Análisis de la aptitud combinatoria de algunas características del fruto de *Physalis peruviana* L.

Combining ability analysis of some fruit traits of *Physalis peruviana* L.

Tulio César Lagos[1], Franco Alirio Vallejo[2] y Hernando Criollo[3]

Resumen: El presente trabajo se realizó con el objeto de evaluar la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) y determinar la heterosis media parental (HP) para algunas características del fruto en un dialélico de 10 parentales de *P. peruviana*. Los parentales de la colección Nariño fueron: UN03, UN14, UN24, UN26, UN35, UN40, UN43, UN45, UN48 y UN49. Entre estas introducciones se hicieron todos los cruzamientos directos y recíprocos. En dos localidades del departamento de Nariño (a 1.900 y 2.800 msnm) se evaluaron el diámetro del fruto (DE), peso de fruto con cáliz (PFC), sólidos solubles totales (SST), ácido cítrico (AC), índice de madurez (IM) y pH del jugo de frutos en estado 5 de madurez. El análisis de ACG y ACE se realizó con base en el método 1 de Griffing (1956). En los SST fueron importantes los efectos aditivos y de dominancia, siendo UN03 el de mayor ACG. Los híbridos UN40×UN45/UN45×UN40, UN26×UN48/UN48×UN26, UN24×UN35/UN35×UN24 y UN35×UN48/UN48×UN35 presentaron los mayores efectos de ACE. En PFC sólo se presentaron efectos de dominancia. Los híbridos UN24×UN48/UN48×UN24, UN26×UN49/UN49×UN26 y UN14×UN03/UN03×UN14 el mayor valor de ACE. En DE, AC, IM y pH del jugo, no se encontraron diferencias de tipo genético ya que ACG y ACE no fueron significativos. A excepción del AC, las demás variables presentaron una HP igual a cero. UN26×UN48/UN48×UN26 en SST y UN40×UN49/UN49×UN40, UN43×UN35/UN35×UN43, UN49×UN35/UN35×UN49 y UN24×UN35/UN35×UN24 en AC, mostraron una HP diferente de cero. Las correlaciones parciales fueron positivas para DE-PFC, SST-AC y SST-IM, y negativas para AC-IM.

Palabras clave: dialélico, aptitud combinatoria general, aptitud combinatoria específica, heterosis, Griffing.

Abstract: The present work was carried out in order to evaluate the general (GCA) and specific (SCA) combining ability and determining the parental average heterosis (PH) for some characteristics of the fruit in a diallel cross of 10 parents of *P. peruviana*. The parents of the Nariño collection were: UN03, UN14, UN24, UN26, UN35, UN40, UN43, UN45, UN48, and UN49. All the direct and reciprocal crosses were made among these introductions. In two localities of the department of Nariño located between 1900 and 2800 masl, the diameter of the fruit (FD), weight of fruit with chalice (WFC), total soluble solids (TSS), citric acid (CA), index of maturity (IM), and pH of the fruit juice at fifth maturity state were evaluated. The analysis of GCA and SCA was made with base in method 1 of Griffing (1956). In the TSS, both additive and nonadditive gene actions were important, being UN03 the one of greater GCA. The hybrids UN40×UN45/UN45×UN40, UN26×UN48/UN48×UN26, UN24×UN35/UN35×UN24 and UN35×UN48/UN48×UN35 displayed the greater effects of SCA. Only in WFC, the nonadditive gene effects were presented. The hybrids UN24×UN48/UN48×UN24, UN26×UN49/UN49×UN26 and UN14×UN03/UN03×UN14 had the greater value of SCA. In FD, CA, IM and pH of the juice, were not differences among the genetic type, since GCA and SCA were nonsignificant. With the exception of the CA, the other variables presented a PH equal to zero. The hybrids UN26×UN48/UN48×UN26 in TSS and UN40×UN49/UN49×UN40, UN43×UN35/UN35×UN43, UN49×UN35/UN35×UN49 and UN24×UN35/UN35×UN24 in CA had a HP different from zero. The partial correlations were positive for FD-WFC, TSS-CA, and TSS -IM and negative for CA-IM.

