

# BIOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y AGROINDUSTRIAL

Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias · Universidad del Cauca

## **PUBLICACIÓN ANTICIPADA EN LÍNEA**

El Comité Editorial de Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial informa que este manuscrito ha cumplido los requisitos editoriales y científicos y ha sido aprobado para publicación, con base en los conceptos emitidos por los pares evaluadores. Se publica anticipadamente, en versión pdf, de manera provisional, con base en la última versión electrónica del manuscrito y sin haber sido sometido a los procesos de edición, diagramación y corrección de estilo.

La versión anticipada de este manuscrito puede ser descargada, usada y citada, aclarando que la versión definitiva que se va a encontrar en la plataforma de la revista, puede diferir de ésta e aspectos de forma.

# Diversidad fenotípica de veinte accesiones promisorias de mangos criollos y comerciales introducidas en Colombia\*

## Phenotypic diversity of twenty promising accessions of native and commercial mangoes introduced in Colombia

LÓPEZ-HERNÁNDEZ, MARTHA-DEL PILAR<sup>1</sup>; SANDOVAL-ALDANA, ANGELICA-PIEDAD<sup>2</sup>; GARCÍA-LOZANO, JAIRO<sup>3</sup>; VALENCIA-MONTOYA, JORGE-ALBERTO<sup>4</sup>; BELTRAN-MEDINA, JOSE-ISIDRO<sup>5</sup>; CRIOLLO-NUÑEZ, JENIFER<sup>6</sup>

### RESUMEN

La alta variabilidad genética es una de las consecuencias de los procesos de adaptación de las especies ante factores abióticos y bióticos extremos, lo cual contribuye a asegurar su persistencia frente a posibles riesgos. Colombia tiene establecidos más de 200 ecotipos de mangos criollos,

---

\* Proyecto de investigación de origen: “Caracterización de los componentes grasos obtenidos de almendras de diferentes accesiones del banco de germoplasma de mango”. Financiación: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Minciencias. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. Centro de investigación Nataima.

<sup>1</sup> Universidad del Tolima, Facultad de ingeniería agronómica. M.Sc. Ingeniera agroindustrial. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-4214-0306>

<sup>2</sup> Universidad del Tolima, Facultad de ingeniería agronómica. Ph.D. Ingeniera química. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-0850-6394>

<sup>3</sup> Universidad del Tolima, Facultad de ingeniería agronómica. Ph.D. Ingeniero agrónomo. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-8774-3912>

<sup>4</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia - Sede Eje Cafetero. Profesional de investigación. Manizales, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6750-1032>

<sup>5</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia - C.I. Nataima. M.Sc. Ingeniero agrónomo. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-3395-4877>

<sup>6</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia - C.I. Nataima. Ph.D. Ingeniera de alimentos. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-1623-4966>

Correspondencia: [mdlopez@ut.edu.co](mailto:mdlopez@ut.edu.co)

### Cómo citar este artículo

LÓPEZ-HERNÁNDEZ, MARTHA-DEL PILAR; SANDOVAL-ALDANA, ANGELICA-PIEDAD; GARCÍA-LOZANO, JAIRO; VALENCIA-MONTOYA, JORGE-ALBERTO; BELTRAN-MEDINA, JOSE-ISIDRO; CRIOLLO-NUÑEZ, JENIFER. Diversidad fenotípica de veinte accesiones promisorias de mangos criollos y comerciales introducidas en Colombia. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 22, n. 2, 2024, p. xx-xx. Doi:

### Historial del artículo

Recibido para evaluación: 7 de septiembre 2021

Aprobado para publicación: 10 de abril 2024

sin embargo, en la mayoría de estos se desconocen propiedades importantes que son insumo fundamental para los programas de mejoramiento, por lo tanto, su caracterización implica un avance significativo en términos científicos y tecnológicos para la cadena. Por esta razón, se realizó la caracterización de la variabilidad cuantitativa y cualitativa de tres accesiones comerciales introducidas y diecisiete criollas, recolectadas en el banco de germoplasma de la nación colombiana, a cargo de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA y en los tres principales departamentos productores de mango en Colombia: Cundinamarca, Tolima y Antioquia. Para la determinación de las variables químicas, fueron evaluados el pH, los sólidos solubles totales, la acidez titulable y la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable. De las sesenta variables físicas, treintinueve fueron útiles para la diferenciación entre las accesiones. Los descriptores cuantitativos fueron analizados mediante la matriz de *Pearson* y según el análisis de componentes principales. Los componentes 1, 2 y 3 explicaron el 72 % de la varianza total. Las variables cualitativas se analizaron por la matriz de similitud empleando la distancia de *Gower*. Se obtuvo el dendrograma por el método de agrupamiento UPGMA, con cuatro clases. Para las características químicas, el análisis estadístico evidenció diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los materiales evaluados. Kala Alphonso y Mariquiteño fueron las variedades con valores más altos en sólidos solubles totales  $> 25$ , mientras que Chanclero, fue la de mayor porcentaje de ácido cítrico 0,55.

**PALABRAS CLAVES:** *Mangifera indica*; Descriptores; Variables cuantitativas; Variables cualitativas; Diversidad; Correlación; Dendrograma; Agrupamiento; Características químicas; Características físicas; Accesiones.

## ABSTRACT

High genetic variability is one of the consequences of the adaptation processes of species to extreme abiotic and biotic factors, which contributes to ensuring their persistence against possible risks. Colombia has established more than 200 ecotypes of native mangoes, however, in most of these important properties that are a fundamental input for improvement programs are unknown, therefore, their characterization implies a significant advance in scientific and technological terms for the chain. For this reason, the characterization of the quantitative and qualitative variability of three commercial accessions introduced and seventeen native ones, collected in the germplasm bank of the Colombian nation, in charge of the Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria - AGROSAVIA and in the three main mango producing departments in Colombia: Cundinamarca, Tolima and Antioquia. For the determination of the chemical variables, pH, total soluble solids, titratable acidity and the relationship between total soluble solids and titratable acidity were evaluated. Of the sixty physical variables, thirty-nine were useful for differentiation between accessions. The quantitative descriptors were analyzed using the Pearson matrix and according to the principal component analysis. Components 1, 2 and 3 explained 72 % of the total variance. The qualitative variables were analyzed by the similarity matrix using the Gower distance. The dendrogram was obtained by the UPGMA clustering method, with four classes. For the chemical characteristics, the statistical analysis showed significant differences ( $p \leq 0,05$ ) between the materials evaluated. Kala Alphonso and Mariquiteño were the varieties with the highest values in total soluble solids  $>25$ , while Chanclero, was the one with the highest percentage of citric acid 0,55.

**KEY WORDS:** *Mangifera indica*; Descriptors; Quantitative variables; Qualitative variables; Diversity; Correlation; Dendrogram; Grouping; Chemical characteristics; Physical characteristics; Accessions.

