

Determinación de coeficientes de correlación y trayectoria entre características vegetativas y productivas de cultivares de merey (*Anacardium occidentale* L.) en Madakkathara, Kerala, India

Determination of correlation and path coefficients among vegetative and productive characteristics of cashewnut cultivars (*Anacardium occidentale* L.) at Madakkathara, Kerala, India

J. R. Méndez-Natera

Resumen

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar las asociaciones entre el rendimiento de nueces por árbol en kg (RNA) con tres caracteres vegetativos del árbol: expansión (m) promedio del dosel o copa (EPD), circunferencia (cm) del tallo (CT) y altura (m) del árbol (AA) y con tres caracteres de la parte comestible: peso (g) de nuez (PN), peso (g) del pseudofruto (PPF) y relación PPF/PN y determinar los efectos directos e indirectos de estos caracteres sobre el RNA. Los coeficientes de correlación se calcularon a partir del promedio de tres repeticiones de un ensayo con 18 cultivares de merey con cuatro árboles por cultivar. Los niveles de significación fueron: 5 % (*) y 1 % (**). Se encontró que disminuciones del RNA estuvieron asociadas con incrementos del PPF (-0,645**) y de la relación PPF/PN (-0,522*). Un mayor PN estuvo asociado con un mayor PPF (0,812**). Aumentos del PPF se asociaron con incrementos en la relación PPF/PN (0,642**). Los árboles con una gran EPD tuvieron tallos más gruesos (0,560*) y árboles más altos (0,607**). Una mayor AA estuvo relacionada con una mayor CT (0,592**). El resto de los coeficientes de correlación no fueron significativos. El análisis de los coeficientes de trayectoria indicó que los caracteres que más afectaron directamente al RNA fueron: PPF (-1,761) y PN (0,985), los otros cuatro caracteres tuvieron efectos directos inferiores al efecto residual (0,689). Estos resultados

Recibido el 5-2-2001 ● Aceptado el 21-4-2003

Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Núcleo de Monagas, Universidad de Oriente. Av. Universidad. *Campus* Los Guaritos, Maturín, 6201, Monagas, Venezuela. E-mail: jmendezn@cantv.net

indican que se puede obtener un mayor rendimiento de nueces por árbol mediante la selección de nueces más pesadas y pseudofrutos más livianos, por otra parte, los tres caracteres vegetativos del árbol evaluados mostraron efectos directos muy bajos sobre el RNA ($< 0,186$) y ninguna relación significativa.

Palabras clave: Mery, *Anacardium occidentale*, análisis de trayectoria, correlación.

Abstract

The objectives of this present study were to determine the associations among nut yield/tree (NYT) and three vegetative characteristics of trees: mean canopy (MC), shaft circumference (SC) and tree height (TH) and three characteristics of edible parts: nut weight (NW), apple weight (AW) and AW/NW ratio and to determine direct and indirect effects of these characters on the NYT. The correlation coefficients were calculated using the means of three replications of an experiment with 18 cashewnut cultivars with four trees/cultivar. The probability level was: 5% (*) and 1% (**). The NYT was correlated negatively with AW (-0.645**) and the AW/NW ratio (-0.522*). NW was positively correlated with AW (0.812**). AW was associated positively with AW/NW (0.642**). The MC was related positively with SC (0.560*) and TH (0.607**). SC was correlated positively with TH (0.592**). The other correlation coefficients were not significant. The path coefficient analysis indicated that the characteristics that more directly affected NYT were: AW (-1.761) and NW (0.985), the other four characteristics had direct affects inferior to the residual effect (0.689). These results indicate that increments of nut yield/tree can be obtained by selecting heavier nuts and lighter apples, on the other hand, the three vegetative characters of tree showed very low direct effects on the NYT (< 0.186) and they did not show any significant association with it.

Key words: Cashewnut, *Anacardium occidentale*, path coefficient analysis, correlation.

Introducción

La producción comercial de mery (*Anacardium occidentale* L.) está principalmente confinada a Brasil, India, Mozambique, Tanzania y Kenia. La India es el país que sustentó este cultivo y lo convirtió en un producto del comercio internacional, siendo actualmente el mayor productor, procesador, exportador y el segundo más grande consumidor de almendras

de mery en el mundo (13). En Venezuela, este frutal se desarrolla ampliamente en una gran parte del país. Las principales áreas de concentración son la parte norte del estado Bolívar, la parte sur de los estados Anzoátegui y Monagas y el suroeste del estado Guárico. En estas regiones pequeñas industrias artesanales se han desarrollado, las

cuales utilizan el pseudofruto (manzana) para la preparación de dulces. La almendra de la nuez también se usa para hacer dulces llamados mazapán y turrone (17).

