



Caracterización morfológica de genotipos comerciales de *Mangifera indica* L. en el trópico seco de Guanacaste*

Morphological characterization of commercial genotypes of *Mangifera indica* L. in the dry tropics of Guanacaste

Dalila Solano-Rojas¹, Jairo Mora-Prendas¹, José Andrés Rojas-Chacón¹

* Recepción: 11 de febrero, 2026. Aceptación: 20 de mayo, 2026. Este trabajo formó parte del curso AF0135-Pasantía de Estudio I de la carrera de Agronomía de la primera autora, Universidad de Costa Rica, Sede de Guanacaste, Recinto de Santa Cruz.

¹ Universidad de Costa Rica, Sede Guanacaste, Recinto de Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. dalila.solano@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0009-0009-7593-5293>); jairo.mora@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-6195-935X>); jose.rojaschacon@ucr.ac.cr (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0001-8049-532X>).

Resumen

Introducción. La caracterización morfológica y fisicoquímica del mango (*Mangifera indica* L.) determina la variabilidad entre los materiales cultivados. A pesar de su importancia económica, la documentación de sus recursos genéticos aún es limitada. **Objetivo.** Caracterizar la diversidad morfológica de diez genotipos comerciales de mango conservados en el trópico seco de Guanacaste, Costa Rica. **Materiales y métodos.** El estudio se realizó en la Finca Experimental de Santa Cruz de la Universidad de Costa Rica, Guanacaste, Costa Rica, en 2025. Se evaluaron diez genotipos comerciales mediante descriptores del International Plant Genetic Resources Institute. Se registraron variables dendrométricas y foliares, tales como circunferencia del tronco, hábito de crecimiento, forma de la copa y características de las hojas. En frutos y semillas se midieron el peso total, la longitud, la circunferencia, el peso de pulpa, cáscara y semilla, la relación longitud/circunferencia, así como el contenido de sólidos solubles (°Brix). El análisis estadístico incluyó pruebas de normalidad, Kruskal-Wallis, análisis de componentes principales y agrupamiento jerárquico. **Resultados.** Los rasgos del fruto mostraron la mayor variabilidad genética, con coeficientes de variación altos en peso total (35,01 %) y peso de pulpa (39,32 %). Los genotipos Edwards, Pope y Earlygold presentaron los frutos de mayor tamaño, mientras que Fair Child, Davis Haden y M13768, los más pequeños. El contenido de sólidos solubles osciló entre 13,5 y 21,1 °Brix. Fair Child, Yulie y Edwards registraron los valores más altos. El análisis de componentes principales explicó el 85 % de la variación total y el agrupamiento jerárquico organizó las accesiones en tres clústeres según las dimensiones del fruto y los °Brix. **Conclusiones.** Los genotipos evaluados presentaron una alta diversidad morfológica y constituyen recursos valiosos para la conservación y el mejoramiento del cultivo en el trópico seco de Guanacaste.

Palabras clave: diversidad genética, morfología, descriptor varietal, fenotipo, germoplasma.



Abstract

Introduction. The morphological and physicochemical characterization of mango (*Mangifera indica* L.) determines the variability among cultivated materials. Despite its economic importance, the documentation of mango genetic resources remains limited. **Objective.** To characterize the morphological diversity of ten commercial mango genotypes conserved in the dry tropic of Guanacaste, Costa Rica. **Materials and methods.** The study was conducted at the Santa Cruz Experimental Farm, University of Costa Rica, Guanacaste, Costa Rica, in 2025. Ten commercial genotypes were evaluated using descriptors from the International Plant Genetic Resources Institute. Dendrometric and foliar variables were recorded, such as trunk circumference, growth habit, crown shape, and leaf characteristics. Total weight, length, circumference, pulp, peel, and seed weight, as well as the length-to-circumference ratio and soluble solids content (°Brix), were measured. Statistical analysis included normality tests, Kruskal-Wallis tests, principal component analysis, and hierarchical clustering. **Results.** Fruit traits showed the greatest genetic variability, with high coefficients of variation for total weight (35.01 %) and pulp weight (39.32 %). The genotypes Edwards, Pope, and Earlygold produced larger fruits, while Fair Child, Davis Haden, and M13768 produced smaller fruits. Soluble solids content ranged from 13.5 to 21.1 °Brix. Fair Child, Yulie and Edwards recorded the highest values. Principal component analysis explained 85 % of the total variation, and hierarchical clustering grouped the genotypes into three groups based on fruit size and °Brix. **Conclusions.** The evaluated genotypes exhibited high morphological diversity and represent valuable resources for the conservation and improvement of the crop in the dry tropic of Guanacaste.

Keywords: genetic diversity, morphology, varietal descriptor, phenotype, germplasm.

Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.), conocido como “el rey de las frutas” por su amplia aceptación e importancia en regiones tropicales y subtropicales, pertenece al género *Mangifera* y a la familia Anacardiaceae (Tharanathan et al., 2006). Según el anuario de producción de Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023), este cultivo ocupa el quinto lugar en producción mundial, después de los géneros frutales *Citrus*, *Musa*, *Vitis* y *Malus*. La producción global se estima en alrededor de 51 millones de toneladas cultivadas en más de 6 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 9 t ha⁻¹. India lidera la producción con cerca del 46 % del total mundial, seguida por México, Tailandia y Pakistán (Patil et al., 2025).

La mayoría de las especies del género *Mangifera* son tetraploides; sin embargo, el mango cultivado es diploide (2n = 40), presenta reproducción alógama y posee un genoma estimado en 439 Mbp (Mango Genome Consortium et al., 2021; Song et al., 2023). Un estudio identificó 69 especies de este género con base en las características de la morfología floral (Kostermans & Bompard, 1993). El mango es altamente heterogéneo y muestra una amplia diversidad genética, reflejada en diferencias de forma, color, hábito de crecimiento, madurez y rendimiento (Esan et al., 2024; Zhang et al., 2020). La mayoría de los cultivares comerciales corresponde a híbridos derivados de la polinización cruzada natural (Jena et al., 2021; Krishna & Singh, 2007). Este patrón explica la variabilidad observada en los programas de mejoramiento.

