

Genética vegetal y biodiversidad

Artículo de investigación científica y tecnológica

Evaluación fisicoquímica de frutos del germoplasma de guayaba conservado en Agrosavia, Colombia

Physicochemical Evaluation of Guava Germplasm Fruits Conserved in Agrosavia, Colombia

 Oscar Roperó-Osorio ^{1*}  Dubert Yamil Cañar-Serna ²  María Sara Mejía-de Tafur ¹
 Álvaro Caicedo-Arana ²  Ayda-Lilia Enriquez-Valencia ²
 German Andrés Aguilera-Arango ²  Eberto Rodríguez-Henao ²

¹ Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA], Palmira, Colombia.

*Autor de correspondencia: Dubert Yamil Cañar-Serna. Diagonal a la intersección de la carrera 36A con calle 23, Centro de Investigación Palmira, Palmira, Valle del Cauca. dcanar@agrosavia.org.co

Recibido: 11 de diciembre de 2022
Aprobado: 15 de septiembre de 2023
Publicado: 21 de diciembre de 2023

Editor temático: Edison Osorio, Universidad de Antioquia, Antioquia, Colombia.

Para citar este artículo: Roperó-Osorio, O., Cañar-Serna, D. Y., Mejía-de Tafur, M. S., Caicedo-Arana, A., Enriquez-Valencia, A. L., Aguilera-Arango, G. A., & Rodríguez-Henao, E. (2023). Evaluación fisicoquímica de frutos del germoplasma de guayaba conservado en Agrosavia, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(3), e3271. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num3_art:3271

Resumen: El guayabo (*Psidium guajava*) es una especie de importancia económica en diferentes países del mundo, especialmente por la producción de frutos comestibles, su alto contenido de vitamina C y su maleabilidad para la transformación agroindustrial. La Colección Colombiana de Germoplasma de Guayaba conservada en Agrosavia resguarda la variabilidad de esta especie y algunas relacionadas, no obstante, se tienen estudios parciales que limitan el potencial de su uso. El objetivo fue evaluar y caracterizar las variables fisicoquímicas del fruto en busca de identificar accesiones con atributos de interés agroindustrial. Se evaluaron 29 descriptores (17 cuantitativos y 12 cualitativos) en frutos de las 41 accesiones que componen la colección. La información obtenida fue sometida a un análisis de componentes principales y de correspondencia múltiple. En los análisis cualitativos se encontró que el germoplasma evaluado se caracteriza por tener frutos de forma convexa con cuello, pulpa de color rosado con textura granulosa, color verde predominante en el epicarpio, inserción de pedúnculo oblicua, semillas de forma oblonga y forma de ápice y fruta con ombligo en el eje polar. En los análisis cuantitativos, 20 accesiones presentaron porcentajes de pulpa entre el 97 % y el 99 %, donde el contenido de sólidos solubles totales de la población evaluada fluctuó entre 4,3 y 10,5 °Brix; la relación de vitamina C osciló entre 28,3 y 208,26 mg/100 g de muestra y el peso del fruto estuvo entre 18,84 y 363,53 g, siendo las accesiones 25, 33 y 36 seleccionadas como promisorias.

Palabras clave: accesiones, descriptores, genotipos, *Psidium guajava*, recursos genéticos.

Abstract: The guava (*Psidium guajava*) is a species of economic importance in different countries of the world, especially to produce edible fruits, with a high content of vitamin C and ease for agro-industrial transformation. AGROSAVIA's Colombian Guava Germplasm Collection safeguards part of the diversity of this species and some related ones. However, there are partial studies that limit the potential use. Therefore, the goal of this study was to evaluate and characterize the physicochemical variables of the fruits, seeking to identify accessions with attributes of interest to strengthen the Colombian fruit sector. For this, 29 descriptors (17 quantitative and 12 qualitative) were evaluated in fruits of the 41 accessions that are part of the collection. The information obtained was subjected to a Principal Component Analysis and a Multiple Correspondence Analysis. It was found that the evaluated germplasm is characterized by having convex-shaped fruits with a neck, pink pulp with granular texture, predominantly green color in the epicarp, oblique peduncle insertion, oblong-shaped seeds and apex shape of the fruit with navel on the polar axis. In quantitative analyses, 20 accessions presented pulp percentage between 97 % and 99 %, the content of total soluble solids of the evaluated population fluctuated between 4.3 and 10.5 °Brix; the ratio of vitamin C was of 28.3 to 208.26 mg /100 g of sample, and fruit weight was between 18.84 and 363.53 g, being genotypes 25, 33 and 36 promising materials for further studies.

Keywords: accessions, descriptors, genetic resources, genotypes, *Psidium guajava*.



Introducción

El guayabo (*Psidium guajava*) es una especie originaria del trópico americano que pertenece a la familia Myrtaceae (Guevara-Ohara et al., 2020), donde el género *Psidium* está compuesto por cerca de 150 especies, siendo la *P. guajava* la más importante para su consumo (Pérez-Pelea, Bandera-Fernández, Valdés-Infante, & Velázquez-Palenzuela, 2019). De acuerdo con Hernández-Delgado et al. (2018), esta especie presenta una alta variabilidad, la cual se debe caracterizar y evaluar para definir futuros trabajos en fitomejoramiento, siendo considerado el fruto como un órgano que facilita su estudio. Por su parte y según Solarte et al. (2010), dentro de los requerimientos agroecológicos para la especie, el guayabo se puede encontrar en una amplia variedad de climas, los cuales deben presentar exposición solar, con temperaturas medias entre 20 °C y 30 °C y un rango altitudinal entre los 0 y los 2000 m s.n.m.

Como cultivo, se encuentra distribuido en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo, destacándose países como India y Pakistán, quienes aportan el 50 % de la producción mundial, seguidos de México con el 25 % y el restante 25 % por países como Brasil, Egipto y Colombia (Fajardo-Ortiz et al., 2019). De acuerdo con Romero-Ramírez et al. (2019), el área de cosecha del cultivo para Colombia fue de 6907 ha, con una producción de 70.054 t para el año 2016, donde los departamentos con la mayor área sembrada en este país fueron Meta, Santander, Boyacá, Valle del Cauca y Tolima (Aguilera-Arango et al., 2020).

De los órganos de la planta de *P. guajava*, las hojas y los frutos son las partes más utilizadas; las hojas son usadas en etnobotánica por tener propiedades medicinales, al ser utilizadas como medicamento hemostático, cicatrizante, antiinflamatorio y antioxidante, entre muchos otros usos (Rodríguez-Amado et al., 2013), mientras que los frutos son utilizados para el consumo en fresco y como materia prima para la agroindustria en la elaboración de jugos, dulces, helados, néctares y jaleas (Pérez-Pelea, Bandera-Fernández, Valdés-Infante, Velásquez-Palenzuela, & Cornide-Hernández, 2019). El fruto del guayabo es una baya ovoide, cuyo epicarpio es delgado y delicado, el cual varía desde el color verde pálido al amarillo en etapa de maduración y presenta un fuerte aroma característico, mientras que la pulpa contiene numerosas semillas y varía de color, pudiendo ser blanca cremosa, anaranjada, rosada o roja, dependiendo de la variedad (Cedeño-Cruzati & Párraga-Alava, 2021).

Por otra parte, entre las frutas tropicales, los frutos de la guayaba sobresalen no solo por su sabor y aroma, sino también por sus propiedades nutricionales, ya que son fuente de vitaminas A, B1, B3 y C, fibra, minerales como potasio, calcio, hierro y fósforo y antioxidantes como el licopeno (González-Chavarro et al., 2021). Es por los atributos mencionados anteriormente que los frutos de la guayaba tienen aceptación para la comercialización en fresco y productos derivados (Suárez-Toledo et al., 2022). Sin embargo, el mercado requiere de nuevas variedades con una mayor calidad nutracéutica, por lo que se necesita caracterizar el germoplasma disponible y realizar evaluaciones de las características físicas y químicas para priorizar las más discriminantes, además de entender las relaciones existentes entre estas variables. Ante esto, el análisis de componentes principales (ACP) y el análisis de correspondencia múltiple (ACM) son técnicas de análisis multivariante que permiten la reducción de la dimensionalidad de la base de datos, una mejor interpretación de esta con una mínima pérdida de información y entender la relación entre las diferentes variables y su relevancia (Álvarez-Sánchez et al., 2019; López de la Maza et al., 2019).

