



Evaluation of The Morphological Variability of Cashew Fruit

Reynerio Adrián Alonso Bran¹, Beatriz Zambrano Castillo², Eduardo Aguilar Astudillo³, Carlos Joaquín Morales Morales⁴

¹. Profesor de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Ocozocoautla-Villaflores km. 84.5. CP. 30470. Villaflores, Chiapas, México.

². Profesora de medio tiempo de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas Carretera Ocozocoautla-Villaflores km. 84.5. CP. 30470. Villaflores, Chiapas, México.

³. Profesor de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Ocozocoautla-Villaflores km. 84.5. CP. 30470. Villaflores, Chiapas, México.

⁴. Profesor de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Ocozocoautla-Villaflores km. 84.5. CP. 30470. Villaflores, Chiapas, México.

ABSTRACT: The cultivation of cashew is native to India, considered the country with the greatest diversity of the Anacardiaceae family, and it is scattered throughout the world in tropical climate regions. The present study aimed to evaluate the morphometric variability of the cashew fruit under ex situ conditions. The methodology used was based on the botanical-taxonomic descriptor of cashew in 100 fruits evaluated, using four quantitative and five qualitative variables. Multivariate methods were used for statistical analysis, including elementary statistics, discriminant analysis, correlation analysis, principal component analysis, classification, and cluster analysis, which were carried out to group the samples according to their similarity based on their common characteristics. The results indicated variation in the evaluated traits, with the shape of the nut or fruit showing the highest coefficient, there was a correlation between the variables fruit weight and length. The discriminant analysis carried out on cashew fruit samples contributed 91% to the variability, and the variables that influenced this result highlighted fruit weight and the diameter of the peduncle base. In the classification analysis, kidney-shaped and oblong forms were the characteristics that stood out in this analysis. The principal components analysis managed to explain 70.34% of the total variance, with length, diameter, and fruit weight standing out. Three groups were formed in the dendrogram, with the first group having the largest number of samples. The analysis of the fruit weight variable showed the greatest variation; the kidney-shaped fruit is a distinctive characteristic of cashew, and the main color as a qualitative trait is gray. The fruit apex showed morphometry with intermediate variation and pointed shape, indicating that both forms are represented.

KEYWORDS: Weight, variation, components, groups

RESUMEN

El cultivo de marañón es originario de la India, considerada como el país de mayor diversidad de la familia de las Anacardiáceas, se encuentra disperso en todo el mundo, en lugares de clima tropical. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la variabilidad morfométrica del fruto de marañón en condiciones ex situ. La metodología utilizada se basó en el descriptor botánico-taxonómico de marañón en 100 frutos evaluados, utilizando cuatro variables cuantitativas y cinco cualitativas. Se utilizaron los métodos multivariados para el análisis estadístico, entre los realizados se encuentran: los estadísticos elementales, análisis discriminantes,

análisis de correlación, de componentes principales, de clasificación y análisis de conglomerados, que se realizaron para agrupar las muestras de acuerdo a su similitud en base a sus características comunes. Los resultados indicaron variación en los caracteres evaluados, la forma de nuez o fruto es el que presentó mayor coeficiente, existió una correlación entre las variables peso y longitud del fruto. El análisis discriminante realizado en las muestras de frutos de marañón, contribuyeron en la variabilidad con el 91% y las variables que influyeron en este resultado destacaron el peso del fruto y diámetro de la base peduncular. En el análisis de clasificación, la forma arriñonada y oblonga fueron los caracteres que sobresalieron en este análisis. El análisis de componentes principales logró explicar el 70.34% de la varianza total, sobresaliendo la longitud, diámetro y peso del fruto. En el dendrograma se formaron tres grupos, el uno presentó mayor número de muestras. El análisis realizado de la variable peso de fruto, fue la que presentó la mayor variación, la forma del fruto arriñonada es una característica distintiva del marañón y el color principal como carácter cualitativo es el gris. El ápice del fruto presentó una morfometría con variación intermedia y puntiaguda, indicando que las dos formas son representativas.