Los recursos genéticos constituyen reservorios de alelos útiles para la optimización de rasgos y la innovación en los programas de fitomejoramiento (Liang et al., 2024; Rajan & Hudedamani, 2019), por lo que resulta necesario recolectar, caracterizar, evaluar y documentar estos materiales. Además, la identificación de germoplasma con alto rendimiento y buena calidad de fruto es fundamental para ampliar la base genética de los cultivares de mango. En este contexto, los genotipos comerciales introducidos deben ser caracterizados y evaluados para determinar su potencial de adopción en distintas regiones de cultivo (Khan et al., 2015).

La caracterización morfológica es un método formal y estandarizado para identificar y describir visualmente la diversidad presente en los frutales (Bhandari et al., 2017; Khan et al., 2015). La información resultante es valiosa para los programas de fitomejoramiento, ya que facilita la selección de progenitores para la hibridación; cuanto mayor sea la divergencia genética entre ellos, mayor será el potencial de mejora en los rasgos de interés (Jena & Chand, 2021; Khadivi et al., 2022).

La conservación y la caracterización de los recursos genéticos del mango, incluidos los materiales comerciales que forman parte de los recursos fitogenéticos y del banco de germoplasma de frutales de la Finca Experimental de Santa Cruz (FESC) de la Universidad de Costa Rica, permiten una identificación varietal precisa, una evaluación cualitativa y cuantitativa del germoplasma, y la estimación de su variabilidad genética. Un inventario de este tipo aporta información clave sobre los genotipos élite que deben conservarse y propagarse, así como sobre aquellos que pueden seleccionarse como candidatos para programas de mejoramiento orientados a incrementar el rendimiento y la calidad de la fruta (Esan et al., 2024; Jena et al., 2021; Khadivi et al., 2022; Zhang et al., 2020).

Diversos estudios han destacado la importancia de caracterizar las semillas de mango desde perspectivas químicas y morfológicas, debido a la presencia de compuestos bioactivos, aceites y almidones con potencial de aplicación industrial (Kumar et al., 2021; Sobieh & Sayed, 2024). Asimismo, atributos como el peso, el ancho, el largo, los grados Brix y el peso de la pulpa, de la semilla y de la cáscara se han utilizado como criterios para diferenciar genotipos y evaluar su diversidad genética (Jena et al., 2021; Zhang et al., 2020). Además, la concentración de azúcares contribuye al perfil de sabor del fruto (Khater, 2021; Sung et al., 2019).

En Costa Rica, en especial en la provincia de Guanacaste, las condiciones propias del trópico seco favorecen el establecimiento y la productividad de diversos genotipos de mango, lo que sostiene tanto el consumo local como las exportaciones. En 2025, el área nacional sembrada se estimó en 5205,8 hectáreas, con una producción total de 18 846,5 t (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2025). No obstante, la investigación local se ha centrado en aspectos agronómicos y en la calidad poscosecha del fruto (Navarro et al., 2019; Solano-Gutiérrez & Hanson-Snortum, 2023; Vidaurre-Barahona et al., 2020), mientras que la caracterización morfológica que abarca descriptores dendrométricos, foliares y atributos físicos de los frutos ha recibido menor atención.

Por lo anterior, este tipo de estudios resulta fundamental no solo para el análisis botánico y taxonómico de las accesiones disponibles, sino también para la comprensión de su variabilidad genética. En consecuencia, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la diversidad morfológica de diez genotipos comerciales de mango conservados en el trópico seco de Guanacaste, Costa Rica.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en la Finca Experimental de Santa Cruz de la Universidad de Costa Rica, Sede de Guanacaste (10°17'6.24"N y 85°35'42.95"O), ubicada a 54 m s. n. m. Las condiciones climáticas presentaron una temperatura media de 27,9 °C, una humedad relativa de 74 %, vientos con velocidades entre 20 y 50 km h⁻¹, una radiación solar promedio de 18,7 MJ y una precipitación anual aproximada de 1834 mm. Según las condiciones climáticas y edáficas, predominan suelos de textura arcillosa con características vérticas, clasificados como Vertic Haplustalfs asociados a Typic Haplusterts y Typic Ustorthents (Mata et al., 2013).

El experimento se desarrolló entre abril y octubre de 2025, correspondiente a la transición de época seca a lluviosa. Si bien el International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 2006) recomienda que los descriptores se basen en al menos dos ciclos productivos, en este estudio se reporta un solo ciclo debido a condiciones experimentales específicas de cosecha. Aun así, las evaluaciones se realizaron bajo condiciones controladas y representativas, por lo que los resultados constituyen una referencia preliminar válida.

Material vegetal

Se evaluaron diez genotipos comerciales de mango (*Mangifera indica* L.) pertenecientes a la colección de germoplasma de la FESC. Estos fueron Pope, M13768, Pairi, Sensation, Fair Child, Glenn, Edwards, Yulie, Earlygold y Davis Haden. Cada uno se evaluó con tres réplicas, para un total de 30 árboles, bajo un diseño experimental completo al azar. Los árboles tenían una edad promedio de 17 años. En diciembre de 2024, se aplicó un tratamiento de inducción floral mediante nitrato de potasio a una dosis de 7 kg ha⁻¹, administrado una vez por semana durante tres semanas. La aplicación se realizó vía foliar con un dron DJI Agras T25 (DJI, China).

Medición de los descriptores dendométricos y foliares

Los descriptores varietales dendométricos se utilizaron para evaluar la variabilidad morfológica de los diez genotipos de mango (*Mangifera indica* L.) conservados en el trópico seco de Guanacaste. Las características analizadas fueron la circunferencia del tronco, la forma de la corona y el hábito de crecimiento del árbol. La circunferencia del tronco se midió con una cinta métrica de fibra de vidrio, de acuerdo con el procedimiento estandarizado del IPGRI (2006). La medición se realizó a 50 cm sobre el nivel del suelo en árboles en estado adulto, con el fin de asegurar la comparabilidad entre individuos. Estos descriptores permitieron caracterizar la arquitectura del árbol y aportar información relevante para la diferenciación varietal y la selección de genotipos con potencial agronómico y adaptativo.

Se registraron descriptores foliares como la densidad del follaje; la posición de la hoja en relación con la rama; la longitud y el ancho de la lámina foliar (cm); la longitud y el grosor del pecíolo; la textura de la hoja; la forma del ápice y de la base; el tipo de margen; la pubescencia, y el color de la hoja joven. La longitud y el ancho de la lámina foliar y la longitud del pecíolo se midieron con un vernier digital. La longitud de la lámina se calculó desde la base hasta el ápice; el ancho, en el punto de máxima expansión, y la longitud del pecíolo, desde su inserción en el tallo hasta la base de la lámina foliar. Para cada genotipo, se evaluó un promedio de diez hojas maduras.