Dentro de los cultivares de guayabo que predominan en Colombia se encuentran: Regional Blanca, Regional Roja, Ráquira Blanca, Guavatá Victoria y las variedades Palmira ICA 1 (conocida como guayaba Pera) e ICA Roja 2 (Guavita-Vargas et al., 2018; Aguilera-Arango et al., 2020); sin embargo, en el año 2017, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), con el objetivo de diversificar la oferta de materiales genéticos de guayaba para Colombia, generó dos variedades denominadas Corpoica Carmín 0328 y Corpoica Rosa-C, las cuales se destacan por su alto rendimiento y calidad de la fruta (Rodríguez-Henao et al., 2017). Por otra parte, es importante indicar que la guayaba tiene un valor fitogenético incalculable, debido principalmente a la alta variabilidad genética que presenta, por ser una especie alógama, lo que da origen a genotipos con diferencias en calidad, producción y apariencia (Martin, 2017). En este contexto, el presente estudio tuvo por objetivo la caracterización fisicoquímica de los frutos de 41 genotipos de guayaba que hacen parte de la Colección Colombiana de Germoplasma de Guayaba (CCGG), para identificar materiales con características sobresalientes que permitan fortalecer la etapa de premejoramiento para ser utilizados en futuros programas de mejoramiento genético.

Materiales y métodos

Localización

Los frutos de guayaba utilizados en el estudio fueron obtenidos de la CCGG, establecida en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), en el Centro de Investigación de Palmira, ubicado geográficamente en el departamento Valle del Cauca, Colombia, a una altura aproximada de 1000 m s.n.m., latitud norte 3° 30' 37,7", longitud oeste 76° 19' 35,9", temperatura promedio de 24 °C, humedad relativa del 75 % y una precipitación media anual de 1056 mm. Los análisis de laboratorio para la caracterización y evaluación fisicoquímica se realizaron en el laboratorio de calidad de fruta del de Palmira de Agrosavia. Para el caso de los analitos como la vitamina C, los análisis se llevaron a cabo en la Universidad del Cauca, en la Unidad de Análisis Industriales (UAI) en Popayán, Cauca.

Material biológico

Se evaluaron frutos de 41 accesiones de la CCGG de Agrosavia, de Palmira. La CCGG está compuesta por cuatro especies diferentes, donde el 83 % de las accesiones (34 accesiones) pertenecen a la especie *P. guajava*, dos accesiones de *P. friedrichsthalianum* que regionalmente se conocen guayaba coronilla, una accesión es de la especie *P. guineense* y cuatro accesiones sin identificar (*Psidium* spp.).

Cada accesión evaluada (tabla 1) cuenta con entre dos y ocho individuos según su disponibilidad en campo, para un total de 126 árboles, los cuales se encuentran plantados en cuatro bloques a una distancia de siembra de 6,0 m × 6,0 m. Los frutos fueron colectados por triplicado de diferentes individuos para cada accesión y la cosecha de frutos se realizó en estado maduro (escala de color 3), donde el fruto ha llegado a su máximo peso seco, según la guía de orientación para cultivadores de guayaba: punto óptimo de cosecha (Melgarejo Muñoz et al., 2010), tomando

como parámetro el cambio de color de la corteza del fruto, de verde a amarillo. El embalaje se realizó en bolsas de plástico, previamente perforadas para el control de la respiración. Finalmente los frutos fueron transportados al laboratorio de calidad para su análisis.

Tabla 1. Accesiones de la CCGG evaluadas en el estudio

Código	Nombre de accesión	Especie	Código	Nombre de accesión	Especie
13	Palmira ICA-1-0393-30-10	<i>Psidium guajava</i>	35	Guava air layers white-0440-a	<i>Psidium guajava</i>
14	Guava air layers Red Roja ICA-2-0441	<i>Psidium guajava</i>	36	71-99-0988-4	<i>Psidium guajava</i>
15	Guayaba peruana 0381	<i>Psidium guajava</i>	37	Africana-1492-10	<i>Psidium guajava</i>
16	Coronilla-0330	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	39	Manzana	<i>Psidium guajava</i>
17	Polonuevo	<i>Psidium guajava</i>	40	Puerto tejada	<i>Psidium guajava</i>
19	Coronilla cascara roja-1818	<i>Psidium</i> sp.	41	Puerto tejada-0571-25	<i>Psidium guajava</i>
20	Variegado	<i>Psidium guineense</i>	42	Guava air layers red	<i>Psidium guajava</i>
21	Venezuela-a-10	<i>Psidium guajava</i>	44	Boliviana	<i>Psidium guajava</i>
22	Gerlain	<i>Psidium guajava</i>	45	Cimpa roja-c-3	<i>Psidium guajava</i>
23	Criolla-13	<i>Psidium guajava</i>	46	Guadalupe roja-c-4	<i>Psidium guajava</i>
24	Puerto Rico	<i>Psidium guajava</i>	47	Guadalupe blanca	<i>Psidium guajava</i>
25	Guava air layers white-b	<i>Psidium</i> sp.	51	S-961 pulpa roja	<i>Psidium guajava</i>
26	Blanca-1	<i>Psidium guajava</i>	52	Unal-003	<i>Psidium guajava</i>
27	San José Roja	<i>Psidium guajava</i>	53	Coronilla del Chocó	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>
28	Roja redonda	<i>Psidium guajava</i>	54	Unal-005	<i>Psidium guajava</i>
29	D-13 0659	<i>Psidium guajava</i>	55	Unal-006	<i>Psidium guajava</i>
30	D-14 0662	<i>Psidium guajava</i>	56	Unal-007	<i>Psidium guajava</i>
31	Guayaba trujillo-2-0660	<i>Psidium guajava</i>	58	Unal-009	<i>Psidium guajava</i>
32	7199-0988-24	<i>Psidium</i> sp.	59	Criolla mediana-2665	<i>Psidium guajava</i>
33	Guava air layers white-0440-m	<i>Psidium</i> sp.	60	Guayaba Palmira ICA-1	<i>Psidium guajava</i>
34	Guayaba Roja Africano-0328	<i>Psidium guajava</i>	Total		41 accesiones

Fuente: Elaboración propia

Antes de realizar el análisis, se hizo una selección preliminar con miras a obtener lotes homogéneos por cada accesión, eliminando frutos que presentaron deterioro por causa de daño mecánico o biológico. Luego, se tomaron muestras por triplicado y se etiquetaron con un código único de identificación (CUI) para garantizar la trazabilidad durante el proceso de evaluación.

Variables de respuesta

Para conocer la variabilidad fisicoquímica de los frutos de guayaba, se evaluaron 11 descriptores cualitativos y 17 descriptores cuantitativos para un total de 28 variables de respuesta descriptivas, tomando como base el trabajo de caracterización de germoplasma de guayaba realizado por Sánchez Urdaneta y Peña Valdivia (2011) y Rodríguez-Medina et al. (2010). A continuación, se detalla cada una de ellas:

Descriptores cualitativos: para la caracterización de los frutos se tuvo en cuenta la forma general, forma del ápice, forma de la base, inserción del pedúnculo, forma de la cavidad, olor, color del epicarpio, textura del epicarpio, color de la pulpa, textura de la pulpa y forma de la semilla (tabla 2).

