; Verde-amarillo=2; Verde=3; Amarillo-chapeado=4  |
| Textura                         | Tex         | Cualitativo           | Lisa=1; Semirugosa=2; Rugosa=3; Muy rugosa=4)   |
| Presencia de costillas          | PCost       | Cualitativo           | Ausente=0; Presente=1   |
| Prominencia de costillas        | Prom        | Cualitativo           | Débil=1.00-1.50; Medio=1.51-2.50; Fuerte=2.51-3.50  |
| Ranuras longitudinales          | RLong       | Cualitativo           | Ausente=0; Presente=1   |
| Tamaño de sépalo                | TSep        | Mm                    |   |
| Diámetro de la cavidad de cáliz | DCal        | mm                    |   |
| Borde alrededor del cáliz       | BCal        | Cualitativo           | Ausente=0; Presente=1   |
| Color de pulpa                  | CPulp       | Cualitativo           | Blanca=1; Crema=2; Crema-Amarilla=3; Crema-Amarilla-Salmón=4; Crema-Blanca=5; Crema-Naranja=6; Crema-Rosa=7; Crema-Rosa pálido=8; Crema Salón=9; Rosa=10; Rosa-Blanco=11; Rosa Pálido=12; Rosa Fuerte=13; Salmón=14 |
| Uniformidad del color de pulpa  | UCol        | Cualitativo           | Uniforme=1; Desuniforme=2   |
| Grosor de casco                 | GCas        | mm                    |   |
| Jugosidad                       | Jug         | Cualitativo           | Baja=1.00-1.50; Media=1.51-2.00; Alta=2.01-2.51; Muy alta=2.51-3.00   |
| Grados Brix (Dulzor)            | Brix        | $^{\circ}\text{Brix}$ |   |
| Número de semillas              | NSem        | Semillas/fruto        |   |
| Peso de semillas                | PSem        | g                     |   |
| Peso promedio por semilla       | PPS         | mg                    |   |

(NTSYSpc 2.2) (Rohlf, 2005), y el coeficiente de correlación simple (r) para estimar el grado de asociación entre las características medidas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró variación en el peso y tamaño de fruto en la mayoría de las 93 accesiones, observando pesos desde 25.2 g<sup>-1</sup> hasta 280 g<sup>-1</sup>. El diámetro polar y ecuatorial mostraron valores de 3.4 cm a 9.2 cm y de 3.3 cm a 7.8.9 cm respectivamente. La Norma Mexicana NMX-FF-040-SCFI-2002 para el diámetro ecuatorial del fruto especifica las categorías: A=>5.0 cm; B=4.0-4.9 cm; C=3.0-3.9 cm y D=<2.9 cm. En cuanto al peso, González *et al.* (2002) mencionan que los frutos de guayaba se clasifican en extra (>90 g), primera (60-90 g) y segunda (<60 g), correspondiendo un mayor precio de venta para los frutos clasificados como extra y primera. El rango para la relación entre los diámetros fue de 0.88 a 1.53. Los frutos con valores cercanos a uno fueron más redondeados, los ubicados entre 1.1 y 1.2 de forma ovoide; mientras que mayores de 1.3 fueron piriformes. El número de semillas por fruto mostró amplia variación, desde 42.5 hasta 370 semillas, resaltando que en programas de mejoramiento genético es deseable seleccionar genotipos con bajo número de semillas (<200). El peso de semillas fruto<sup>-1</sup> y su peso medio registraron rangos de 0.3g a 5.7 g; y de 1 g a 28.2 mg respectivamente; esto valores son similares a los reportados por Padilla y González (2011) para un amplio número de accesiones de guayabo. El grosor de la pulpa mostró valores de 3.7 mm a 15.6 mm. Frutos de guayaba con mayor grosor de pulpa, bajo número de semillas y pequeñas serían una buena combinación tanto para el consumo en fresco como para la industria or su relación positiva de mayor pulpa/ semilla. En una encuesta, aproximadamente el 60% de los consumidores de guayaba mencionó que prefieren frutos con pocas semillas. En los genotipos evaluados el diámetro de la cavidad del cáliz fluctuó entre 4.3 mma 16 mm; esta característica

puede ayudar a distinguir genotipos, ya que presenta poca variación entre los frutos del mismo árbol.