PALABRAS CLAVE: *Peso, variación, componentes, grupos*

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de marañón representa uno de los frutales de clima tropical en México con poca trascendencia, es posible que el mango su pariente directo, es el más popular de la familia de las Anacardiáceas con mayor impacto en el consumo y producción. Han existido diversos programas relacionados con este cultivo, sin embargo, han fracasado y sin llegar al objetivo final que es la producción, aunado a esto, el desconocimiento de los productores de este cultivo y sus grandes bondades que tiene, desde sus partes vegetativas de la planta como es el falso fruto que se elabora uno de los mejores vinos del mundo, los jugos son de buen sabor y se pueden elaborar conservas, pero lo más importante es el aceite y la nuez que son bastantes cotizadas en los mercados internacionales, inclusive en la bolsa de valores, otra de las ventajas de tener esta planta es su sombra que se podría aprovechar en los potreros como corral, utilización de su madera altamente resistente a sequías, en época de verano lo único verde que se logra observar son los árboles de marañón que producen alrededor de cuatro cosechas al año. Su valor medicinal del falso fruto es muy importante. En el estado de Chiapas, se considera un lugar adecuado para la producción de este cultivo, con zonas representativas de suelos adecuados para su explotación. Específicamente la región importante en el estado es la Frailesca, considerada una de las regiones fructíferas y de grandes extensiones de terrenos aptas para la producción, conservación e industrialización, específicamente la nuez de la India, en otros países esta fruta tropical representa la base económica de los habitantes, son fuentes de trabajo familiar en todo el año con buenos dividendos. Por lo anterior, se pretende con esta investigación describir las características morfométricas y variabilidad genética del fruto de marañón con el propósito de dar a conocer a la sociedad agropecuaria las bondades que tiene y su uso principalmente. En ese sentido, se utilizarán herramientas metodológicas que lleven a conocer las características cuantitativas y cualitativas del fruto. Con estas bases se puede lograr un conocimiento amplio de la utilización del jocote marañón por los productores, adoptando este cultivo, más que todo, utilizándolo como huerto para fines de autoconsumo o comercial. Por lo anterior, en la presente investigación se planteó el siguiente objetivo: Evaluar las características morfométricas del fruto o nuez del jocote marañón y su variabilidad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la unidad de riego Totonilco, ejido y municipio de Villaflores, Chiapas, en el período comprendido de agosto a diciembre del 2024. Se realizó una colecta de frutos al azar obteniendo de los diferentes árboles establecidos *ex situ* una cantidad de 400 frutos. La metodología utilizada consistió en las variables que se encuentran en el Descriptor Botánico Taxonómico de marañón editado por el IBPGRI (1986). Estos frutos se seleccionaron al azar numerándolas e identificándolas del uno al 100, posteriormente ya

señaladas se tomaron los datos utilizando las variables del descriptor de marañón. Para la evaluación de estas variables se utilizaron instrumentos y materiales como el vernier, cinta métrica y una pesa digital para obtener los datos. Las variables cuantitativas evaluadas fueron: Longitud del fruto, Diámetro del fruto, Ancho de la base peduncular y Peso del fruto. Las variables cualitativas evaluadas fueron: Forma del fruto: 1. Arriñonada 2. Oblongo 3. Elipsoide. Forma de la base del fruto: 1. Redonda 2. Achatada 3. Oval. Forma del ápice: 1. Redondo 2. Intermedio 3. Puntigudo. Color del fruto: 1. Gris 2. Café 3. Caoba. Lados del fruto: 1. Abultados 2. Achatados 3. Redondeados. Se utilizaron métodos de análisis multivariados sugeridos por Franco e Hidalgo (2003). Se obtuvieron con variables cuantitativas estadísticos elementales, análisis discriminante, de correlación, de componentes principales, de función de clasificación y un análisis de conglomerados a través de un Dendrograma. Con las variables cualitativas se realizaron análisis de frecuencias. Se utilizó el programa estadístico SPSS versión 24.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos en los estadísticos elementales (Tabla 1), presenta diferencias entre las muestras, indicando que la variación puede ser debida a la interacción del genotipo con el ambiente o en su caso por factores hereditarios. El (CV) sobresale la forma del fruto con 35.01% y el diámetro del fruto con 6.29%, según Peña *et al.*, (2020) en estudios realizados con el cultivo de marañón encontró que la mayoría de las muestras evaluadas sobresalieron de forma de nuez o de fruto arriñonado, con el pericarpio duro de color gris oscuro.