Medición de los descriptores de frutos y semillas

Se emplearon diez frutos recolectados en su estado óptimo de madurez de consumo. Su calidad se evaluó mediante la longitud (cm), la circunferencia (cm) y el peso total (g). Además, se calculó la relación longitud/circunferencia como indicador de la forma del fruto. En cuanto a las variables fisicoquímicas, se cuantificaron los sólidos solubles totales (°Brix). Para una caracterización más detallada, se registró de manera independiente el peso en gramos de la pulpa, la semilla y la cáscara, lo que permitió establecer la proporción relativa de cada componente respecto al peso total. Este conjunto de variables facilitó una evaluación integral de la calidad física y estructural.

Las mediciones de peso se realizaron por medio de una balanza analítica de precisión ($\pm 0,01$ g) y las dimensiones con un vernier digital. La longitud se obtuvo con la distancia máxima entre el ápice y la base del pedúnculo, mientras que el ancho correspondió a la distancia máxima entre los laterales. La longitud y el ancho se utilizaron para calcular la relación longitud/ancho. El contenido de sólidos solubles totales se determinó con un refractómetro por medio de 2-3 gotas de jugo por fruto; los resultados se reportaron en °Brix.

Análisis estadístico

Los supuestos estadísticos de normalidad y homocedasticidad se evaluaron por medio de las pruebas de Shapiro-Wilk y de Levene, respectivamente. Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis debido al incumplimiento del supuesto de normalidad para todas las variables. Para los caracteres cuantitativos se estimaron las medias y los parámetros de dispersión correspondientes mediante la prueba post hoc de Dunn.

La similitud entre las líneas de germoplasma se determinó a través del coeficiente de coincidencia simple, mientras que la consistencia de la agrupación, por medio de la correlación cofenética. Con base en la morfología, se construyó un dendrograma para la agrupación de las accesiones. Además, las relaciones no jerárquicas entre las líneas varietales se analizaron por medio de un análisis de componentes principales, incorporando variables morfológicas y físicas del fruto como el tamaño, el peso total, el peso de la pulpa y de la cáscara, así como la circunferencia y la longitud. Para ello, se utilizó RStudio, junto con los paquetes “FactoMineR” y “dendextend” (Lê et al., 2008).

Resultados

Se evaluó la diversidad de diez accesiones de mango del trópico seco de Guanacaste mediante la caracterización de doce caracteres cualitativos y doce cuantitativos. Entre los cualitativos se incluyeron el hábito de crecimiento del árbol, la forma de la copa, la densidad del follaje, la forma de la lámina foliar, la disposición de la hoja en relación con la rama, la forma del ápice y de la base de la hoja, el grosor del pecíolo, la textura y el margen de la hoja, así como la pubescencia y el color de la hoja joven. Por su parte, los caracteres cuantitativos evaluados fueron la circunferencia del tronco, la longitud y el ancho de la lámina foliar, la longitud del pecíolo, el peso, largo y circunferencia del fruto, la relación longitud/circunferencia, el peso de la pulpa, el peso de la cáscara, el peso de la semilla y los sólidos solubles totales.

Para cada uno de los descriptores cuantitativos, se muestran las estadísticas descriptivas de la media, las desviaciones estándar (DE), el coeficiente de variación (CV), el mínimo y el máximo, lo que indica una amplia diversidad morfológica (Cuadro 1). Los caracteres asociados al fruto, como el peso de la pulpa, el peso de la cáscara, el peso total del fruto y la relación longitud/circunferencia, mostraron los niveles más altos de variabilidad, con CV superiores al 30 %. En contraste, los relacionados con la hoja, específicamente el ancho y la longitud de la lámina foliar, presentaron CV inferiores al 12 %.

La evaluación morfológica de los diez genotipos de mango reveló una amplia diversidad entre materiales para las variables analizadas. Los genotipos Edwards, Pope y Earlygold registraron los frutos de mayor tamaño y peso, con valores superiores a 429 g y longitudes entre 15,35 y 17,13 cm. Asimismo, presentaron los mayores pesos de pulpa, semilla y cáscara, lo cual los posiciona como las accesiones con frutos más voluminosos y estructuralmente robustos. En contraste, los de Davis Haden, Fair Child y M13768 fueron más pequeños y livianos, con pesos entre 223 y 252 g, y anchos cercanos a los 22 cm.

El contenido de sólidos solubles también presentó una marcada variación entre genotipos. Fair Child, Yulie y Edwards registraron los valores más altos (18,00-19,98 °Brix), lo que indicó una mayor concentración de azúcares. En contraste, Sensation y Pope obtuvieron los valores más bajos (14,70-15,07 °Brix), lo que reflejó un menor contenido de sólidos solubles totales en los frutos. Los genotipos Pairi y Sensation mostraron cifras intermedias en la mayoría de las variables morfológicas, especialmente en el peso y largo del fruto, así como en el peso de la semilla y la cáscara, lo cual concuerda con su clasificación como genotipos de tamaño y peso moderados. Por su parte, Yulie destacó por combinar un tamaño de fruto intermedio con un valor alto de °Brix (Cuadro 2).

La proyección bidimensional de los rasgos morfológicos y los parámetros fisicoquímicos del fruto de mango explicó el 85,0 % de la variación entre los genotipos evaluados. El primer componente principal (Dim1) explicó el 69,8 % de la variación total y se asoció principalmente con variables relacionadas con el tamaño y el peso del fruto, como el peso total, el peso de la pulpa y de la cáscara, así como la circunferencia y el largo del fruto. El peso de la semilla mostró una contribución moderada y una orientación cercana a Dim1. El segundo componente (Dim2) explicó el 15,2 % y estuvo determinado por el contenido de sólidos solubles (°Brix), el cual representó una dimensión independiente de variación (Figura 1).

El análisis de conglomerados clasificó los genotipos de mango en tres grupos (Figura 2). El Grupo I estuvo conformado por Glenn, Pope, Earlygold y Edwards, y se caracterizó por reunir los genotipos con mayor similitud en dimensiones y peso del fruto, lo cual coincide con los valores superiores de largo, ancho, peso del fruto, peso de pulpa y peso de semilla registrados para este conjunto. Estos exhibieron una morfología más robusta y con mayor tamaño.