De acuerdo con Kumar y Udupa (10) el rendimiento total de nueces por árbol en merey está influenciado principalmente por varios factores genéticamente determinados y en alguna extensión a través de la manipulación de las prácticas culturales y debido a los factores climáticos. El entendimiento de la asociación entre el rendimiento de nueces por árbol y los componentes del rendimiento es muy importante para incrementar los rendimientos, adicionalmente, también ayuda a emprender estudios más detallados sobre componentes específicos del rendimiento para un mejoramiento adicional a través de programas de mejoramiento genético y la manipulación a través de prácticas culturales. Shiva Reddy *et al.* (21) indicaron que un programa sistemático de mejoramiento en un cultivo requiere un conocimiento preciso de la relación entre el rendimiento y los componentes del mismo, esta información ayuda a decidir los caracteres que deber ser considerados para los programas de selección.

Kumar y Udupa (10) encontraron que entre los 26 caracteres estudiados para su asociación con el rendimiento de nueces por árbol, entre 99,7 a 99,9 % de la variabilidad total en el rendimiento de nueces estuvo controlada por cinco caracteres número de ápices reproductivos, número de flores bisexuales por panícula,

producción de frutos, retención de frutos y el número total de nueces producidas por árbol, y este último fue el carácter más importante correlacionado con el rendimiento. Dela Cruz (5) trabajó con árboles de merey originalmente derivados de plántulas en Cashews Australia, Dimbulah, en Far North Queensland y encontró que el peso total de la nuez por árbol estuvo positivamente correlacionado con el número de nueces por árbol y el número de nueces por árbol estuvo negativamente correlacionado con el peso promedio de la nuez por árbol, mientras el peso del pseudofruto mostró una correlación positiva con los caracteres de la nuez y el peso total de nueces por árbol estuvo altamente correlacionado con los caracteres altura del árbol, circunferencia del tallo y expansión del dosel o copa y el peso promedio de la nuez por árbol estuvo positivamente correlacionado con el peso del pseudofruto, este mismo autor indicó que el análisis de correlación múltiple mostró que el peso de la almendra, el ancho de la nuez y la expansión del dosel del árbol fueron los caracteres más importantes que influyeron sobre el peso total de nueces por árbol, y señaló que los caracteres morfológicos asociados con los componentes del rendimiento de nueces serían útiles en un trabajo de selección de árboles altamente rendidores.

Sena *et al.* (20) trabajaron con doce componentes del rendimiento en 17 cultivares de merey desarrollados durante 1993 en Bhubaneswar, India y encontraron que la producción de frutos por panícula y el peso de la nuez

tuvieron el mayor efecto sobre el rendimiento de nueces por planta. El peso de la nuez y el peso del pseudofruto tuvieron una alta asociación positiva con el rendimiento de nueces. Por su parte, Azevedo *et al.* (3) evaluaron cinco caracteres (altura de la planta, expansiones del dosel Norte-Sur y Este-Oeste y número de ramas primarias y secundarias) en 27 árboles de merey desarrollados en la Estación Experimental de Pacajus en el estado de Ceara, Brasil y encontraron que todas las correlaciones fenotípicas y genéticas fueron positivas y significativas y la selección para incrementar o disminuir el promedio de uno de los cinco caracteres estudiados afectaron el promedio de los

otros y las correlaciones entre la altura de la planta y el número de ramas secundarias fueron bajas, indicando la posibilidad de obtener plantas más pequeñas sin causar reducciones drásticas en el número de ramas secundarias.

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar las asociaciones entre el rendimiento de nueces por árbol con tres caracteres vegetativos del árbol y tres caracteres de la parte comestible, determinar los efectos directos e indirectos de estos caracteres sobre el rendimiento de nueces por árbol y determinar un modelo de regresión que explique estos rendimientos en función de los caracteres estudiados.

Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en la Estación para la Investigación del Merey de la Universidad Agrícola de Kerala, en Madakkathara, Thrissur, Kerala, India. A los árboles se les dieron todas las prácticas agronómicas y las medidas de protección de plantas de acuerdo al paquete de recomendaciones de prácticas de la Universidad de Kerala (9), entre estas están: una dosis de fertilizante de 750 g de N, 325 g de P_2O_5 y 750 g de K_2O por planta, aplicando $\frac{1}{3}$ de la dosis durante el primer año y $\frac{2}{3}$ de la dosis durante el segundo año y la dosis completa a partir del tercer año, el fertilizante se esparció sobre todo el plato del árbol (15 cm de profundidad) en una distancia radial de 2 a 3 m dentro de la línea de caída dejando 0,5 m a partir del tronco del árbol y se

incorporó mediante un rastrillado ligero. En cuanto a la protección de las plantas, para el control de la mosquita del té se asperjaron los insecticidas endosulfan al 0,05 %, carbaryl al 0,10 %, quinalphos al 0,05 % y phosphamidon al 0,03 %, haciendo una rotación racional de los insecticidas para contrarrestar la tendencia de las plagas a desarrollar resistencia de campo. Las aspersiones fueron hechas tres veces como sigue: primera aspersión en Octubre-Noviembre, segunda aspersión en Diciembre-Enero y tercera aplicación Enero-Febrero y para el control del taladrador de las raíces y del tallo, se empaparon los platos de los árboles con una suspensión de BHC al 0,1 %.

