

## Caracterización morfológica y fisicoquímica de frutos de accesiones de guanábanas seleccionadas en Nayarit

Yolanda Nolasco-González<sup>1§</sup>

Luis Martín Hernández-Fuentes<sup>1</sup>

Efigenia Montalvo González<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. Entronque Carretera Internacional México-Nogales km 6, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. CP. 63300. Tel. 55 38718700, ext. 84417. (hernandez.luismartin@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Tepic. Avenida Tecnológico núm. 2595, Lagos del Country, Tepic, Nayarit, México. CP. 63175. Tel. 311 2119400. (efimontalvo@gmail.com).

§Autora para correspondencia: nolasco.yolanda@inifap.gob.mx.

### Resumen

En México existe una variabilidad morfológica y bioquímica del germoplasma de guanábano, debido principalmente a su propagación por semilla. Los últimos años se identificaron en Nayarit accesiones (TR, VCA1, VCA4, VCA5 y VCA10) con características sobresalientes; por lo que, en 2017 se realizó la caracterización morfológica y fisicoquímica de frutos de estas accesiones. La caracterización morfológica se realizó con los descriptores de la guía de pruebas de distinción, homogeneidad y estabilidad de la unión internacional para la protección de las obtenciones vegetales (UPOV) en anonáceas. Los parámetros fisicoquímicos se determinaron por los métodos de la AOAC. Se encontraron diferencias morfológicas en tamaño y forma de frutos, tamaño de espinas, cantidad y tamaño de semillas. En los frutos de TR y VCA4 predominó el mayor tamaño y en los VCA5 menor tamaño. La forma trapezoidal predominó en los TR y la cónica en VCA1 y VCA4. Los frutos TR y VCA10 tuvieron mayor grosor de corteza y menor tamaño de espinas; mientras que los VCA4 tuvieron espinas más grandes. Los frutos TR, VCA4 y VCA10 presentaron mayor número de semillas y el VCA5 menor número; con semillas de mayor tamaño en los TR y de menor en VCA1 y VCA4. No hubo diferencias en rendimiento de pulpa (68.7-72.4%), pero resultó directamente proporcional al tamaño de fruto ( $r = 0.532$ ) con  $p < 0.001$ . En las características fisicoquímicas los frutos TR a madurez de consumo tuvieron mayor intensidad del verde de cáscara, mayor firmeza, contenido de sólidos solubles (SST) y relación °Brix/acidez.

**Palabras clave:** *Annona muricata* L., firmeza, rendimiento pulpa, semillas, sólidos solubles, tamaño.

Recibido: mayo de 2019

Aceptado: agosto de 2019

## Introducción

La guanábana (*Annona muricata* L.) es una especie originaria de América central, con gran potencial y en constante crecimiento tanto en las regiones del Caribe como en el cinturón ecuatorial de las Américas (Pinto *et al.*, 2005). En México la superficie establecida reportada de este cultivo en 2017 es de 3 527 43 ha, con una producción de 28 853 66 t, siendo los principales estados productores Nayarit, Colima, Veracruz, Michoacán y Guerrero.

La mayor superficie y producción de guanábana se dan en el estado de Nayarit con 2 529 94 ha y 21 810 86 t respectivamente (SIAP, 2018), donde los últimos cinco años se ha incrementado hasta 28% la superficie del cultivo, ya que representa una importante alternativa de cultivo para los productores de la costa, tanto por su valor en el mercado para consumo en fresco como el potencial en la industria, así como la demanda que ha surgido por sus propiedades nutraceuticas y medicinales.

Actualmente no existe descripción botánica referente a variedades de guanábana, pero generalmente los agricultores realizan selecciones de los mejores árboles de acuerdo a la calidad de la fruta por tamaño y grosor de cáscara, tal como lo realizan en Chile y España (Cerdas *et al.*, 2007). En Puerto Rico la selección individual de árboles por rendimiento e interés en la industria los clasifican por el sabor de pulpa (dulce y ácida), la forma del fruto y la consistencia de la pulpa (Evangelista *et al.*, 2003).

En México la variabilidad morfológica y bioquímica en el germoplasma regional es notable entre y dentro de huertas productoras, y se debe fundamentalmente a que el guanábano se propaga, a través de semillas (Evangelista *et al.*, 2003). Esta propagación por semilla proveniente de frutos de polinización natural (entomófila y aerófila) ha dado origen a muchos materiales de guanábana, lo que no permite la homogenización de las huertas, teniendo así un desarrollo heterogéneo en cuanto a floración, producción y susceptibilidad a plagas y enfermedades se refiere.

En los últimos años en las zonas productoras de Nayarit se han identificado materiales con características sobresalientes como la productividad, peso de frutos  $\approx$  3.2 kg, contenido de pulpa, fibra, jugo y tolerancia a plagas y enfermedades; no obstante, la falta de variedades mejoradas y sistemas de producción tecnificados ha propiciado un cultivo de guanábana subaprovechado (Hernández *et al.*, 2017). En esta investigación los frutos de las accesiones sobresalientes se caracterizaron morfológica y fisicoquímicamente para determinar las características predominantes que permitirán a los productores establecer mejores materiales de guanábano con calidad de frutos y de acuerdo con sus necesidades de mercado.