## INTRODUCCIÓN

La fruta tropical de mayor producción en el mundo es el mango (*Mangifera indica*). En el año 2018, la producción mundial anual fue de 52 millones de toneladas métricas aproximadamente y según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la producción muestra una tendencia creciente cada año (Lieb *et al.*, 2019). Lo anterior se atribuye a la gran demanda de consumo, pues se considera el rey de las frutas, gracias a su agradable sabor, apariencia y calidad nutritiva (Das *et al.*, 2019). Solo el 0,6 % de la producción mundial de fruta de mango es comercializada, pues los mismos países productores lo consumen (Bonilla *et al.*, 2010). Las variedades comerciales son aquellas que sobresalen por el color y consistencia como Tommy Atkins, Haden, Edward y Kent (Tuisima, L y Escobar-García, H, 2021). India, Indonesia, China, México y Pakistán se destacan como los principales países productores de mango. Por otro lado, México, Tailandia, Holanda, Brasil y Perú son reconocidos como los exportadores más destacados de esta fruta (Zavala-Martínez *et al.*, 2023).

En los siglos XVII y XVIII el mango fue introducido en Colombia por los portugueses y los españoles, distribuyéndose en las zonas cálidas principalmente (León *et al.*, 2022). Se estima un área sembrada de 26.435 hectáreas de mango (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR, 2019); el fruto es comercializado internamente como fruta fresca y procesada y para el mercado de exportación como fruta procesada (Holguín, 2021). En Colombia se presenta una elevada distribución de formas cultivadas y silvestres de mangos, los cuales experimentan cambios nutricionales y químicos según diferentes factores como la variedad, estado de madurez y condiciones edafoclimáticas, lo que genera la importancia de realizar su caracterización (Guerra *et al.*, 2018), en busca de obtención de genes de interés. A pesar de la riqueza genética de la especie de mango en Colombia, se está perdiendo dicha diversidad debido a la preferencia de variedades comerciales, las cuales tienen mayor aceptación en el mercado y causan el desinterés por las “criollas”, lo mismo ocurre en otros países como Indonesia (Sato *et al.*, 2021). De acuerdo con lo anterior, surge la necesidad de ampliar el conocimiento y valoración al respecto, con el objetivo de enfrentar la problemática de aprovechamiento de manera sostenible. El gobierno de Colombia ha facilitado la conformación del Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura, bajo la custodia del Instituto Colombiano Agropecuario – ICA y administrado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA en la sede Centro de Investigación Nataima, en donde se mantienen en condiciones *ex situ* 86 accesiones de mango, conservando la biodiversidad de esta especie, la cual se considera un recurso genético invaluable (He *et al.*, 2021).

La diversidad genética en plantas puede ser recopilada y conservada mediante recursos de germoplasma vegetal, tales como bancos de genes o bibliotecas de ADN (Mastretta-Yanes *et al.*, 2019). Entre los cultivos de frutas tropicales y subtropicales, el mango destaca por su popularidad a nivel mundial. La investigación de la diversidad genética del mango, a través del uso de diversos marcadores moleculares, constituye una estrategia crucial para la recolección, conservación, utilización y desarrollo de nuevas variedades de germoplasma de mango (Armas y Valenzuela, 2020).

Igbari *et al.* (2019) realizaron la caracterización morfológica de siete cultivares de mango del suroeste de Nigeria empleando un análisis de componentes principales y de conglomerados. Encontraron dos grupos de cultivares y recomendaron dicha metodología para realizar una caracterización adicional de los diferentes cultivares, lo que facilitaría el manejo de germoplasma y el mejoramiento de cultivos. Así mismo, Arogundade *et al.* (2022) realizaron una caracterización fenotípica y molecular de diecisiete cultivares de mango en el suroeste de Nigeria (África), evaluando ocho características cuantitativas de frutos. Los marcadores morfológicos moleculares mostraron que los cultivares de mango eran diversos, excepto 'Saigon' y 'Julie', así como 'Harden'

y 'Lipen', que, aunque parecen morfológicamente distintos en función de los rasgos poco estudiados, mostraron una gran similitud entre sí a través de análisis molecular.

Desde esta perspectiva y buscando que las variedades criollas colombianas sean valoradas y conocidas, el objetivo de este trabajo fue identificar los descriptores más relevantes en la discriminación de los materiales realizando la caracterización morfoagronómica de 17 accesiones criollas y 3 variedades comerciales introducidas de mango, para comparar y evaluar la diversidad fenotípica encontrada en tres departamentos de mayor producción de mango en Colombia (Cundinamarca, Tolima y Antioquia), además de la colección de mango en el banco de germoplasma del C. I. Nataima de AGROSAVIA y así caracterizar las colecciones promisorias como información esencial de los programas de mejoramiento.

## MÉTODO

### Muestreo

En la siguiente sección, se detallan las accesiones que han sido objeto de estudio, junto con su lugar de origen. Cada accesión, ha sido recolectada y preservada para su estudio (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Origen de accesiones evaluadas.

ACCESIÓN	ORIGEN	Localización geográfica		
		Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)
ICA 1837 (Filipino) (Criollo)	Banco de germoplasma, Centro de Investigación Natiama. El Espinal (Tolima)	4° 11'38.19''	74° 57'49.40''	377
Van Dyke (Comercial)				
Lorito 1969 (Criollo)				
Bocao (Criollo)				
ICA 1841 (Picuda) (Criollo)				
Edward (Comercial)				
Chupa (Criollo)				
Pig 3736 (Criollo)				
Albania (Criollo)				
Rosa (Criollo)				
Manzano Vallenato (Criollo)				
Kala Alphonso (Comercial)				
Lorito (Criollo)	Jerusalén (Cundinamarca)	4° 29'26''	74° 40'12''	467
Chanquete Rosado (Criollo)	Viotá (Cundinamarca)	4° 27'07''	74° 32'00''	664
Pajarito (Criollo)	El Espinal (Tolima)	4° 11'51''	74° 58'09''	388
Chanquete (Criollo)				
Mariquiteño (Criollo)				
HilAnt05 (Criollo)	Santa Bárbara (Antioquia)	5° 50'45''	75° 34'40''	1344
HilAnt07 (Criollo)	Santa Bárbara (Antioquia)	5° 51'11''	75° 34'15''	1295
HilAnt15 (Criollo)	Santa Bárbara (Antioquia)	5° 52'03''	75° 34'22''	1575

20 frutos colectados de 5 árboles, en etapa de madurez fisiológica de cada accesión fueron seleccionados para la evaluación, teniendo en cuenta la uniformidad en la forma, tamaño, color y ausencia de daños.

## **Análisis Físico**

Para el análisis físico de los frutos, se establecieron 24 descriptores cuantitativos (longitud del fruto, diámetro del fruto, relación longitud/diámetro, grosor del fruto, peso del fruto, grosor de cáscara, firmeza del fruto, peso de cáscara, porcentaje de cáscara, grosor de la pulpa, longitud de fibras en la pulpa, peso de pulpa, porcentaje de pulpa, peso de endocarpo y semilla, longitud del endocarpo, diámetro del endocarpo, grosor del endocarpo, peso endocarpo, porcentaje de endocarpo, longitud de semilla, diámetro de semilla, grosor de semilla, peso de semilla, porcentaje de semilla) y 36 descriptores cualitativos (forma del fruto, tipos de daño del fruto, forma base del fruto, inserción del fruto en el tallo, inserción del pedúnculo en fruto, cantidad de látex que exuda el pedúnculo, cavidad peduncular, forma del pico del fruto, hombro ventral, hombro dorsal, posición de los hombros, seno, tipo de seno, forma de ápice, prominencia del cuello, textura de cáscara, serosidad de cáscara, color de cáscara, color del rubor del fruto, tamaño de lenticelas, densidad de lenticelas, adherencia de la cáscara a la pulpa, aroma de pulpa, color de pulpa, textura de pulpa, jugosidad de pulpa, sabor de pulpa, presencia de fibra en pulpa, cantidad de fibra en la pulpa, adherencia de la fibra al endocarpo, textura de la fibra del endocarpo, Patrón de venación del endocarpo, tipo de venación del endocarpo, cantidad de fibras sobre el endocarpo, espacio ocupado por la semilla en el endocarpo, forma de semilla, tipo de embrión), de acuerdo con los protocolos del laboratorio de ciencias agroalimentarias del Centro de Investigación Nataima de AGROSAVIA, los cuales fueron adaptados del Instituto Internacional de Recursos Genéticos (IPGRI) y de Avilán *et al.* (2002).