Descriptores cuantitativos: en la evaluación se registró el peso de los frutos, el peso de la cavidad seminal de la pulpa, el peso de la semilla húmeda y seca, el peso del epicarpio en base húmeda y el peso de la pulpa en base húmeda. Igualmente se registró el porcentaje de la pulpa, el diámetro polar, el diámetro ecuatorial, el diámetro de la cavidad seminal, el grosor del epicarpio de la pulpa, los sólidos solubles totales, la acidez titulable, el índice de madurez, el pH y el contenido de vitamina C. Para la medición de los descriptores asociados al peso se utilizó una balanza electrónica Mettler PE 3600 con precisión de 0,01 g; en el caso de las mediciones de longitud se utilizó un calibrador digital Digimes con precisión de 0,01 mm y para el porcentaje se determinó por el cálculo ($C = C \times A / 100$) (tabla 2).

Para los análisis químicos de la pulpa, se separó una muestra de 150 g en un *shooter* de vidrio con capacidad de 200 ml y mediante las metodologías descritas en el manual de procedimientos de la Asociación Oficial de Química Analítica (Association of Official Analytical Chemistry [AOAC], 1997) se determinó el porcentaje de los sólidos solubles por lectura refractométrica a 20 °C (medidos en °Brix) (AOAC 932.14C), pH (potenciómetro) (AOAC 981.12) y acidez titulable (titulación con NaOH) (AOAC 939.05). Por último, se estimó el contenido de vitamina C (ácido ascórbico) por el método volumétrico (AOAC 967.21), en titulación con el indicador redox 2,6-diclorofenolindofenol. Durante la titulación y mientras la muestra contenía ácido ascórbico, esta se mantuvo incolora y tomó un color azul-negro al oxidarlo, de manera que se calculó el equivalente de vitamina C por ml gastado del indicador. Los resultados son representados en unidades de mg / 100 g muestra (tabla 2).

Por último, se estimó el contenido de vitamina C, representado en unidades de mg / 100 g muestra (AOAC 967.21), donde cada variable se tomó por triplicado, tomando como repeticiones los individuos de las accesiones (tabla 2).

Tabla 2. Descriptores utilizados en el estudio para la caracterización de la fruta

Tipo de descriptor	Análisis	Descriptor	Abreviatura
Cualitativos	Físico	Forma del fruto	FF
		Forma ápice del fruto	FA
		Forma de la base del fruto	FBF
		Inserción del pedúnculo	IP
		Forma de la cavidad del pedúnculo	FCP
		Olor del fruto	OF
		Color del epicarpio del fruto	CCF
		Textura del epicarpio	TE
		Color de la pulpa	CE
		Textura de la pulpa	TM
		Forma de la semilla	FS
Cuantitativos	Físicos	Peso del fruto (g)	PF
		Peso de la cavidad seminal (g) (semilla/mucilago)	PCS
		Peso de la pulpa (g)	PM
		Peso de la semilla húmeda (g) (sin mucilago)	PSH
		Peso del epicarpio húmedo (g)	PCH
		Peso de la pulpa (mesocarpio) húmeda (g)	PPH
		Peso de la semilla seca (g)	PS
		Porcentaje de la pulpa (%)	PP
		Diámetro polar (cm)	DP
		Diámetro ecuatorial (cm)	DE
	Diámetro de la cavidad seminal (mm)	DCS	
	Grosor del epicarpio de la pulpa (mm)	GCM	
	Químicos	Sólidos solubles totales (°Brix)	SST
		Acidez titulable (ácido cítrico/100g)	AT
		Índice de madurez (SST/AT) (adimensional)	PIM
pH		PH	
Contenido de vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 g muestra)		VIT-C	

Fuente: Elaboración propia

Análisis estadístico

Con las variables cuantitativas de la caracterización fisicoquímica de los frutos de la CCGG, se realizó el análisis estadístico descriptivo y de componentes principales (ACP), con el objetivo de reducir la dimensionalidad y seleccionar los descriptores que más contribuyen a la variabilidad de la colección. Para el caso de los descriptores cualitativos, se generó una matriz de correlación

simple con el coeficiente de Pearson y se probó la significancia de dicha asociación ($P < 0,001$). Asimismo, se realizó un análisis de frecuencia y de correspondencia múltiple (ACM) para seleccionar los descriptores más variables en las accesiones de la colección. Finalmente para agrupar las accesiones, se realizó el análisis de conglomerados empleando la distancia euclídea al cuadrado y el método de varianza mínima de Ward, tanto para las variables cualitativas como para las cuantitativas para identificar los genotipos élites, candidatos para estudios posteriores. El análisis estadístico se realizó con el uso del *software* Statistical Analysis System (SAS), versión 9.4 (SAS Institute, 2018).

Resultados y discusión

Datos cuantitativos de los frutos

Las medidas de tendencia central y dispersión para las variables cuantitativas evaluadas mostraron que para la variable peso del fruto (PF), una accesión presentó peso de frutos menores a 50 g, seis accesiones presentaron peso entre 50 g y 100 g, 14 accesiones presentaron pesos entre 100 g y 200 g, 12 accesiones presentaron pesos entre 200 g y 300 g, y tres accesiones presentaron un peso mayor a 300 g. En cuanto a la variable PCS, 16 accesiones presentaron pesos entre 40 g y 60 g, 11 accesiones presentaron pesos entre 20 g y 40 g y 14 accesiones presentaron pesos entre 60 g y 80 g (tabla 3). Los datos de la presente investigación difieren con los reportados por Fajardo-Ortiz et al. (2019), quienes en su investigación observaron pesos de fruto que fluctuaron entre 45,7 g y 120,1 g, mientras que la variable PCS varió entre 9,93 g y 38,66 g, respectivamente. Lo anterior posiblemente se debe a las distintas procedencias de muchas de las accesiones que componen la colección, sumando así a la variabilidad de esta, mientras que los frutos del estudio reportado por Fajardo-Ortiz et al. (2019) provienen de municipios cercanos entre sí, localizados en la provincia del Sumapaz en Colombia, por lo que tal vez presentan una variabilidad más estrecha.

Para el caso de la variable PM, 14 accesiones presentaron los mayores pesos entre 150 y 200 g, seguido de 13 accesiones con pesos entre 50 y 100 g, 11 accesiones presentaron pesos entre 100 y 150 g y 3 accesiones presentaron pesos entre 0,1 y 50 g. Para la variable PBH, 16 accesiones presentaron pesos entre 6 g y 8 g, 17 accesiones presentaron pesos entre 4 g y 6 g y 8 accesiones presentaron un peso menor a 1 g. Para la variable PCH se encontraron 23 accesiones con un peso entre 20 y 60 g, 15 accesiones presentaron pesos entre 60 y 100 g, 2 accesiones presentaron peso entre 100 y 140 g y una accesión presentó un peso menor a 20 g. En relación con la variable PPH, se destacaron 2 accesiones con pesos entre 300 g y 415 g, 18 accesiones presentaron pesos entre 200 g y 300 g, 14 accesiones presentaron peso entre 100 g y 200 g, 6 accesiones presentaron peso entre 50 g y 100 g y una accesión presentó un peso menor a 50 g.