Tabla 1. Estadísticos elementales para 100 muestras de frutos de marañón

Variables	N	MEDIA	ERROR	D.E	CV
LF	100	3.4290	0.02240	0.22397	6.53
DF	100	2.6450	0.01666	0.16659	6.29
DBP	100	0.6770	0.00886	0.08860	13.08
PF	100	8.4100	0.14361	1.43615	17.07
FORNUEZ	100	2.1200	0.07424	0.74237	35.01

LF= Longitud del fruto; DF= Diámetro del fruto; DBP= Diámetro de la base peduncular; PF= Peso del fruto; FORNUEZ= Forma de la nuez

En la tabla 2 se puede observar la correlación entre variables de las 100 muestras de fruto evaluados de marañón, existiendo una correlación de la variable peso del fruto con longitud del fruto (0.633), de igual forma, el diámetro del fruto con longitud del fruto (0.627), la correlación de las dos variables en la matriz de correlación significa que el peso del fruto es la variable predominante, aunque hay poca diferencia con la correlación longitud y diámetro del fruto (0.627). Sika *et al.*, (2015) mencionaron que en estudios realizados con marañón encontraron correlación entre las variables peso del fruto con longitud del fruto (0.774***).

Tabla 2. Correlación entre variables para 100 muestras de frutos de marañón

Variables	LF	DF	DBP	PF
LF	1.000			
DF	0.627	1.000		
DBP	0.336	0.238	1.000	
PF	0.633	0.584	0.211	1.000

LF= Longitud del fruto; DF= Diámetro del fruto; DBP= Diámetro de la base peduncular; PF= Peso del fruto; FORNUEZ= Forma de la nuez

El análisis discriminante realizado en 100 muestras de frutos o nuez de marañón (Tabla 3), permitió contribuir en el resultado obtenido con una variabilidad del 91.0% y las variables que influyeron en este porcentaje destacan: peso de fruto, diámetro de la base peduncular y el diámetro del fruto.

Sika *et al.*, (2015) realizaron estudios con árboles de marañón con el objetivo de determinar la variabilidad genética, las variables investigadas sobresalen aquellas relacionadas con la planta, inflorescencia y el fruto, sus resultados indicaron que el peso, diámetro y longitud del fruto mantiene cierta variabilidad genética.

Tabla 3. Análisis discriminante para 100 muestras de marañón

Función	Autovalor	% varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	0.110	91.0	91.0	0.315
2	0.011	9.0	100.0	0.104
Función				
Variables	1		2	
DBP	0.772		0.182	
DF	0.736		0.174	
PF	0.257		0.846	
LF	0.550		0.664	

LF= Longitud del fruto; DF= Diámetro del fruto; DBP= Diámetro de la base peduncular; PF= Peso del fruto; FORNUEZ= Forma de la nuez

El análisis de clasificación realizado para 100 muestras de frutos de marañón (Tabla 4) indicaron que los resultados obtenidos en este estudio señalan que la forma arriñonada y oblonga son caracteres bien diferenciados dentro de la variable diámetro de fruto, sin embargo, no existe mucha diferencia en la forma del fruto elipsoide que representan valores numéricos muy parecidos.

Nayak *et al.*, (2014) mencionaron que en estudios realizados determinaron diferentes características de la planta de marañón, identificaron diferentes formas del fruto sobresaliendo la forma arriñonada.