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de los descriptores morfológicos cuantitativos de diez genotipos de mango (*Mangifera indica* L.). Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

Table 1. Descriptive statistics of the quantitative morphological descriptors of ten mango genotypes (*Mangifera indica* L.). Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

Descriptores cuantitativos	Media $\pm$ DE	CV (%)	Rango
Características dendrométricas			
Circunferencia del tronco (cm)	128,13 $\pm$ 25,04	19,54	90-177
Características foliares			
Longitud de la lámina de la hoja (cm)	23,97 $\pm$ 2,45	10,22	20-30,6
Ancho de la lámina de la hoja (cm)	6,15 $\pm$ 0,72	11,84	5-7,6
Longitud del pecíolo (cm)	4,28 $\pm$ 1,20	28,22	2,8-8,2
Características de la fruta			
Peso (g)	338,61 $\pm$ 118,55	35,01	176,76-614,64
Largo (cm)	14,94 $\pm$ 1,77	11,86	11,5-19
Circunferencia (cm)	25,31 $\pm$ 3,05	12,06	20-31
Relación longitud/circunferencia (cm)	2,65 $\pm$ 1,00	37,93	0,78-5,60
Peso de pulpa (g)	244,13 $\pm$ 96,00	39,32	118,15-479,36
Peso de cáscara (g)	44,66 $\pm$ 14,96	33,49	14,94-79,85
Características de las semillas			
Peso de semilla (g)	41,66 $\pm$ 11,61	27,88	23-72,3
Parámetros de calidad			
°Brix	17,16 $\pm$ 2,07	12,07	13,5-21,1

DE: Desviación estándar. **CV:** Coeficiente de variación. / **DE:** Standard deviation. **CV:** Coefficient of variation.

Cuadro 2. Caracterización de frutos de *Mangifera indica* L. evaluados en diez genotipos comerciales. Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

Table 2. Characterization of *Mangifera indica* L. fruits evaluated in ten commercial genotypes. Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

	Peso de fruto (g)	Largo de fruto (cm)	Circunferencia de fruto (cm)	Peso de pulpa (g)	Peso de semilla (g)	Peso de cáscara (g)	°Brix
Variedad	Media $\pm$ DE						
Pope	461,76 $\pm$ 51,42 ^{cd}	15,35 $\pm$ 0,51 ^{bcd}	29,40 $\pm$ 1,20 ^c	345,29 $\pm$ 53,98 ^{de}	48,81 $\pm$ 1,33 ^{cd}	57,32 $\pm$ 8,15 ^{bc}	15,07 $\pm$ 0,87 ^a
M13768	252,71 $\pm$ 70,69 ^{ab}	14,45 $\pm$ 1,23 ^{abc}	22,08 $\pm$ 1,91 ^a	164,38 $\pm$ 43,84 ^{ab}	36,36 $\pm$ 8,72 ^{abc}	35,53 $\pm$ 15,00 ^{ab}	18,08 $\pm$ 1,46 ^{bc}
Pairi	283,95 $\pm$ 54,15 ^{abc}	15,08 $\pm$ 0,67 ^{abcd}	22,95 $\pm$ 0,69 ^{ab}	188,75 $\pm$ 23,22 ^{abc}	45,13 $\pm$ 19,72 ^{abcd}	42,05 $\pm$ 11,80 ^{abc}	15,30 $\pm$ 1,27 ^{ab}
Sensation	329,00 $\pm$ 85,67 ^{abcd}	14,83 $\pm$ 1,65 ^{abcd}	25,87 $\pm$ 2,10 ^{abc}	228,99 $\pm$ 62,65 ^{abcde}	43,02 $\pm$ 6,02 ^{abcd}	53,38 $\pm$ 17,71 ^{bc}	14,70 $\pm$ 0,57 ^a
Fair Child	230,96 $\pm$ 36,57 ^{ab}	13,33 $\pm$ 0,57 ^{ab}	22,63 $\pm$ 1,75 ^{ab}	160,81 $\pm$ 27,14 ^a	38,66 $\pm$ 2,30 ^{abcd}	29,10 $\pm$ 8,15 ^a	19,98 $\pm$ 0,69 ^c
Glenn	388,11 $\pm$ 169,79 ^{bcd}	15,43 $\pm$ 2,60 ^{bcd}	26,80 $\pm$ 3,35 ^{bc}	294,35 $\pm$ 136,12 ^{bcd}	35,54 $\pm$ 13,72 ^{abc}	55,39 $\pm$ 20,8 ^{bc}	18,00 $\pm$ 0,42 ^{bc}
Edwards	505,20 $\pm$ 13,56 ^d	16,60 $\pm$ 0,22 ^d	29,33 $\pm$ 0,90 ^c	382,08 $\pm$ 12,26 ^e	56,03 $\pm$ 11,02 ^d	55,53 $\pm$ 6,58 ^c	18,53 $\pm$ 0,94 ^c
Yulie	281,23 $\pm$ 32,60 ^{abc}	14,53 $\pm$ 1,63 ^{abc}	24,83 $\pm$ 1,27 ^{abc}	199,35 $\pm$ 29,39 ^{abcd}	34,65 $\pm$ 3,80 ^{ab}	37,75 $\pm$ 7,95 ^{abc}	19,28 $\pm$ 1,47 ^c
Earlygold	429,58 $\pm$ 97,99 ^{cd}	17,13 $\pm$ 1,93 ^{cd}	26,45 $\pm$ 1,82 ^{bc}	317,40 $\pm$ 76,28 ^{cde}	48,10 $\pm$ 13,00 ^{bcd}	50,98 $\pm$ 6,15 ^{bc}	17,55 $\pm$ 0,66 ^{abc}
Davis Haden	223,65 $\pm$ 29,03 ^a	12,78 $\pm$ 1,25 ^a	22,83 $\pm$ 1,67 ^{ab}	159,95 $\pm$ 25,30 ^a	30,40 $\pm$ 1,54 ^a	29,63 $\pm$ 5,83 ^a	15,20 $\pm$ 1,40 ^{ab}

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas entre variedades (prueba *post hoc* de Dunn, $p < 0,05$). / Different letters within the same column indicate significant differences among varieties (Dunn's *post hoc* test, $p < 0.05$).