## Materiales y métodos

### Localización de las áreas de estudio

La colecta de frutos se realizó en dos zonas del estado de Nayarit. La primera zona se identificó en el municipio de Compostela a 824 msnm, 21° 18' 42'' latitud norte y 104° 54' 26'' longitud oeste donde se obtuvo la accesión identificada como TR. La segunda zona identificada en el municipio de Venustiano Carranza a 933 msnm, 21° 32' 02.2'' latitud norte y 104° 58' 40.6'' longitud oeste

donde se obtuvieron las accesiones VCA1, VCA4, VCA5 Y VCA10. El análisis de caracterización se realizó en el laboratorio de Postcosecha e Inocuidad del Campo Experimental Santiago Ixcuintla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de Nayarit.

### Material vegetativo

Cada accesión estuvo representada por números variables de árboles (2-4) donde se obtuvieron los frutos a caracterizar. Se hizo la colecta de frutos de cada accesión durante el periodo productivo (marzo-noviembre, 2017), en estado de madurez fisiológica con el criterio de color de cáscara verde claro, pulpa firme y espinas separadas (Castillo-Animas *et al.*, 2005), libre de daños físicos y enfermedades. Para eliminar la suciedad de campo y disminuir el desarrollo de enfermedades postcosecha, los frutos fueron lavados con una solución de cloro (200 mg L<sup>-1</sup>) y sumergidos en fungicida (Benlate al 0.05%), posteriormente se mantuvieron en condiciones ambientales (25 ± 2°C, 70 ±10% HR) hasta madurez de consumo. Para la caracterización morfológica y fisicoquímica se obtuvieron 10 frutos de cada accesión.

### Características morfológicas

La caracterización morfológica se realizó en base a descriptores (cualitativos, cuantitativos y pseudocualitativos) de la guía de conducción de pruebas de distinción, homogeneidad y estabilidad de la unión internacional para la protección de las obtenciones vegetales (UPOV, 2003) de cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) debido a que pertenecen a la misma familia y género botánico que la guanábana (*Annona muricata* L.) y por la inexistencia de guía en guanábana. Fueron sólo 23 caracteres de la UPOV (Cuadro 1) observados en frutos obtenidos en madurez de cosecha.

Al momento de cosecha se determinó la caracterización de algunas variables físicas externas como el tamaño de frutos en peso y longitud, color y brillo de epidermis, forma del fruto, tipo de segmentación y protuberancias en la superficie. En madurez de consumo se determinaron las características internas del fruto, como el diámetro transversal del fruto, grosor de corteza, color de pulpa, textura de la pulpa, cantidad de fibra, cantidad de lóculo óseo, succulencia de la pulpa, contenido de sólidos solubles, acidez, aroma, número de semillas, forma de semilla, longitud y anchura de semilla, adherencia de la semilla a la pulpa.

**Cuadro 1. Características morfológicas evaluadas en frutos de accesiones de guanábana en Nayarit.**

Descriptor	Tipo (carácter)
Longitud	QN (corto, medio, largo)
Diámetro en sección transversal	QN (pequeño, medio, grande)
Forma fruto en vista lateral	PQ (circular, codiforme, cónico, cónico ancho, trapezoidal)
Brillo de la epidermis	QL (ausente, presente)
Color de la epidermis	PQ (verde amarillento pálido, verde pálido, verde grisáceo)
Grosor de la corteza (mm)	QN (delgado, media, gruesa)
Segmentación de la superficie	QL (ausente, presente)
Protuberancias en la superficie	QL (ausentes, pequeñas, medianas, grandes)

Descriptor	Tipo (carácter)
Color de la pulpa	PQ (blanco, crema)
Textura de la pulpa	QN (blanda, media, firme)
Cantidad de fibra	QN (poca, media, mucha)
Cantidad de lóculo óseo	QN (pequeña, media, alta)
Suculencia de la pulpa	QN (baja, media, alta)
Contenido de sólidos solubles	QN (bajo, medio, alto)
Acidez	QN (baja, media, alta)
Aroma	QL (débil, medio, alto)
Número de semillas	QN (bajo, medio, alto)
Longitud de semilla	QN (corta, media, larga)
Anchura de semilla	QN (estrecha, media, ancha)
Relación longitud/anchura semilla	QN (pequeña, media, grande)
Forma de semilla	QN (estrecha, media, ancha)
Brillo de semilla	QL (ausente, presente)
Adherencia de la semilla a la pulpa	QL (débil, media, fuerte)

Tipo de carácter: QN= cuantitativo; QL= cualitativo; PQ= pseudocualitativo.

### Características fisicoquímicas

A los frutos colectados se les determinó en madurez de consumo: color de cáscara y de pulpa, la firmeza del fruto con cáscara y sin cáscara (pulpa), contenido de sólidos solubles totales (SST), la acidez titulable (ATT), relación de SST/ATT de cada una de las accesiones.

### Descripción de los análisis fisicoquímicos y de rendimiento del fruto

El tamaño de los frutos (longitud y diámetro) se determinó con un vernier digital y una cinta métrica. El número de semillas se realizó por conteo manual. El peso de los frutos, semillas, pulpa y cáscara se realizó con una báscula digital Ohaus con capacidad de 6 000 g y precisión de 0.01 g. El peso de pulpa, semilla y cáscara se expresa en porcentaje respecto al peso total del fruto. La firmeza en Newtons (N) se determinó con un penetrómetro (Chantillón DFE-050, Ametek Instruments, Largo, FL.) de puntal cilíndrico de 10 mm de diámetro en tres partes del fruto (superior, media e inferior) con cáscara y sin cáscara (pulpa).