Key words: diallel cross, general combining ability, specific combining ability, heterosis, Griffing.

Fecha de recepción: 19 de octubre de 2006
Aceptado para publicación: 06 de junio de 2007

[1] Profesor asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. e-mail: tclagos3@yahoo.com
[2] Profesor titular, Departamento de Ciencias Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. e-mail: francoavallejo@yahoo.es
[3] Profesor asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. e-mail: hcriollo@hotmail.com

Introducción

La uchuva *Physalis peruviana* es originaria de los Andes suramericanos. En el Perú era muy conocida por los Incas (Almanza y Fischer, 1993). Actualmente se encuentra distribuida a lo largo de las estribaciones de la cordillera Andina desde Chile hasta Venezuela (Hawkes, 1991). Según el Crfg (2003) la uchuva silvestre es nativa de Brasil, pero hace mucho tiempo se dispersó y se adaptó en las zonas montañosas de Perú y Chile. Por el contraio, Morton (1987) asegura que existen evidencias de que el fruto es nativo de Perú y Chile. En estas regiones se consume espontáneamente pero aún no es un cultivo importante.

P. peruviana se ha introducido en climas tropicales, subtropicales e incluso en áreas templadas. El éxito de su adaptación se debe a que puede crecer bajo cualquier condición edáfica. La planta fue sembrada por los primeros colonos en el Cabo de Buena Esperanza antes de 1807; de allí se llevó a Australia donde adquirió su nombre común en inglés: '*Cape gooseberry*'. En Sudáfrica se cultiva comercialmente; así mismo, se ha adaptado y cultivado en pequeña escala en Gabón y otras partes de África Central (Morton, 1987).

En Colombia, *P. peruviana* crece como planta silvestre y semisilvestre entre los 1.500 y 3.000 msnm. Presenta buen comportamiento agronómico en regiones ubicadas entre 2.400 y 2.800 msnm, con temperaturas que oscilan entre 8 y 14 °C y una precipitación de 600 mm/año (Fischer, 2000a; Fischer y Almanza, 2002). En el país existen varias colecciones de germoplasma, siendo la más grande la de la Universidad Nacional de Colombia en Palmira con 222 accesiones. En los bancos de germoplasma de Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) ubicados en los centros de investigación de La Selva (Rionegro, Antioquia) y Tibaitatá (Mosquera, Cundinamarca) se tienen 98 entradas (Ligarreto *et al.*, 2005). La Universidad de Nariño cuenta con una colección de 50 genotipos que comprende introducciones regionales colectadas y caracterizadas morfológicamente por Hejeile e Ibarra (2001).

Aun cuando existe información de estas colecciones, se carece de un buen sistema de documentación del género en el país y, por tanto, su contribución a procesos de selección genética es escasa. También se desconoce la procedencia de una gran cantidad de genotipos y no se poseen alternativas genéticas para enfrentar los factores limitantes del cultivo (Ligarreto *et al.*, 2005). Por tanto, es necesario continuar evaluando el germoplasma de *P. peruviana* con el fin de establecer la aptitud combinatoria y el nivel de heterosis de aquellas introducciones que han mostrado atributos sobresalientes en los estudios de caracterización. En maíz, el sorgo, la papa y el trigo entre otros, los cruzamientos dialélicos se han utilizado ampliamente para evaluar la aptitud combinatoria y establecer el potencial heterótico de líneas y variedades (Miranda-Filho y Vencovsky, 1984; Geraldi y Miranda-Filho, 1988).

De acuerdo a Sprague y Tatum (1942) la aptitud combinatoria general (ACG) corresponde al comportamiento promedio de un parental a través de los híbridos a los que da origen, mientras la aptitud combinatoria específica (ACE) establece el comportamiento de una combinación híbrida respecto al comportamiento promedio de los progenitores. Es en función de estas definiciones, así como de su significado estadístico, que la ACG se asocia con los efectos aditivos (promedios), mientras que la ACE se asocia con los efectos de dominancia (desviaciones de promedios) (Ceballos, 1987).