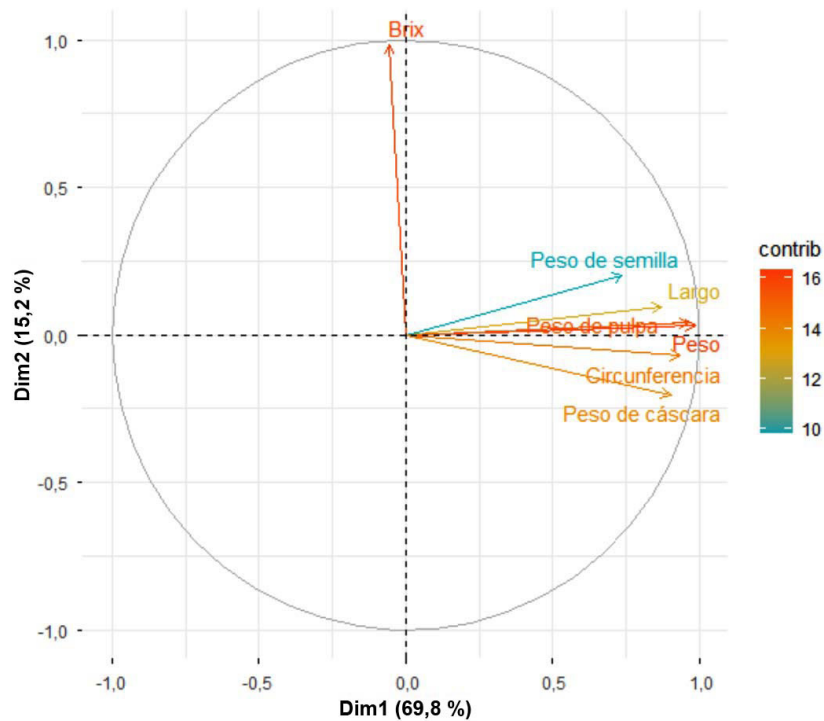


Figura 1. Distribución bidimensional de diez genotipos de *Mangifera indica* L. basada en rasgos morfológicos del fruto. Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

Dim1: Dimensión 1. **Dim2:** Dimensión 2. **contrib:** Contribución de cada variable a las dimensiones.

Figure 1. Two-dimensional distribution of ten genotypes of *Mangifera indica* L. based on fruit morphological traits. Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

Dim1: Dimension 1. **Dim2:** Dimension 2. **contrib:** Contribution of each variable to the dimensions.

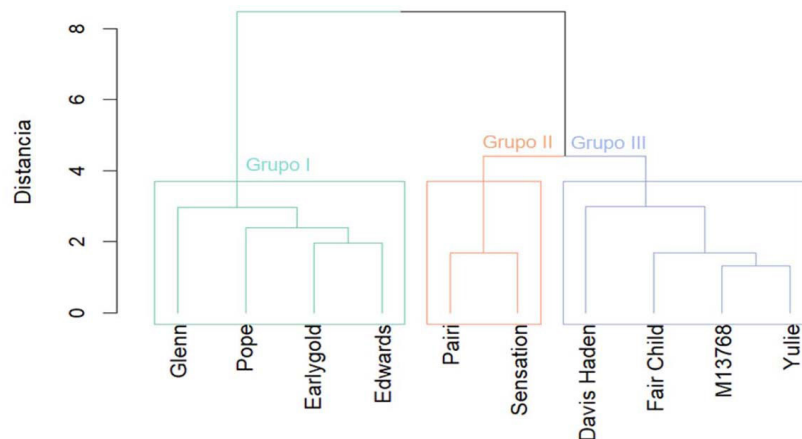


Figura 2. Dendrograma de la disimilitud morfológica de diez genotipos de *Mangifera indica* L. (método de Ward y distancia euclidiana). Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

Figure 2. Dendrogram of the morphological dissimilarity of ten *Mangifera indica* L. genotypes (Ward's method and Euclidean distance). Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

El Grupo II, integrado por Pairi y Sensation, formó un clado independiente con valores intermedios en la mayoría de las características morfológicas (Figura 2). Estos genotipos mostraron tamaños moderados y menores contenidos de sólidos solubles respecto a los otros grupos, lo que sustenta su separación como un grupo con afinidad interna pero claramente diferenciado de los extremos morfológicos representados por los Grupos I y III.

Finalmente, el Grupo III (Davis Haden, Fair Child, M13768 y Yulie) aglomeró los genotipos con los frutos de menor tamaño, reflejado en los valores más bajos de largo, ancho, peso total y peso de la pulpa. Sin embargo, presentaron los mayores valores de °Brix, lo cual sugiere mayor dulzura (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características de los grupos con base en variables cuantitativas discriminantes. Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

Table 3. Characteristics of the groups based on discriminant quantitative variables. Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

Características	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Largo del fruto	16,13 ± 0,36 ^b	14,95 ± 0,51 ^{ab}	13,77 ± 0,36 ^a
Ancho del fruto	28,00 ± 0,52 ^b	24,41 ± 0,74 ^a	23,09 ± 0,52 ^a
Peso de la pulpa	334,78 ± 14,98 ^b	208,87 ± 21,18 ^a	171,12 ± 14,98 ^a
Peso de semilla	47,12 ± 2,61 ^b	44,07 ± 3,69 ^{ab}	35,02 ± 2,61 ^a
Peso de cáscara	54,80 ± 2,86 ^b	47,72 ± 4,04 ^b	33,00 ± 2,86 ^a
Peso del fruto	446,16 ± 19,32 ^b	302,47 ± 27,32 ^a	247,14 ± 19,32 ^a
°Brix	17,29 ± 0,44 ^b	15,00 ± 0,62 ^a	18,13 ± 0,44 ^b

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas entre grupos (prueba *post hoc* de Dunn, $p < 0,05$). / Different letters within the same row indicate significant differences among groups (Dunn's *post hoc* test, $p < 0.05$).

Los rasgos morfológicos cuantitativos de las hojas, así como los hábitos de crecimiento de los diez genotipos de mango, mostraron una variación considerable entre sí. Este hecho evidencia la existencia de divergencia genética entre los materiales estudiados (Cuadro 4). La forma de la corona mostró dos patrones predominantes: la mayoría

Cuadro 4. Hábito del árbol y rasgos morfológicos foliares en genotipos de *Mangifera indica* L. Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

Table 4. Tree habit and morphological features of the leaves of *Mangifera indica* L. genotypes. Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2025.