El color en cáscara se midió con un colorímetro Minolta CR-400 con iluminación estándar C, utilizando el espacio de color CIE  $L^*a^*b^*$  con lecturas en la parte superior, media e inferior del fruto. Para el color en pulpa se utilizó las coordenadas  $L^*C^*h$ . Se determinaron los sólidos solubles totales (°Brix) con un refractómetro digital Atago con corrección de temperatura, donde se colocó una gota del jugo del fruto (AOAC, 1998). La acidez titulable se realizó con un titulador semiautomático Dosimat Plus con solución de NaOH 0.1 N y fenolftaleína como indicador (AOAC, 1998), los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico.

Para el rendimiento del fruto, se pesó y realizó la separación de la cáscara, pulpa, lóbulo central y semillas, obteniendo el porcentaje de cada parte del fruto con respecto al peso del fruto. A la pulpa sin semillas se le extrajo el jugo y separó la fibra con un extractor de jugo y se determinó el porcentaje respecto al peso de la pulpa.

### Análisis estadístico

Este es un estudio descriptivo y comparativo entre las características de las accesiones evaluadas. Se analizaron los frutos recolectados de cada accesión de forma independiente como unidad de estudio. En las características cuantitativas, se realizó un análisis descriptivo para determinar el promedio, la desviación estándar, coeficiente de variación y los valores máximos y mínimos por accesiones de frutos. Para los descriptores cualitativos y pseudocualitativos se obtuvo la distribución de frecuencias en porcentaje sobre el total de la muestra (población).

También la información de las características evaluadas en los frutos de las accesiones se sometió a un análisis de varianza de un solo factor para determinar si las medias de las accesiones difieren, utilizando la comparación de Tukey con nivel de significancia  $p \leq 0.05$ . Para el análisis de datos se utilizó el software estadístico Minitab® versión 17.

## Resultados y discusión

### Descriptores morfológicos cualitativos y cuantitativos

Los descriptores cualitativos y pseudocualitativos de la UPOV caracterizados en los frutos de las accesiones se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Frecuencia en porcentaje de las características morfológicas cualitativas y pseudocualitativas en las accesiones de guanábana.**

Descriptor	Carácter	TR	VCA1	VCA4	VCA5	VCA10
Color epidermis	Verde pálido	57	0	15	14	40
	Verde amarillento pálido	29	75	54	57	0
	Verde grisáceo	14	25	31	29	60
Brillo de epidermis	Presente	0	0	0	0	0
	Ausente	100	100	100	100	100
Forma de fruto	Cónico	29	75	85	57	40
	Trapezoidal	71	0	15	43	40
	Cordiforme	0	25	0	0	20
Segmentación superficie	Reticulada	100	100	100	100	100
	Segmentos solapados	0	0	0	0	0
Protuberancias en superficie	Muy pequeñas	0	0	0	86	40
	Pequeñas	71	25	0	14	60
	Medianas	29	75	15	0	0
	Grandes	0	0	85	0	0

Descriptor	Carácter	TR	VCA1	VCA4	VCA5	VCA10
Color de pulpa	Blanca	0	25	8	29	20
	Crema	100	75	92	71	80
Aroma	Medio	86	50	54	43	100
	Fuerte	14	50	46	57	0
Brillo de semillas	Ausente	0	0	0	0	0
	Presente	100	100	100	100	100
Adherencia de semilla a la pulpa	Débil	0	25	8	0	0
	Mediana	86	75	84	100	60
	Fuerte	14	0	8	0	40

Los frutos de las accesiones evaluadas a madurez tuvieron un color verde claro con disminución en el brillo de la epidermis, volviéndose un color mate. El 57% de los frutos de la accesión TR presentaron un color verde pálido y en las accesiones VCA1, VCA4 y VCA5 el color predominante en mayor porcentaje fue el verde pálido amarillento, mientras que en los VCA10 fue el verde grisáceo en 60%.

Los frutos durante su desarrollo tienen un color de epidermis verde oscuro brillante y a madurez de cosecha se vuelve mate (Worrel *et al.*, 1994). Cabe mencionar, que los frutos que adquieren el desarrollo suficiente para cosecha y llegan a madurez de consumo, pierden el color verde oscuro volviéndose un verde claro en todo el fruto, pero el brillo puede aún estar presente, así como la firmeza.

De los frutos cosechados más 60% tuvieron ausencia de brillo en la epidermis al momento de cosecha y el resto con presencia de brillo maduraron adecuadamente. Estas características de cambio de color y pérdida de brillo en la cáscara de los frutos de guanábana cuando están aptos para su cosecha lo mencionan Castro *et al.* (2008) debido a que las anonáceas exhiben cambios metabólicos importantes, manifestados como variaciones en el color y brillo, así como disminución del color verde como resultado de la degradación de la clorofila.

Las accesiones evaluadas presentaron diferentes formas de fruto. Los frutos TR presentaron forma trapezoidal en 71% y el resto cónico, mientras que en las accesiones VCA1 y VCA4 la forma predominante fue cónica y para VCA5 y VCA10 se presentaron tanto forma cónica como trapezoidal en un porcentaje similar. La guanábana se describe como una fruta de forma ovalada-acorazonada de acuerdo a Lawrence (2007), en algunas frutas presenta forma irregular, asimétrica curvada debido a su desarrollo inapropiado del carpelo o vacíos producidos por insectos.