Aún cuando existe información sobre las colecciones de uchuva, su contribución al conocimiento de los parámetros genéticos (ACG y ACE) que gobiernan las principales características agronómicas y la heterosis ha sido nula; sólo se tienen caracterizaciones morfológicas y evaluaciones agronómicas parciales. En este sentido, Lagos *et al.* (2001) estudiaron la colección Nariño realizada por Hejeile e Ibarra (2001) y encontraron que el rendimiento por planta está correlacionado con el diámetro de fruto, mientras que el pH del jugo de la fruta presenta una correlación negativa con el contenido de ácido cítrico. Los mejores genotipos presentaron un rendimiento de 405,6 g/planta-mes, un diámetro ecuatorial de fruto de 19,92 mm, 14,21 °Brix y 1,69% de ácido cítrico.

A finales de la década de los ochenta se introdujeron al departamento de Boyacá ecotipos africanos procedentes de Kenya y Sudáfrica. Éstos se compararon con el ecotipo originario de Colombia y encontraron que los frutos maduros africanos tienen un peso promedio de 6 a 10 g, mientras que los de origen colombiano pesan en promedio de 4 a 5 g, tienen una mejor coloración y mayor contenido de azúcares, cualidades que los hacen apetecibles en el mercado (Almanza y Fischer, 1993).

En otros trabajos del ámbito internacional, en Jabalpur (India) se evaluaron diecisiete líneas de *P. peruviana*

colectadas de sitios diferentes durante 1985-86. El rendimiento por planta correlacionó positivamente con el número de hojas por planta, el ancho de la hoja y la altura de la planta. El 'coeficiente de sendero' reveló que la anchura de la hoja tenía un efecto indirecto positivo sobre el rendimiento de la fruta vía área de la hoja, hojas, longitudes internodal y del pecíolo, altura de la planta y ramificaciones por planta (Asna *et al.*, 1988).

Prohens *et al.* (2004) indicaron que la selección de accesiones de *P. peruviana* con buen comportamiento, así como el desarrollo de híbridos según rendimiento y tamaño del fruto, ha contribuido a una mejor adaptación de esta especie a las zonas subtropicales. Aunque el uso de híbridos en *P. peruviana* podría mejorar el rendimiento y otras características de importancia económica, existe muy poca o ninguna información disponible acerca del comportamiento híbrido.

Leiva Brondo *et al.* (2001) estudiaron varios caracteres vegetativos, rendimiento, peso y forma de la fruta, contenido de sólidos solubles, acidez titulable y volumen del ácido ascórbico en tres híbridos de uchuva silvestre del Capotillo y sus padres, tanto en campo como en invernadero. Los rendimientos más altos se obtuvieron con los híbridos, especialmente en invernadero. La interacción dominancia × ambiente para el rendimiento fue muy importante: el efecto de dominancia más alto se obtuvo en invernadero y no campo. Los caracteres de calidad se vieron muy afectados por el ambiente y mostraron resultados inconstantes para las diferentes familias. Respecto de los rasgos de composición de la fruta, el efecto aditivo y las interacciones de aditivo × ambiente fueron muy importantes. La heredabilidad en sentido amplio para todos los caracteres fue de alta a media (0,48 - 0,91).

Con base en lo expuesto, es necesario establecer los parámetros genéticos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) que gobiernan las principales características agronómicas y la heterosis de las introducciones que han mostrado atributos sobresalientes en los estudios de caracterización, a fon de continuar con los procesos de selección de parentales cuyas combinaciones genéticas permitan obtener poblaciones mejoradas para la producción de variedades o híbridos que aporten al desarrollo del cultivo de *P. peruviana* en Colombia. En concordancia con lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron determinar los parámetros de ACG y ACE, y estimar el nivel de heterosis en diez introducciones de la colección Nariño de *P. peruviana.*

Materiales y métodos

Las 10 introducciones utilizadas hacen parte de la colección Nariño de *P. peruviana* y se escogieron mediante un índice de selección (IS) construido con base en las variables 'rendimiento por planta' (RTO), 'diámetro ecuatorial del fruto' (DE) y 'contenido de sólidos solubles' (SST). Así, IS = (RTO x 0,5) + (DE x 0,2) + (SST x 0,3) (Lagos *et al.*, 2001; Criollo *et al.*, 2001). Las muestras provienen de diferentes regiones del departamento de Nariño con alturas que oscilaron entre 2.420 a 3.100 msnm (tabla 1).