Variedad	Forma de la corona	Densidad del follaje	Forma de la lámina de la hoja	Actitud de la hoja en relación con la rama	Forma del ápice de la hoja	Forma de la base de la hoja
Davis Haden	Ovalada	Intermedia	Ovalada	Semierecta	Acuminada	Aguda
Earlygold	Semicircular	Intermedia	Elíptica	Semierecta	Aguda	Aguda
Edwards	Semicircular	Intermedia	Elíptica	Horizontal	Acuminada	Obtusa
Fair Child	Semicircular	Escasa	Ovalada	Horizontal	Acuminada	Obtusa
Glenn	Semicircular	Intermedia	Elíptica	Horizontal	Aguda	Aguda
M13768	Semicircular	Escasa	Elíptica	Horizontal	Acuminada	Obtusa
Pairi	Semicircular	Escasa	Ovalada	Semierecta	Aguda	Aguda
Pope	Semicircular	Densa	Elíptica	Horizontal	Obtusa	Entera
Sensation	Ovalada	Intermedia	Lanceolada	Horizontal	Aguda	Aguda
Yulie	Semicircular	Intermedia	Elíptica	Horizontal	Obtusa	Entera

Las variables hábito de crecimiento del árbol, grosor del pecíolo, textura de la hoja, margen de la hoja, pubescencia de la hoja y color de la hoja joven fueron evaluadas y analizadas; sin embargo, no presentaron diferencias significativas entre variedades (prueba *post hoc* de Dunn, $p > 0,05$). / The variables tree growth habit, petiole thickness, leaf texture, leaf margin, leaf pubescence, and young leaf color were evaluated and analyzed; however, they did not show significant differences among varieties (Dunn's *post hoc* test, $p > 0.05$).

de los genotipos exhibieron coronas de tipo semicircular, mientras que Davis Haden y Sensation presentaron coronas oblongas.

La densidad del follaje osciló entre intermedia y escasa, siendo esta última más frecuente en genotipos como Fair Child, M13768 y Pairi. La forma de la lámina foliar se clasificó como elíptica, con excepción de la variedad Sensation, que presentó hojas lanceoladas. La actitud de la hoja respecto a la rama se mantuvo constante. La posición horizontal fue la más frecuente, salvo en Davis Haden y Earlygold, donde se observó una orientación semierecta. La forma del ápice fue acuminada, mientras que la forma de la base foliar fue aguda u obtusa según la variedad.

Discusión

Los caracteres asociados al hábito de crecimiento del árbol y a la morfología foliar evidenciaron una diversidad genética relativamente baja, mientras que las características del fruto mostraron una mayor variabilidad dentro del germoplasma evaluado. Estos resultados confirman la relevancia de los rasgos del fruto como variables clave en programas de mejoramiento genético (Toili et al., 2016; Zhang et al., 2020). En este contexto, el coeficiente de variación morfológica de los descriptores permitió cuantificar el rango de diversidad disponible en el cultivo y estimar la magnitud de la variación presente entre los distintos caracteres evaluados. La expresión fenotípica responde a la interacción entre factores genéticos y ambientales (Patel et al., 2024).

En los rasgos dendrométricos, la forma de la copa del árbol presentó baja variabilidad entre los genotipos, entre los cuales prevaleció la morfología semicircular con hábito de crecimiento extendido. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Rymbai et al. (2014) y Toili et al. (2016) en accesiones de mango evaluadas en India y Kenia. No obstante, Esan et al. (2024) observaron diferencias significativas en la estructura del dosel en genotipos de mango en Nigeria, lo que sugiere una influencia del origen genético y geográfico (Zhang et al., 2020).

En relación con las características foliares, el ápice fue acuminado en la mayoría de los genotipos y el margen fue entero en todos los casos, en concordancia con lo reportado por Ehoniyotan y Onemayin (2020). La lámina foliar presentó forma elíptica, pero en la variedad Sensation mostró hojas lanceoladas, lo que coincide con lo descrito por Khadivi et al. (2022). La longitud de las hojas varió entre 20 y 30,6 cm, mientras que el ancho de la lámina foliar osciló entre 5,0 y 7,6 cm. Al comparar estos datos con los de Jena et al. (2021), se observaron diferencias que podrían atribuirse a que las accesiones analizadas por dichos autores provienen de distintas localidades de la India, las cuales no coinciden con las evaluadas en este estudio.

La longitud del pecíolo presentó un rango de 2,8 a 8,2 cm, con valores mayores a los informados por Khadivi et al. (2022), quienes reportaron longitudes entre 1,9 y 3,0 cm. En términos generales, los resultados concuerdan con los de Igbari et al. (2019) y Sennhenn et al. (2014), quienes señalaron una baja variabilidad en las características foliares de cultivares de *Mangifera indica* L. Esta uniformidad sugiere que la forma y el margen de las hojas tienen un valor limitado como criterios discriminantes entre cultivares, en comparación con otros caracteres morfológicos de mayor variabilidad.

En cuanto a las características del fruto, el peso presentó un coeficiente de variación de 35,01 %, lo que indica una variabilidad moderada. Este valor fue inferior al reportado por Esan et al. (2024), quienes informaron un CV de 46,18 % al caracterizar genotipos de mango en Nigeria. Las discrepancias se explican por la mayor amplitud del rango de pesos evaluados por Esan et al. (2024) (143-1114 g), en comparación con el presente estudio (176,76-614,6 g). Además, los materiales analizados por dichos autores, provenientes de distintas localidades de Nigeria, no coinciden con los evaluados en este trabajo.

En relación con la longitud del fruto, la variabilidad observada fue del 11,86 %, valor ligeramente superior al informado por Esan et al. (2024), quienes registraron un CV de 8,33 %. Dicho estudio mostró un intervalo más reducido de longitudes (6,38-14 cm) en comparación con esta investigación (11,5-19 cm), lo que sugiere la

presencia de frutos más grandes. El tamaño ideal para la comercialización es el mediano, con un peso aproximado de 200-250 g (Jena et al., 2021). En este sentido, los genotipos Davis Haden y Fair Child se categorizaron dentro de un tamaño aceptable para fines comerciales.

La circunferencia del fruto presentó una menor variabilidad, con un CV de 12,06 %, en comparación con el 49,3 % reportado por Ansari et al. (2026) al evaluar 89 accesiones autóctonas de Pakistán, híbridos y exóticos de diversas regiones ecogeográficas. Asimismo, Khadivi et al. (2022) registraron valores de longitud entre 45,67 y 142,21 mm, y diámetro del fruto entre 37,51 y 94,13 mm en 18 genotipos evaluados en Irán. En contraste, en este estudio se observó un valor máximo de circunferencia de 31 cm, equivalente a un diámetro aproximado de 98,7 mm, lo cual sugiere la presencia de frutos de mayor tamaño. En conjunto, estas diferencias refuerzan la idea de que la circunferencia está condicionada por la accesión y por las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolla el cultivo (Jena & Chand, 2021).