Los sólidos solubles totales (°Brix) variaron de 5.6 a 16.8, y su mayor contenido es una característica importante en la calidad de la guayaba para su aceptación y el consumidor prefiere frutos con 11 y 12 °Brix. Padilla *et al.*, (2012b) reportaron valores similares para frutos de guayaba de la región Calvillo-Cañones. Por otra parte, se ha mencionado que esta característica puede ser influenciada por el clima, especialmente por la temperatura del aire y la humedad del suelo que prevalecen en la última etapa de maduración del fruto (Padilla *et al.*, 2010). Resultados similares se reportaron para características químicas de frutos de guayaba, dentro de los que fueron cosechados en época de lluvias mostraron valores bajos (Rathore, 1976; Thaipong y Boonprakob, 2006). Entre las variables cualitativas se observó que las características más comunes (moda) fueron: los frutos de forma ovoide, color externo

**Cuadro 3** Valores estadísticos de variables de fruto de 93 accesiones de la colección *ex situ* de *P. guajava* L. en Huanusco, Zacatecas, México.

| Variable  | Mínimo | Máximo  | Promedio | Desv. estándar |
|-----------|--------|---------|----------|----------------|
| PF (g)    | 25.200 | 280.375 | 66.336   | 41.432         |
| PCas (g)  | 16.200 | 223.500 | 47.561   | 32.085         |
| C/S (%)   | 56.464 | 85.534  | 71.127   | 6.390          |
| DP (cm)   | 3.428  | 9.209   | 5.384    | 1.146          |
| DE (cm)   | 3.360  | 7.798   | 4.622    | 0.813          |
| DP/DE     | 0.884  | 1.534   | 1.164    | 0.132          |
| F         | 1.000  | 4.000   | 2.000*   | 0.751          |
| DCue (cm) | 0.000  | 3.902   | 0.476    | 1.078          |
| CExt      | 1.000  | 4.000   | 2.000*   | 0.641          |
| Tex       | 1.000  | 4.000   | 2.000*   | 0.702          |
| PCost     | 0.000  | 1.000   | 1.000*   | 0.282          |
| Prom      | 1.000  | 2.800   | 1.000*   | 0.535          |
| RLong     | 0.000  | 1.000   | 0.000*   | 0.227          |
| TSep (mm) | 4.760  | 12.380  | 8.523    | 1.545          |
| DCal (mm) | 4.320  | 16.02   | 8.049    | 2.073          |
| BCal      | 0.000  | 1.000   | 0.000*   | 0.178          |
| CPulp     | 1.000  | 14.000  | 2.000*   | 4.282          |
| UCol      | 1.000  | 2.000   | 1.000*   | 0.360          |
| GCas (mm) | 3.660  | 15.600  | 7.951    | 1.723          |
| Jug       | 1.000  | 3.000   | 2.000*   | 0.588          |
| Brix      | 5.640  | 16.800  | 10.730   | 1.805          |
| NSem      | 42.500 | 372.200 | 167.069  | 76.256         |
| PSem (g)  | 0.301  | 5.732   | 1.929    | 0.976          |
| PPS (mg)  | 0.988  | 28.282  | 12.193   | 4.715          |



verde-amarillo, con textura semirugosa, presencia de costillas de prominencia débil, con ausencia del borde alrededor del cáliz, color de pulpa crema uniforme y jugosidad media (Cuadro 3).

El análisis de correlación mostró la matriz de correlaciones simples ( $r$ ) para las 24 características del fruto, donde el PF mostró alta correlación positiva y significativa ( $p \leq 0.01$ ) con PCas, DP, DE, GC y DCC ( $r=0.51$  a  $0.96$ ), mientras que con DCue, NSem y PSem, la correlación fue significativa pero moderada ( $r=0.38$  a  $0.46$ ). La correlación con el resto de las variables no fue significativa. La correlación de Brix con la mayoría de las variables resultó negativa y no significativa. La forma del fruto se correlacionó significativamente con DP y la relación de los diámetros DP/DE, cuya relación indica la forma de este. El resto de las variables cualitativas mostró valores bajos del coeficiente de correlación. Thaipong y Boonprakob (2006) reportaron valores similares para algunas variables del fruto de guayaba, además señalan que PF se puede utilizar como criterio de selección para incrementar tamaño de fruto y GCas, lo cual daría mayor rendimiento de pulpa (PCas) y probablemente menor NSem y PSem. Respecto al análisis de componentes principales (Cuadro 4), fue interpretado a partir de los eigenvalores (valores propios) y eigenvectores, donde los primeros mostraron la varianza individual y acumulada en cada uno de los componentes principales del análisis.