Se obtuvieron 90 poblaciones F1 en los cruzamientos directos y recíprocos, los cuales se realizaron durante 2004 en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño (2.820 msnm, 01°09'12" N y 77°18'31" W, 13°C y 970 horas brillo solar/año, precipitación pluvial promedio de 803 mm/año y humedad relativa de 82%) (Lagos *et al.*, 2001).

Los ensayos de evaluación se sembraron en el primer semestre de 2005 en las localidades de Botana, municipio de Pasto, y Matituy, municipio de la Florida, departamento de Nariño. Los suelos de Botana presentaban pH de 6, un contenido medio de materia orgánica (3,6%), alto contenido de fósforo (259 ppm), capacidad de intercambio catiónico media (16,8) y bajo contenido de boro (0,20 ppm). Matituy se encuentra localizada a 1.900 msnm, 15°C y precipitación promedio anual de 650 mm; suelos de pH muy ácido (5,4), contenido medio de materia orgánica (3,7%), bajo contenido de fósforo (7 ppm), capacidad de intercambio catiónico media (17,6) y bajo contenido de boro (0,33 ppm). Cada ensayo tuvo 100 tratamientos (diez parentales y 90 cruzamientos directos y recíprocos) los cuales se distribuyeron según un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. Cada parcela experimental correspondió a un surco de 7,5 m de largo y cinco plantas distanciadas a 1,5 m. La separación entre surcos (parcelas) fue de 2,0 m. El área de la parcela experimental fue de 15 m^2 y la parcela útil de 9 m^2, lo que significa tres plantas centrales. Para disminuir el efecto de borde, en cada uno de los lados de cada bloque se sembró un surco adicional.

De acuerdo con las necesidades del cultivo se hicieron aplicaciones periódicas de riego. La fertilización se realizó en tres épocas: en el momento de la siembra, con el aporque en el momento del inicio de la floración y después de la primera cosecha (Angulo, 2000). Se hicieron

Tabla 1. Principales características de diez introducciones de la Colección Nariño de *P. peruviana* L. evaluadas en las localidades de Matituy y Botana (Nariño, I-2005).

Introducción	Origen	Altitud (msnm)	Rendimiento (kg/planta)	Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	Sólidos solubles totales (°Brix)	Índice de selección (IS)
UN49	Centro Región Andina	2.755	0,59	25,64	14,2	1,89
UN26	La Cocha (Laguna)	2.800	0,64	20,09	13,8	1,12
UN40	Exprovincia Obando	2.669	0,58	20,05	13,6	0,80
UN45	Exprovincia Obando	3.100	0,39	20,97	14,5	0,64
UN43	Exprovincia Obando	3.020	0,42	21,20	14,0	0,57
UN24	Municipio de Pasto	2.780	0,53	19,36	13,5	0,48
UN35	La Cocha (Laguna)	2.795	0,40	19,25	14,5	0,45
UN14	Municipio de Pasto	2.858	0,41	19,82	14,2	0,41
UN03	Municipio de Pasto	2.420	0,31	18,31	15,0	0,21
UN48	Centro Región Andina	2.469	0,39	20,66	13,5	0,18

plateos manuales y la vegetación de las calles se controló mediante guadaña. El manejo de los problemas fitosanitarios se realizó con base en la época y las necesidades del cultivo. En Matituy fue necesario hacer aplicaciones periódicas de insecticida para controlar *Heliothis zea* que consume frutos en forma agresiva.

En frutos en estado 5 de madurez (ICONTEC, 1999) se evaluaron las variables: 'diámetro ecuatorial del fruto' (DE), 'peso promedio de fruto con cáliz acrescente' (PFC), 'sólidos solubles totales' (SST) en grados Brix (°Brix), 'porcentaje de acido cítrico' (AC). El 'índice de madurez' (IM) se obtuvo mediante la relación entre los SST, el contenido de ácido cítrico y el pH del jugo.

