

Correlaciones para algunas propiedades físicas y químicas del fruto y jugo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener)

Correlations for some physical and chemical properties of fruit and juice of passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener)

Miguel Espitia-Camacho¹, Hermes Araméndiz-Tatis² y Carlos Cardona-Ayala³

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivos estimar las correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales entre 16 caracteres agronómicos en maracuyá, analizar el efecto de cinco tamaños de muestra (20, 40, 60, 80 y 100%) en la estimación de las correlaciones y calcular las correlaciones canónicas entre dos propiedades del fruto con tres del jugo, bajo las condiciones de Montería (Córdoba, Colombia). Se seleccionaron 10 lotes comerciales; en cada uno de ellos, 10 plantas y en cada planta, 4 frutos (repeticiones). Los datos se analizaron bajo un diseño anidado con frutos dentro de planta y plantas dentro de lotes. Los resultados señalaron que las correlaciones genéticas fueron superiores a las fenotípicas y las ambientales (magnitud y significancia). El peso del fruto (PFR) presentó correlación genética positiva y alta ($r > 0,78$) con el peso de la cáscara (PCA), peso de la semilla con arilo (PSC) y peso de la semilla sin arilo (PSA). El índice de madurez del fruto (INM) presentó correlación genética directa con los grados Brix (GBR, $r = 0,61$) e inversa con la acidez del jugo (ACJ, $r = 0,85$). Las estimaciones de los coeficientes de correlación para los cinco tamaños de muestra utilizados presentaron valores promedios muy similares ($r = 0,80-0,84$). Cuando se utilizaron las correlaciones genéticas, la primera correlación canónica explicó 88,37% de la variación total y fue significativa ($r = 0,60$). Los coeficientes canónicos señalan que la selección de frutos con mayor PFR aumenta el PSC y la ACJ.

Palabras clave: coeficientes canónicos, tamaño de muestra, sólidos solubles, acidez

ABSTRACT

The objectives of this work were to estimate the phenotypic, genetic and environmental correlations, among 16 agronomic traits in passion fruit, analyze the effect of five sample sizes (20, 40, 60, 80 and 100%) in the estimation of correlations and calculate the canonical correlations among two properties of fruit with three ones of juice under the environmental conditions of Montería (Córdoba, Colombia). Ten commercial lots, in each of these 10 plants and four fruits on each plant (repetitions) were selected. The data were analyzed under a hierarchical design with plants within lots and fruits within plants. The results indicated that the genetic correlations were higher (magnitude and significance) than the phenotypic and environmental correlations. The weight per fruit (PFR) presented positive and high genetic correlation ($r > 0.78$) with the weight of shell (PCA), weight of seed with aril (PSC) and weight of the seed without aril (PSA). The index of fruit maturity (INM) presented a direct genetic correlation with Brix degrees (GBR: $r = 0.61$) and inverse one with the acidity of juice (ACJ: $r = -0.85$). The estimate of correlation coefficients for the five sample sizes used showed that mean values were very similar ($r = 0.80$ to 0.84). When the genetic correlations were used, the first canonical correlation explained 88.37% of the total variation and was significant ($r = 0.60$). The canonical coefficients indicate that the selection of fruits with more PFR increases the PSC and ACJ.

Key words: canonical coefficients, sample size, soluble solids, acidity.

Introducción

En Colombia la siembra comercial de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener) se inició en los años sesentas y fue hasta la década de los ochentas que se lanzó al mercado internacional. La superficie cultivada en 2005 fue de 4.570 ha, con una producción de 80.397 t, un rendimiento

promedio de 17,6 t·ha⁻¹ y costos de producción variables en poblaciones orientadas a mercados, en ciclo de 3 años, que van de US\$180 a US\$290 por tonelada, con ganancias netas de US\$1.500 por hectárea (Schwentenius y Gómez, 2008; Agronet, 2008). Ecuador es el principal exportador de jugo concentrado, superando a Brasil, hacia Estados Unidos,

Fecha de recepción: febrero 27 de 2008. Aceptado para publicación: julio 10 de 2008

¹ Profesor titular, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería (Colombia). mespitia@sinu.unicordoba.edu.co

² Profesor titular, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería (Colombia). haramendiz@hotmail.com

³ Profesor titular, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería (Colombia). ccardona@sinu.unicordoba.edu.co

Alemania, Chile, Argentina y Brasil; su uso es reforzar el sabor de otras frutas, sobre todo del durazno, en jugos mezclados, yogures, quesos, etc.