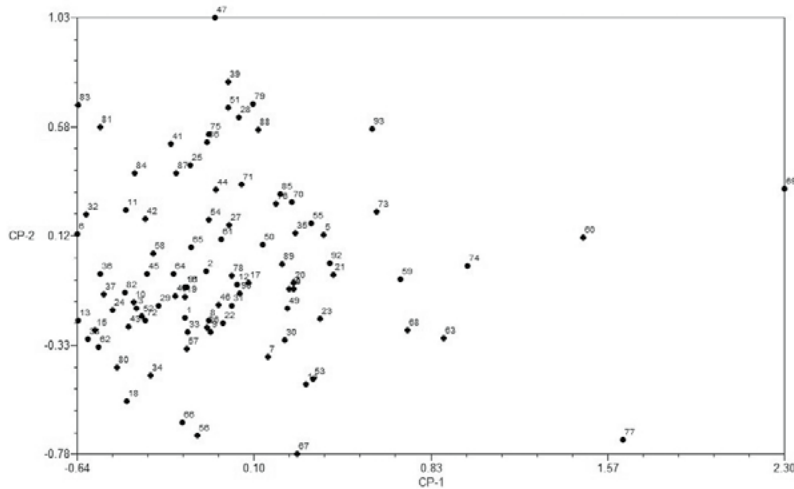
Los valores mostrados indican la variabilidad que está asociada a cada uno de los componentes principales, y se reduce en medida que se incrementa el número de componente, mostrando en forma acumulada que

los cinco primeros componentes explicaron cerca del 60% de la variabilidad, el resto concentró 40%. Resultados similares fueron reportados en la caracterización de tejocote (López-Santiago *et al.*, 2008) y nopal (Mondragón 2002), aunque en este último estudio, los tres primeros componentes principales explicaron un 71% de variabilidad. De acuerdo con Pla (1986) se sugiere que los componentes que expliquen al menos 70% de la varianza, son los que deben considerarse para una mejor interpretación y toma de decisiones. No obstante, en este estudio esta condición se cumplió con siete (70.04%), sin embargo, la selección del número de componentes principales no debe ser muy alto, dado que el análisis genera tantos componentes como variables, y lo que se pretende con esta técnica de análisis es reducir el número de variables. Los resultados de la aportación de cada variable dentro de cada componente, considerando solo los primeros cinco. Para el componente 1 las variables de mayor contribución descriptiva fueron las relacionadas con el tamaño y peso del fruto (PF, PCas, DP, DE Y GCcas). Para el componente 2, las variables con el mayor valor descriptivo fueron C/S, PSem y NSem. Para el componente 3, las variables de mayor peso fueron las relacionadas con la forma del fruto (F, DP/DE y DCue). Para el componente 4, las variables de mayor valor descriptivo fueron el color de pulpa y el peso por semilla, finalmente en el componente 5, la textura externa del fruto y la jugosidad fueron las que tuvieron el mayor valor descriptivo. Al considerar los tres primeros componentes principales, 11 de las 24 variables se puede explicar cerca de la mitad de la variabilidad acumulada en las accesiones (Figuras 1 y 2).