## **Análisis Químico**

Para llevar a cabo el análisis químico, se determinaron los sólidos solubles totales, mediante el uso de un refractómetro digital marca ATAGO, que expresó las lecturas en °Brix (Vieccelli *et al.*, 2016). También se determinó el pH mediante un potenciómetro marca HANNA instruments y la acidez titulable fue determinada de acuerdo con Farina *et al.* (2020), por último, se determinó la relación de los sólidos solubles totales y la acidez titulable.

## **Análisis Estadístico**

La información obtenida de los descriptores cuantitativos se sometió a un análisis inicial mediante la matriz de correlación de *Pearson*, la cual permitió depurar los datos. Después de este paso, se realizó un análisis de componentes principales (ACP). Utilizando los resultados del ACP, se evaluó la distancia *Eucladiana*, y se elaboró el dendrograma empleando el método de agrupamiento UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). En cuanto a las variables cualitativas, se realizó la matriz de similitud empleando la distancia de *Gower*, arrojando como resultado el dendrograma por el método de agrupamiento UPGMA. La información recolectada para las características químicas fue analizada por medio de un diseño experimental totalmente aleatorizado, por el método de comparaciones múltiples propuesto por Fisher con medias al nivel  $\alpha = 0,05$ .

La información obtenida fue procesada mediante el uso del software estadístico InfoStat®.

## **RESULTADOS**

### **Análisis Físico**

**Descriptores cuantitativos.** Las principales características cuantitativas de las 20 accesiones de mango estudiadas se presentan en el cuadro 2. Se registraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el peso de la cáscara, grosor de la pulpa, diámetro del endocarpo, porcentaje del endocarpo, longitud de semilla, diámetro de semilla, grosor de semilla y porcentaje de semilla, lo que concuerda con los resultados encontrados por Ramírez *et al.* (2010) y Jena *et al.* (2021), lo que indica que los caracteres asociados al fruto de mango son de alta variabilidad.

Una de las variables que se tienen en cuenta para la selección de nuevos cultivares, es el porcentaje de semilla que no debe exceder el 10 % (Galán, 2010). De acuerdo con lo anterior, la prueba de comparación múltiple permitió resaltar algunos materiales criollos (Ica 1837 (Filipino) y albania) y materiales comerciales (Edward y Van Dyke) por su elevado porcentaje de pulpa representado en el grosor de pulpa y bajo porcentaje de semilla. Así mismo, se observaron algunos materiales criollos como Rosa, Chupa y Chanclero Rosado que presentaron la menor proporción en pulpa y Bocao, Pajarito y en el caso de Pig 3736 se presentó un alto porcentaje de semilla.

**Cuadro 2.** Principales características cuantitativas de 20 accesiones de mango.

ACCESIÓN	*P. C. (g)	*G. P. (cm)	*D.E. (cm)	*P. E. (%)	*L. S. (cm)	*D. S. (cm)	*G. S. (cm)	*P. S. (%)
Albania	51,37 bc	1,79 b	4,53 a	4,33 g	5,49 fg	3,46 a	1,63 e	3,64 k
Bocao	19,31 k	0,63 jk	3,11 j	6,95 de	6,04 de	2,46 e	1,65 de	13,09 a
Chanclero	39,65 de	0,90 fg	3,54 g	6,71 e	5,97 e	2,88 cd	1,51 f	6,34 gh
Chanclero Rosado	34,49 fg	0,83 ghi	3,56 g	7,36 de	6,78 b	2,87 cd	1,65 de	7,73 e
Chupa	40,52 d	0,84 gh	3,40 h	7,04 de	6,35 cd	2,81 d	1,67 de	6,66 fg
Edward	52,26 b	1,59 c	3,87 def	4,04 g	6,56 bc	3,42 a	1,73 bcd	5,40 ij
HilAnt05	31,06 fgh	1,01 ef	3,87 de	6,77 de	5,73 ef	2,98 bc	1,80 ab	9,40 cd
HilAnt07	30,49 gh	1,02 ef	3,77 ef	6,91 de	5,77 ef	2,97 bc	1,73 bcd	8,67 d
HilAnt15	31,00 fgh	0,91 fg	3,89 de	7,46 cd	6,06 de	2,84 cd	1,81 ab	9,85 c
Ica 1837 (Filipino)	71,50 a	2,24 a	4,55 a	2,29 h	6,37 cd	3,44 a	1,62 e	3,04 k
Ica 1841 (Picuda)	42,01 d	1,33 d	3,91 d	4,09 g	5,31 gh	3,33 a	1,64 de	5,83 hi
Kala Alphonso	29,32 h	1,22 d	3,98 cd	5,75 f	5,13 h	3,04 b	1,69 cde	5,95 ghi
Lorito	40,29 d	0,71 ijk	4,06 c	9,68 a	5,72 ef	2,88 cd	1,81 b	7,30 ef
Lorito 1969	47,63 c	1,28 d	3,94 cd	8,15 bc	6,53 bc	2,99 bc	1,47 f	5,96 ghi
Manzano Vallenato	35,42 ef	1,07 e	3,74 f	2,15 h	5,24 gh	3,08 b	1,49 f	5,07 j
Mariquiteño	28,20 hi	0,94 fg	3,92 cd	7,01 de	4,53 i	2,79 d	1,49 f	5,40 ij
Pajarito	24,42 ij	0,60 k	3,24 i	8,45 b	7,22 a	2,54 e	1,77 abc	13,60 a
Pig 3736	20,14 jk	1,07 e	3,20 ij	7,01 de	5,51 fg	2,79 d	1,85 a	10,71 b
Rosa	18,91 k	0,73 hij	2,85 k	9,51 a	5,33 gh	2,42 e	1,52 f	9,34 cd
Van Dyke	49,60 bc	1,51 c	4,25 b	4,11 g	5,80 ef	3,39 a	1,69 cde	5,38 ij
Coefficiente de variación (%)	20,08	17,85	5,83	18,35	9,7	8,29	9,33	16,8
DMS	4,6	0,12	0,13	0,71	0,35	0,15	0,09	0,75

\* P.C.: peso de la cáscara; G.P.: grosor de la pulpa; D.E.: diámetro del endocarpo; P.E.: porcentaje del endocarpo; L.S.: longitud de semilla; D.S.: diámetro de semilla; G.S.: grosor de semilla; P.S.: porcentaje de semilla.  $n = 20 \pm$  error estándar; Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Gracias a la matriz de correlación de *Pearson*, se logró suprimir una variable de cada par, en aquellos descriptores que presentaron índices de correlaciones altas ( $\geq 0,80$ ) y probabilidad  $p \leq 0,0001$ . El cuadro 3 muestra los descriptores que se correlacionaron.