El maracuyá es una de las especies hortofrutícolas priorizadas en la agenda interna del departamento de Córdoba, por el valor alimenticio de su jugo y por el potencial que ofrece la utilización de la cáscara y la semilla. Córdoba es el tercer productor a nivel nacional, con 887 ha, una producción de 15.978 t y un rendimiento de 18 t·ha⁻¹. La mayor área se encuentra localizada en el corregimiento de San Isidro, con rendimientos de 15 t·ha⁻¹, muy por debajo del rendimiento promedio de Ecuador, que es de 25 t·ha⁻¹. Esta baja productividad es causada, entre otros factores, por la gran variabilidad en los campos comerciales y la falta de genotipos altamente productivos, que permitan satisfacer la demanda interna y abrir paso a los mercados internacionales (Sperizen, 2004; Agronet, 2008). En este sentido, pocos son los esfuerzos realizados en el Caribe colombiano para explotar la variabilidad y desarrollar cultivares para nuestras condiciones ambientales.

Meletti y Bruckner (2001) señalan que el consumo de fruta fresca requiere frutos de forma ovalada para una buena clasificación comercial, buena apariencia, resistencia al transporte y con reducidas pérdidas durante el almacenamiento y comercialización. De igual manera, el sector agroindustrial prefiere frutas con todas sus cavidades llenas de pulpa, alto contenido de ácidos y sólidos solubles y un color uniforme. Actualmente, el sector industrial en Brasil demanda frutos con porcentaje de pulpa superior a 50%, contenidos de sólidos solubles totales mayores de 15 °Brix, compactos y de color amarillo (Meletti *et al.*, 2000).

La variabilidad genética es muy amplia dentro del género y dentro de la mayoría de las especies cultivadas de *P. edulis* f. *flavicarpa* (Cunha, 1996; Fajardo *et al.*, 1998; De Moraes *et al.*, 2005; Gonçalves *et al.*, 2007). En este sentido, se han adelantado muchos estudios con el fin de estandarizar las características importantes en la comercialización del fruto (Meletti *et al.*, 2000).

El conocimiento de las correlaciones entre caracteres es de vital importancia cuando el objetivo es la selección simultánea de caracteres o cuando un carácter de interés posee baja heredabilidad, siendo de difícil identificación y respuesta para obtener ganancia genética. Así mismo, la selección en un carácter que tenga alta heredabilidad, fácil identificación y alta correlación con el carácter deseado, permitirá al fitomejorador obtener progresos

rápidos en la selección directa (Ceballos, 2003; Falconer y Mackay, 1996).

Las correlaciones entre los caracteres de interés en el fitomejoramiento se evalúan por medio de correlaciones fenotípicas, genotípicas y ambientales. La correlación fenotípica se estima directamente de los valores medios fenotípicos de campo, siendo resultante, por tanto, de causas genéticas y ambientales. La correlación genotípica, en cambio, corresponde a la porción genética de la correlación fenotípica. Ésta se emplea para orientar programas de mejoramiento, por ser la única de naturaleza heredable (Cruz y Regazzi, 1997; Falconer y Mackay, 1996).

De Moraes *et al.* (2005) reportaron en maracuyá correlaciones genéticas positivas y altas entre rendimiento de fruto y número de frutos (0,86), peso de fruto (0,35), longitud de fruto (0,39); ancho de fruto (0,32), porcentaje de pulpa (0,12), con excepción del contenido de sólidos solubles (-0,35).

El mejoramiento genético del maracuyá en Colombia es muy poco y no existen estudios sobre correlaciones entre caracteres de fruto y sus implicaciones en el mejoramiento genético que contribuyan a un proceso de selección mucho más seguro en el avance genético, en aras de satisfacer las necesidades de los productores y del sector agroindustrial. Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fueron estimar las correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales entre 16 caracteres agronómicos en maracuyá, analizar el efecto de cinco tamaños de muestra (20%, 40%, 60%, 80% y 100%) en la estimación de las correlaciones y calcular las correlaciones canónicas entre dos propiedades del fruto con tres del jugo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en 2006 en la vereda San Isidro, municipio de Montería (Córdoba), ubicada a 8° 35' 09" de latitud norte y 75° 53' 42" de longitud oeste, a 48 msnm, con humedad relativa promedio de 85%, precipitación media de 1.600 mm anuales, temperatura media de 28 °C y perteneciente a la zona agroecológica Cj (Palencia *et al.*, 2006; Igac, 1985).