Tabla 3. Medidas de tendencia central de las variables cuantitativas del fruto

Variable	Media	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo
PF	188,45	40,58	18,84	363,53
DP	7,37	20,39	3,07	10,59
DE	6,58	16,51	3,05	9,11
DCS	4,39	15,38	2,32	5,84
GCM	1,16	33,61	0,53	2,49
PCS	50,76	40,76	7,34	126,54
PM	136,00	44,34	12,16	277,73
PSH	5,32	30,79	0,86	7,71
PCH	59,71	45,49	6,30	137,23
PPH	195,72	44,24	18,50	415,00
PP	96,88	1,27	93,60	98,90
AT	1,18	45,30	0,64	3,21
SST	7,29	17,55	4,37	10,48
PIM	7,89	35,81	3,05	12,89
pH	3,65	8,18	3,03	4,09
VIT-C	46,68	52,35	28,36	208,26

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la variable PS, se encontraron 16 accesiones que se destacaron por poseer un peso de semillas en base húmeda entre 6 g y 8 g, 17 accesiones presentaron un peso de semillas en base húmeda entre 4 g y 6 g y solo se encontró una accesión con peso de semillas en base húmeda menor a 1 g. Para la variable PP, 20 accesiones presentaron valores entre 97 % y 99 % de pulpa, 19 accesiones presentaron entre 95 % y 97 % y 2 accesiones presentaron entre 93 % y 94 %. Para la variable DP, 9 accesiones presentaron entre 9 y 10 cm, 23 accesiones presentaron diámetro de frutos entre 7 cm y 9 cm, 8 accesiones presentaron diámetro entre 5 y 6 cm, y una accesión presentó un diámetro menor a 4 cm. Respecto a la variable DE, 37 accesiones presentaron frutos con diámetro entre 5 cm y 8 cm, 3 accesiones presentaron diámetro con valores entre 8 cm y 10 cm y una accesión presentó un diámetro menor a 4 cm. Para la variable DCS, se destacaron 7 accesiones con diámetro entre 5 y 5,5 cm, 7 accesiones presentaron un diámetro de entre 4,5 cm y 5 cm, 18 accesiones presentaron un diámetro entre 4 cm y 4,5 cm, 8 accesiones presentaron diámetros de entre 3,5 cm y 4 cm y una accesión presentó un diámetro menor a 2,5 cm.

Para la variable GCM, se encontraron 23 accesiones con un grosor de entre 1 cm y 1,5 cm, 13 accesiones con un grosor de entre 0,5 cm y 1 cm, y 5 accesiones tuvieron un grosor de entre 1,5 y 2,5 cm. Se destacan las accesiones que presentaron un mayor contenido de pulpa al considerarse como una alternativa de rendimiento en la industria y consumo en fresco.

En relación con el contenido de SST, 9 accesiones presentaron valores de entre 5 y 6 °Brix, 24 accesiones tuvieron valores de entre 6 y 8 °Brix y 8 accesiones presentaron valores de entre 8 y 9 °Brix, aspecto relevante en la calidad de la guayaba para su aceptación, debido a que se destaca

la tendencia a consumir frutos con valores que oscilan entre los 5,9 y los 9,5 °Brix. Así lo manifiestan investigaciones similares en Colombia, las cuales reportan resultados similares para los componentes fisicoquímicos de frutas de guayaba (Rojas & Narváez, 2009; Padilla & González, 2010).

En relación a la variable AT, 21 accesiones presentaron entre 0,5 % y 1 %, 12 accesiones tuvieron entre 1 % y 1,5 % y 8 accesiones presentaron la mayor acidez con un porcentaje de entre 2,5 % y 3,5 %. Para la variable PIM, 22 accesiones presentaron índices altos, entre 8 y 12; 14 accesiones presentaron entre 4 y 8; 4 accesiones presentaron valores entre 2 y 4 y una accesión presentó un índice mayor a 12. Respecto a la variable de pH, 23 accesiones presentaron valores entre 3,6 y 4, cinco accesiones presentaron valores entre 4 y 4,2 y 13 accesiones presentaron valores entre 3 y 3,6. Finalmente, para la variable VIT-C se encontraron 30 accesiones que presentaron un valor menor a los 50 mg / 100 g muestra, 10 accesiones tuvieron valores de entre 50 y 100 mg y la accesión Guava Air Layers White-b presentó un valor mayor a 200 mg.

Como se puede observar, para esta última variable los resultados de la presente investigación son bajos en comparación por los obtenidos por Padilla-Ramírez et al. (2012), ya que en su investigación encontraron valores que oscilan entre los 216 mg y los 534 mg / 100 g muestra. De acuerdo con Grajales et al. (2015), lo anterior posiblemente se debe a la fertilización y el riego que afectan positivamente los contenidos de vitamina C en sistemas productivos, cosa que no sucede en la CCGG, cuyo fin es la conservación, donde no se cuenta con fertilizaciones programadas, como sí ocurre en los cultivos comerciales; no obstante, es importante tener en cuenta lo descrito por Candelario-Mondragón et al. (2009), quienes indican que los valores en el contenido de vitamina C pueden variar en una misma variedad y entre selecciones, de acuerdo con el punto de maduración en que se mide esta variable, ya que el contenido de esta vitamina decrece conforme los frutos van madurando.

Análisis de componentes principales

En la tabla 4 se observan los componentes principales conformados según las variables de estudio evaluadas. En este caso particular fueron seleccionados los tres primeros autovalores del total de la muestra, ya que lograron explicar el 74,71 % de la variabilidad total. Lo anterior difiere con lo reportado por Padilla-Ramírez (2018), quien logró explicar el 60 % de la variabilidad con los primeros cinco componentes, lo que quiere decir que explicó un menor porcentaje de variabilidad con más componentes que los seleccionados en esta investigación. De esta manera, en este estudio se reduce la dimensionalidad y se explica la mayor variabilidad posible con un menor número de descriptores.

Una vez identificados los componentes de interés, se analizó la participación de cada variable con los componentes principales seleccionados. El componente 1 tiene una relación fuerte y positiva con las variables PF (0,98), DP (0,844), DE (0,95), PM (0,97), PCBH (0,95) y PPBH (0,97), de esta manera, se obtiene que el componente 1 está interpretando la variación de los frutos según el tamaño de estos. El componente 2 tiene una asociación fuerte y positiva con la variable AT (0,92), lo cual indica que este componente interpreta la variación acorde a la acidez de los frutos. Finalmente, el componente 3 tiene una asociación positiva con la variable SST (0,74), lo que representa el contenido de azúcares como un factor clave de calidad (tabla 5). A

partir de la selección de los tres primeros se redujo la dimensionalidad de 17 a 8 variables que explicaron el 74,71 % de la variabilidad observada.

Tabla 4. Componentes principales presentados en la variabilidad de datos

CP	Autovalor	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada explicada (%)
Comp1	9,07	43,17	43,17
Comp2	3,95	18,81	61,98
Comp3	2,67	12,73	74,71
Comp4	1,97	9,39	84,09
Comp5	1,16	5,55	89,64
Comp6	0,80	3,80	93,44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Aporte de las variables por componente principal

Variable	Aporte a cada componente de las variables en estudio		
	Comp1	Comp2	Comp3
PF	0,98	0,10	0,08
PCS	0,80	0,02	-0,07
PM	0,97	0,12	0,14
PSBH	0,66	-0,08	-0,24
PCBH	0,95	0,03	0,08
PPBH	0,97	0,09	0,12
PS	-0,71	-0,17	-0,30
PP	0,71	0,17	0,30
DP	0,84	-0,20	0,01
DE	0,95	0,12	0,06
DCS	0,79	0,05	-0,07
GCM	0,75	0,04	0,18
SST	-0,35	0,03	0,74
AT	-0,18	0,92	0,23
PIM	0,06	-0,89	0,25
pH	0,15	-0,85	-0,25
VIT-C	0,04	0,47	-0,71

Fuente: Elaboración propia

Análisis del clúster

En la figura 1 se observa el dendrograma formado con las ocho variables cuantitativas seleccionadas, con una alta variabilidad en los frutos de la colección de guayaba. El clúster 1 está conformado por las accesiones: 19, 26, 27, 28, 41, 45, 46, 47, 51, 52, 54, 55, 56, 58 y 60, que se caracterizan por presentar los valores más altos de PS y SST. El clúster 2 está conformado por las accesiones 16, 25, 29, 30, 32, 36, 42, 53, las cuales se destacan por tener frutos ácidos y por sus altos valores en la acidez titulable y en el porcentaje de VIT-C; adicionalmente, debido a su

alta acidez presentaron bajos valores de pH y PIM (frutos ácidos y maduros). Por último, el clúster tres está formado por las accesiones 13, 14, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 31, 33, 34, 35, 37, 39, 40, 44 y 59, las cuales se destacaron por presentar frutos más grandes y dulces, presentando altos valores para las variables PF, PM, PPBH, PCBH, DP, DE, PCS, GCM, DCS, PSBH, PP, pH y PIM, donde adicionalmente, se observan valores bajos en AT y PS (frutos poco ácidos).