Las variables evaluadas se sometieron a análisis de varianza (ANDEVA) combinado y los análisis de correlación fenotípica simple (r) y parcial (r_p). Se asumió un modelo mixto en donde los genotipos son de efecto fijo y las localidades de efecto aleatorio, el análisis de los parámetros genéticos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) se realizó con base en el método 1 de Griffing (1956), cuyo modelo es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + l_l + b_k(l_l) + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + (g \times l)_{il} + (g \times l)_{jl} + (s \times l)_{ijl} + (r \times l)_{ijl} + e_{ijkl}$$

Donde,

μ: media general del experimento,
l_l: efecto de la localidad l,
$b_k(l_l)$: efecto del bloque k dentro de la localidad l,
g_i: efecto de ACG del padre i a través de localidades,
g_j: efecto de ACG del padre j a través de localidades,
s_{ij}: efecto de la ACE en la combinación híbrida entre el padre i y el padre j a través de localidades,
r_{ij}: efecto de la diferencia entre los híbridos i × j y j × i a través de localidades,
$(g \times l)_{il}$: efecto de interacción entre el efecto de ACG del padre i y la localidad l,
$(g \times l)_{jl}$: efecto de interacción entre el efecto de ACG del padre j y la localidad l,
$(s \times l)_{ijl}$: efecto de interacción entre el efecto de la ACE sobre la combinación híbrida entre el padre i y el padre j y la localidad l,
$(r \times l)_{ijl}$: efecto de la interacción entre el efecto de la diferencia entre los híbridos i × j y j × i y la localidad l, y
e_{ijkl}: error experimental.

En las variables donde no fue significativa la interacción del factor principal por ambiente, para encontrar la F calculada del ANDEVA combinado se utilizó como denominador el error agrupado (EA), que se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$EA = (SC \text{ del factor} \times L + SC \text{ del error}) / (GL \text{ del factor} \times L + GL \text{ del error})$$

Donde,

SC : suma de cuadrados,
GL : grados de libertad y,
L : la localidad.

Con base en el trabajo de Romero *et al*. (2002), la heterosis basada en la media parental (HP) a través de las dos localidades, se calculó con base en la siguiente expresión:

$$HP = [(H_{ij} + H_{ji})/2] - [(P_h + P_m)/2]$$

Donde,

H_{ij} : híbrido F_1 entre i y j,
H_{ji} : híbrido F_1 entre j e i,
P_h : parental hembra y,
P_m : parental macho.

Las estimaciones de heterosis para cada cruzamiento F_1, en cada una de las variables citadas, se establecieron a través de la prueba de *t* de Student. En ella se probaron las hipótesis: Ho: $H_{ij} = 0$, Ha: $H_{ij} \neq 0$. Siendo $t = (\hat{c}_{ij} - Xp) / [((2CME) / (r*L))^{0,5}]$, donde $\hat{c}_{ij}$ es el promedio del híbrido ij, Xp es el promedio de los progenitores del híbrido ij, CME correspondió al cuadrado medio del error del ANDEVA combinado en la evaluación conjunta de los progenitores e híbridos F_1, r el número de repeticiones y L las localidades.

Resultados y discusión

La interacción genotipo × ambiente para todas las variables no fue significativa (tabla 2); por lo tanto, no existe un comportamiento diferencial entre las introducciones evaluadas bajo las condiciones de Botana y Matituy. Cuando no existe una interacción entre el genotipo y el ambiente se considera que los genotipos responden consistentemente en todos los ambientes, es decir, que las variaciones en las variables serán iguales para todos los genotipos (Vega, 1988). En estos casos el uso del ANDEVA combinado permite analizar y enunciar conclusiones acerca de estas variables (Ceballos, 1995).

Diámetro ecuatorial del fruto

Con respecto al diámetro ecuatorial del fruto (DE) no existen diferencias significativas entre las medias de las localidades y entre genotipos (tabla 2). Dentro de los genotipos se observaron diferencias significativas entre recíprocos, lo que significa que el efecto de la diferencia entre los híbridos i × j y j × i fue significativa y ello demuestra la existencia de efectos maternos para esta variable.