Según el análisis factorial de correspondencias múltiples efectuado sobre la base de la diversidad encontrada, permitió establecer que tres factores explican el 72 % de la varianza total. Se destaca que las variables peso de pulpa, grosor de pulpa y peso de cascara presentaron las mayores correlaciones positivas para los descriptores evaluados. De igual forma se pudo establecer que los descriptores relacionados con el endocarpo registraron menores coeficientes de correlación. A nivel general se pudo establecer que el porcentaje de pulpa presentó una alta correlación negativa con el porcentaje de endocarpo y semilla, evidenciando que entre menor endocarpo y semilla tenga un fruto mayor es el porcentaje de pulpa. Este último, es considerado un atributo relevante, ya que la aceptación del fruto y su potencial para el cultivo, tanto industrial como para consumo fresco, dependen en gran medida del contenido de pulpa (Zavala *et al.*, 2020).

A partir de la elevada correlación presentada, se suprimieron siete descriptores cuantitativos de las veinticuatro iniciales, por lo cual el ACP se efectuó utilizando diecisiete descriptores. El componente principal 1 explica el 36 % de la varianza total, correlacionando variables referentes a dimensiones y porcentajes de pulpa, cáscara, endocarpo y semilla como: diámetro de la semilla (0,94), grosor de la pulpa (0,92), porcentaje de semilla (0,90), peso de la cáscara (0,89), diámetro del endocarpo (0,85) y porcentaje del endocarpo (0,83). El componente principal 2 explica el 22 % de la variabilidad y lo conforman dos descriptores de semilla: longitud de semilla (0,87) y peso de semilla (0,80). Y, por último, el componente principal 3 explica el 14 % de la variabilidad compuesto principalmente por el grosor de la semilla (0,85).

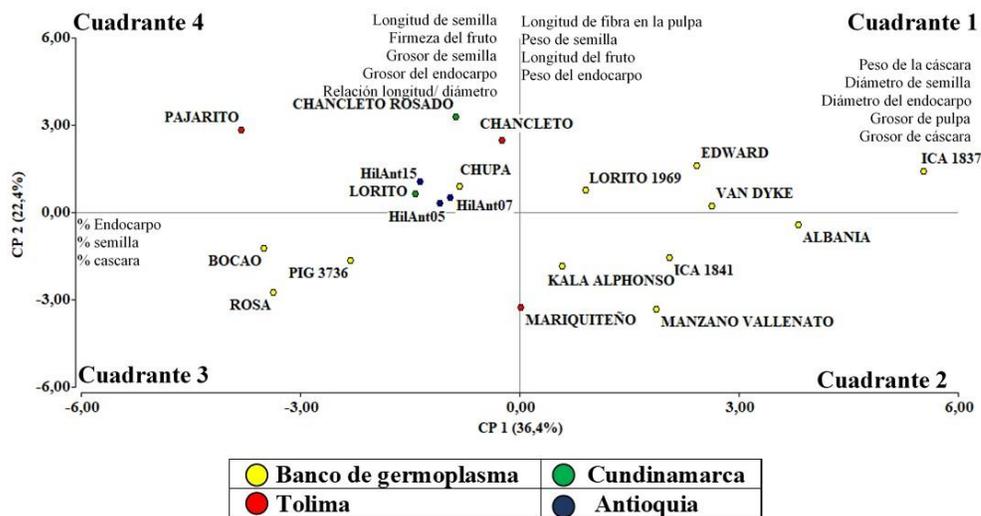
**Cuadro 3.** Matriz de correlación de Pearson cuantitativos.

	L.F.	D.F.	G.F.	P.F.	P.C.	G.P.	P.P.	%P.	P.E.S	%E.S	L.E.	D.E.	%E	%S.
L.F.	1													
D.F.	0,31	1												
G.F.	0,27	<b>0,97</b>	1											
P.F.	0,55	<b>0,92</b>	<b>0,92</b>	1										
P.C.	0,56	<b>0,83</b>	<b>0,82</b>	<b>0,89</b>	1									
G.P.	0,26	<b>0,83</b>	<b>0,84</b>	<b>0,82</b>	0,69	1								
P.P.	0,52	<b>0,92</b>	<b>0,91</b>	<b>1</b>	<b>0,85</b>	<b>0,84</b>	1							
%P.	0,29	<b>0,82</b>	0,79	0,76	0,53	0,73	<b>0,8</b>	1						
P.E.S	0,54	0,29	0,33	0,4	0,48	0,17	0,33	-0,04	1					
%E.S	0,48	0,23	0,24	0,31	0,44	0,13	0,25	-0,06	<b>0,83</b>	1				
L.E.	<b>0,92</b>	-2,50E-03	-0,03	0,27	0,31	-0,04	0,23	0,01	0,53	0,48	1			
D.E.	0,21	<b>0,82</b>	<b>0,81</b>	0,73	0,71	0,64	0,71	0,58	0,41	0,42	-4,80E-03	1		
%E.	-0,17	-0,71	-0,69	-0,64	-0,48	-0,65	-0,68	<b>-0,85</b>	0,19	0,4	0,09	-0,4	1	
%S.	-0,34	-0,79	-0,74	-0,71	-0,67	-0,66	-0,72	<b>-0,81</b>	-0,06	-0,28	-0,07	-0,66	0,53	1

L.F. Longitud del fruto; D.F. Diámetro del fruto; G. F. Grosor del fruto; G. F. Grosor del fruto; P.C. Peso de cáscara; G. P. Grosor de pulpa; P.P. Peso de pulpa; %P. Porcentaje de pulpa, P.E.S. Peso de endocarpo y semilla; %E.S. Porcentaje de endocarpo y semilla; L.E. Longitud de endocarpo; D.E. Diámetro de endocarpo; %E. Porcentaje de endocarpo; %S. Porcentaje de semilla.

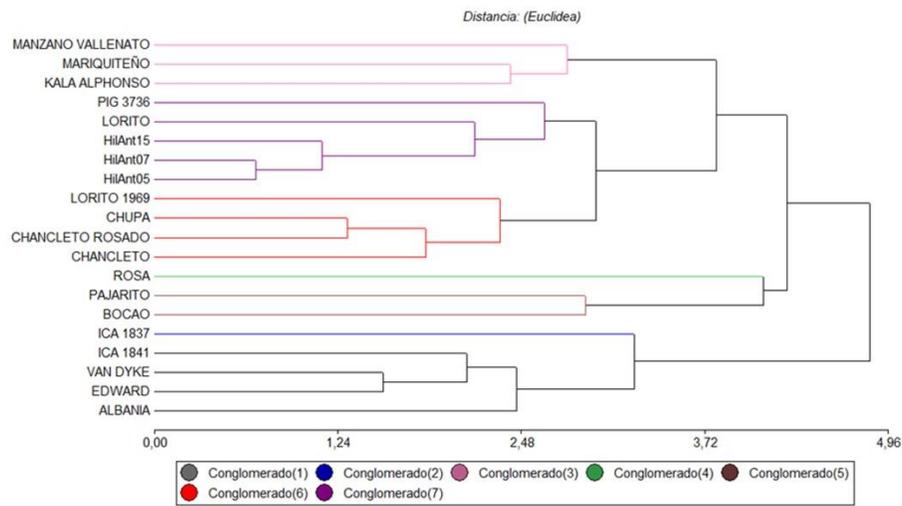
La Figura 1 ilustra la distribución espacial de las poblaciones, basándose en los dos primeros componentes principales, en los que los grupos que se forman en cada cuadrante son definidos por las características de dimensiones y porcentajes. De acuerdo con lo anterior, en los cuadrantes uno y dos se encuentran los materiales con grandes dimensiones, elevado porcentaje de pulpa y bajos rendimientos en co-productos como cáscara, endocarpo y semilla, por el contrario, en los cuadrantes tres y cuatro están los materiales pequeños con alto porcentaje en