Con la participación activa de productores líderes, en toda la zona se seleccionaron 10 lotes comerciales de buena producción, con coordenadas: 1) 8° 35' 09" N y 75° 53' 42" W; 2) 8° 35' 05" N y 75° 53' 44" W; 3) 8° 35' 04" N y 75° 53' 40" W; 4) 8° 35' 41" N y 75° 54' 17" W; 5) 8° 34' 54" N y 75° 54' 68" W; 6) 8° 34' 54" N y 75° 53' 34" W; 7) 8° 34' 03" N y 75° 54' 33" W; 8) 8° 34' 07" N y 75° 54' 35" W; 9) 8° 34' 31" N y 75° 52' 53" W; 10) 8° 34' 28" N y 75° 52' 49" W; en

cada uno de éstos se eligieron 10 plantas fenotípicamente deseables por sus características agronómicas, sanidad vegetal, precocidad, prolificidad y propiedades comerciales del fruto, para un total de 100 plantas. En cada planta se seleccionaron 4 frutos por sus características comerciales deseables. Todos los frutos fueron llevados al laboratorio de fitomejoramiento de la Universidad de Córdoba, donde se realizó la estimación de los siguientes caracteres: 1) peso del fruto (PFR); 2) peso de la cáscara (PCA); 3) diámetro ecuatorial (DEC); 4) diámetro polar (DPO); 5) relación DPO/DEC = PCU; 6) peso de la semilla con arilo (PSC); 7) peso de la semilla sin arilo (PSA); 8) relación PSC/PFR = SSF; 9) relación PSA/PFR = SAF; 10) diámetro de la cavidad de la semilla (DCA); 11) grosor de la cáscara (GCA); 12) índice de semilla (IND); 13) grados Brix (GBR); 14) acidez del jugo (ACJ); 15) pH del jugo (PHJ) y 16) índice de madurez del fruto (INM).

Los datos obtenidos se analizaron bajo un diseño experimental anidado con 10 lotes de maracuyá, 10 plantas dentro de cada lote y 4 frutos (repeticiones) de cada planta. La estimación de los coeficientes de correlación fenotípicos (r_F), genéticos (r_G) y ambientales (r_A) para cada par de caracteres y las correlaciones canónicas se realizó mediante el uso del programa computacional Genes versión Windows (2004.2.1), desarrollado por Cruz (2004).

El programa aplica las formulas clásicas de correlación:

- a) Correlación fenotípica

$$r_{F(xy)} = \text{COV}_{F(xy)} / S_{F(x)} \cdot S_{F(y)}$$

- b) Correlación genética

$$r_{G(xy)} = \text{COV}_{G(xy)} / S_{G(x)} \cdot S_{G(y)}$$

- c) Correlación ambiental

$$r_{E(xy)} = \text{COV}_{E(xy)} / S_{E(x)} \cdot S_{E(y)}$$

donde: $r_{(xy)}$ y $\text{COV}_{(xy)}$ son la correlaciones y covarianzas fenotípicas (F), genéticas (G) y ambientales (E) entre los caracteres x , y , respectivamente; $S_{(x)}$ y $S_{(y)}$ son la desviaciones estándar fenotípicas (F), genéticas (G) y ambientales (E) de x , y , respectivamente.

Para determinar el efecto del tamaño de muestra sobre la estimación de los coeficientes de correlación, se tomaron al azar tamaños de muestras de 20%, 40%, 60%, 80% y 100% de los datos; posteriormente, con cada grupo de datos (tamaño de muestra) se estimaron las correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales entre las variables PFR, PCA, PSC y PSA, mediante el uso del programa Genes.

Una vez estimados los coeficientes de correlación, se confirmó la significancia estadística para cada ρ , planteando la hipótesis nula $H_0: \rho = 0$, vs. la hipótesis alterna $H_a: \rho \neq 0$, mediante una prueba de T , dada por la siguiente fórmula:

$$T_c = [r\sqrt{(n-2)}] / [\sqrt{(1-r^2)}]$$

La T calculada (T_c) se comparó con una T tabla (T_t) al nivel de significancia seleccionado: 0,05 y 0,01 y con $(n-2)$ grados de libertad. La regla de decisión fue: si $T_c \geq T_t$, entonces el valor de ρ es estadísticamente diferente de cero.

Resultados y discusión

Las correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales están contenidas en la tabla 1. La correlación genética es la de mayor interés, ya que involucra la parte heredable que puede ser utilizada con fines de mejoramiento genético (Cruz y Regazzi, 1997), en tanto que las fenotípicas son de menor importancia porque pueden conducir a resultados riesgosos y erróneos, por la interacción genotipo-ambiente, así como entre caracteres indeseables a nivel genético, como lo anotan varios autores (Espitia *et al.*, 2005; Ceballos, 2003; Cruz y Regazzi, 1997; Yadav *et al.*, 1997; Falconer y Mackay, 1996).

Los resultados muestran, con pocas excepciones, a las correlaciones genéticas con mayor magnitud que las fenotípicas, lo que concuerda con lo reportados por Carpentieri-Pipolo y Bruel (2002) y De Moraes *et al.* (2005). De las 120 correlaciones, sólo 27 fenotípicas (22,5%), 39 genéticas (32,5%) y 25 ambientales (20,8%) resultaron ser significativas ($P < 0,01$ ó $P < 0,05$).

El peso de fruto registró correlación genética positiva y alta con respecto al diámetro ecuatorial (0,88), diámetro polar (0,78), peso de cáscara (0,97), peso de semilla sin arilo (0,92), peso de semilla con arilo (0,78), grosor de la cáscara (0,69) y diámetro de las cáscara (0,73).