Todas las accesiones presentaron frutos con segmentación de superficie reticulada definida, pero con diferencias en el tamaño de las protuberancias (espinas flexibles y ligeramente curvadas presentadas en el centro de cada segmento reticulado). El tamaño de las espinas distinguió externamente a los frutos de una accesión y de otra. Los frutos de TR y VCA10 presentaron espinas pequeñas en 71 y 60% respectivamente, en los VCA5 predominaron las espinas muy pequeñas (86%), en los VCA1 las espinas fueron medianas (75%) y en los VCA4 las espinas fueron más grandes (85%) con una forma alargada, más curvada y carnosa.

Tal como lo describe Schultes y Raffauf (1990) a los frutos de guanábana con una cubierta reticulada, con apariencia de piel suave, con muchas protuberancias que sobresalen poco o están achaparradas y con espinas flexibles alargadas y ligeramente curvadas.

Según Lawrence (2007) la aromática pulpa de la guanábana de textura similar a la del algodón es blanca, cremosa, jugosa y suave. En las accesiones caracterizadas el color de pulpa predominante fue crema, muy pocos frutos presentaron pulpa blanca. El aroma que presentaron los frutos fue el característico del fruto; sin embargo, en los frutos de las accesiones TR y VCA10 la intensidad fue media y las otras accesiones presentaron tanto frutos con aroma fuerte como medio. Las semillas presentaron brillo y su adhesión a la pulpa fue mediana en la mayoría de los frutos de las accesiones caracterizadas, lo cual indica una maduración uniforme en todos los frutos.

En los descriptores cuantitativos que involucran el tamaño de fruto se muestran otras características que identifican a las accesiones evaluadas (Cuadro 3 y Figura 1).

**Cuadro 3. Características descriptivas cuantitativas del tamaño de frutos de las accesiones de guanábana.**

Accesión	TR	VCA1	VCA4	VCA5	VCA10
Peso del fruto (g)					
Media	1 828 a <sup>z</sup>	1 135 a	1 933 a	720.4 a	1 252 a
Mínimo	901	482	304	429.1	825
Máximo	3 808	2 126	5 200	1 078.1	1 906
CV	47.2	57.19	74.12	28.14	36.36
Longitud de fruto (cm)					
Media	20.29 a	19.03 a	21.82 a	14.91 a	16.72 a
Mínimo	16.5	13.9	11.9	11.6	14.2
Máximo	26.6	26.8	33.2	17.2	19.8
CV	17.34	27.07	14.64	33.63	12.37
Diámetro de fruto (mm)					
Media	117.96 a	93.07 ab	109.04 ab	86.34 b	111.42 ab
Mínimo	92.16	74	67.2	68.33	98.5
Máximo	154.28	116.4	144.51	97.84	131.81
CV	16.23	17.4	21.6	15.79	11.39
Grosor de corteza (mm)					
Media	2.24 a	0.92 b	1.31 b	0.94 b	2 a
Mínimo	2.02	0.49	1.02	0.52	1.35
Máximo	2.59	1.23	1.6	1.43	3.24
CV	9.45	29.69	12.26	34.92	38.27
CV	58.92	119.98	82.62	75.94	59.08

<sup>z</sup>= Medias con distintas letras, son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).



**Figura 1. Frutos de las accesiones de guanábana: tamaño, forma, color y espinas.**

En todas las accesiones se encontraron frutos grandes y pequeños, sin diferencias estadísticas en su peso y longitud promedio; sin embargo, la accesión VCA5 presentó los frutos con menor tamaño por su peso y longitud, lo que se refleja en su coeficiente de variación (28.14) con menor dispersión en los pesos, mientras que los de VCA4 y TR presentaron mayor número de frutos grandes, con pesos superiores a los 1 500 g en 50 y 44.4% respectivamente. Mientras que los VCA5, 71.4% de los frutos tuvieron entre 500 y 1 000 g, sin frutos con peso superior a los 1 500 g.

Los VCA1 y VCA10 tuvieron pesos superiores a 1 500 g en 33 y 40% respectivamente, pero sin frutos con pesos arriba de los 2 000 g. Se menciona que el peso promedio de la guanábana en México, Nicaragua y Venezuela tiene rangos entre 0.4 y 1 kg (Pinto *et al.*, 2005; Coria-Télez *et al.*, 2018). Ávila *et al.* (2012) reportó peso mínimo de 547 g y máximo 1 249 g. Respecto al diámetro de los frutos tuvieron diferencias significativas, donde VCA5 presentó frutos con menor diámetro (86.34 mm) y TR de mayor diámetro (117.9 mm) por predominar la forma trapezoidal en los frutos, pero fueron mayores a los reportados por Ávila *et al.* (2012) por ser de mayor tamaño.

En grosor de corteza o cáscara hubo diferencias significativas, los frutos TR y VCA10 presentaron mayor grosor (2 y 2.2 mm, respectivamente), lo que indicaría mayor resistencia a la penetración de plagas y enfermedades, así como al manejo postcosecha, mientras que las otras accesiones su corteza fue más delgada.