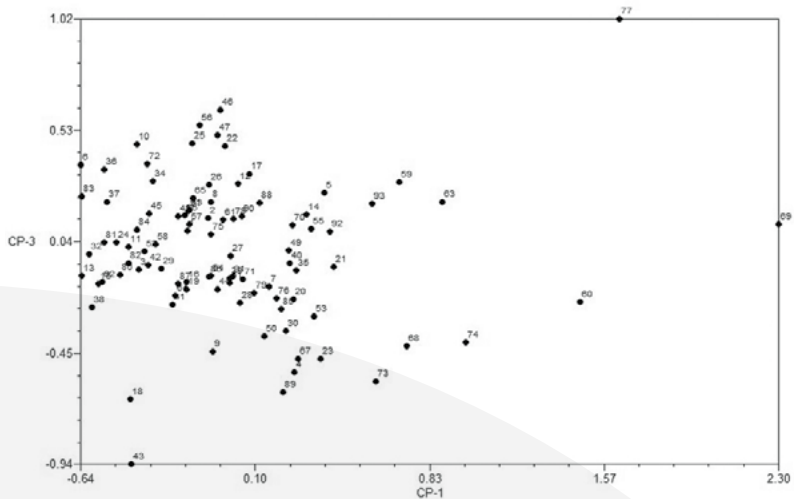
La Figura 1, muestra que las accesiones con mayor peso y diámetros del fruto se ubican a la derecha de los cuadrantes (60, 69 y 77), estas accesiones tienen en promedio un peso de superior a  $200 \text{ g fruto}^{-1}$ , mientras que los de menor tamaño se ubicaron a la izquierda con valores menores de  $30 \text{ g fruto}^{-1}$  (6, 13, 32). Respecto al número y peso de semillas (CP-2), las accesiones con alto número y mayor peso de semillas se ubicaron en la parte superior, mientras que aquellas con menor número y peso en la parte inferior, por ejemplo, la accesión 47 con 300 semillas por fruto y peso de  $3 \text{ g}^{-1}$ , com-

**Cuadro 4.** Valores propios de las características del fruto y proporción de la variabilidad fenotípica observada en 93 accesiones de la colección *ex situ* de *P. guajava* L. en Huanusco, Zacatecas, México.

| Componente Principal | Eigenvalor | Varianza explicada (%) | Variabilidad acumulada (%) |
|----------------------|------------|------------------------|----------------------------|
| 1                    | 5.704      | 23.766                 | 23.766                     |
| 2                    | 3.015      | 12.564                 | 36.330                     |
| 3                    | 2.251      | 9.377                  | 45.707                     |
| 4                    | 1.652      | 6.885                  | 52.592                     |
| 5                    | 1.601      | 6.672                  | 59.263                     |
| 6                    | 1.411      | 5.880                  | 65.143                     |
| 7                    | 1.177      | 4.905                  | 70.048                     |
| 8                    | 1.025      | 4.272                  | 74.320                     |



**Figura 1.** Dispersión de las 93 accesiones de *Psidium guajava* L., en componentes principales 1 y 2 del análisis morfológico de fruto.



**Figura 2.** Dispersión de las 93 accesiones de *Psidium guajava* L., en componentes principales 1 y 3 del análisis morfológico de fruto.

parada con la accesión 58 que tiene solo 100 semillas por fruto y pesan  $1.45 \text{ g}^{-1}$ . Estas dos características influyeron directamente en la relación C/S, dado que un mayor número y peso de semillas la relación C/S es menor.

La Figura 2, muestra que las accesiones con fruto de mayor tamaño ubicadas a la derecha y las menor tamaño a la izquierda, sin embargo, accesiones de forma piriforme y relación DP/DE mayor de 1.4 se ubicaron en la parte inferior (accesión 43), mientras que las de forma truncada y relación de 1.1 a 1.2 se ubicaron en la parte superior (accesión 10), y en el caso de las accesiones 60 y 77 con valores similares de peso y tamaño, difirieron forma piriforme y truncada respectivamente. En general la relación de los componentes

en mención, permiten identificar un grupo de accesiones que destacan por tamaño y forma, lo cual es de interés para programas de mejoramiento genético (Figura 2).

## CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización del fruto de 93 accesiones de la colección *ex situ* de *P. guajava*, que representan el germoplasma de 16 estados del país. Cinco componentes principales explicaron el 60% de la variabilidad acumulada con solo 15 de las 24 variables consideradas. Las accesiones mostraron gran variabilidad en las características del fruto, lo que revela la amplia base genética del germoplasma de guayabo, la cual puede ser aprovechada en el desarrollo de nuevas variedades que satisfagan las demandas del consumidor de fruta fresca o para la industria.

## AGRADECIMIENTOS

Esta contribución es producto de las actividades de la Red de Guayaba. Agradecemos el apoyo financiero al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y Agricultura (SINAREFI), a través del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la Secretaría de Agricultura, Gandería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y al personal del Sitio Experimental "Los Cañones" del INIFAP por su valiosa ayuda en las actividades de campo de este proyecto.