Considerando que el número máximo de frutos producidos en una planta está en función del número de flores producidas y de semillas por la cantidad de óvulos en el gineceo, es posible ampliar el diámetro ecuatorial y polar del fruto, al igual que su compactación, lo que redundaría en una mayor resistencia al transporte a grandes distancias, ya que frutos más pesados estarían asociados a un mayor rendimiento de pulpa y, por lo tanto, las cavidades del fruto estarían mucho más llenas como reflejo de una buena polinización y fecundación previa (Meletti *et al.*, 2000; Vasconcellos *et al.*, 2001; Martins *et al.*, 2003; Polverente *et al.*, 2005). De esta manera, se reducen las posibilidades de pérdidas por transporte y el consumidor final puede encontrar un fruto

TABLA 1. Correlaciones fenotípicas (r_F), genéticas (r_G) y ambientales (r_E) entre 16 variables medidas en frutos de maracuyá cultivados en el municipio de Montería (Córdoba).

Variable	Correlación	Variable														
		DEC	DPO	PCU	PCA	PSC	SAF	PSA	IND	SSF	GCA	DCA	GBR	ACJ	PHJ	INM
PFR	r_F	0,88†	0,76	0,07	0,95	0,87	-0,23	0,79	-0,32	-0,23	0,50	0,71	-0,04	0,12	-0,02	-0,11
	r_G	0,89	0,78	0,13	0,97	0,92	-0,60	0,78	-0,46	-0,54	0,69	0,73	-0,09	0,12	-0,03	-0,12
	r_E	0,85	0,70	-0,08	0,88	0,87	0,31	0,86	-0,04	0,26	0,17	0,68	0,09	0,12	-0,01	-0,08
DEC	r_F		0,74	-0,10	0,87	0,71	-0,34	0,61	-0,25	-0,35	0,40	0,87	-0,07	0,20	0,04	-0,18
	r_G		0,77	-0,03	0,89	0,77	-0,72	0,60	-0,32	-0,65	0,53	0,91	-0,08	0,22	0,08	-0,18
	r_E		0,67	-0,27	0,81	0,69	0,15	0,70	-0,07	0,19	0,15	0,81	-0,04	0,17	-0,03	-0,19
DPO	r_F			0,58	0,75	0,61	-0,31	0,57	-0,35	-0,22	0,28	0,66	0,03	0,09	0,11	-0,03
	r_G			0,62	0,78	0,68	-0,60	0,59	-0,46	-0,44	0,38	0,69	0,06	0,06	0,16	0,01
	r_E			0,47	0,63	0,59	0,17	0,63	-0,09	0,22	0,06	0,61	-0,04	0,15	0,00	-0,16
PCU	r_F				0,07	0,05	-0,05	0,10	-0,23	0,09	-0,04	-0,08	0,11	-0,10	0,12	0,17
	r_G				0,12	0,12	-0,10	0,19	-0,32	0,13	-0,04	-0,04	0,18	-0,16	0,16	0,23
	r_E				0,09	0,05	0,02	-0,01	-0,06	0,03	-0,05	-0,16	-0,04	-0,03	0,04	0,01
PCA	r_F					0,67	-0,51	0,67	-0,31	-0,34	0,61	0,65	-0,08	0,17	0,01	-0,15
	r_G					0,80	0,82	0,74	-0,39	-0,55	0,74	0,70	-0,11	0,18	0,02	-0,16
	r_E					0,56	-0,12	0,65	-0,09	0,06	0,36	0,55	0,00	0,15	-0,02	-0,14
PSC	r_F						0,25	0,82	-0,22	-0,01	0,29	0,63	0,04	0,02	-0,05	-0,01
	r_G						-0,35	0,81	-0,40	-0,39	0,60	0,65	-0,04	-0,03	-0,11	-0,03
	r_E						0,72	0,82	-0,02	0,37	-0,05	0,63	0,16	0,07	0,00	0,01
SAF	r_F						0,12	0,16	0,56	-0,42	-0,15	0,15	-0,20	-0,06	0,18	
	r_G						-0,20	0,20	0,70	-0,40	-0,50	0,10	-0,30	-0,10	0,20	
	r_E						0,43	0,03	0,41	-0,36	0,27	0,19	-0,03	0,00	0,12	
PSA	r_F							-0,25	0,39	0,33	0,51	0,10	-0,01	0,16	0,07	
	r_G							-0,45	0,15	0,59	0,44	0,11	-0,06	0,27	0,12	
	r_E							-0,01	0,64	0,05	0,62	0,09	0,06	0,04	-0,01	
IND	r_F								0,05	-0,10	-0,16	-0,11	-0,07	0,04	0,01	
	r_G								0,07	-0,11	-0,22	-0,16	-0,13	0,03	0,01	
	r_E								0,03	-0,08	-0,06	-0,02	0,01	0,04	0,02	
SSF	r_F									-0,22	-0,27	0,19	-0,19	0,25	0,26	
	r_G									-0,26	-0,63	0,26	-0,29	0,39	0,35	
	r_E									-0,17	0,28	0,07	-0,06	0,08	0,11	
GCA	r_F											0,04	-0,14	-0,03	-0,08	-0,04
	r_G											0,13	-0,14	-0,02	-0,10	-0,05
	r_E											-0,12	-0,12	-0,05	-0,05	-0,03
DCA	r_F												-0,07	0,25	-0,02	-0,22
	r_G												-0,07	0,27	-0,02	-0,22
	r_E												-0,07	0,20	-0,02	-0,21
GBR	r_F													-0,16	0,32	0,59
	r_G													-0,17	0,52	0,61
	r_E													-0,16	-0,02	0,53
ACJ	r_F														-0,35	-0,83
	r_G														-0,38	-0,85
	r_E														-0,29	-0,80
PHJ	r_F															0,46
	r_G															0,56
	r_E															0,30