La descripción del experimento, así como las características

geográficas, edáficas y climáticas de la Estación experimental fueron previamente señaladas por Méndez-Natera y Abdul-Salam (12). Se utilizaron 18 cultivares de merey provenientes de Vittal, Bapatla, Vengurla, Vridhachalam y Madakkathara, India, injertados con el método de madera suave (softwood grafting), realizado de acuerdo a la metodología descrita por el Centro Nacional de Investigación en Merey, Puttur, India (14). Estos árboles fueron sembrados el 15 de Junio de 1987 en la Estación para la Investigación del Merey en Madakkathara, Thrissur, Kerala, la cual tiene las siguientes características:

Latitud entre 10° 15' y 40° 35'
Longitud entre 75° 15' y 76° 25'
Altitud 30 m.s.n.m.

Suelo: Composición química:

Carbono orgánico 0,72 a 1,01 %
P₂O₅ disponible 6,0 a 12,6 kg/ha
K₂O disponible 186 a 345 kg/ha
Clima:

Precipitación normal 3170 mm
Temperatura máxima 29,1 a 36,5 °C
Temperatura mínima 21,2 a 25,1 °C
Humedad relativa 68,94 %

Área: 18,25 ha

A estos árboles de ocho años de edad se les realizaron las observaciones de la altura de la planta, circunferencia del tallo a 0,5 m por encima del suelo, longitud promedio del dosel (calculada sumando las longitudes del dosel Norte-Sur y Este-Oeste y dividiéndola entre dos), rendimiento de nueces por planta (calculado pesando todas las nueces producidas por cada árbol), peso de la nuez, peso del pseudofruto y la relación peso del

pseudofruto/peso de la nuez (calculado dividiendo el peso del pseudofruto entre el peso de la nuez respectiva).

El ensayo constó de 18 cultivares de merey con cuatro árboles por cultivar sembrados a 7,5 m x 7,5 m y tres repeticiones. Los coeficientes de correlación lineal simple se calcularon a partir del promedio de los cuatro árboles por tratamiento y las tres repeticiones (8, 23, 25). Según Gómez y Gómez (8) cuando los análisis de regresión y correlación son aplicados a los datos de ensayos replicados hay dos escogencias de datos que pueden ser usados, uno es los datos por repetición y otro es, las medias de los tratamientos promediadas sobre todas las repeticiones y como una regla general, aunque el uso de los datos por repetición parece más atractivo porque el número de puntos de los datos es mayor, el uso de las medias de los tratamientos promediados sobre las repeticiones es más apropiado, esto es así porque la variación entre unidades experimentales que reciben el mismo tratamiento (error experimental) no necesita entrar en la evaluación de la asociación entre la respuesta del cultivo y el tratamiento. Por otra parte, el uso de los datos de las repeticiones envuelve más de una fuente de variación y la interpretación de los resultados llega a ser más compleja. Para la construcción de análisis de los coeficientes de trayectoria y el análisis de regresión paso a paso (Step Wise Regression) se utilizaron los coeficientes de correlación anteriores (8, 22). Los niveles de significación fueron 5 y 1 %.

Resultados y discusión

El cuadro 1 muestra los coeficientes de correlación lineal simple entre el rendimiento de nueces por árbol con el resto de los caracteres estudiados. El rendimiento de nueces por árbol estuvo correlacionado negativamente con el peso del pseudofruto (-0,645**) y la relación peso del pseudofruto/peso de la nuez (-0,522*). El peso de la nuez estuvo positivamente correlacionado con el peso del pseudofruto (0,812**). El peso del pseudofruto estuvo asociado positivamente con la relación peso del pseudofrutos/peso de la nuez (0,642**). La expansión promedio del dosel estuvo relacionada positivamente con la altura del árbol (0,607**) y la circunferencia del tallo (0,560*). La circunferencia del tallo estuvo correlacionada positivamente con la altura del árbol (0,592**). Los demás coeficientes de correlación no fueron significativos.

Los caracteres vegetativos estuvieron correlacionados entre sí, es decir, que los árboles más altos presentaron troncos más gruesos y doseles más extensos. Al respecto, Nayar *et al.* (15) indicaron que el desarrollo es el último producto de varios procesos fisiológicos y bioquímicos, cada proceso está interrelacionado y ningún proceso es independiente uno del otro y que las relaciones recíprocas existentes entre los órganos se denominan "correlaciones del desarrollo" y el desarrollo armonioso del cuerpo de la planta en su totalidad es el resultado de influencias correlativas las cuales operan entre los órganos y los parámetros del desarrollo. Los