La cantidad de semillas promedio en los frutos fue de 41 a 111, sin mostrar diferencias significativas al igual que en los pesos de los frutos; sin embargo, los altos CV resultaron por la dispersión de los valores al tener tanto frutos grandes como pequeños (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Características descriptivas cuantitativas de las semillas de las accesiones de guanábana.**

Accesión	TR	VCA1	VCA4	VCA5	VCA10
		Número de semillas			
Media	102.8 a <sup>z</sup>	88.3 a	103.6 a	40.6 a	110.8 a
Mínimo	28	13	17	12	52
Máximo	218	288	316	86	223
CV	58.92	119.98	82.62	75.94	59.08

Accesión	TR	VCA1	VCA4	VCA5	VCA10
Peso de semillas (g)					
Media	67.9 a	47.2 a	66.7 a	25.31 a	75.9 a
Mínimo	24	7.8	6.4	7.52	38.9
Máximo	121.4	161.1	188.4	61.72	153.6
CV	55.55	125.73	84.62	80.59	60
Longitud de semillas (mm)					
Media	16.77 a	12.16 b	12.2 b	14.11 ab	13.48 b
Mínimo	13.16	10.8	9.3	13	10.12
Máximo	21.16	13.75	16.18	15.55	15.39
CV	14.59	9.77	15.7	6.68	15.14
Ancho de semillas (mm)					
Media	12.27 a	11.16 a	10.98 a	11.68 a	11.08 a
Mínimo	10.21	10.1	8.3	10.36	10.74
Máximo	14.93	12.2	13.1	12.48	11.4
CV	11.95	6	10.76	6.93	2.77
Grosor de semillas (mm)					
Media	6.31a	5.29 b	5.68 ab	5.74 ab	5.59 ab
Mínimo	5.02	4.5	3.82	5.03	5.07
Máximo	7.77	5.9	6.3	6.35	6.04
CV	14.26	11.81	10.96	7.77	6.67
Relación longitud/ancho semilla					
Media	1.37 a	1.09 b	1.12 b	1.21 ab	1.22 ab
Mínimo	1.2033	0.9558	0.8319	1.0915	0.9396
Máximo	1.7039	1.2443	1.4408	1.4073	1.433
CV	11.25	8.86	15.94	9.3	15.05

<sup>z</sup>= medias con distintas letras, son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Lawrence (2007) menciona que la guanábana puede tener hasta 200 semillas y Pinto *et al.* (2005) que dependiendo del tamaño del fruto puede contener entre 127 y 170 semillas; por otro lado, Ávila *et al.* (2012) reportaron un mínimo de 51 y máximo de 145 semillas y Okoro y Osunde (2013) un promedio de 81 semillas por fruto. La guanábana se considera un fruto múltiple, una baya producto de múltiples ovarios (Méndez, 2003) por lo que, si se considera que cada semilla esté cubierta por un saco pulposo, se esperaría que los frutos grandes tuvieran mayor número de semillas y viceversa.

Por lo tanto, los frutos TR, VCA4 y VCA10 tuvieron el mayor número de semillas y los VCA5 el menor número de semillas. La correlación del peso de fruto respecto al número de semillas fue directamente proporcional con  $r = 0.814$  y altamente significativa ( $p = 0.00$ ); por lo que, a mayor tamaño del fruto, mayor número de semillas y asimismo para el peso total de las semillas ( $r = 0.861$ ). El peso de semilla varía entre 0.54 y 0.69 g, sin diferencias entre accesiones. Se menciona que las semillas de guanábana son negras con pesos entre 0.33 y 0.59 g y longitud de 1 a 2 cm, con una coloración café-oscuro (Pinto *et al.*, 2005; Lawrence, 2007; Coria-Téllez *et al.*, 2018).

En la longitud y grosor de semilla hubo diferencias, pero no en anchura (10.98 -12.27 mm). Los frutos de TR tuvieron semillas grandes con 16.77 mm de longitud, 12.27 de ancho y 6.31 mm de grosor, lo que se refleja en el alto coeficiente de relación de longitud y ancho de semilla de 1.37. Las semillas que siguen en tamaño fueron VCA5 y VCA10 y las de menor tamaño fueron VCA1 y VCA4 (Cuadro 4 y Figura 2).



**Figura 2. Semillas de los frutos de las accesiones de guanábana.**

El estudio de Davies *et al.*, 2014 en semillas reporta promedios de longitud, anchura y grosor de  $13.25 \pm 0.65$  mm,  $8.97 \pm 0.87$  mm y  $5.63 \pm 0.12$  mm, respectivamente. Okoro y Osunde (2013) mencionan que las semillas tienen forma ovalada, con un color café oscuro brillante cuando recién se retiran, pero gradualmente se tornan cafés, hasta que adquieren un color café claro.

### **Rendimiento de los frutos**

En los frutos de las accesiones evaluadas no se encontraron diferencias significativas en el contenido de pulpa, con promedios de 68.65 a 72.42%, un mínimo de 46.8 y un máximo de 80.6%. Márquez *et al.* (2012) reportaron porcentajes de 60%, por debajo de los obtenidos, Camacho (1995) de 74% y Ávila *et al.* (2012) entre 62 y 82% cercanos a los encontrados. Machado *et al.* (1998) menciona que el porcentaje de pulpa y el peso del fruto son inversamente proporcionales al número de semillas; es decir, a mayor número de semillas menor proporción de pulpa; sin embargo, en este estudio el peso del fruto es directamente proporcional al número de semillas ( $r= 0.814$ ) y al porcentaje de pulpa ( $r= 0.532$ ) con  $p < 0.001$ , lo que indicaría que a mayor peso del fruto mayor es el número de semillas y el porcentaje de pulpa, lo cual se observa para TR, VCA4 y VCA10.