co-productos. Adicionalmente, permite evidenciar que el lugar de colecta puede tener un impacto significativo en la agrupación de las accesiones, lo que se observa claramente en el hecho de que las accesiones recolectadas en Antioquia (HilAnt05, HilAnt07 e HilAnt15) y Cundinamarca (Lorito y Chancleto rosado) comparten el mismo cuadrante, específicamente el cuadrante 4. Esta agrupación sugiere que las condiciones ambientales y geográficas específicas de estas regiones podrían estar influyendo en las características fenotípicas de las accesiones, en tanto que la proximidad de estas accesiones en el espacio de la figura indica que comparten similitudes que podrían ser atribuidas a factores comunes del entorno de colecta, lo que resalta la importancia de considerar la procedencia geográfica en el análisis de la diversidad genética y la selección de materiales para programas de mejoramiento.



**Figura 1.** Distribución espacial de 20 accesiones de mango con base en los principales descriptores cuantitativos.

En cuanto a las accesiones colectadas en el banco de germoplasma, no se observa el mismo comportamiento, por el contrario, se evidencia bastante dispersión teniendo en cuenta que son accesiones provenientes de diversos lugares que fueron sembrados en dicho lugar con criterios de conservación ex situ. A partir del ACP se lograron identificar los descriptores de mayor aporte a la variabilidad de los datos, los cuales fueron utilizados para realizar el análisis de conglomerados (Figura 2) que fue obtenido con la distancia *euclidiana*, utilizando el criterio de corte para la formación de los grupos de 0,5. Se conformaron siete grupos con un elevado grado de similitud entre las accesiones, mostrando concordancia con el ACP.



**Figura 2.** Dendrograma de 20 accesiones de mango basado en características cuantitativas obtenido por el método UPGMA.

El conglomerado (1) agrupa variedades que comparten variables de interés comercial para el mercado en fresco como alto peso en cáscara (36 g - 52 g) y bajo porcentaje de endocarpo (4 %) y semilla (3- 5 %). El conglomerado (2) lo conforma una variedad criolla (Ica 1837 (Filipino)) con características sobresalientes al poseer los valores más altos en dimensiones y pesos, exceptuando el porcentaje de semilla bajo (3 %). Las variedades que agrupa el conglomerado (3) se caracterizan por poseer longitudes de semilla entre 4 y 5 cm y peso de 11 a 15 g. El conglomerado (4) también lo conforma una variedad (Rosa), con baja longitud y peso de semilla, y porcentaje de semilla medio (9 %). El conglomerado (5) lo componen variedades con el porcentaje de semilla más alto (>13 %). En el conglomerado (6) se encuentran las variedades con diámetro de endocarpo medio (3-4 cm) y diámetro de semilla pequeños ( $\pm$  2 cm). Finalmente, en el conglomerado (7) se encuentran las variedades con semillas de longitud media (5 cm -6 cm) y menor diámetro.

**Descriptoros cualitativos.** El cuadro 4 evidencia la variabilidad genética de las accesiones evaluadas, de acuerdo con los descriptoros cualitativos.

**Cuadro 4.** Frecuencias de 21 descriptoros cualitativos en 20 accesiones de mango.

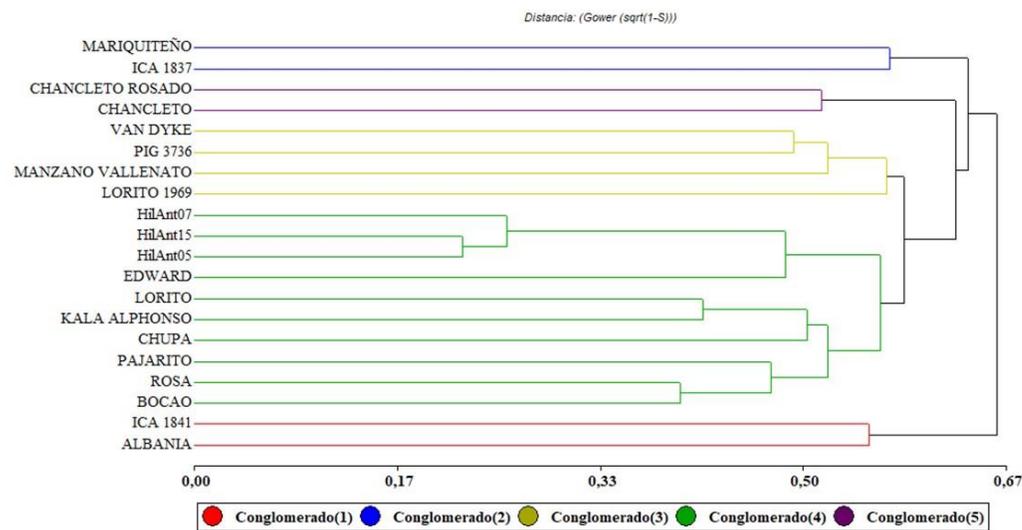
Descriptor	Característica	FA <sup>1</sup>	FR <sup>2</sup>	Descriptor	Característica	FA <sup>1</sup>	FR <sup>2</sup>
Forma del fruto	Oblongo	2	10	Hombro Dorsal	Curva larga	10	50
	Oblongo oblicuo	1	5		Caída	10	50
	Oblongo reniforme	3	15	Tipo de Seno	Poco profundo	16	80
	Oblongo oval	3	15		Profundo	4	20
	Elíptico	1	5	Forma del Ápice	Puntiagudo	4	20
	Ovoide oblicuo	2	10		Redondeado	14	70
	Ovoide oblongo	1	5		Muy redondeado	2	10
	Oblicuo con espalda ventral redondeada	2	10	Rubor del Fruto	Naranja	1	5
Redondeado oblicuo	1	5	Rojo		13	65	