PFR, peso del fruto; DEC, diámetro ecuatorial; DPO, diámetro polar; PCU, relación DPO/DEC; PCA, peso de la cáscara; PSC, peso de la semilla con arilo; SAF, relación PSA/PFR; PSA, peso de la semilla sin arilo; IND, índice de semilla; SSF, relación PSC/PFR; GCA, grosor de la cáscara; DCA, diámetro de la cavidad de la semilla; GBR, grados Brix; ACJ, acidez del jugo; PHJ, pH del jugo e INM, índice de madurez del fruto †Correlaciones en negrilla son significativas ($P < 0,05$ ó $P < 0,01$).

de mejor apariencia en el mercado, elevada proporción de pulpa y mayor contenido de sólidos solubles totales, lo que es interesante para la agroindustria y exportadores de jugo concentrado (Meletti *et al.*, 2000).

Se identificaron correlaciones genéticas negativas y significativas entre el peso de fruto y las relaciones peso de semilla con arilo/peso de fruto (-0,54) y peso de semilla sin arilo/peso de fruto (-0,60), sin ninguna significancia con respecto al índice de semilla (-0,46). Estas relaciones negativas comprometen la compactación del fruto por la cantidad de óvulos fecundados y, por ende, la cantidad de semilla formada. Factores genéticos ligados a la incompatibilidad por ciertas combinaciones genéticas (Ho y Shii, 1986; Souza *et al.*, 2004) y factores fisiológicos de la planta madre y ambientales relacionados con la cantidad y calidad de polen viable en las primeras 5 h después de la antesis (Polverente *et al.*, 2005), por efectos de lluvia y humedad relativa (Souza *et al.*, 2004; Polverente *et al.*, 2005; Cardoso, 2005; Meletti *et al.*, 2005), agroquímicos y temperatura (Da Silva *et al.*, 1999), son determinantes en la polinización, fecundación y producción de semillas; además existen variantes intrapoblacionales que posibilitan la selección de plantas. Por lo tanto, la selección por frutos más pesados debe asociarse a una cantidad mayor de semillas por fruto y, en consecuencia, a un rendimiento mayor de jugo, como lo anotan Nascimento *et al.* (2003). Hay evidencia de que las fallas en el proceso de polinización en las primeras horas de la antesis son causa de aparición de frutos menos pesados, susceptibles de ser abortados (Aponte y Jáuregui, 2004).

De otra parte, se identificaron correlaciones genéticas de poco valor entre el peso de fruto y la acidez y pH del jugo, lo que probablemente obedezca a un control genético independiente, dada su carencia de significancia y coeficientes de correlación cercanos a cero. La correlación negativa entre el peso de fruto y los grados Brix (-0,09) mostró la misma tendencia pero diferente magnitud a la reportada por De Moraes *et al.* (2005), quienes señalan que la selección para incrementar rendimientos puede conducir a una reducción en el contenido de sólidos solubles totales, por lo que se considera conveniente conocer el límite fisiológico que beneficie tanto al productor como al sector agroindustrial, ya que durante el período de almacenamiento del fruto, la reducción puede incrementarse por consumo de los azúcares reductores y no reductores en el proceso de respiración (Da Motta *et al.*, 2006).

Los grados Brix presentaron correlación genética positiva con el índice de madurez del fruto (0,61), lo que indica que, en la medida en que aumenta la madurez del fruto, se obtiene una mayor acumulación de sólidos solubles, a causa

de la disminución de los ácidos orgánicos en el proceso de maduración por la conversión en azúcares del fruto (Brody, 1996; Da Silva *et al.*, 1999).