Dendrograma variables cuantitativas del fruto

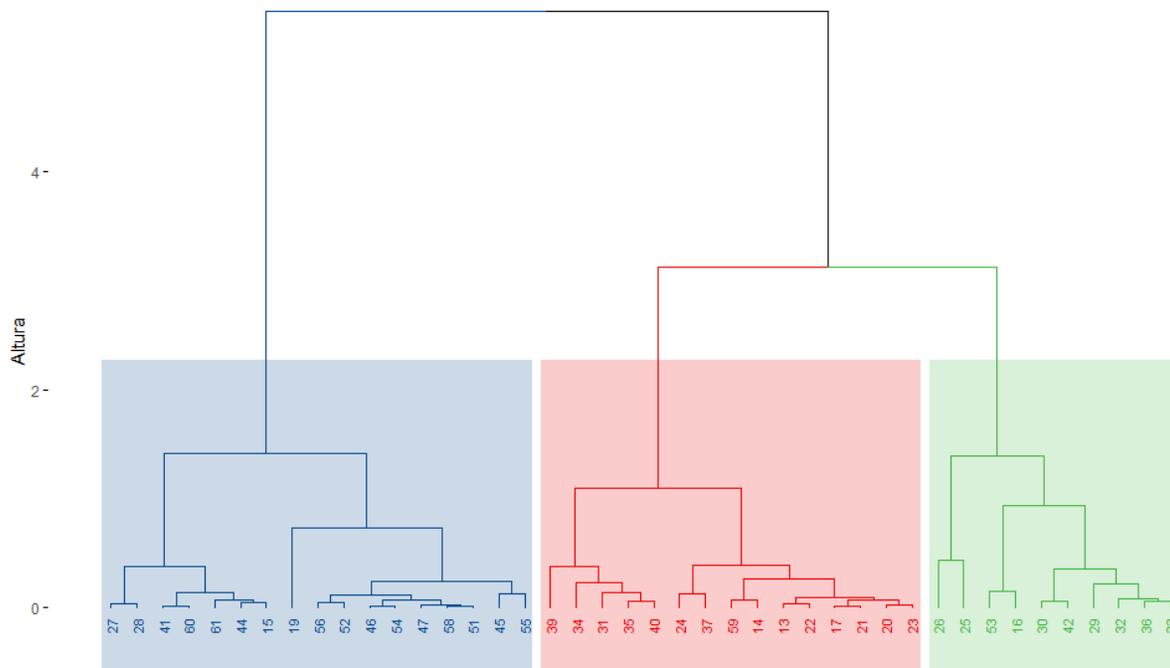


Figura 1. Dendrograma jerárquico basado en los datos cuantitativos de los frutos

Fuente: Elaboración propia

Datos cualitativos del fruto

En las frecuencias relativas para las características cualitativas del fruto, se encontró una variación de respuesta para la mayoría de las características evaluadas, excepto por el carácter TE, el cual presentó frutos tanto de textura lisa como rugosa en una misma proporción de accesiones. Para la variable FF, la forma más frecuente en los frutos fue la esférica (53,4 %), seguida del elipsoide (23 %), la periforme (14,2 %), la ovoelipsoide (7 %) y la ovoide (2,4 %). La forma más frecuente de la variable FA fue cóncava (61,9 %), seguida por frutos truncados (19 %). En relación con la variable FBF, la forma cóncava fue la más habitual (59,5 %), seguida de la forma convexa con cuello (19 %). Referente a la variable IP, la característica más frecuente fue la oblicua (92,8 %). Para la FCP se presentó con mayor frecuencia la variable “poco profundo” con el 64,3 % de las accesiones y en la variable OF, el olor débil y agradable predominó para el mayor número de genotipos con el 71,4 % de estos, mientras que el olor fuerte y penetrante se presentó en el restante de los genotipos.

Para la variable CCF, el color verde se presentó con mayor frecuencia (42,8 %), seguido de amarillo (38,21 %), amarillo rosado (16,66 %) y una accesión con frutas de color rojo (2,33 %). En la variable CE, el rosado fue el más usual (69 %), seguido de blanco (16,6 %) y amarillo (14,4 %). En la variable TM, la textura más frecuente fue poco granulosa (78,6 %), seguida de suave (11,9 %) y, por último, granulosa (9,5 %). En cuanto a la FS, la más frecuente fue ovoide (57,1 %) y las formas abovada, oblonga y reniforme se presentaron en iguales proporciones de 14,28 %.

Análisis de distribución y correlaciones

Con el objetivo de verificar si las variables siguen una distribución normal, se llevó a cabo la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, a partir de la cual se concluye que el total de las variables siguieron una distribución normal, excepto AT (0,000007) y VIT-C (0,000000005), las cuales no se incluyeron en el análisis de correlación de Pearson. Estas correlaciones indican la relación que existe entre el peso del fruto, el tamaño y la cantidad de pulpa con relación a la cavidad seminal y el contenido de semilla (Figura 2).

En este sentido, entre las variables que presentaron una distribución normal, se encontró que DP tuvo una correlación altamente significativa p ($\alpha = 0,05$) y positiva con las variables PF ($r = 0,8$), DE ($r = 0,72$), DCS ($r = 0,53$), GCM ($r = 0,58$), PCS ($r = 0,6$), PM ($r = 0,78$), PSH ($r = 0,53$), PCBH ($r = 0,78$), PPBH ($r = 0,79$) y PP ($r = 0,61$). Además, se observó que esta variable también se encuentra correlacionada significativamente de manera negativa con PS y SST. Los resultados de la presente investigación concuerdan con lo reportado por Ramírez et al. (2010), ya que, en su investigación, la correlación entre los °Brix con la mayoría de las variables evaluadas resultó ser negativa y no significativa. Así, la PF se correlacionó significativamente con DP y la relación de los diámetros y el resto de las variables cuantitativas mostró valores bajos en el coeficiente de correlación, por lo que se sugiere para futuros estudios tener en cuenta las siguientes variables: PF, DE, DCS, GCM, PCS, PM, PSBH, PCBH, PPBH, PP y PS, debido a que presentaron correlaciones altas y significativas para este estudio en particular (Figura 2).

En una de sus investigaciones, Alvarado-Cepeda et al. (2020) manifiestan que los SST de los frutos son influenciados por aspectos como el clima, la temperatura y la humedad ambiental y del suelo, especialmente en la última fase de maduración de los frutos. Otra de las variables mejor correlacionada fue PF, la cual presentó correlaciones positivas y significativas con las variables DP ($r = 0,8$), DE ($r = 0,95$), DCS ($r = 0,79$), GCM ($r = 0,72$), PCS ($r = 0,78$), PM ($r = 0,99$), PSH ($r = 0,66$), PCBH ($r = 0,95$), PPBH ($r = 0,99$) y PP ($r = 0,7$). Estas correlaciones indican la relación que existe entre el peso del fruto, el tamaño y la cantidad de pulpa con relación a la cavidad seminal y el contenido de semilla (Figura 2).