El coeficiente de variación del contenido de sólidos solubles fue de 12,07 %, situación que revela una baja dispersión en los valores de °Brix. Este resultado contrasta con lo señalado por Altafani Galli et al. (2008), quienes informaron un CV de 19,54 %. La menor variabilidad observada podría asociarse con una madurez más uniforme de los frutos analizados, así como con las condiciones y prácticas de manejo previamente mencionadas.

Los sólidos solubles totales desempeñan un papel fundamental en la calidad y la palatabilidad de la fruta, ya que influyen en propiedades físicas, químicas y biológicas (Jena et al., 2021). Algunos estudios han reportado valores que oscilan entre 6,33 y 27,50 °Brix (Jena et al., 2021; Laborem et al., 2002; Monge-Pérez & Loría-Coto, 2025). En esta investigación, el contenido de sólidos solubles presentó una media de 17,16 °Brix, un valor ligeramente superior al de Altafani Galli et al. (2008), quienes obtuvieron una media de 15,9 °Brix en frutos maduros de mango. Esto podría explicarse por factores como las condiciones climáticas, el estado de madurez al momento de la cosecha, la variedad evaluada y las prácticas de manejo.

Conclusiones

Las características morfológicas y físicas permitieron discriminar la variabilidad existente entre los diez genotipos comerciales de mango evaluados en el trópico seco de Santa Cruz, Guanacaste, lo que evidenció la presencia de diversidad fenotípica entre ellos. Las variables asociadas al fruto fueron las más determinantes para su diferenciación, particularmente el peso, el tamaño y las proporciones internas. Las características dendrológicas y foliares mostraron menor variabilidad en comparación con los rasgos morfológicos del fruto.

Los resultados proporcionan información útil para identificar las accesiones con características agronómicas deseables, especialmente aquellas relacionadas con atributos de interés comercial, como tamaño, peso y proporción de pulpa. Estos datos podrían servir como base para futuros programas de mejoramiento genético, orientados a la selección de progenitores y al desarrollo de poblaciones de mapeo destinadas al estudio de rasgos agronómicos. Sin embargo, esta investigación no evaluó directamente estrategias de hibridación entre cultivares comerciales específicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Finca Experimental de Santa Cruz del Recinto de Santa Cruz, Sede de Guanacaste de la Universidad de Costa Rica, por el acceso brindado para la realización de este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- Altafani Galli, J., Doniseti Michelotto, M., Paterno Silveira, L. C., & Melo Martins, A. L. (2008). Qualidade de mangas cultivadas no Estado de São Paulo. *Bragantia*, 67(3), 791-797. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000300030>
- Ansari, W. Z., Mukhtar, H., Ali, A., Arif, M., Iqbal, J., & Henry, R. J. (2026). Evaluation of mango (*Mangifera indica* L.) germplasm for phenotypic diversity and breeding potential in Pakistan. *Scientific Reports*, 16, Artículo 3693. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-33793-y>
- Bhandari, H. R., Bhanu, A. N., Srivastava, K., Singh, M. N., & Hemantaranjan, A. (2017). Assessment of genetic diversity in crop plants - an overview. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 7(3), 279-286. <https://doi.org/10.15406/apar.2017.07.00255>
- Ehoniyyotan, O. I., & Onemayin, D. Y. (2020). Studies on variation in morphological traits of mango trees (*Mangifera indica*) growing on Kogi State University campus, Anyigba, Kogi State, Nigeria. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 11(1), 113-120. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2020.11.1.0092>
- Esan, V. I., Ogunbode, T. O., Ogunlaran, O. M., Ayegboyin, M. H., Omilani, O. O., Sangoyomi, T. E., & Akande, J. A. (2024). Genetic variability and morpho-agronomic characterization of some mango (*Mangifera indica* L.) cultivars and varieties in Nigeria. *International Journal of Fruit Science*, 24(1), 256-272. <https://doi.org/10.1080/15538362.2024.2389102>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *Major tropical fruits market review 2022*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ecc80c38-d519-4404-9a66-e36460358bd4/content>
- Igbari, A. D., Nodza, G. I., Adeusi, A. D., & Ogundipe, O. T. (2019). Morphological characterization of mango (*Mangifera indica*) cultivars from south-west Nigeria. *Ife Journal of Science*, 21(1), 155-163. <https://doi.org/10.4314/ijfs.v21i1.13>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2025). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2024: Resultados generales de la actividad agrícola y forestal 2024*. <https://admin.inec.cr/sites/default/files/2025-09/reagropecENAAGR%C3%8DCOLA2024-01.pdf>
- International Plant Genetic Resources Institute. (2006). *Descriptors for mango (Mangifera indica L.)*. https://mangobase.org/downloads/PDFs/descriptors_mango.pdf
- Jena, R. C., Agarwal, K., & Chand, P. K. (2021). Fruit and leaf diversity of selected Indian mangoes (*Mangifera indica* L.). *Scientia Horticulturae*, 282, Artículo 109941. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109941>
- Jena, R. C., & Chand, P. K. (2021). Multiple DNA marker-assisted diversity analysis of Indian mango (*Mangifera indica* L.) populations. *Scientific Reports*, 11, Artículo 10345. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89470-3>
- Khadivi, A., Mirheidari, F., Saeidifar, A., & Moradi, Y. (2022). Identification of the promising mango (*Mangifera indica* L.) genotypes based on morphological and pomological characters. *Food Science & Nutrition*, 10(11), 3638-3650. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2961>
- Khan, A. S., Ali, S., & Khan, I. A. (2015). Morphological and molecular characterization and evaluation of mango germplasm: an overview. *Scientia Horticulturae*, 194, 353-366. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.031>
- Khater, E.-S. (2021). Some physical and chemical properties of mango fruits. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 59(3), 679-688. <https://doi.org/10.21608/assjm.2021.206899>
- Kostermans, A. J. G. H., & Bompard, J.-M. (1993). *The mangoes: Their botany, nomenclature, horticulture and utilization*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-421920-5.50007-X>