El índice de madurez del fruto presentó correlación negativa (-0,85) con la acidez del jugo, lo que obedece a la participación de los ácidos como sustratos durante la senescencia (Mata *et al.*, 2003), ya que dichos ácidos pueden ser oxidados o convertidos en azúcares durante el almacenamiento (Kays, 1991).

En la tabla 2 se presentan las estimaciones de las correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales para las variables peso del fruto, peso de la cáscara, peso de la semilla con arilo y peso de la semilla sin arilo, con tamaños de muestra de 20%, 40%, 60%, 80% y 100% de los datos, respectivamente. Se observa que las correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales para los diferentes tamaños de muestra resultaron altas, positivas y con estimaciones promedias muy similares (0,80-0,84), sugiriéndose que los tamaños de muestras utilizados no influyeron en la estimación de las correlaciones. De esta forma, es posible obtener información básica para emplearla en los procesos de selección de programas de mejoramiento de maracuyá con uso racional de los recursos, ya que una muestra del 20% es suficiente para obtener información tan confiable como con una del 100% de la población (De Moraes *et al.*, 2005).

Los coeficientes de correlación obtenidos para los diferentes tamaños de muestra corroboran la influencia que tienen el peso de la cáscara, el peso de la semilla con arilo y el peso de la semilla sin arilo sobre el peso del fruto, descritos anteriormente. Por lo tanto, la selección por frutos más pesados permitirá también contar frutos con mayor pulpa, un parámetro importante en la calidad industrial, además por ser más resistentes el transporte a largas distancias en los mercados nacionales por su peso de la cáscara mayor.

Las correlaciones canónicas entre el grupo de las propiedades del fruto (peso del fruto, peso de la semilla con arilo) y las propiedades del jugo (grados Brix), acidez y pH del jugo) se presentan en la tabla 3. La primera y segunda correlación canónica estimadas con base en las correlaciones fenotípicas explicaron el 82% y el 18% de la variación total, respectivamente, y acusaron ausencia de significancia (0,13 y 0,07, respectivamente). Sin embargo, se encontró que frutos con mayor acidez en el jugo (0,68) y menos sólidos solubles (r -0,51) son determinantes en el peso del fruto y el peso de la semilla con arilo.

Cuando se utilizaron las correlaciones genéticas, la primera correlación canónica explicó el 88,37% de la variación total y fue significativa (0,60), mientras que la segunda sólo

TABLA 2. Estimación de las correlaciones fenotípicas (r_F), genéticas (r_G) y ambientales (r_E) entre las variables: peso del fruto (PFR), peso de la cáscara (PCA), peso de la semilla con arilo (PSC) y peso de la semilla sin arilo (PSA), para 5 tamaños de muestra de maracuyá cultivado en el municipio de Montería (Córdoba).

Variables	Correlación	Tamaño de la muestra														
		20%			40%			60%			80 %			100%		
		PCA	PSC	PSA	PCA	PSC	PSA	PCA	PSC	PSA	PCA	PSC	PSA	PCA	PSC	PSA
PFR	r_F	0,97	0,92	0,83	0,95	0,89	0,83	0,95	0,89	0,81	0,95	0,90	0,82	0,95	0,87	0,79
	r_G	0,99	0,96	0,82	0,99	0,96	0,82	0,97	0,96	0,80	0,98	0,97	0,83	0,97	0,92	0,78
	r_E	0,87	0,86	0,88	0,85	0,84	0,85	0,86	0,84	0,85	0,88	0,86	0,84	0,88	0,87	0,86
PCA	r_F		0,80	0,75		0,72	0,71		0,71	0,69		0,73	0,72		0,67	0,67
	r_G		0,91	0,78		0,91	0,75		0,86	0,72		0,89	0,78		0,80	0,74
	r_E		0,49	0,62		0,43	0,62		0,50	0,65		0,54	0,65		0,56	0,65
PSC	r_F			0,85			0,85			0,85			0,85			0,82
	r_G			0,84			0,90			0,93			0,91			0,81
	r_E			0,91			0,81			0,76			0,79			0,82
Promedio		0,94	0,91	0,84	0,93	0,90	0,83	0,93	0,90	0,82	0,94	0,91	0,83	0,93	0,89	0,81
Promedio general			0,84			0,82			0,81			0,83			0,80	

TABLA 3. Correlaciones canónicas entre los grupos de variables: 1) peso del fruto (PFR), peso de la semilla con arilo (PSC) y 2) grados Brix (GBR), acidez del jugo (ACJ), pH del jugo (PHJ); medidas en frutos de maracuyá cultivados en el municipio de Montería (Córdoba), usando correlaciones fenotípicas y genéticas.