	Cordiforme	1	5		Amarillo	6	30
	Alargado	3	15	<b>Adherencia de la Cáscara a la Pulpa</b>	Débil	6	30
<b>Forma de Base del Fruto</b>	Aplanada	7	35		Intermedio	10	50
	Redondeada	3	15	Fuerte	4	20	
	Ovalada	5	25	<b>Aroma de la Pulpa</b>	Leve	12	60
	Ligeramente aplanada	5	25		Intermedio	8	40
	<b>Inserción del Fruto en el Tallo</b>	Oblicua	14	70	<b>Color de la Pulpa</b>	Amarillo oro	2
Vertical		6	30	Amarillo naranja		15	75
<b>Inserción del Pedúnculo en Fruto</b>	Débil	10	50	Naranja		2	10
	Intermedio	10	50	Amarillo		1	5
<b>Cantidad de Látex exudado por el Pedúnculo</b>	Bajo	2	10	<b>Jugosidad de la Pulpa</b>		Poco jugosa	11
	Medio	11	55		Jugosa	9	45
	Alto	7	35	<b>Sabor de Pulpa</b>	Leve	6	30
<b>Cavidad Pedúnculo</b>	Ausente	7	35		Intermedio	12	60
	Superficial	8	40		Fuerte	2	10
	Media	4	20	<b>Cantidad de Fibra Pulpa</b>	Bajo	1	5
	Profunda	1	5		Intermedio	8	40
<b>Forma del Pico del Fruto</b>	Ausente	1	5		Alto	11	55
	Perceptible	10	50	<b>Textura de Fibra en Endocarpo</b>	Suave	15	75
	Ligeramente prominente	8	40		Coriácea	5	25
	Mamiforme	1	5	<b>Tipo de Venación en el Endocarpo</b>	Nivel con la superficie	3	15
<b>Hombro Ventral</b>	Abruptamente inclinado	4	20		Deprimida	13	65
	Finaliza en curva	8	40		Elevada	4	20
	Redondeado	8	40	<b>Cantidad de Fibra en el Endocarpo</b>	Intermedio	8	40
			Alto		12	60	

<sup>1</sup> FA: Frecuencia absoluta; <sup>2</sup> FR: Frecuencia relativa.

El color externo del mango es un factor crucial en el mercado, de hecho, en Europa, las variedades de mango de color verde están ganando relevancia (Guagua, 2021). En cuanto a la evaluación de las características cualitativas, se identificó únicamente una variedad con fruto de color verde, la Ica 1837 (Filipino).

Se observó que ciertos descriptores cualitativos, como la posición de hombros ventral más alta que la dorsal, la presencia de seno, la textura lisa de la cáscara, el tamaño pequeño de las lenticelas, la densidad numerosa de lenticelas y la presencia de fibra en la pulpa, eran comunes en la mayoría de las accesiones estudiadas. Considerando los descriptores cualitativos con mayor variabilidad, se elaboró el dendrograma de la Figura 3, que muestra las relaciones y diferencias entre las accesiones. Este tipo de visualización es habitual en investigaciones de esta índole, ya que permite destacar los grupos de diversidad y explicarlos en función de la presencia de características específicas en los individuos (Zhang *et al.*, 2020). Como resultado del análisis de conglomerados, se formaron cinco grupos, a diferencia de los tres grupos obtenidos por Figueredo (2021) para descriptores cuantitativos cuya discrepancia puede atribuirse a que Figueredo trabajó con materiales de mango provenientes de un banco de germoplasma, donde la variabilidad es considerablemente menor en comparación con los resultados de esta investigación.



**Figura 3.** Dendrograma a partir de características cualitativas obtenido por el método UPGMA, para 20 accesiones de mango.

El conglomerado (1) lo conforman variedades con forma de base aplanada, hombro ventral redondeado, hombro dorsal en caída, pulpa muy jugosa y cantidad de fibra en la pulpa y en el endocarpo intermedio. Las variedades que se agrupan en el conglomerado (2) se caracterizan por poseer la base ligeramente aplanada, hombro ventral redondeado, hombro dorsal en caída, seno poco profundo, ápice puntiagudo, color del fruto totalmente amarillo, sin coloración en su base y pulpa con jugosidad intermedia. El conglomerado (3) agrupa variedades con cavidad peduncular superficial, tipo de seno poco profundo, forma del ápice redondeado, cantidad de fibra en la pulpa intermedia, y color rojo característico en su base. El 50 % de las variedades estudiadas se encuentran en el conglomerado (4), las cuales se caracterizan por poseer formas del fruto oblongo oval, oblongo reniforme, ovoide oblicuo y alargado, hombro dorsal en caída y en curva larga, poseen alta cantidad de fibra y tipo de venación deprimida en el endocarpo. Finalmente, el conglomerado (5) que agrupa dos variedades altamente uniformes (Chanclero y Chanclero Rosado) al compartir forma del fruto alargado, forma de base ovalada, cavidad peduncular ausente, hombro ventral abruptamente inclinado y hombro dorsal en curva larga, además de forma del ápice redondeado.

### Análisis Químico

Existen características clave que influyen en la aceptación de los mangos frescos de alta calidad por parte de los consumidores, entre los que se incluyen el sabor, el olor, la textura y los componentes químicos, los cuales dependen en gran medida del nivel de madurez (Farina *et al.*, 2020). En el Cuadro 5 se presentan las propiedades químicas evaluadas en las diferentes accesiones, donde se encontró una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre ellas. La medición del pH es un indicador del grado de perechibilidad de un producto alimenticio (Santos *et al.*, 2009). Los valores de pH obtenidos variaron desde 3,20 para la variedad Pajarito (criollo) hasta 4,84 para la variedad Rosa (criollo), resultados que son similares a los reportados por Bekele *et al.* (2020).

Los sólidos solubles totales, medidos en grados Brix, indican el porcentaje de sacarosa en la pulpa del fruto. La industria de alimentos procesados exige un mínimo del 10 al 20% de sacarosa (Lawson *et al.*, 2019), requisito que cumplen todas las variedades estudiadas. Es relevante destacar que las variedades criollas Mariquiteño y Chupa, con un contenido de sacarosa del 25,60 y 24,30 % respectivamente, presentan los mayores niveles entre las variedades criollas. Esto las hace especialmente atractivas para la industria de alimentos procesados, ya que su alto contenido de sacarosa permite reducir la adición de azúcares y aumentar los rendimientos, generando beneficios económicos tanto para la industria como para el productor.

La acidez titulable es una variable que, de cierta manera, es un indicador de las características organolépticas del fruto, al medir el porcentaje de ácidos orgánicos, en este caso, el ácido cítrico, el cual se considera un componente importante del sabor del fruto (Ramírez *et al.*, 2010); para el estudio realizado los valores fluctuaron entre 0,20 para Albania (criollo) y 0,55 para Chancleto (criollo).

La acidez titulable y los sólidos solubles totales se utilizan normalmente para determinar los parámetros de maduración y los atributos de calidad de los frutos de mango, como el sabor, el color, la firmeza y la estabilidad microbiana (Tyl y Sadler, 2017; Barrón-García *et al.*, 2021). En estudios realizados se ha encontrado que esta relación es el mejor indicador de los sabores amargos y astringentes en el mango, aun mejor que el grado de dulzor, lo que ayudaría a establecer el grado o sensación de dulzor (Lebaka *et al.*, 2021). El mango chancleto (Criollo) presenta el valor menor con un resultado de 34,73, mientras que el mango mariquiteño (criollo) presenta el valor mayor con 121,90 siendo, tal vez, la variedad con la más alta sensación de dulzor.

**Cuadro 5.** Características químicas de 20 accesiones de mango en el banco de germoplasma y los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Antioquia.