Tabla 4. Análisis de clasificación para 100 muestras de frutos de marañón

Variables	Arriñonada	Oblonga	Elipsoide
LF	57.996	57.324	57.251
DF	86.746	86.114	83.354
DBP	31.163	30.446	25.636
PF	-7.562	-7.704	-7.459
Constante	-195.905	-193.549	-183.216

LF= Longitud del fruto; DF= Diámetro del fruto; DBP= Diámetro de la base peduncular; PF= Peso del fruto; FORNUEZ= Forma de la nuez

El análisis de componentes principales realizados (Tabla 5) en 100 muestras de frutos de marañón logró explicar el 70.34% de la variación y las variables que influyeron en esa variación sobresalen la longitud del fruto, diámetro del fruto y peso del fruto. Las tres variables descritas representan al fruto de marañón y son caracteres que se encuentran muy correlacionados entre sí. Sika *et al.*, (2015) mencionaron que en estudios realizados con el fruto de marañón realizaron un análisis de componentes principales (PCA) mostrando que: las variables relacionadas con los frutos o la nuez, falso fruto y la inflorescencia están altamente correlacionados entre sí.

Tabla 5. Componentes principales de la varianza total explicada en marañón

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado		
	Total	% varianza	% acumulado	Total	% varianza	% acumulado
1	2.513	50.256	50.256	2.513	50.256	50.256
2	1.004	20.090	70.346	1.004	20.090	70.346
3	0.751	15.019	85.365			
4	0.403	8.064	93.429			
5	0.329	6.571	100.000			
Componente	1			2		
LF	0.867			0.164		
DF	0.832			0.155		
DBP	0.542			-0.464		
PF	0.796			0.347		
FORNUEZ	-0.376			0.786		

LF= Longitud del fruto; DF= Diámetro del fruto; DBP= Diámetro de la base peduncular; PF= Peso del fruto; FORNUEZ= Forma de la nuez

El análisis de conglomerados realizados en 100 muestras de frutos de marañón, describen a través del Dendrograma el agrupamiento de todas las muestras evaluadas, se formaron tres grupos, el grupo 1 integrado por 72 muestras, con mayor variación, el grupo dos formado por 26 y el grupo tres con dos. Peña *et al.*, (2020) en estudios realizados sobre caracterización morfoagronómica del cultivo de marañón, encontró en la evaluación de diferentes muestras la forma arriñonada del fruto, la mayor parte de las muestras presentaron esta característica.

Con relación al color del fruto (Tabla 6) se determinaron tres colores, el 66% de las muestras evaluadas presentaron color gris. Rivera (2022) en investigaciones realizadas en Colombia con marañón, utilizó una tabla de colores para caracterizar el color del fruto, en su mayoría presentaron la coloración café, aunque también encontró frutos con colores gris.

Tabla 6. Color del fruto de marañón

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Gris	66	66.0	66.0	66.0
Café	22	22.0	22.0	88.0
Caoba	12	12.0	12.0	100.0
	100	100.0	100.0	

La forma de fruto es una de las características importantes en la identificación del marañón, la forma muy parecida con el mango hace de esta nuez pariente directo. En esta investigación se reconocieron diferentes formas, el 44% de las muestras evaluadas presentaron forma arriñonada, el 34% elipsoide y 22% oblonga. Todos conocemos que a simple vista se pueden identificar como forma arriñonada, sin embargo, pueden observarse variaciones morfológicas.

Peña *et al.*, (2020) en estudios realizados sobre caracterización morfoagronómica del cultivo de marañón encontró en la evaluación de diferentes muestras la forma arriñonada del fruto, destacando que la mayor parte de las muestras presenta esa característica.

Tabla 7. Forma del fruto de marañón

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Arriñonado	44	44.0	44.0	44.0
Oblonga	22	22.0	22.0	66.0
Elipsoide	34	34.0	34.0	100.0
	100	100.0	100.0	

Otra de las características importantes son la forma de la base del fruto de marañón (Cuadro 7), el 58% de las muestras evaluadas presentaron forma de la base del fruto achatada, 40% Oval y 2 % redonda, aunque no se considera importante porque lo sostiene el falso fruto, para fines de resistencia al desprendimiento del fruto, lo que indica muy interesante sus funciones para su estudio, describiendo a esta parte vegetativa con fuerte adherencia al falso fruto o la prolongación peduncular.