Variables		Pares canónicos			
		Correlaciones fenotípicas (r_F)		Correlaciones genéticas (r_G)	
		1	2	1	2
Grupo 1	PFR	0,35	0,94**	0,22	-0,18
	PSC	-0,16	0,99**	-0,18	0,98**
Grupo 2	GBR	-0,51*	0,29	-0,23	-0,77**
	ACJ	0,68*	0,73**	0,61*	0,51*
	PHJ	0,20	-0,63*	0,34	-0,92**
Coeficiente de correlación (r)		0,11	0,07	0,60*	0,08
Variación total (%)		82,00	18,00	88,37	11,67

* diferencias significativas ($P < 0,05$); ** diferencias altamente significativas ($P < 0,01$)

explicó el 11,67% de la variación y resultó no significativa (0,08). Se encontró una vez más que la mayor acidez del jugo (0,61) estuvo relacionada con frutos de mayor peso (PFR) y con mayor peso de la semilla con arilo (PSC), señalando que los dos grupos de variables no son independientes. Estos resultados concuerdan con los reportados por Meletti *et al.* (2000).

Dado que el sector agroindustrial demanda frutos de alto contenido de sólidos solubles totales, lo que le otorga mayor sensación de dulzura al producto, los resultados obtenidos en el análisis de las correlaciones canónicas sugieren que

frutos con alta acidez influyen en un mayor peso del fruto y con mayor peso de semilla con arilo; estos resultados coinciden con los reportados en tomate por Rodríguez *et al.* (2005 y 2006). De igual manera, un periodo reducido de almacenamiento del maracuyá de hasta 8 días (Da Motta *et al.*, 2006) lleva a que los ácidos orgánicos puedan ser oxidados o convertidos en azúcares durante el almacenamiento, incrementando de esta manera el contenido de sólidos solubles totales.

La presencia de correlaciones canónicas significativas cuando se utilizaron las correlaciones genéticas a cambio

de las correlaciones fenotípicas para su estimación, se debe al hecho de que factores ambientales estaban afectando la correlación real de los dos grupos de variables, de manera similar a lo encontrado en tomate por Rodríguez *et al.* (2005).

Conclusiones

El peso de la cáscara es el componente de mayor asociación con el peso del fruto, por lo que resulta de interés para seleccionar frutos de cáscara compacta y delgada.

Las propiedades del fruto y del jugo no son independientes, ya que la selección de frutos más pesados está relacionada con mayor acidez del jugo y mayor peso de la semilla con arilo.

El tamaño de muestra no tiene influencia en la estimación de las correlaciones fenotípicas y genotípicas, por lo que el uso de una muestra del 20% es suficiente para obtener información tan confiable como con una del 100% de la población.