Las semillas representan un porcentaje bajo, entre 3.3 a 6.5%, con diferencias significativas entre accesiones. Los frutos VCA10 tuvieron mayor porcentaje (6.48%) por tener mayor número de semillas y peso, mientras que los TR y VCA4 menor porcentaje (3.57 y 3.29% respectivamente). Por otro lado, la cáscara representó más del doble de las semillas, entre 14 y 19.9%, sin diferencias significativas entre accesiones. Ojeda *et al.* (2007) reportaron porcentajes de corteza entre 18.5 y 20% y Márquez *et al.* (2012) un 22% de cáscara y 5.4% de semillas, estos valores no difieren tanto de los encontrados, mientras que Ávila *et al.* (2012) reportaron de 12 a 36% de cáscara y de 2 a 12% de semillas.

Referente al contenido de fibra en la pulpa, si hubo diferencias entre las accesiones, los frutos VCA10 tuvieron mayor contenido (43.13%) sin diferencias con las otras accesiones VCA, pero si con respecto a TR, que tuvo el menor contenido de fibra (25.93 %). Tanto en porcentaje de semillas y de fibra los frutos TR tuvieron el contenido más bajo, mientras que para el VCA10 que fue el porcentaje más alto, esto es porque cada una de las semillas está rodeada por un saco fibroso y pulposo y que entre más semillas se consideraría un mayor contenido de fibra y viceversa.

El jugo que se obtuvo en el proceso de extracción a partir de la pulpa con eliminación de fibra no presentó diferencias significativas, el contenido vario entre 51 y 57% del total de la pulpa y se considera que en el proceso de extracción se tuvieron mermas que se ven reflejados en estos valores (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Rendimiento de los frutos de las accesiones de guanábana.**

Accesión	TR	VCA1	VCA4	VCA5	VCA10
(%) pulpa					
Media	72.23 a <sup>z</sup>	68.58 a	71.15 a	68.85 a	72.42 a
Mínimo	65.87	58.96	46.76	63.75	67.65
Máximo	79.55	77.89	80.56	75.08	80.31
CV	7.97	10.44	13.22	5.21	6.61
(%) cáscara					
Media	14.08 a	19.92 a	17.75 a	19.87 a	14.77 a
Mínimo	17.53	28.29	28.2	29.44	19.05
Máximo	8.33	13.29	17.67	15.77	8.79
CV	20.48	24.58	32.32	27.54	21.68
(%) semillas					
Media	3.57 b	3.70 ab	3.29 b	3.78 ab	6.48 a
Mínimo	2.01	0.93	2.11	1.48	4.91
Máximo	5.25	7.68	4.54	8.65	9.34
CV	28.71	7.07	21.25	66.92	29.8
(%) fibra					
Media	25.93 b	39.28 a	38.16 a	38.47 ab	43.13 a
Mínimo	18.68	27.64	30.28	30.86	40.76
Máximo	33.37	54.68	53.18	42.63	45.01
CV	23.71	32.84	20.05	11.67	4.08
(%) jugo					
Media	52.64 a	57.06 a	56.19 a	55.46 a	51.07 a
Mínimo	44	45.03	35.66	49.61	46.32
Máximo	75.33	65.85	68.92	60.54	58.51
CV	20.31	16.98	19.81	7.56	9.18

<sup>z</sup>= medias con distintas letras, son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

## Características fisicoquímicas de los frutos

En las características fisicoquímicas los frutos de las accesiones presentaron diferencias en algunas de las variables evaluadas (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Características fisicoquímicas de los frutos de las accesiones a madurez de consumo.**

Accesión	TR	VCA1	VCA4	VCA5	VCA10
Color de cáscara (a*)					
Media	-6.85 b <sup>z</sup>	-3.93 ab	-3.85 a	-4.80 ab	-5.63 ab
Mínimo	-8.667	-6.503	-7.487	-6.547	-7.537
Máximo	-5.527	-0.08	1.187	-3.5	-3.843
CV	-18.05	-54.49	-70.89	-27.22	-25.45
Color de pulpa (°Hue)					
Media	96.89 a	92.38 a	96.5 a	95.95 a	95.46 a
Mínimo	92.46	79.59	79.34	84.85	93.73
Máximo	102.69	98.35	102.08	99.28	97.26
CV	3.43	9.42	6.16	5.2	1.71
Firmeza con cáscara (N)					
Media	42.98 a	25.09 a	27.44 a	27.68 a	32.02 a
Mínimo	15.03	15.97	11.23	3.57	14.87
Máximo	67.87	36.33	92.43	44.43	46.9
CV	52.27	35.23	81.1	56.18	36.73
Firmeza en pulpa (N)					
Media	11.54 a	8.45 a	10.69 a	7 a	9.52 a
Mínimo	7.4	5	4	2	4.5
Máximo	19.5	12.9	41.5	11.7	13.9
CV	34.08	37.41	93.15	48.8	37.64
Sólidos solubles (°Brix)					
Media	17.66 a	12.96 b	12.88 b	11.32 b	12.32 b
Mínimo	14.3	9.4	10.1	10.8	10.8
Máximo	22.8	16.1	16.4	12.2	14.2
CV	15.1	20.63	13.08	4.27	11
Acidez titulable (% ac. cítrico)					
Media	0.68 a	0.86 a	0.71 a	0.71 a	0.59 a
Mínimo	0.42	0.51	0.42	0.57	0.48
Máximo	0.96	1.06	1.34	0.88	0.68
CV	25.93	27.38	35.29	17.57	13.84
Relación °Brix/acidez					
Media	27.81 a	17.06 ab	19.68 ab	16.49 b	21.09 ab
Mínimo	14.96	8.84	10.82	12.53	16.48
Máximo	43.36	31.71	29.88	21.37	25.73
CV	33.82	53.1	30.57	19.42	17.37