## LITERATURA CITADA

Andrade C.A., Pinto P.M., Caron V.C., Koga F.A., Kluge R.A., Jacomino A.P. 2009. Influência do processamento mínimo no teor de licopeno de goiabas "Paluma" e "Pedro Sato". In: 17 Simposio Internacional de Iniciação Científica USP, Pirassununga, Sao Pablo. Brasil. pp: 1-4.

Babu K.D., Patel R.K., Yadav D.S. 2007. Comparative evaluation of guava selections under North Eastern region of India. Acta Hort. 735: 99-103.

Borys M.W. y Leszczyńska B.H. 2001. El potencial genético frutícola de la República Mexicana. Fundación Salvador Sánchez Colín. CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, México. 99 p.

Díaz-Infante J., Rodríguez N.N., Velásquez B., Rivero D., Martínez F., Espinosa G., Risterucci A.M., Billotte N., Becker D., Ritter E., Rohde W. 2010. Simple sequence repeats (SSRs) for diversity characterization of guava (*Psidium guajava* L.). Acta Hort. 849: 155-162.



- Dinesh M.R., Iyer, C.P.A. 2005. Significant research achievements in guava – Improvement and future needs. *In: Souvenir 1<sup>st</sup> International Guava Symposium*. Lucknow, India. p. 7-16.
- Fernandes-Santos C.A., Cunha C.J.M., De Franco S.F., Alcántara V.A., Do Ferreira F.R., Gomes P.J., Estigarribia B.R.M., Barbieri R.L. Claret de S. A. de G. and Amorim R.M. 2010. Prospecting and morphological characterization of Brazilian *Psidium* germplasm. *Acta Hort.* 849: 63-68.
- González E., Padilla R.J.S., Reyes M.L., Perales de la C.M.Á. y Esquivel, F. 2002. Guayaba su cultivo en México. México: Libro Técnico No.1. INIFAP-CIRNOC-CEPAB. 182 p.
- Lakshminarayana S., Moreno M.A. 1978. Estudio preliminar para determinar la existencia de las variaciones en guayaba mexicana. *Revista Chapingo*. 10: 37-47.
- López-Santiago J., Nieto-Ángel R., Barrientos-Priego A.F., Rodríguez-Pérez E., Colinas-León M.T., Borys M.W., González-Andrés F. 2008. Selección de variables morfológicas para la caracterización del tejocote (*Crataegus* spp.). *Rev. Chapingo Serie Horticultura*. 14: 97-111.
- Mata B.I., Rodríguez M.A. 1990. Cultivo y producción del guayabo. Editorial Trillas-UAAAN. (reimp. 2000). México. 160 p.
- Mondragón J.C. 2002. Caracterización genética de una colección de nopal (*Opuntia* spp.) de la región centro de México. *Agric. Téc. en Méx.* 28: 14.
- Mondragón J.C., Toriz L.M., Guzmán S.H. 2009. Caracterización de selecciones de guayaba para El Bajío de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México*, 35: 315-322.
- Negi S.S., Rajan S. 2005. Improvement of guava through breeding. *In: Souvenir 1<sup>st</sup> International Guava Symposium*. Lucknow, India. p: 1-6.
- Padilla R.J.S., González G.E., Esquivel V.F., Mercado S.E., Hernández D.S., Mayek P.N. 2002a. Caracterización de germoplasma sobresaliente de guayabo de la región Calvillo-Cañones, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25: 393-399.
- Padilla R.J.S. 2002b. Cosecha y postcosecha. *In: Guayaba. Su cultivo en México*. *In: González G.E., Padilla R.J.S., Reyes M.L., Perales de la C.M.A. y Esquivel V.F. (eds). Libro Técnico No.1. INIFAP-CIRNOC-CEPAB*. pp: 134-144.
- Padilla R.J.S., González G.E., Perales de la C. M.A., Reyes P. H.R., Osuna C.E.S. 2007. Variabilidad del fruto de la guayaba (*Psidium guajava* L.) mexicana. *Publicación Especial No. 31. INIFAP-SAGARPA-SNICS. Campo Experimental Pabellón*. 61 p.
- Padilla R.J.S., González G.E. 2010. Collection and characterization of Mexican guava (*Psidium guajava* L.) germplasm. *Acta Hort.* 849: 49-54.
- Padilla R.J.S., González G.E., Osuna G.J.A., Pérez B.M.H., Sánchez L.R. 2010. Influencia de la temperatura y precipitación sobre los sólidos solubles de la guayaba (*Psidium guajava* L.). *In: Memoria de la V Reunión Nacional de Innovación Agrícola*. Campeche, Cam. 251 p.