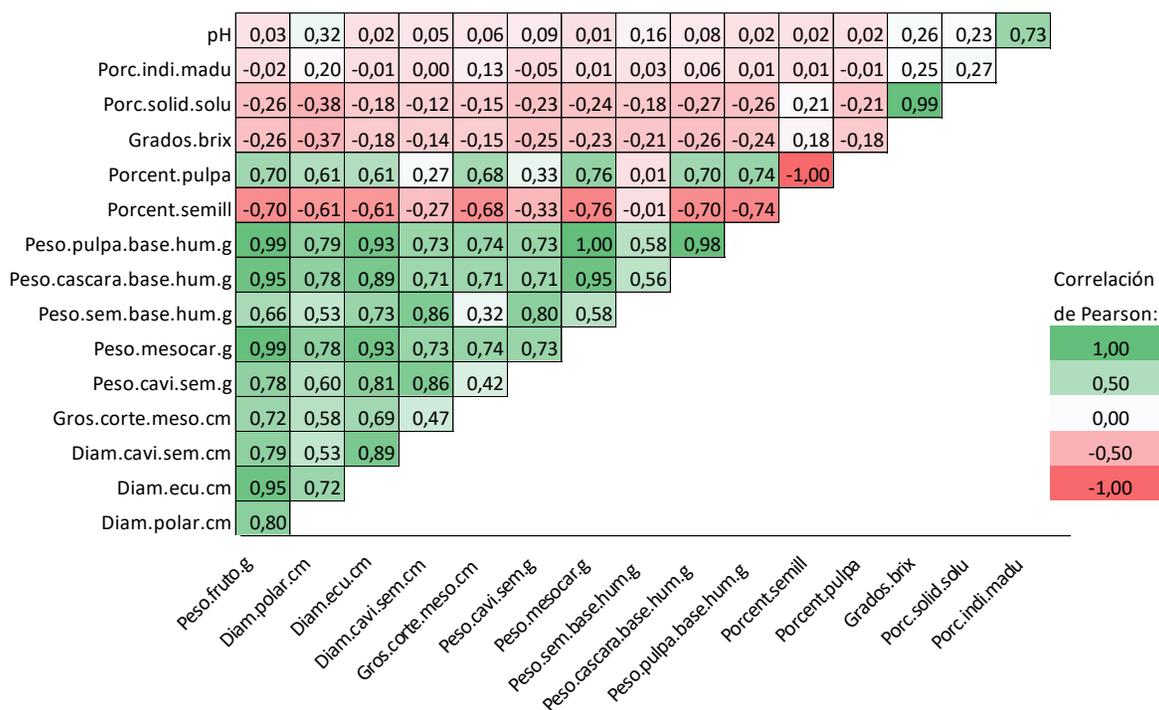


Figura 2. Matriz de correlación con las variables cuantitativas asociadas a los frutos
Fuente: Elaboración propia

Variables de importancia agroindustrial

La relación entre la variable VIT-C (que fluctuó entre los 28,30 hasta los 208,26 mg /100 g de muestra) y PF (con un rango que osciló entre 18,84 y 363,53 g) señala la alta variabilidad existente en las accesiones evaluadas. Además, los genotipos 25, 33 y 36 sobresalieron como materiales promisorios por su contenido de vitamina C y peso total, resultado interesante para futuros trabajos investigativos, ya que podría potencializar nuevas líneas de producción basadas en la transformación agroindustrial y los programas de mejoramiento para esta fruta y algunas especies relacionadas.

Análisis de correspondencia múltiple

En la tabla 6 se muestran los resultados del ACM que se aplicó a la caracterización cualitativa de los frutos de guayaba. En este análisis se identificaron las tres primeras dimensiones de interés con un autovalor superior a 0,2, las cuales explican el 33,2 % de la variabilidad total observada respecto al conjunto de 11 variables evaluadas en los frutos de guayaba. Las variables de CCF, TE y CE están vinculadas a la primera dimensión, mientras que las variables FBF, FF, IP y FA están vinculadas a la segunda dimensión. Las variables OF, TE, FCP y FS no se encontraron vinculadas con ninguna de las primeras dimensiones, dejando ver el bajo aporte a la variabilidad del conjunto de datos. Los resultados no permitieron reducir la dimensionalidad del estudio al

no explicar una alta variabilidad observada en las primeras dimensiones del ACM, debido al bajo número de variables evaluadas y la baja variabilidad en las características OF, TE, FCP y FS.

Tabla 6. Dimensiones con sus autovalores o valores singulares

Dimensiones	Autovalor	Porcentaje de varianza explicada	Porcentaje acumulado de varianza explicada
Dim1	0,31	12,89	12,89
Dim2	0,27	11,30	24,18
Dim3	0,21	8,93	33,12
Dim4	0,18	7,56	40,68
Dim5	0,17	7,16	47,83
Dim6	0,15	6,30	54,13

Fuente: Elaboración propia

Agrupamiento jerárquico sobre dimensiones

En la figura 3 se presenta gráficamente el agrupamiento por clúster para las variables cualitativas consideradas en este estudio, sobre los frutos de las 41 accesiones evaluadas. El clúster 1 formado por 12 accesiones se caracterizó por la FBF convexo con cuello, CE rosado y CCF verde. Este clúster agrupó al 100 % de las accesiones con FBF convexo con cuello, el 44,82 % de las accesiones con CE rosado y el 55,55 % de los frutos por CCF verde. En este clúster se agrupó la única accesión (guayaba variegada, código 20) de la especie *P. guineense*, la cual no expresa diferencias en las características del fruto anteriormente mencionado con las demás accesiones agrupadas en este clúster que pertenecen a la especie *P. guajava*. Asimismo, se encontró que la accesión 32 de especie desconocida (*Psidium* sp.) comparte estas características en el fruto.

El clúster 2 agrupó las accesiones 24 y 60, las cuales presentaron IP oblicua del 66,7 % y éste mismo porcentaje de los frutos tienen cuello en su FBF, lo que indica una marcada diferencia en las características cualitativas del fruto frente al resto de las accesiones evaluadas en este estudio. El clúster 3 se conformó por seis accesiones (33, 59, 40, 27, 35 y 39), las cuales se distinguieron por presentar la FBF convexa, FA deprimido y FF ovoelipsoide.

El clúster 4 está conformado por cinco de las accesiones (16, 53, 14, 42 y 25), el cual se caracteriza con FS oblonga, CE amarillo, TM granulosa y FA de sus frutos con ombligo. En este grupo se ubicaron las guayabas denominadas coronilla (*P. friedrichsthalianum*), concernientes a las accesiones 16 y 53. Además, al clúster 5 lo conforman 17 accesiones, con una FF esférica, una FBF cóncava y una FS ovada. Este clúster agrupó al 83,3 % de las accesiones con FS de forma ovada, el 60 % de las accesiones con FBF cóncavo y el 63,63 % de las accesiones con FF esférica. Entre las variables cualitativas se observó que las características más comunes de acuerdo con las agrupaciones son: FBF convexa con cuello, CE rosado, CCF verde, IP oblicua, FS oblonga, CE amarillo, TM granulosa y FA con ombligo; sin embargo, en investigaciones como las de Rathore (1976) y Thaipong y Boonprakob (2006) sobresalen variables de los FF ovoide, CCF verde-amarillo, TE semirugosa, presencia de costillas de prominencia débil con ausencia del borde alrededor del cáliz, color de pulpa crema uniforme y jugosidad media.