<sup>z</sup>= medias con distintas letras, son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

En color de cáscara ( $a^*$ ) la accesión TR a madurez de consumo tuvo mayor intensidad en el color verde ( $a^* = -6.85$ ), presentando un verde claro mate, mientras que el resto presentaron un color verde menos intenso ( $a^* = -3.85$  a  $-4.8$ ), lo que indica mayor degradación de la clorofila y desarrollo de un color verde-amarillo, tal como menciona Castro *et al.* (2008) que las anonáceas durante el proceso de maduración manifiestan variaciones en color y brillo, así como disminución del ángulo del color verde, la coloración de la cáscara se transforma de verde oscuro a un verde amarillento ligero indicando que la clorofila ha perdido los carotenoides los cuales son los principales contribuidores a la coloración de la cáscara (Badrie y Schauss, 2010).

La luminosidad  $L^*$  tuvo valores entre 31 y 45, donde TR tuvo los valores más altos (43 y 45) mientras que los VCA tuvieron valores menores indicando menor luz en el color verde. En guanábanas evaluadas en madurez de consumo hasta senescencia (6, 7, 8 y 9 días después de cosecha) alcanzaron valores de  $a^* = -4$ ,  $-2.2$ ,  $0.2$  y  $2$  respectivamente y la luminosidad ( $L^*$ ) disminuyó intensamente en esos días, así como la coordenada  $b^*$  asociada con la clorofila a que confiere una tonalidad con menor claridad (Márquez *et al.*, 2012).

La pulpa de la guanábana la describen como jugosa y de color blanco (Coria-Téllez *et al.*, 2018); sin embargo, la intensidad del color blanco puede variar, ya que los frutos de las accesiones evaluadas tuvieron valores de  $92.38$  a  $96.89^\circ$  Hue, que indica un color blanco cremoso, esto también se debe a una disminución del brillo de la pulpa a lo largo de la maduración del fruto (Márquez *et al.*, 2012).

En la firmeza del fruto con cáscara, los TR presentaron mayor firmeza (42.98 N) y las otras accesiones tuvieron menor firmeza, entre 25 y 32 N, lo que indicaría un estado de madurez más avanzado; sin embargo, la firmeza del fruto sin cáscara, prácticamente firmeza de la pulpa, indican que no hubo diferencias significativas en el grado de madurez del fruto (7 a 11.5 N), sino más bien que el grosor de la cáscara o corteza del fruto tienen mayor oposición a la penetración y por lo tanto mayor resistencia durante su manejo postcosecha. Márquez *et al.* (2012) reportó a cosecha una firmeza de 79.43 N y de 3.62 N después de 9 días.

Los cambios asociados con el ablandamiento de la guanábana durante su maduración, implica la disminución en contenido de almidón y pectina total debido a la alta actividad enzimática de la amilasa y la poligalacturonasa respectivamente (Lima *et al.*, 2006). La alta actividad enzimática de la  $\alpha$  y  $\beta$  amilasa está relacionado con la hidrólisis de los carbohidratos de alto peso molecular a compuestos simples como disacáridos y monosacáridos (sacarosa, glucosa y fructosa) [Kader, 2002], es lo que incrementa los sólidos solubles totales durante la maduración, algunos estudios mencionan valores máximos de  $12.8^\circ$  Brix (Márquez *et al.*, 2012) y de  $16^\circ$  Brix (Badrie y Schauss, 2010), otros de 13 a  $24^\circ$  Brix (Ávila *et al.*, 2012) y los estándares Colombianos (ICONTEC, 2003) establecen un mínimo de  $13.5^\circ$  Brix.

Los frutos TR presentaron el mayor contenido de sólidos solubles totales  $17.66^\circ$  Brix, los cuales coinciden con los reportados por Ojeda *et al.* (2007) entre 14 y  $17^\circ$  Brix, mientras que las accesiones VCA, no presentaron diferencias significativas entre sí, con valores entre  $11.3$  y  $12.9^\circ$  Brix. En acidez titulable las accesiones no tuvieron diferencias significativas, con valores entre 0.59 a 0.86% de ácido málico.

En la relación de °Brix/acidez, la cual indica el sabor y dulzor del fruto, los TR presentaron mayor dulzor en los frutos TR (27.81°Brix) con una acidez (0.68% ácido málico) que proporciona el balance entre dulce y ácido propio del fruto; sin embargo, los VCA por su menor contenido de sólidos solubles proporciona un sabor más acidulado al fruto, así presentan una placentera mezcla de dulzor y acidez media que caracteriza a las guanábanas (Pinto *et al.*, 2005). Márquez *et al.* (2012) reportó valores máximos acidez de 0.74% como ácido málico en el día 6 postcosecha y Ávila *et al.* (2012) entre 0.67 y 1.04%, los cuales son muy similares a los determinados en las accesiones evaluadas.