Accesión	pH	°BRIX	Acidez titulable	°Brix/ acidez titulable
Albania	4,23 j	18,60 k	0,20 n	93,00 d
Bocao	4,76 b	20,30 h	0,23 k	88,26 f
Chancleto	3,48 q	19,10 j	0,55 a	34,73 s
Chancleto Rosado	3,58 p	16,60 n	0,28 g	59,29 l
Chupa	4,37 g	24,30 c	0,27 h	90,00 e
Edward	3,96 m	13,50 s	0,23 k	58,70 m
HilAnt05	4,41 f	19,20 i	0,46 b	41,74 r
HilAnt07	4,28 i	20,40 g	0,34 d	60,00 k
HilAnt15	4,51 e	16,00 o	0,28 g	57,14 n
Ica 1837 (Filipino)	4,33 h	14,00 r	0,25 i	56,00 o
Ica 1841 (Picuda)	3,94 n	14,40 q	0,31 f	46,45 p
Kala Alphonso	3,86 o	26,20 a	0,27 h	97,04 b
Lorito	4,18 k	22,20 d	0,34 d	65,29 i
Lorito 1969	4,56 c	20,80 f	0,22 l	94,55 c
Manzano Vallenato	4,18 k	18,00 l	0,24 j	75,00 g
Mariquiteño	4,28 i	25,60 b	0,21 m	121,90 a
Pajarito	3,20 r	21,00 e	0,35 c	60,00 k
Pig 3736	4,53 d	13,31 t	0,21 m	63,38 j

<b>Rosa</b>	4,84 a	17,40 m	0,24 j	72,50 h
<b>Van Dyke</b>	3,97 l	15,30 p	0,33 e	46,36 q

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

Los descriptores cuantitativos que tuvieron un mayor impacto en la caracterización de las accesiones de mango evaluadas fueron el grosor de la pulpa, el peso de la cáscara, el diámetro del endocarpo, el porcentaje del endocarpo, el diámetro de la semilla, el porcentaje de semilla, la longitud de la semilla, el peso de la semilla y el grosor de la semilla, según se desprende del análisis de componentes principales realizado. Además, la distribución espacial de las 20 accesiones de mango, basada en los descriptores cuantitativos más relevantes, reveló que el lugar de recolección puede tener una influencia significativa en la forma en que se agrupan las accesiones estudiadas. En lo que respecta al análisis de conglomerados, se obtuvieron siete grupos para las variables cuantitativas, mientras que para las variables cualitativas se distinguieron cinco grupos. Esto evidencia que los descriptores cuantitativos contribuyen en mayor medida a la distinción de los grupos por características similares. Asimismo, se destacó el potencial de dos variedades criollas: ICA 1841 (Picuda) y Albania. De acuerdo con el dendrograma basado en descriptores cuantitativos, estas variedades presentan características similares a dos de las accesiones comerciales estudiadas (Van Dyke y Edward). En términos de sólidos solubles totales, Kala Alphonso y Mariquiteño fueron las variedades que presentaron los valores más altos (26,20 y 25,60 respectivamente), mientras que Chancleto mostró el mayor porcentaje de acidez titulable, expresada como ácido cítrico (0,55).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Minciencias por la financiación del proyecto “Caracterización de los Componentes Obtenidos de Almendras de Diferentes Accesiones del Banco de Germoplasma de Mango”.

## REFERENCIAS

- ARMAS, MÓNICA; VALENZUELA, JAVIER. Caracterización molecular de 54 accesiones de guanábana (*Annona muricata* L.) y 60 de mango (*Mangifera indica* L.) a través de marcadores genéticos moleculares de las colecciones del banco de germoplasma del Iniap. Centrosur, v. 1, n. 4, 2020. p. 1-6.
- AROGUNDADE, OLAWALE; MATTHEW, JOSHUA-OLUMIDE; AKINYoola, OMOLARA-IFEOLUWA; AKIN-IDOWU, PAMELA-ELOHO; SOLOMOM-AKINYEMI, SUNDAY OLUSEYI. Phenotypic and Molecular Characterization of Mango Cultivars in Southwest Nigeria. International Journal of Fruit Science, v. 22, n. 1, 2022, p. 151-159. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.2019652>
- AVILÁN, LUIS; DORANTES, INDIRA; MIRELES, MIREYA; RODRÍGUEZ, MARGOT; CUMARE, JOSE; EMALDI, UNAI. Comportamiento fenológico y caracterización de la colección de mango del CENIAP. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola. Maracay (Venezuela): Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2002.
- BARRÓN-GARCÍA, OSCAR; GAYTÁN-MARTÍNEZ, MARCELA; RAMÍREZ-JIMÉNEZ, AUREA; LUZARDO-OCAMPO, IVAN; VELAZQUEZ, GONZALO; MORALES-SÁNCHEZ, EDUARDO. Physicochemical characterization and polyphenol oxidase inactivation of Ataulfo mango pulp pasteurized by conventional and ohmic heating processes. LWT, v. 143, 2021, p. 111113.

- <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111113>
- BEKELE, MELKAM; SATHEESH, NEELA; J.A, SADIK. Screening of Ethiopian mango cultivars for suitability for preparing jam and determination of pectin, sugar, and acid effects on physico-chemical and sensory properties of mango jam. *Scientific African*, v. 7, 2020, p. e00277.
- <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00277>
- BONILLA, MARIA-HERSILIA; TORO, JULIO-CÉSAR; MEJIA, ANDRÉS-DANIEL; LANDÍNES, LINA-MARCELA; CASTELLANOS, JULIO-CESAR; CARDOZO-PUENTES, FERNANDO. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de mango criollo procesado para exportación en Colombia. Bogotá (Colombia): Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Proyecto Transición de la Agricultura, Universidad Nacional de Colombia, Grupo de Investigación y Desarrollo en Gestión, Productividad y Competitividad Biogestión, 2010.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Cadena del mango. Indicadores e instrumentos. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. Bogotá (Colombia): 2019, 20 p.
- DAS, PABITRA-CHANDRA; KHAN, JUNAEID; RAHMAN, SHARIFUR; MAJUMDER, SUMANA; ISLAM, NAZRUL. Comparison of the physico-chemical and functional properties of mango kernel flour with wheat flour and development of mango kernel flour based composite cakes. *NFS journal*, v. 17, 2019, p. 1-7.
- <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.10.001>
- FARINA, VITTORIO; GENTILE, CARLA; SORTINO, GIUSEPPE; GIANGUZZI, GIUSEPPE; PALAZZOLO, ERISTANNA; MAZZAGLIA, AGATA. Tree-ripe mango fruit: Physicochemical characterization, antioxidant properties and sensory profile of six Mediterranean-grown cultivars. *Agronomy*, v. 10, n. 6, 2020, p. 884.
- <https://doi.org/10.3390/agronomy10060884>
- FIGUEREDO, RAÚL. Rasgos funcionales y servicios ecosistémicos de los cultivos de *Persea americana* Mill., *Mangifera indica* L. y *Annona cherimola* Mill. del agroecosistema del Centro de Investigación Frutícola y Olerícola (CIFO) - UNHEVAL, Cayhuayna - 2018 [Tesis Ingeniería Agronómica]. Huánuco (Perú): Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de Ciencias Agrarias, 2021, p. 114.
- GALÁN-SAÚCO, V. Worldwide mango production and market: current situation and future prospects. *Acta Horticultural*, v. 5, n. 4, 2010, p. 37-48.
- <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.992.2>
- GARCÍA-LOZANO, JAIRO; FLORIANO, JOHANNA-ANDREA; CORREDOR, JENNY-PAOLA; BERNAL, JORGE; VÁSQUEZ, LUZ-ADRIANA; SANDOVAL-ALDANA, ANGÉLICA-PIEDAD; FORERO-LONGAS, FREDDY; GÓMEZ-BARRO, GILBERTO. Descripción de las variedades de mango criollo colombiano. 2010. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1239/44237\\_56515.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1239/44237_56515.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [consultado julio 20 de 2021]
- GUAGUA-SALAVARRIA, TATIANA-ELIZABETH. Caracterización físico-Química del fruto de mango en línea mejorada y cultivares comerciales [Tesis ingeniería agronómica]. Guayaquil (Ecuador): Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias, 2021, 93 p.
- GUERRA, MARTHA; RUIZ, ROSALBA; PARDO, ENRRIQUE. Diversidad genética de *Mangifera indica* (*Anacardiaceae*) en Valencia, Córdoba, Colombia, usando marcadores microsatélites. *Acta botánica Mexicana*, v. 124, 2018, p. 105-116.
- <https://dx.doi.org/10.21829/abm124.2018.1285>
- HE, XIN; RAZAK, SHAHRIL; LUO, CONG. Genetic Diversity Analysis of Mango. En KOLE, CHITTARANJAN. *The Mango Genome*. 1 ed. New Delhi (India): Springer, Cham, 2021, 228 p.