resultados de este ensayo concuerdan con los reportados por Azevedo *et al.* (3), quienes evaluaron cinco caracteres (altura de la planta, expansiones del dosel Norte-Sur y Este-Oeste y número de ramas primarias y secundarias) en 27 árboles de merey desarrollados en la Estación Experimental de Pacajus en el estado de Ceara, Brasil y encontraron que todas las correlaciones fenotípicas y genéticas fueron positivas y significativas y Uthaiiah *et al.* (24) evaluaron 35 genotipos promisorios de merey de tres años de edad, en Ullal, India para las mismas variables de Azevedo *et al.* (3) más la circunferencia del tallo y el número de rebrotes por árbol, y concluyeron que basado en el desarrollo vegetativo, el genotipo 9/93 fue el más vigoroso, clasificándose en los primeros lugares en todos los caracteres estudiados excepto la expansión del dosel, mientras que en la mayoría de los caracteres del crecimiento, Ullal-1 y Ullal-2 registraron los valores más bajos excepto en el número de rebrotes por árbol. Nayar *et al.* (15) en un estudio realizado a 100 árboles durante la época de crecimiento en 1977-78 y 1978-79, los árboles tenían cinco y seis años, respectivamente, y Manoj *et al.* (11) en un estudio de dos años (1990-92) con 56 híbridos F_1 de merey de diez años de edad, encontraron una correlación positiva significativa en ambos años, entre la expansión del dosel con la altura del árbol y la circunferencia del tronco del árbol y en turno, estos dos últimas variables estuvieron positivamente correlacionadas entre sí.

Cuadro 1. Coeficientes de correlación lineal simple (r) entre pares de caracteres de 18 cultivares de merey (Anacardium occidentale L.) evaluados ocho años después de la siembra en Cashew Research Station, Maddakhatara, Thrissur, Kerala, India.

	Relación PPF/PN	Altura del árbol (m)	Circunferencia del tallo (cm)	Expansión del dosel (m)	Peso del Pseudofruto (PPF) (g)	Peso de Nuez (PN) (g)
Rendimiento de nueces/árbol (Kg)	-0,522*	-0,011	0,076	-0,089	-0,645**	-0,387
Peso de nuez (g)	0,113	0,174	0,222	0,223	0,812**	
Peso del pseudofruto (g)	0,642**	0,210	0,107	0,156		
Expansión del dosel (m)	-0,031	0,607**	0,560*			
Circunferencia del tallo (cm)	-0,017	0,592**				
Altura del árbol (m)	0,164					

** Significativo (P<0,01); * Significativo (P<0,05).

Coefficientes de correlación sin * no son significativos (P = 0,05). N = 18.

Shiva Reddy *et al.* (21) encontraron en 25 clones de mersey de diez años de edad, que la altura del árbol, la circunferencia del tronco del árbol y la expansión del dosel tanto en la dirección Este-Oeste como Norte-Sur estuvieron positiva y significativamente correlacionadas entre sí tanto a nivel fenotípico como genotípico.

Los caracteres vegetativos (altura de la plántula, expansión promedio del dosel y circunferencia del tronco del árbol) no estuvieron correlacionados significativamente con el rendimiento de nueces por árbol. Resultados similares fueron reportados por Parameswaran *et al.* (18), quienes no encontraron una correlación significativa entre el rendimiento y la altura del árbol, sin embargo, resultados contrastantes fueron reportados por Nayar *et al.* (15), quienes encontraron una correlación positiva entre el rendimiento de nueces y la altura del árbol en 1978-79 pero no significativa en 1977-78, estos autores también reportaron una correlación positiva y significativa entre el rendimiento de nueces con la expansión del dosel y la circunferencia del tronco del árbol en ambas estaciones de crecimiento, mientras Manoj *et al.* (11) reportaron que la expansión promedio del dosel mostró la máxima correlación positiva con el rendimiento de nueces y también se encontró que el rendimiento tuvo una correlación positiva significativa con la altura del árbol y la circunferencia del tronco del árbol.

Por otra parte, el rendimiento de nueces por árbol estuvo asociado negativamente con el peso del

pseudofruto, es decir, árboles con pseudofrutos más pesados tuvieron un menor rendimiento, lo mismo ocurrió para la relación peso del pseudofruto/peso de la nuez y para el peso de la nuez, aunque esta última correlación fue no significativa. Similitud de resultados fue reportado por Anitha *et al.* (1), quienes encontraron una asociación negativa significativa del rendimiento con el peso de la nuez y la longitud de la nuez. Shiva Reddy *et al.* (21) evaluaron 19 caracteres en 25 clones de mersey de diez años de edad, encontrando una correlación negativa significativa del rendimiento de nueces con el peso del pseudofruto tanto a nivel fenotípico como genotípico, lo mismo sucedió para el peso de 100 nueces, aunque la correlación fue no significativa en ambos niveles. Estos resultados indican que posiblemente un incremento en el peso del pseudofruto y de la nuez ocasionó una disminución del número de nueces por árbol, lo que produjo menores rendimientos de nueces por árbol. Al respecto, Dela Cruz (5) trabajando con árboles de mersey en Australia encontró que el peso total de la nuez por árbol estuvo positivamente correlacionado con el número de nueces por árbol y el número de nueces por árbol estuvo negativamente correlacionado con el peso promedio de la nuez por árbol.