- Krishna, H., & Singh, S. K. (2007). Biotechnological advances in mango (*Mangifera indica* L.) and their future implication in crop improvement — A review. *Biotechnology Advances*, 25(3), 223-243. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.01.001>
- Kumar, M., Saurabh, V., Tomar, M., Hasan, M., Changan, S., Sasi, M., Maheshwari, C., Prajapati, U., Singh, S., Prajapat, R. K., Dhumal, S., Punia, S., Amarowicz, R., & Mekhemar, M. (2021). Mango (*Mangifera indica* L.) leaves: Nutritional composition, phytochemical profile, and health-promoting bioactivities. *Antioxidants*, 10(2), Artículo 299. <https://doi.org/10.3390/antiox10020299>
- Laborem, G., Marín, C., Rangel, L., & Espinoza, M. (2002). Influencia del pre-enfriamiento sobre la maduración de 27 cultivares de mango (*Mangifera indica* L.). *Bioagro*, 14(2), 113-118.
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Liang, Q., Pan, H., He, X., Wang, S., Hou, Y., Xiao, H., Xu, G., Yi, R., Lin, D., & Yang, Z. (2024). Population structure and genetic diversity of mango (*Mangifera indica* L.) germplasm resources as revealed by single-nucleotide polymorphism markers. *Frontiers in Plant Science*, 15, Artículo 1328126. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1328126>
- Mango Genome Consortium, M., Bally, I. S. E., Bombarely, A., Chambers, A. H., Cohen, Y., Dillon, N. L., Innes, D. J., Islas-Osuna, M. A., Kuhn, D. N., Mueller, L. A., Ophir, R., Rambani, A., Sherman, A., & Yan, H. (2021). The ‘Tommy Atkins’ mango genome reveals candidate genes for fruit quality. *BMC Plant Biology*, 21(1), Artículo 108. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02858-1>
- Mata, R., Rosales, A., & Vásquez, A. (2013). *Mapa de subórdenes de suelos de Costa Rica* [Mapa; escala 1:200 000]. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.
- Monge-Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2025). Caracterización del fruto de 46 cultivares de mango (*Mangifera indica*) en Alajuela, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 38(1), 3-18. <https://doi.org/10.18845/tm.v38i1.6949>
- Navarro, M., Arnaez, E., Moreira, I., Quesada, S., Azofeifa, G., Wilhelm, K., Vargas, F., & Chen, P. (2019). Polyphenolic characterization, antioxidant, and cytotoxic activities of *Mangifera indica* cultivars from Costa Rica. *Foods*, 8(9), Artículo 384. <https://doi.org/10.3390/foods8090384>
- Patel, N., Tandel, Y. N., Chauhan, D. A., & Patel, A. I. (2024). Exploring variability for morphological and quality traits in natural seedling origin mango germplasm of South Gujarat. *Euphytica*, 220(10), Artículo 151. <https://doi.org/10.1007/s10681-024-03403-5>
- Patil, N. A., Reddy, N. R. K., & Ganapthy, M. S. (2025). Analyzing the export value chain and competitive dynamics of India’s fresh mango market. *Journal of Scientific Research and Reports*, 31(3), 129-136. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i32885>
- Rajan, S., & Hudedamani, U. (2019). Genetic resources of mango: Status, threats, and future prospects. En P. Rajasekharan & V. Rao (Eds.), *Conservation and utilization of horticultural genetic resources* (pp. 217-249). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3669-0_7
- Rymbai, H., Laxman, R. H., Dinesh, M. R., Sunoj, V. S. J., Ravishankar, K. V., & Jha, A. K. (2014). Diversity in leaf morphology and physiological characteristics among mango (*Mangifera indica*) cultivars popular in different agro-climatic regions of India. *Scientia Horticulturae*, 176, 189-193. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.030>

- Sennhenn, A., Prinz, K., Gebauer, J., Whitbread, A., Jamnadass, R., & Kehlenbeck, K. (2014). Identification of mango (*Mangifera indica* L.) landraces from Eastern and Central Kenya using a morphological and molecular approach. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(1), 7-22. <https://doi.org/10.1007/s10722-013-0012-2>
- Sobiech, S. S., & Sayed, R. M. (2024). Molecular, morphological, palynological and biochemical characterization of six accessions of two *Mangifera indica* L. cultivars (Keitt and Ewais) native to Egypt. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 71(8), 4941-4961. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-01939-y>
- Solano-Gutiérrez, M., & Hanson-Snortum, P. (2023). Primer reporte de *Aulacaspis tubercularis* (Hemiptera: Diaspididae) en Costa Rica, un insecto que afecta al mango (*Mangifera indica*) en entornos urbanos de Alajuela. *Agronomía Costarricense*, 47(2), 121-126. <https://doi.org/10.15517/rac.v47i2.56137>
- Song, M., Wang, H., Fan, Z., Huang, H., & Ma, H. (2023). Advances in sequencing and key character analysis of mango (*Mangifera indica* L.). *Horticulture Research*, 10(2), Artículo uhac259. <https://doi.org/10.1093/hr/uhac259>
- Sung, J., Suh, J. H., Chambers, A. H., Crane, J., & Wang, Y. (2019). Relationship between sensory attributes and chemical composition of different mango cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(18), 5177-5188. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b01018>
- Tharanathan, R. N., Yashoda, H. M., & Prabha, T. N. (2006). Mango (*Mangifera indica* L.), “The king of fruits”—An overview. *Food Reviews International*, 22(2), 95-123. <https://doi.org/10.1080/87559120600574493>
- Toili, M. E. M., Rimberia, F. K., Nyende, A. B., & Sila, D. (2016). Morphological diversity of mango germplasm from the Upper Athi River region of eastern Kenya: an analysis based on non-fruit descriptors. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 16(2), 10913-10935. <https://doi.org/10.18697/ajfand.74.13755>
- Vidaurre-Barahona, D., Wang-Wong, A., & Uribe-Lorío, L. (2020). *Erwinia billingiae* causes bacterial canker of mango (*Mangifera indica*) in Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 306-315. <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.40965>
- Zhang, C., Xie, D., Bai, T., Luo, X., Zhang, F., Ni, Z., & Chen, Y. (2020). Diversity of a large collection of natural populations of mango (*Mangifera indica* Linn.) revealed by agro-morphological and quality traits. *Diversity*, 12(1), Artículo 27. <https://doi.org/10.3390/d12010027>