Literatura citada

- Agronet, 2008. <http://www.agronet.gov.co>; consulta: 23 de enero de 2008.
- Aponte, Y. y D. Jauregui. 2004. Capacidad reproductiva: formación de frutos y semillas en *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener y *Passiflora cincinnata* Mast. Revista Facultad de Agronomía (LUZ) 21(3), 353-361.
- Brody, A.L. 1996. Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío. Acribia, Zaragoza. 220 p.
- Carpentieri-Pipolo, V. y D.C. Bruel. 2002. Correlações fenotípicas, genotípicas y ambientais em aceroleira. Revista Brasileira de Fruticultura 24(1), 115-119.
- Cardoso, A.I.I. 2005. Polinização manual em abobrinha: efeitos nas produções de frutos e sementes. Horticultura Brasileira 23(3), 731-734.
- Cruz, C.D. y A.J. Regazzi. 1997. Modelos biométricos aplicados al mejoramiento genético. 2ª ed. Editorial UFV, Brasil. 390 p.
- Cruz, C.D. 2004. Programa Genes. Versao Windows. Aplicativo computacional em genética e estatística. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa (Brasil). En: www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm; consulta: 16 de enero de 2005.
- Ceballos, H. 2003. Genética cuantitativa y fitomejoramiento. Documento de texto universitario. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 524 p.
- Cunha, M.A.P. 1996. Recursos genéticos e modificações em métodos de seleção para produtividade em maracujá. Revista Brasileira de Fruticultura 18(3), 413-423.
- Da Motta, W., L.C. Chamhum, C.R. Lacerda, G. Polete y L.L. De Melo. 2006. Uso de cera carnaúba e saco plástico poliolefinico na conservação pós-colheita do maracujá amarelo. Revista Brasileira de Fruticultura 28(2),190-193.
- Da Silva, M.M., C.H. Bruckner, M. Picanço y C. Cruz. 1999. Fatores que afetam a germinação do grão de pólen do maracujá: meios de cultura e tipos de agrotóxicos. Pesquisa Agropecuária Brasileira 34(3), 347-352.
- De Moraes, M.C., I.O. Geraldi, F. Matta y M.C. Carneiro. 2005. Genetic and phenotypic parameter estimates for yield and fruit quality traits from a single wide cross in yellow passion fruit. HortScience 40(7), 1978-1981.
- Espitia, M., F. Vallejo y D. Baena. 2005. Correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales en *Cucurbita moschata* Duch. Ex Poir. Revista Acta Agronómica 54(1), 1-9.
- Fajardo, D., A. Fernando, M. Grum, J. Tohme, M. Lobo, W. Roca e I. Sanchez. 1998. Genetic variation analysis of the genus *Passiflora* L. using RAPD markers. Euphytica 101(3), 341-347.
- Falconer, D.S. y T.F.C. Mackay. 1996. Introducción a la genética cuantitativa. 4ª ed. Longman Scientific and Technical, Essex, Reino Unido. 464 p.
- Gonçalves, G.M., A.P. Viana, F.V. Bezerra, M.G. Pereira y T.N.S. Pereira. 2007. Seleção e heredabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá - amarelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 42(2), 193-198.
- Ho, W.F. y C.T. Shii. 1986. Incompatibility system in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). Acta Horticulturae 194, 31-38.
- IGAC [Instituto Geográfico Agustín Codazzi]. 1985. Zonificación agroecológica de Colombia. Memoria explicativa. Litografía Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá. 57 p.
- Kays, S.J. 1991. Post harvest physiology of perishable plant products. AVI Book, Van Nostrand Reinhold, Nueva York. 532 p.
- Martins, M.R., J.C. De Oliveira, A.O. Di Mauro y P.C. Da Silva, 2003. Avaliação de populações de maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) obtidas de polinização aberta. Revista Brasileira de Fruticultura 25(1),111-114.
- Meletti, L.M.M., M.D. Soares-Scott y L.C. Bernacci. 2005. Caracterização fenotípica de três seleções de maracujazeiro roxo (*Passiflora edulis* Sims). Revista Brasileira de Fruticultura 27(2), 268-272.
- Meletti, L.M.M. y C.H. Bruckner. 2001. Melhoramento genético. pp.345-385. En: Bruckner, C.H. y M.C. Picanço (eds.). Melhoramento de fruteiras tropicais. Cinco continentes, Porto Alegre (Brasil). 395 p.
- Meletti, L.M.M., R.R. Dos Santos y K. Minamis. 2000. Melhoramento do maracujazeiro-amarelo: obtenção do cultivar 'composto' IAC-27. Scientia Agricola 57(3), 491-498.
- Mota, W.F., L.C. Salomao, P.R. Cecon y F.L. Finger. 2003. Ceras e embalagem plástica na conservação pós-colheita do maracujá - amarelo. Scientia Agricola 60(1), 51-57.
- Nascimento, W.M., A. Tavares, M. De Oliveira, C. Müller y J.E. De Carvalho. 2003. Seleção de progênies de maracujazeiro - amarelo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) quanto á qualidade de frutos. Revista Brasileira de Fruticultura 25(1), 186-188.

- Palencia, G., T. Mercado y E. Combatt. 2006. Estudio agroclimático del departamento de Córdoba. Editorial Gráficas del Caribe Ltda., Montería (Colombia). 126 p.
- Polverente, M.R., D. Carneiro y A.I. Cardoso. 2005. Produção e qualidade de sementes de berinjela em função do horário de polinização manual. *Bragantia* 64(3), 467-472.
- Rodríguez, E., G. Pratta, P. Zorzolli y E. Picardi. 2005. Caracterización de la generación segregante de un híbrido de tomate con genes nor y silvestres. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40(1), 105-117.
- Rodríguez, E., G. Pratta, P. Zorzolli y E. Picardi. 2006. Evaluación de caracteres de planta y frutos en líneas recombinantes autofecundadas de tomate obtenidos por cruzamiento entre *Lycopersicon esculentum* y *L. pimpinellifolium*. *Ciencia e Investigaciones Agraria* 33(2), 133-141.
- Schwentesius, R.R. y M.A. Gómez. 2008. El mercado de maracuyá. En: *Revista electrónica latinoamericana en desarrollo sustentable*. <http://vinculado.org>; consulta: 15 de febrero de 2008.
- Souza, M.M., T.N. Santana, A.P. Viana, M. Gonzaga, A.T. Amaral y H.Chaga. 2004. Flower receptivity and fruit characteristics associated to time of pollination in the yellow passion fruit *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Degener (Passifloraceae). *Scientia Hort.* 101, 373-385.
- Sperizen, E. 2004. Estudio "Oportunidades de negocio. Maracuyá". Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales (Agexpront), Guatemala. 20 p.
- Vasconcellos, M.A., E.T. Savazaki, H. Grassi, R. Busquet y J.L. Mosca. 2001. Caracterização física e quantidade de nutrientes em frutos de maracujá doce. *Revista Brasileira de Fruticultura* 23(3), 690-694.
- Yadav, D.S., A. Prasad y N.D. Singh. 1997. Characters association in brinjal (*Solanum melongena* L). *Indian J. Horticulture* 54(2), 171-175.