Resultados contrastantes fueron reportados por Sena *et al.* (20) quienes trabajaron con doce componentes del rendimiento en 17 cultivares de mersey en India y encontraron que el peso de la nuez y el peso del pseudofruto tuvieron una alta asociación positiva con el rendimiento de nueces. Manoj

et al. (11) encontraron que el rendimiento de nueces estuvo positiva y significativamente correlacionado con el peso de la nuez y con otros caracteres tales como número de nueces por panícula, peso de la almendra, duración de la floración y área foliar. Kumar y Udupa (10) registraron en un estudio de dos años (1990-1991) que el rendimiento total de nueces por árbol estuvo positiva y significativamente con el peso de la nuez en ambos años, también estuvieron asociados positivamente con el rendimiento, el número total de rebrotes, longitud de la panícula, número total de flores por panícula, número de frutos producidos por panícula, número total de nueces por árbol, longitud, ancho y grosor de las nueces, entre otros..

Se encontró una correlación positiva y altamente significativa entre el peso de la nuez y el peso del pseudofruto, es decir, árboles con nueces más pesadas produjeron pseudofrutos más pesados. Similitud de resultados fue reportado por Dela Cruz (5), quien encontró que el peso del pseudofruto mostró una correlación positiva con los caracteres de la nuez, y el peso promedio de la nuez por árbol estuvo positivamente correlacionado con el peso del pseudofruto, mientras que Eswara Reddy (6) en un estudio sobre la respuesta del merey a las aspersiones foliares de nitrógeno y fósforo, indicó que el peso de las nueces por árbol tuvo una correlación positiva y altamente significativa con el peso del pseudofruto por árbol, Shiva Reddy *et al.* (21) señaló una asociación positiva y altamente significativa en-

tre el peso de 100 nueces y el peso del pseudofruto a nivel fenotípico y genotípico. Según Bose (4) el desarrollo del receptáculo es controlado por hormonas producidas por la semilla y señaló que la remoción temprana de la nuez produce la detención de cualquier desarrollo adicional del receptáculo (pseudofruto), de allí que la alta asociación positiva entre los pesos de la nuez y el pseudofruto se debió probablemente a que un mejor desarrollo de la nuez caracterizado por un mayor peso de la misma produciría una mayor cantidad de hormonas las cuales en turno contribuirían con un mejor desarrollo del pseudofruto reflejado en un mayor peso del mismo. Por otra parte, Antarkar y Joshi (2) en un estudio de los índices físicos de la maduración de cinco variedades de merey indicaron que la nuez madura más temprano que el pseudofruto en el fruto del merey (nuez + pseudofruto) y tomó en promedio 39 y 51 días, respectivamente para alcanzar la maduración.

El cuadro 2 muestra los efectos directos (diagonal) e indirectos de los caracteres estudiados sobre el rendimiento de nueces por árbol. El análisis de los coeficientes de trayectoria indicó que los caracteres que más afectaron directamente al rendimiento de nueces por árbol fueron: peso del pseudofruto (-1,761) y peso de la nuez (0,985), los otros cuatro caracteres tuvieron efectos directos inferiores al efecto residual (0,689) (figura 1). Resultados similares fueron señalados por Manoj *et al.* (11) en un estudio de los coeficientes de trayectoria con 56 híbridos F₁ de merey

Cuadro 2. Efectos directos (diagonal) y efectos indirectos de los componentes del rendimiento sobre el rendimiento de nueces/árbol de 18 cultivares de merrey (Anacardium occidentale L.) evaluados ocho años después de la siembra en Cashew Research Station, Maddakhatara, Thrissur, Kerala, India.

Peso de nuez (PN) (g)	Peso del Pseudofruto (PPF) (g)	Expansión del dosel (m)	Circunferencia del tallo (cm)	Altura del árbol (m)	Relación PPF/PN	Coefficiente de correlación (r)
(0,985)	- 1,430	- 0,033	0,006	0,032	0,052	- 0,387
0,800	(- 1,761)	- 0,023	0,003	0,039	0,297	- 0,645**
0,220	- 0,275	(- 0,147)	0,015	0,112	- 0,014	- 0,089
0,219	- 0,188	- 0,082	(0,026)	0,110	- 0,008	0,076
0,171	- 0,370	- 0,089	0,015	(0,185)	0,076	- 0,011
0,111	- 1,131	0,005	- 0,000	0,030	(0,463)	- 0,522*

Efecto Residual = 0,689. N = 18.

** Significativo (P<0,01); * Significativo (P<0,05).

Coefficientes de correlación sin * no son significativos (P=0,05).