- Padilla R.J.S., González G.E. 2011. Relación entre peso y número de semillas con el tamaño de fruto de guayaba. *In: Memoria del XIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas*, A.C. Culiacán, Sin. p. 81.
- Padilla R.J.S., González G.E., Pérez B.M.H., Osuna G.J.A., Espindola B.M.C., Reyes A.J.C. 2012a. Phenological behavior of guava trees (*Psidium guajava* L.) under different climatic conditions of México. *Acta Hort.* 959: 97-102.
- Padilla R.J.S., Cortés P.C. de J., Maldonado S.N.E., Sánchez R.T. 2012b. Comparative analysis for °Brix and ascorbic acid concentration of guava fruits under two fertilization treatments in Zacatecas, México. *Acta Hort.* 959: 111-115.
- Padilla R.J.S., González G.E., Rodríguez M.V.M., Reyes M.L, Osuna C.E.S., Acosta D.E. 2014a. Varianza entre y dentro e índice de repetitividad de características cuantitativas de fruto de guayaba. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5:1423-1432.
- Padilla R.J.S., González G.E., Rodríguez M.V.M., Cortés P.C. de J., Sánchez R.T. 2014b. Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de guayaba. *Folleto Técnico No. 58. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón*. 32 pp.
- Pandey D., Shukla S.K., Yadav R.C., Nagar A.K. 2007. Promising guava (*Psidium guajava* L.) cultivars for North India conditions. *Acta Hort.* 735:91-94.
- Perales de la C.M.A., Silguero J.F. 1995. Caracterización de colectas de guayaba *Psidium guajava* L. de la región Calvillo-Cañones por forma y componentes del fruto. *Agric. Téc. Méx.* 21: 195-203.
- Pérez Ch.V.R. 1970. Selección preliminar de guayabo en la zona de Calvillo, Ags. *In: Memoria del Primer Congreso Nacional de Fruticultura*. Aguascalientes, Ags. Agosto 1970. pp. 606-608.
- Pla L.E. 1986. Análisis multivariado. Método de Componentes Principales. Departamento de producción vegetal. Área de ciencias del agro y mar. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Coro. Falcón, Venezuela. 79 pp.
- Rathore D.S. 1976. Effect of season on the growth and chemical composition of guava (*Psidium guajava* L.) fruits. *J. Hort. Sci.* 51: 41-47.
- Rohlf F.J. 2005. NTSYSpc. Numerical taxonomy and multivariate analysis system (version 2.2). Exeter software Publisher Ptd. Setauket, N.Y. 42 p.
- Sánchez R.T. 2013. Caracterización fisicoquímica y nutricional del germoplasma de guayaba de pulpa rosa. Tesis de Maestría. Facultad de Químico Farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 131 p.
- SIAP-SAGARPA. 2013. Sistema de Información Agropecuario. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consultada 16 de marzo de 2013).
- Sitther V., Zhang D., Harris D.L., Yadav A.K., Zee F.T., Meinhardt L.W., Dhekney. 2014. Genetic characterization of guava (*Psidium guajava* L.) germplasm in the United States using microsatellite markers. *Gent. Resour. Crop Evol.* 61: 829-839.
- Thaipong K., Boonprakob U. 2006. Repeatability, optimal sample size of measurement and phenotypic correlations of quantitative traits in guava. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*. 40: 11-19.

- UPOV 1987. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability: Guava (*Psidium guajava* L.). Geneva, Switzerland. 27 p.
- Valecillos C., Aranguren Y., Fermin G. 2010. Natural resources conservation: Guava and other *Myrtaceae* germplasm *ex situ* conservation in Mérida, Venezuela. Acta Hort. 849: 95-101.
- Waliszewski K.N., Blasco G. 2010. Propiedades nutraceuticas del licopeno. Salud Pública de México. 52: 254-265.
- Zee F.T. 2003. Guava, *Psidium guajava*, one of the fourteen germplasm collections at the USDA/ARS, national plant germplasm program. Hilo, Hawaii. In: Memoria del Primer Simposio Internacional de la Guayaba. Padilla RJS, Reyes ML., González G.E. y Perales de la C.M.A. (eds). Aguascalientes, Ags. pp: 50-53.