Dendrograma variables cualitativas del fruto

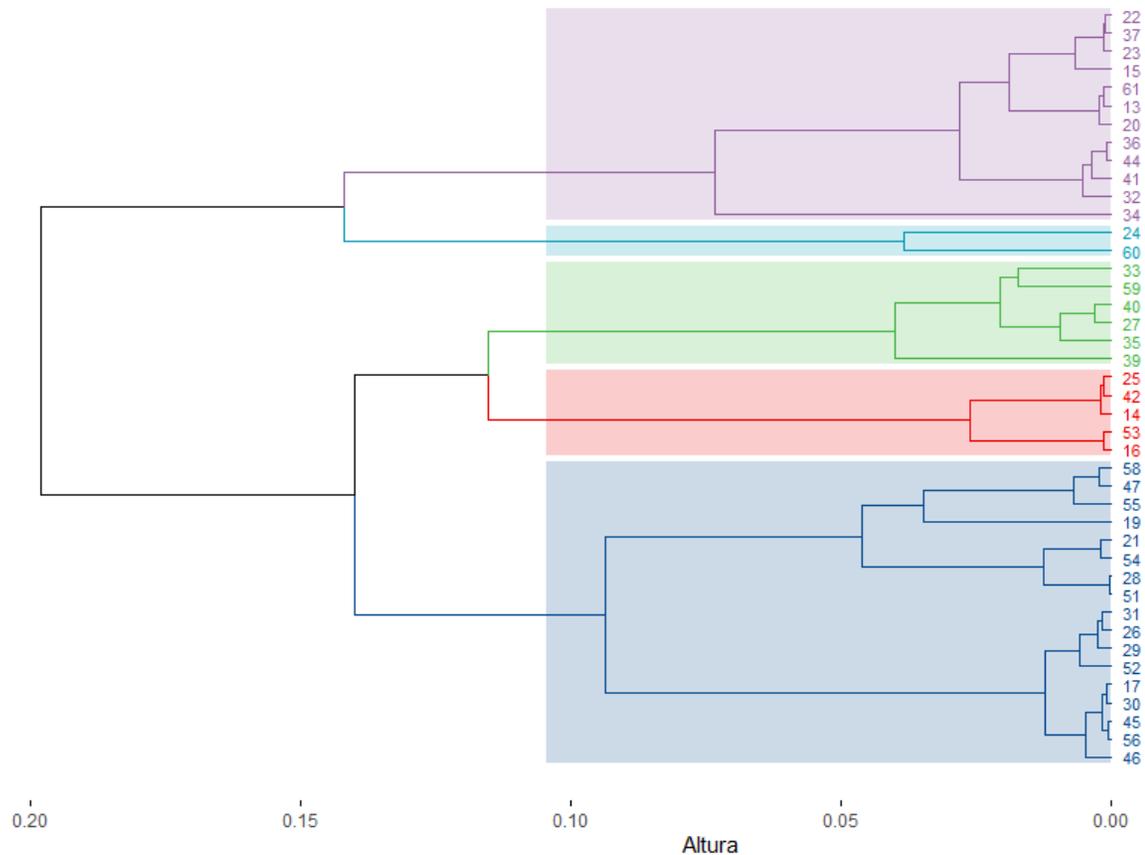


Figura 3. Dendrograma jerárquico de los frutos con base a los datos cualitativos

Fuente: Elaboración propia

Es importante indicar que el presente trabajo es el primero en evaluar las características fisicoquímicas de todo el germoplasma presente en la CCGG, no obstante, se recomienda seguir realizando estudios de otras características fisicoquímicas, como la cantidad de pectina presente en cada una de las accesiones, ya que este es uno de los principales constituyentes de los frutos de guayabo y que actualmente es muy valorado en la agroindustria por su uso como aditivo en la fabricación de alimentos procesados. También es importante tener en cuenta que la vida poscosecha de los frutos de guayabo es muy corta, ya que los mismos tienden a madurar rápidamente, afectando la cantidad y la calidad de algunos componentes como la vitamina C, por lo que se recomienda realizar el análisis de este tipo de analitos en laboratorios que se encuentren ubicados cerca a los sitios de cosecha y de esta manera, complementar los resultados obtenidos para estos componentes de los frutos.

Conclusiones

De acuerdo con las variables evaluadas en los frutos de guayaba, mediante el análisis de componentes principales y el análisis de correspondencia múltiple, se identificaron accesiones promisorias que podrían llegar a ser consideradas como parentales en programas de mejoramiento genético. Asimismo, a partir de los análisis multivariados se lograron identificar caracteres de alta variabilidad que permiten evaluar rápidamente el germoplasma de guayaba con un mínimo de variables. Además, en el análisis cualitativo se identificó que el germoplasma evaluado se caracteriza por tener frutos de forma convexa con cuello, pulpa de color rosado con textura granulosa, color verde como predominante en el epicarpio, inserción de pedúnculo oblicua, semillas de forma oblonga y forma de ápice del fruto con ombligo.

Respecto a los análisis cuantitativos, para la relación de la vitamina C y el peso del fruto se identificaron las accesiones 25, 33 y 36 como promisorias para estudios posteriores. Se sugiere complementar el presente estudio con la evaluación de analitos de interés comercial en las accesiones identificadas como promisorias y así poder orientarlas a satisfacer las demandas existentes en los mercados agroindustrial y de consumo en fresco.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Corporación Colombina de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) por su apoyo en el marco del proyecto “Caracterización y evaluación del recurso genético conservado”, de donde se deriva el presente manuscrito; al Departamento de Agrobiodiversidad, por facilitar el acceso al BG de guayaba; a los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Gabriela Moreno y Danny Aldaid Caldon Quina por el apoyo operativo al desarrollo de esta investigación; a Edinson Castillo López de Agrosavia por su orientación y desarrollo de las actividades en el laboratorio; a la Unidad de Análisis Industriales (UAI) por la cuantificación de los analitos de interés. Finalmente, al equipo editorial en conjunto con los revisores de la revista, quienes con sus sugerencias mejoraron los contenidos desarrollados en el presente documento.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Contribución de los autores

Oscar Roper-Osorio: ejecución técnica, escritura del artículo, análisis de información revisión y aprobación del documento final; Dubert Yamil Cañar-Serna: ejecución técnica, escritura del artículo, análisis de información revisión y aprobación del documento final; María Sara Mejía-de

Tafur: estructuración y escritura del artículo, análisis de información, revisión y aprobación documento final; Álvaro Caicedo-Arana: estructuración y escritura del artículo, análisis de información, revisión y aprobación documento final; Ayda-Lilia Enriquez-Valencia: estructuración y escritura del artículo, análisis de información, revisión y aprobación documento final; German Andrés Aguilera-Arango: estructuración y escritura del artículo, análisis de información, revisión y aprobación documento final; Eberto Rodríguez-Henao: estructuración y escritura del artículo, análisis de información, revisión y aprobación documento final.

Implicaciones éticas

El presente artículo cuenta con el aval del investigador principal (IP) del proyecto “2023 BGA conservación en Campo BG Vegetal”, ID 1002443 de Agrosavia, para presentar los resultados expuestos en el artículo. También se obtuvo el consentimiento de los colaboradores para usar la información suministrada en la documentación del proceso presentado en el artículo.

Conflicto de interés

Los autores manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Financiación

El artículo proviene de fondos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Agrosavia.