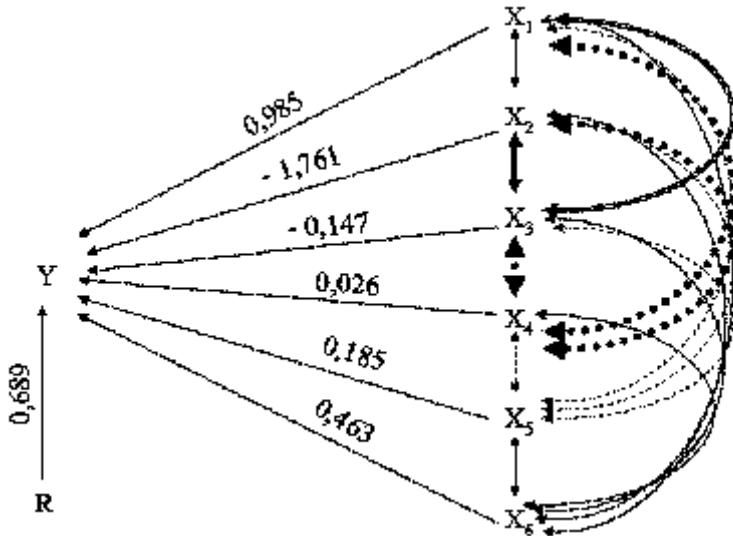


Figura 1. Diagrama de los coeficientes de trayectoria mostrando la interrelación entre el peso de la nuez (g) (X_1), peso del pseudofruto (g) (X_2), expansión promedio del dosel (m) (X_3), circunferencia del tallo (cm) (X_4), altura del árbol (m) (X_5), relación peso del pseudofruto/peso de la nuez (X_6) y rendimiento de nueces/árbol (kg) (Y). Las flechas con doblepunta se refieren a los valores de correlación simple (ver cuadro 1), mientras las flechas con una solo punta so los coeficientes de trayectoria y muestran las relaciones de causa y efecto. La parte no explicada de la variación de Y está representada por R.

durante dos años, estos autores indicaron que el peso del pseudofruto tuvo un efecto directo negativo sobre el rendimiento de nueces, pero también reportaron resultados diferentes con respecto al efecto directo negativo del peso de la nuez y que el peso de la almendra tuvo el máximo efecto directo positivo sobre el rendimiento seguido por la expansión promedio del dosel y el número de nueces por panícula. Los resultados del presente ensayo indican que se pueden obtener incrementos en

el rendimiento de nueces por árbol mediante la selección de nueces más pesadas y pseudofrutos más livianos, por otra parte, los tres caracteres vegetativos del árbol evaluados mostraron efectos directos muy bajos sobre el rendimiento de nueces por árbol ($<0,186$) y no mostraron ninguna asociación significativa con el mismo. El peso de la nuez a pesar de tener un coeficiente de correlación negativo aunque no significativo con el rendimiento de nueces por árbol, su

efecto fue positivo, esta correlación negativa con el rendimiento se debió al efecto indirecto negativo del peso de la nuez vía peso del pseudofruto. Manoj *et al.* (11) indicaron que aunque el peso individual de las nueces tuvo sólo un efecto directo negativo sobre el rendimiento de nueces por árbol, este carácter tuvo un alto efecto indirecto positivo sobre el rendimiento a través del peso de la almendra, este podría explicar el hecho de que en la presente investigación el peso de la nuez tuvo el mayor efecto directo positivo sobre el rendimiento de nueces por árbol debido a que el peso de la almendra no fue determinado en este ensayo, mientras que Manoj *et al.* (11) determinaron el peso de la almendra y además este carácter tuvo una asociación altamente significativa y positiva ($r = 0,91$) con el peso de la nuez.

El cuadro 3 muestra el análisis de regresión paso a paso de la variable dependiente ($Y =$ rendimiento de nueces por árbol) con las variables independientes (resto de caracteres evaluados). Se observan valores de F significativos para los caracteres peso de la nuez, peso del pseudofruto, relación peso del pseudofruto/peso de la nuez y altura del árbol, pero el aporte de estos dos últimos al coeficiente de determinación (R^2) es muy bajo: 3,19 y 1,15 %, respectivamente, de manera que no se deberían incluir en la ecuación de regresión para predecir los rendimientos de nueces, de allí que esta ecuación sería: $Y = 13,07 + 0,898$ Peso de Nuez $- 0,186$ Peso del Pseudofruto con $R^2 = 47,09$ %. Como se puede observar, este modelo deja un

porcentaje muy alto sin explicación de la variación de los rendimientos (52,91 %) por lo que la estimación o predicción de los rendimientos a través de esta ecuación deben ser hechas con mucha precaución. Esta baja explicación del modelo pudo deberse probablemente a las siguientes dos causas: (I) la existencia de diferencias altamente significativas entre los dieciocho cultivares de merey evaluados en el experimento con un rango de 13,2 kg a 2,46 kg de nueces por árbol para los cultivares H-1598 y Vengurla 2, respectivamente, como fue reportado por Méndez-Natera y Abdul-Salam (12), lo cual hace más difícil la estimación y/o predicción de los rendimientos y/o (II) a la no inclusión de otras variables que contribuyan con el rendimiento de nueces por árbol debido a que los seis caracteres evaluados en la presente investigación tuvieron una relación combinada (coeficiente de determinación total) de 52,61 % con el rendimiento de nueces, esto indica que el 47,39 % de la variación del rendimiento no fue cubierta por estos seis caracteres y que se debe a factores no controlados. El análisis de regresión paso a paso viene a confirmar lo encontrado en el análisis de trayectoria, es decir, se podrían obtener mayores rendimientos de nueces por árbol, seleccionando aquellos árboles con nueces más pesadas y pseudofrutos más livianos.