## Conclusiones

Los frutos de las accesiones evaluadas mostraron diferencias morfológicas en descriptores cualitativos como cuantitativos, como el tamaño y forma de frutos, color de cáscara a madurez, tamaño de espinas, cantidad y tamaño de semillas. En las características fisicoquímicas los frutos presentaron diferencias significativas en el color de cáscara a madurez de consumo, en firmeza de cáscara, en desarrollo de SST y relación °Brix/acidez. Las diferencias encontradas entre accesiones muestran que de acuerdo con sus características el productor puede determinar que material vegetativo escoger de acuerdo con sus necesidades de mercado.

## Literatura citada

- Ávila, de H. R.; Pérez, de C. M.; Jiménez, A. y Hernández, C. E. 2012. La guanábana: una materia prima saludable para la industria de alimentos y bebidas. Rev. Digital de Investigación y Postgrado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica ‘Antonio José de Sucre’. Vicerrectorado Barquisimeto. 2(2):134-142.
- Badrie, N. and Schauss, A. 2010. Soursop (*Annona muricata* L.): composition, nutritional value, medicinal uses, and toxicology. *In*: Watson, R. R.; Preeedy, V. R. (Eds.). Bioactive food in promoting health: fruits and vegetables. Elsevier Inc. Oxford. 621-643 pp.
- Camacho Olarte, G. 1995. Obtención y conservación de pulpas. *In*: Conferencia de Ciencia y Tecnología de Vegetales. Universidad Nacional de Colombia Bogotá. 25 p.
- Castillo-Ánimas, D.; Varela, H. G.; Pérez, S. B. R. y Pelayo, Z. C. 2005. Daños por frío en guanábana. Índice de corte y tratamientos postcosecha. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 11(1):51-57.
- Castro, B. M.; Jerz, G.; Winterhalter, P. y Restrepo, P. 2008. Degradación de la clorofila en la corteza del baby banano (*Musa acuminata*) durante diferentes estados de maduración. *In*: Memorias. Red-Alfa Labrothech Comunidad Europea, Cartagena, Colombia. 202 p.
- Cerdas, M.; Umaña, G. y Castro, J. 2007. Manual de manejo poscosecha de anona (*Annona cherimola* Mill.). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 16 p.
- Coria-Téllez, A. V.; Montalvo-González, E.; Yahia, E. M. and Obledo-Vázquez, E. N. 2018. *Annona muricata*; A comprehensive review on its medicinal uses, phytochemicals, pharmacological activities, mechanisms of action and toxicity. Arabian J. Chem. 11(5):662-691.
- 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(1):69-79.

- Hernández, F. L. M.; Nolasco, G. Y. y Cruz, G. E. J. 2017. Selección y caracterización de guanábana y recomendaciones para su manejo agronómico. Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit. México. Folleto técnico núm. 34. 57 p.
- Kader, A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. Agriculture and Natural Resources. Third edition. University of California, Davis, CA. 535 p.
- Lawrence, J. 2007. Postharvest handling of soursop. Tropical Fruits Newsletter. 49. IICA. [www.iica.org/TropicalFruits\\_49postharvestsoursop.pdf](http://www.iica.org/TropicalFruits_49postharvestsoursop.pdf). 16-17 pp.
- Lima, M. A. C. D.; Alves, R. E. and Filgueiras, H. A. C. 2006. Changes related to softening of soursop during postharvest maturation. Pesqui. Agropecu. Bras. 41(12):1007-1713.
- Machado, C.; Martínez, R.; Marín, M.; Esparza, D. y Sánchez, M. 1998. Influencia del tipo de propagación sobre la producción y calidad de los frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) creciendo en el Centro Frutícola del estado Zulia. Informe. Investigación Agropecuaria. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Departamento de estadística, Maracaibo. 26 p.
- Márquez, C. C. J.; Villacorta L. V.; Yepes B. D.P.; Ciro V. H.J. y Cartagena V. J. R. 2012. Caracterización fisiológica y físico-química del fruto de la guanábana (*Annona muricata* L. cv. Elita). Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 65(1):6477-6486.
- Méndez, J. 2003. Perfil de mercado y productivo de la guanábana. agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional-Guatemala. Abt, Associates Inc. 6-7 pp.
- Ojeda, R. G.; Coronado, J.; Nava, R.; Sulbarán, B.; Araujo, D. y Cabrera, L. 2007. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de la Guanábana (*Annona muricata*) Cultivada en el Occidente de Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. 41(2):151-160.
- Okoro, C. K. and Osunde, Z. D. 2013. Physical properties of soursop (*Annona muricata*) Seeds. Inter. J. Eng. Res. Technol. (IJERT). 3(2):123-129.
- Pinto, A. C. de Q.; Cordeiro, M. C.; De Andrade, S. R.; Ferreira, F. R.; Filgueiras, H. A.; Alves, R. E. and Kinpara, D. I. 2005. *Annona muricata*, In: Williams, J. T. (Ed.) *Annona* species. Taxonomy and botany international centre for underutilised crops. University of Southampton, UK. 3-16 pp.
- Schultes, R. E. and Raffauf, R. F. 1990. The healing forest: medicinal and toxic plants of the Northwest Amazonia. Portland, OR. Dioscorides Press. 487 p.
- SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.
- UPOV (Unión Internacional para la protección de las obtenciones vegetales). 2003. Cherimoya, Chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. TG/CHERIM(proj.2). 26 p.
- Worrel, 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.