Nayak *et al.*, (2014) describieron en cuatro observaciones botánicas las características de esta parte del fruto de marañón de la siguiente manera: Fruto redondo, aplanado, aplanado oblicuamente y angular.

Tabla 8. Forma de la base del fruto

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Redonda	2	2.0	2.0	2.0
Achatada	58	58.0	58.0	60.0
Oval	40	40.0	40.0	100.0
	100	100.0	100.0	

Otra de las variables cualitativas sobresalientes es la forma del ápice del fruto de marañón (Tabla 8), de los resultados obtenidos en el análisis se obtuvieron los siguientes datos: el 49% de las muestras evaluadas presentaron forma del ápice intermedio, 35% puntiagudo y 16% de las muestras forma redonda, esta variación se inclina en la forma intermedia debido a que las condiciones del medio ambiente influyen en la formación de características diferentes.

Sika *et al.*, (2015) en estudios realizados en marañón con la variable forma del ápice del fruto, encontró diferencias con este carácter cualitativo, la variación manifestada en las muestras de fruto evaluadas fue evidentes en los tres casos en estudio.

Rivera (2022) realizó estudios sobre caracterización del marañón y utilizó variables cualitativas, entre ellas la forma del ápice del fruto, entre los descriptores utilizados con esta variable se encuentran las formas redondas, intermedio y alargado, los mismos utilizados en esta investigación.

Tabla 8. Forma del ápice del fruto de marañón

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Redondo	16	16.0	16.0	16.0
Intermedio	49	49.0	49.0	65.0
Puntiagudo	35	35.0	35.0	100.0
	100	100.0	100.0	

IV. CONCLUSIONES

El fruto de marañón presenta una variabilidad morfológica, sobresaliendo aquellas variables que se relacionan con el fruto, específicamente con el peso, aportando mayor porcentaje de variación, su correlación con la longitud del fruto representa un mayor peso, calidad y presentación. El componente principal de mayor variación son los relacionados con los frutos, la forma arriñonada es característica del marañón, es posible que el peso del fruto agrupo la mayor parte de las muestras en el dendrograma. Las variables cualitativas: forma de la base, color, lados y forma de los frutos son características principales representativas del marañón como la achatada en su base, el color gris y forma arriñonada presentan morfometría del fruto adecuado.

V. REFERENCIAS

1. Franco, T. L. e Hidalgo, R. (Ed.). (2003). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8. Ed. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia.
2. International Board for Plant Genetic Resource (1986). Cashew (*Anacardium occidentale* L) descriptors for plant genetics, Genetic Resource Centre, Plant Production and Protection Division, FAO via delle Terme Di caracalla, 00100 Rome, Italy, p. 33.
3. Nayak M. G., Mohana G. S., Bhat P. S., Saroj P. L., Swamy K. R. M and M. G Bhat. (2014). Minimum descriptors of cashew germplasm accessions. CAR - Directorate of Cashew Research Puttur 574 202, D.K., Karnataka, India
4. Peña M. L. M., Bauzá D. A. A., Galindo M. L y Torres A. E. (2020). Caracterización morfoagronómica del cultivo de marañón (*Anacardium occidentale* L.) en áreas de la empresa de cultivos varias tunas. Revista digital de Medio Ambiente "Ojeando la Agenda". No. 64.
5. Rivera H. A. Y. (2022). Caracterización morfológica de la colección de marañón (*Anacardium occidentale* L.) en el municipio de San Cayetano Norte de Santander. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Pamplona. Pp.72-74.
6. Sika Ch. K., Adoukonou S. H., Ahoton L. E., Adebo I., Adigoun F. A., Saidou A., Ahanchede A., Kotchoni S. O y Baba M. L. (2015). Morphological characterization and agronomic performances of cashew (*Anacardium occidentale* L.) accessions from Benin. Journal of Agricultural and Crop Research. 3(2). 27-40.