De allí que los criterios de selección serían nueces más pesadas y pseudofrutos más livianos para tratar de incrementar los rendimientos de nueces por árbol. Resultados similares fueron reportados por Faluyi (7), quien

Cuadro 3. Valores de F-prima, coeficiente de determinación (R²) y prueba de F para la regresión paso a paso del rendimiento de nueces/ árbol (Y) y sus componentes (X_i) de 18 cultivares de merey (*Anacardium occidentale* L.) evaluados ocho años después de la siembra en Cashew Research Station, Maddakhatara, Thrissur, Kerala, India.

F-Prima	R ² (%)	Prueba de F	Carácter
11,40	41,60	11,40*	Peso del Pseudofruto (PPF) (g)
1,56	47,09	6,68*	Peso de Nuez (PN) (g)
0,90	50,28	4,72*	Relación PPF/PN
0,31	51,43	3,44*	Altura del Árbol (m)
0,29	52,57	2,66ns	Expansión Promedio del Dosel (m)
0,01	52,61	2,04ns	Circunferencia del Tallo (cm)

$$Y = 13,07 + 0,898 X_1 - 0,186 X_2 \quad R^2 = 47,09 \% \quad N = 18$$

Donde:

Y = Rendimiento de nuez/árbol

X₁ = Peso de nuez (PN)

X₂ = Peso del Pseudofruto (PPF)

trabajó con tres poblaciones de merey e indicó que el estudio de los coeficientes de correlación sugirió que la selección debería estar basada en el peso de la nuez por árbol, mientras, Sena *et al.* (20) trabajando con 17 cultivares de merey en la India indicaron que la producción de frutos por panícula y el peso de la nuez tuvieron el mayor efecto sobre el rendimiento de nueces por planta.

Diferentes resultados fueron reportados por Ramadas y Thatham (19), quienes estudiaron el rendimiento y siete caracteres de la nuez y de la manzana en 38 accesiones de merey en Vridhalam, India y encontraron que el rendimiento no estuvo significativamente asociado con los otros caracteres y concluyeron que el rendimiento individual de un árbol ofrece el mejor alcance para la selección

de rendimientos mejorados. Por otra parte, Parameswaran *et al.* (18) encontraron una alta correlación entre el rendimiento por árbol por una parte y el porcentaje de ramas portando flores por unidad de área del dosel del árbol y el área total del dosel en la otra. Así mismo, Nawale (16) estudió la variabilidad de los caracteres del crecimiento, floración y rendimiento en el merey y encontró que los caracteres, dosel del árbol, un mayor número de rebrotes laterales y panículas producidas por unidad de área y alta producción de frutos por panícula estuvieron positivamente correlacionados con un mayor rendimiento en merey, mientras que Anitha *et al.* (1) evaluaron 33 árboles de merey cv. Tree No. 39 de catorce años de edad y encontraron que el número promedio de flores perfectas

por panícula y el número de nueces por panícula que alcanzaron la maduración estuvieron positiva y

significativamente correlacionados con el rendimiento de nueces por planta.

Conclusiones

El rendimiento de nueces por árbol se incrementó mediante la selección de nueces más pesadas y pseudofrutos más livianos indicando que estos dos caracteres deben ser considerados en primer lugar en las acciones destinadas a incrementar este rendimiento ya sea en programas de mejoramiento genético, manejo y/o evaluación del cultivo y sobre todo de mucha consideración para desarrollar cultivares de merey en Venezuela.

Los caracteres vegetativos del árbol, expansión del dosel, circunferencia del tallo y altura del árbol mostraron una asociación muy baja con el rendimiento de nueces por

árbol lo que demuestra una notable independencia de efectos lineales entre las características vegetativas y productivas del merey.

Los árboles más altos presentaron una mayor expansión del dosel y troncos más gruesos y estos dos últimos caracteres estuvieron positivamente asociados entre sí, es decir, entre las características vegetativas se establecieron relaciones lineales positivas relativamente altas, indicando la factibilidad de obtener árboles de porte bajo con troncos menos gruesos y dosel reducido para adaptarlos a un sistema de siembra de alta densidad de árboles.

Recomendaciones

En Venezuela se cuenta con muy pocos cultivares de merey, a diferencia de los grandes países productores como la India y Brasil, donde existe una gran cantidad de variedades mejoradas. Para desarrollar cultivares en Venezuela es necesario conocer las asociaciones del rendimiento de nuez por árbol con el resto de los caracteres de la planta, de manera de seleccionar si es posible aquellos caracteres de fácil medición que estén correlacionados con el rendimiento, debido a que la cosecha

de las nueces se prolonga por más de dos meses. Por otra parte, el conocimiento de estas asociaciones en árboles provenientes de cultivares experimentales de altos rendimientos en la India permitiría tener una visión de aquellos caracteres que deberían evaluarse en las plantaciones comerciales de Venezuela de manera de constatar si los mismos podrían ser de alguna utilidad para el mejoramiento genético de este frutal bajo las condiciones Venezolanas.