Referencias

- Aguilera-Arango, G. A., Rodríguez-Henao, E., Chaparro-Zambrano, H. N., & Orduz-Rodríguez, J. (2020). Estado actual de la investigación para el cultivo de guayaba en Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 845-860. <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.40207>
- Alvarado-Cepeda, Y. A., Mendoza-Villarreal, R., Sandoval-Rangel, A., Vega-Chávez, J. L., & Franco-Gaytán, I. (2020). Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenidos en dos sistemas de cultivo. *RIIT. Revista internacional de investigación e innovación tecnológica*, 8(43), 18-29. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-97532020000200002
- Álvarez-Sánchez, D. E., Gómez-López, E. D., Ordóñez-Jurado, H. R., & Rodríguez-Rondón, J. M. (2019). Tipología de fincas productoras de arveja (*Pisum sativum* L.) en la subregión Sur de Nariño, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(3), 659-677. <https://doi.org/10.21930/rcta.vol20num3art.1593>

- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (1997). *Official methods of analysis. Fertilizers*. Gaithersburg, Estados Unidos: National Institute of Agro-Environmental Sciences, Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken.
- Candelario-Mondragón, J., Toriz-Ahumada, L. M., & Guzmán-Maldonado, S. H. (2009). Caracterización de selecciones de guayaba para el Bajío de Guanajuato, México. *Agricultura técnica en México*, 35(3), 315-322. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172009000300008&script=sci_abstract
- Cedeño-Cruzati, E., & Párraga-Alava, R. (2021). Biopelícula de propóleo en la etapa de postcosecha de la guayaba (*Psidium guajava*). *Cienciamatria*, 8(14), 68-91. <https://doi.org/10.35381/cm.v7i3.626>
- Fajardo-Ortiz, A. G., Legaria-Solano, J. P., Granados-Moreno, J. E., Martínez-Solís, J. & Celis-Forero, Á. (2019). Caracterización morfológica y bioquímica de tipos de guayaba (*Psidium guajava* L.) colectados en Sumapaz, Colombia. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(3), 289-299. <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.3.289-299>
- González-Chavarro, C. F., Pulido-Blanco, V. C., Pantoja-Espinosa, D. C., & Portilla-Fuentes, F. (2021). Efecto de un recubrimiento comestible comercial sobre las características fisicoquímicas de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) bajo condiciones de almacenamiento. *Información tecnológica*, 32(3), 69-78. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000300069>
- Grajales, L. C., Guerra Dorado, D., & Rios-Rojas, L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 87-93. https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num1_art:382
- Guavita-Vargas, J., Avellaneda-Torres, L. M., Solarte, M. E., & Melgarejo, L. M. (2018). Carotenoides, clorofilas y pectinas durante la maduración de variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) de Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 379-389. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7717>
- Guevara-Ohara, J. E., Cardozo-Conde, C. I., & Santos-Meléndez, L. G. (2020). Caracterización morfo-anatómica y protocolo para estimar la viabilidad de semillas de *Psidium guajava*. *Acta Agronómica*, 69(2), 155-161. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n2.65257>
- Hernández-Delgado, S., Padilla-Ramírez, J. S., & Mayek-Pérez, N. (2018). Caracterización morfológica de germoplasma de guayabos de México: implicaciones en su conservación y mejoramiento genético. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(2). <https://doi.org/10.1590/0100-29452018887>
- López de la Maza, L., Zumalacárregui de Cárdenas, L., & Pérez Ones, O. (2019). Análisis de componentes principales aplicado a la fermentación alcohólica. *Revista Científica de la UCSA*, 6(2), 11-19. <https://revista.uca-ct.edu.py/ojs/index.php/uca/article/view/13>
- Martin, D. (2017). Embriogénesis somática: una herramienta biotecnológica para la propagación *in vitro* de guayaba. *Biotecnología Vegetal*, 17(4), 209-220. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/563/html>
- Melgarejo Muñoz, E., Melgarejo Muñoz, L. M., & Solarte, M. E. (2010). *Guía de orientación para cultivadores de guayaba de Puente Nacional, Vélez y Barbosa: punto óptimo de cosecha*. Colombia: Agrosavia.

- https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2347/44903_60241.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Padilla-Ramírez, J. S., Cortés-Penagos, C. J., Maldonado-Sierra, N. E., & Sánchez-Rico, T. (2012). Comparative analysis for Brix and ascorbic acid concentration of guava fruits under two fertilization treatments in Zacatecas, México. *III International Symposium on Guava and other Myrtaceae*, 959, 111-115. https://www.ishs.org/ishs-article/959_13
- Padilla-Ramírez, J. (2018). Caracterización morfológica de fruto de la colección *ex situ* de *Psidium guajava* L. *Agro Productividad*, 9(4), 9-18. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/740>
- Padilla, J. S., & González, E. (2010). Collection and characterization of Mexican guava (*Psidium guajava* L.) germplasm. *Acta Horticulturae*, 849, 49-54. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.849.4>
- Pérez-Pelea, L., Bandera-Fernández, E., Valdés-Infante, J., & Velázquez-Palenzuela, J. B. (2019). Correlación canónica entre caracteres vegetativos y del fruto en familias de guayabo (*Psidium guajava* L.). *Cultivos Tropicales*, 40(3), e06. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193262826006/html/>
- Pérez-Pelea, L., Bandera-Fernández, E., Valdés-Infante, J., Velásquez-Palenzuela, J. B., & Cornide-Hernández, M. T. (2019). Predicción de valores genéticos aditivos en genotipos de guayabo (*Psidium guajava*) (Myrtaceae). *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 40, 23-31. <https://revistas.uh.cu/rjbn/article/view/6657>
- Ramírez, R., Quijada, O., Camacho, R., & Burgos, M. (2010). Calidad fisicoquímica de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en tres localidades del estado Zulia, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 44(3), 285-296
- Rathore, D. S. (1976). Effect of season on the growth and chemical composition of guava (*Psidium guajava* L.) fruits. *Journal of Horticultural Science*, 51(1), 41-47. <https://doi.org/10.1080/00221589.1976.11514662>
- Rodríguez-Amado, R., Lafourcade-Prada, A., & Pérez-Rondón, L. (2013). Hojas de *Psidium guajava* L. *Revista Cubana de Farmacia*, 47(1), 127-135. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0034-75152013000100014&script=sci_abstract
- Rodríguez-Henao, E., Carabalí-Muñoz, A., Jaramillo, A., Correa-Moreno, D. L., Ocampo-Osorio, L. A., Prada-Forero, L. E., Caicedo-Arana, A., Grajales-Guzmán, L. C., & Montes-Prado, M. (2017). Corpoica Carmín 0328 Corpoica Rosa-C nuevas variedades de guayaba con alto rendimiento y calidad nutricional e industrial. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Colombia: editorial Agrosavia.
- Rodríguez-Medina, N. N., Fermin, G. A., Valdés-Infante, J., Velásquez, B., Rivero, D., Martínez, F., Rodríguez, J., & Rohde, W. (2010). Illustrated Descriptors For Guava (*Psidium guajava*). *Acta Horticulturae*, 849, 103-110. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.849.11>
- Rojas, D., & Narváez, C. (2009). Determinación de vitamina c, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en Colombia. *Química Nova*, 32(9), 2336-2340. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000900019>
- Romero-Ramírez, A. C., Salazar-Cerón, M. A., & Orduz-Rodríguez, J. O. (2019). Diagnóstico tecnológico y socioeconómico de los cultivos de maracuyá y guayaba en el Ariari, Meta. *Temas Agrarios*, 24(1), 42-52. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i1.1778>
- Sánchez Urdaneta, A. B., & Peña Valdivia, C. B. (2011). Descriptor morfológico para la caracterización del género *Psidium*. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del*
Cienc. Tecnol. Agropecuaria, 24(3): e3271
DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num3_art:3271

- Zulia, 28(3).
https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio_septiembre2011/v28n3a2011303343.pdf
- SAS Institute. (2018). *SAS User's Guide: Statistics, version 9.4*. Carolina del Norte, Estados Unidos: SAS Institute.
- Solarte, M. E., Romero, H. M., & Melgarejo, L. M. (2010). Caracterización ecofisiológica de la guayaba de la hoyá del río Suárez. En: Morales, A. L., & Melgarejo, L. M. (eds.). *Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (Psidium guajava L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, pp. 25-56.
- Suárez-Toledo, J. R., Hernández-Aguilar, C., Domínguez-Pacheco, F. A., & Aceves-Hernández, F. J. (2022). Caracterización de la guayaba cultivada en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(7), 1233-1245. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.3039>
- Thaipong, K., & Boonprakob, U. (2006). Repeatability, optimal sample size of measurement and phenotypic correlations of quantitative traits in guava. *Agriculture and Natural Resources*, 40(1), 11-19. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/243499>