- HOLGUÍN-STERLING, LURA-CRISTINA. Evaluación de sustancias activas de microorganismos marinos para el tratamiento de antracnosis en frutos de mango [Tesis Magíster en Ciencias Agrarias]. Santa Marta (Colombia): Universidad del Magdalena, Facultad de Ingeniería, 2021, 130 p.
- IGBARI, A.D.; NODZA, G.I.; ADEUSI, A.D.; OGUNDIPE, O.T. Morphological characterization of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars from south-west nigeria. *Ife Journal of Science*, v. 21, n. 1, 2019, p. 155 -163.  
<https://dx.doi.org/10.4314/ijs.v21i1.13>
- ITALIA. INSTITUTO INTERNACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS I.P.G.R.I. Descriptores para Mango (*Mangifera indica* L.). Roma (Italia): Autor. 2006.
- JENA, RAM; AGARWAL, KHUSBU; CHAND, PRADEEP. Fruit and leaf diversity of selected indian mangoes (*Mangifera indica* L.). *Scientia Horticulturae*, v. 282, 2021, p. 109941  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109941>
- LAWSON, TAMUNONENGIYEOFORI; LYCETT, GRANTLEY; ALI, ASGAR; CHIN, CHIEW FOAN. Characterization of Southeast Asia mangoes (*Mangifera indica* L) according to their physicochemical attributes. *Scientia Horticulturae*, v. 243, n. 3, 2019, p. 189-196.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.014>
- LEBAKA, VEERANJANEYA-REDDY; WEE, YOUNG-JUNG; YE, WEIBING; KORIVI, MALLIKARJUNA. Nutritional composition and bioactive compounds in three different parts of mango fruit. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 2, 2021, p. 741.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph18020741>
- LEÓN-PACHECO, ROMMEL-IGOR; PÉREZ-ARTILES, LUMEY; CASTILLO-URQUIZA, GLORIA-PATRICIA; ABAUNZA-GONZÁLEZ, CARLOS-ALBERTO. Recurso genético y propagación. En ARCILA-CARDONA, ÁNGELA-MARIA; CASTILLO-URQUIZA, GLORIA-PATRICIA; PÉREZ-ARTILES, LUMEY; ABAUNZA-GONZÁLEZ, CARLOS-ALBERTO; YACOMELO-HERNÁNDEZ, MARLON-JOSÉ. Modelo productivo de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.) para el departamento del Magdalena. Mosquera (Colombia): AGROSAVIA, 2022, 216 p.
- LIEB, VERONIKA; SCHUSTER, LAURA; KRONMÜLLER, AMREI; SCHMARR, HANS-GEORG; CARLE, REINHOLD; STEINGASS, CHRISTOF. Fatty acids, triacylglycerols, and thermal behavior of various mango (*Mangifera indica* L.) kernel fats. *Food Research International*, v. 116, 2019, p. 527– 537.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.070>
- MASTRETTA-YANES, ALICIA; BELLON, MAURICIO; ACEVEDO, FRANCISCA; BURGEFF, CAROLINE; PIÑERO, DANIEL; SARUKHÁN, JOSÉ. Un programa para México de conservación y uso de la diversidad genética de las plantas domesticadas y sus parientes silvestres. *Revista fitotecnia mexicana*, v. 42, n. 4, 2019, p. 321-334.
- RAMÍREZ-MÉNDEZ, RAÚL; QUIJADA, OSMAR; CASTELLANO, GLADY; BURGOS, MARÍA-ESTHER; CAMACHO, RAMÓN; MARIN R., CARLOS. Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) en el municipio mara en la planicie de maracaibo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, v. 10, n. 2, 2010, p. 65-72.
- SATO, MIWA; IKRAM, MUHAMMAD-MAULANA, MALIKUL; PRANAMUDA, HARDANING; AGUSTA, WAQIF; PUTRI, SASTIA-PRAMA; FUKUSAKI, EIICHIRO. Characterization of five Indonesian mangoes using gas chromatography–mass spectrometry-based metabolic profiling and sensory evaluation. *Journal of bioscience and bioengineering*, v.132, n. 6, 2021, p. 613-620.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2021.09.006>

- TUISIMA, LADY-LAURA; ESCOBAR-GARCÍA, HECTOR. Characterization of fruits of varieties of mango (*Mangifera indica*) conserved in Peru. *Revista Brasileira de fruticultura*, v. 43, n 2, 2021, p. 1-8.  
<https://doi.org/10.1590/0100-29452021710>
- TYL, CANTRIN; SADLER, GEORGE. pH and Titratable Acidity. En: Nielsen, Szanne. (eds) *Food Analysis*. Mason (USA): Food Science Text Series. Springer, 2017, 18 p.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_22).
- VIECCELLI, JULIANA; SIQUEIRA, DALMO; BISPO, WILKA, & LEMOS, LORENA. Characterization of leaves and fruits of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Imbu. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, n. 1, 2016, p. e-193.  
<https://doi.org/10.1590/0100-29452016193>
- ZHANG, CUIXIAN; XIE, DEHONG; BAI, TIANQI; LUO, XINPING; ZHANG, FAMING; NI, ZHANGGUANG; CHEN, YUFU. Diversity of a large collection of natural populations of mango (*Mangifera indica* Linn.) revealed by agro-morphological and quality traits. *Diversity*, v. 12, n. 27, 2020, p. 1-17.  
<https://doi.org/10.3390/d12010027>
- ZAVALA, LUCERO; CASTRO, YARIZABETH; CALVA, FLORIBERTA; MORALES, ALFREDO; SÁNCHEZ, MARIA; CHÁVEZ, YANET. Optimización de deshidratación de la semilla de mango con microondas y conservación de los compuestos fenólicos. *Revista mexicana de Agroecosistemas*, v. 7, n. 1, 2020, p. 19-29.
- ZAVALA-MARTÍNEZ, JOSÉ-MABEL; CAAMAL-CAUICH, IGNACIO; PAT-FERNÁNDEZ, VERNA-GRICEL. Comportamiento de variables económicas y de indicadores de comercio del mango mexicano. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, v. 20 n. 3, 2023, p. 332–346.  
<https://doi.org/10.22231/asyd.v20i3.1454>