Literatura citada

1. Anitha, K., C. Ravisankar y D. Satyanarayana Reddy. 1991. Correlation and regression study of yield components in cashew. *The Cashew* 5: 13-15.
2. Antarkar, M. V. y G. D. Joshi. 1987. Studies on physical indices of maturity of some cashewnut varieties. *The Cashew* 1: 18-21.
3. Azevedo, D. M. P., J. R. Crisostomo; F. C. G. Almeida y A. G. Rosetti. 1998. Estimates of genetic correlations and correlated responses to selection in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Genetics and Molecular Biology* 21: 399-402.
4. Bose, T. K. 1964. Growth of receptacle in cashew as influenced by growth substances. *Current Science* 33:120.
5. Dela Cruz, F. 1997. Identification of superior cashew trees for Northern Australian conditions. Ph. D. Thesis. University of Queensland Gatton, Australia.
6. Eswara Reddy, S. 1993. Response of cashew (*Anacardium occidentale* L.) to foliar sprays of nitrogen and phosphorus. *Cashew Bulletin* 30: 4-6.
7. Faluyi, M. A. 1987. Genetic variability among nut yield traits and selection in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Plant Breeding* 98: 257-261.
8. Gomez, K. A. y A. A. Gomez. 1983. Statistical procedures for agricultural research. Second Edition. John Wiley & Sons, New York, U. S. A. 680 p.
9. Kerala Agricultural University (KAU). 1993. Package of practices recommendations 'Crops' 1993. Directorate of Extension, Mannuthy, Thrissur, Kerala, India. 237 p.
10. Kumar, D. P. y K. S. Udupa. 1996. The association between nut yield and yield attributing characters in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *The Cashew* 10: 11-17.
11. Manoj, P.S., T. E. George y S. Krishnan. 1994. Correlation studies and path coefficient analysis in cashew (*Anacardium occidentale* L.) hybrids. *The Cashew* 8: 10-14.
12. Méndez-Natera, J. R. y M. Abdul Salam. 1997. Comportamiento agronómico de 18 cultivares de merey (*Anacardium occidentale* L.) en la Estación para la Investigación del Merey, en Madakkathara, Estado de Kerala, India, en el período 1995-96. *Oriente Agropecuario* 22: 115-129.
13. Nair, K. G. 1996. Cashew International Trade – Problems and Prospects. *In: National Seminar on Development of Cashew Industry in India. Pre-Presentation Papers.* Bhubaneswar, Orissa, India. p. 126-137.
14. National Research Centre for Cashew (NCRR). 1991. Softwood grafting - Technique for commercial multiplication of cashew varieties. Puttur, Karnataka, India. p. 10.
15. Nayar, M. N. C., T. E. George y Lila Mathew. 1981. The relationship between height, girth and spread with yield in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Cashew Causerie* 3: 13-14.
16. Nawale, R. N. 1983. A note on high yielding characters in cashes. *Cashew Causerie* 5: 12-13.
17. Ohler, J. G. 1979. Cashew. Communication 71. Department of Agricultural Research. Amsterdam, The Neertherlands. 219 p.
18. Parameswaran, N. K., V. K. Damodaran y P. V. Prabhakaran. 1984. Factors influencing yield in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Indian Cashew Journal* 16: 9-15.
19. Ramadas, S. y D. V. Thatham. 1982. Variability and correlation of certain characters in cashewnut. *Genetics, Plant Breeding and Horticulture. Proceedings of the fourth annual symposium on plantation crops (Placrosym IV)* p. 229-236.
20. Sena, D. K., P. C. Lenka, P. N. Jagadev y S. Beura. 1994. Genetic variability

- and character association in cashewnut (*Anacardium occidentale* L.). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 54: 304-309.
21. Shiva Reddy, N., H. B. Lingaiah y K. S. Krishnappa. 1996. Correlation studies in cashew (*Anacardium occidentale* L.) genotypes.
22. Singh, R. K. y B. D. Chaudhary. 1977. *Biometrical methods in quantitative genetics analysis*. Second Edition. Kalyani Publishers, Ludhiana, India. 304 p.
23. Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1980. *Principles and procedures of statistics*. Second Edition. McGraw-Hill Book Company, New York, U. S. A. 633 p.
24. Uthaiiah, B. C., P. Sridhara Herle, M. M. Khan; I. G. Hiremath; D. P. Kumar y K. Balakrisna Rao. 1989. Pre-bearing performance of some cashes types in Coastal Karnataka. *The Cashew* 3: 9-11.
25. Zaman, S. M. H., K. Rahim y M. Howlader. 1982. *Simple lessons from biometry*. Publication No. 54. Bangladesh Rice Research Institute. The Art Press. Joydebpur, Dacca, Bangladesh. 171 p.