Los resultados no mostraron la existencia de diferencias de origen genético entre los cultivares estudiados, lo cual puede demostrarse por la no significancia de los efectos de ACG y ACE, y de sus respectivas interacciones con el ambiente. Además, el DE promedio de los padres fue de 2,10 cm, el cual es idéntico al obtenido por los híbridos. El promedio de DE en las dos localidades fue de 2,10 cm.

Los máximos valores se observaron en el parental UN03 y los híbridos UN14×UN03, UN49×UN26, UN45×UN43 y UN48×UN24, los cuales presentaron promedios que oscilaron entre 2,26 y 2,29 cm. Los promedios mínimos se observaron en los híbridos UN24×UN49 y UN03×UN14 con 1,87 y 1,92 cm, respectivamente. Los parentales de más bajo DE fueron UN14 y UN45, ambos con 2,01 cm.

El promedio en Botana fue de 2,21 cm, superior estadísticamente al exhibido por Matituy con 1,98 cm. Estos valores están dentro del calibre C y E (extra) y son relativamente altos (ICONTEC, 1999). Tanto la correlación simple como la parcial (tabla 3) indican que el DE está altamente correlacionado con el peso de fruto con cáliz (PFC) ($r = 0,70^{**}$ y $r_p = 0,63^{**}$). Por lo tanto, si se quieren mejorar las dos características, basta seleccionar por el DE o por PFC.

Como las correlaciones simples se calculan dejando de lado los valores de las demás variables, se presume que las variables no están correlacionadas (Steel y Torrie, 1995). En consecuencia, no se puede concluir que la $r_{DE\text{-}PFC}$, será la misma si se considera el conjunto de las demás variables. De hecho, la correlación parcial (r_p) entre DE y PFC fue de menor magnitud pero expresó la verdadera asociación entre las dos variables.

Peso del fruto con cáliz (PFC)

El ANDEVA combinado para el peso del fruto con cáliz (PFC) indicó la existencia de diferencias significativas entre localidades y genotipos; por lo tanto, se presentó un comportamiento diferencial de tipo genético entre los grupos filiales, tal como lo indica la significancia de la ACE y de los recíprocos (tabla 2).

Tabla 2. Cuadrados medios del ANDEVA combinado para diámetro ecuatorial del fruto (DE), peso del fruto con cáliz (PFC), sólidos solubles totales (SST), ácido cítrico (AC), índice de madurez (IM) y pH del jugo de *P. peruviana* en las localidades de Matituy y Botana, Nariño (Colombia), 2005.

FV	GL	DE (cm)	PFC (g)	SST (°Brix)	AC (%)	IM (°Brix/AC)	pH
Localidades (L)	1	5,29*	162,0*	0,46ns	0,012ns	13,29ns	98,84*
Repetición/L	2	0,144	22,77	2,055	0,325	47,90	1,19
Genotipos (G)	99	$0,026^{*}_{EA}$	$1,03^{*}_{EA}$	0,723*	$0,048^{*}_{EA}$	$5,61_{EA}$ns	$0,08_{EA}$ns
ACG	9	0,025ns	1,79ns	2,77*	$0,159_{EA}$ns	$12,26_{EA}$ns	0,20ns
ACE	45	0,023ns	$0,92^{*}_{EA}$	$0,57^{*}_{EA}$	$0,048_{EA}$ns	$5,16_{EA}$ns	0,08ns
Recíprocos (R)	45	$0,030^{*}_{EA}$	$0,99^{*}_{EA}$	0,47ns	$0,027_{EA}$ns	$4,72_{EA}$ns	0,06ns
GxL	99	0,023ns	0,60ns	0,400ns	0,033ns	4,67ns	0,08ns
ACG x L	9	0,025ns	0,96ns	0,417ns	0,051ns	7,286ns	0,109ns
ACE x L	45	0,029ns	0,51ns	0,389ns	0,045ns	5,53ns	0,09ns
R x L	45	0,016ns	0,63ns	0,409ns	0,019ns	3,27ns	0,06ns
Error	198	0,019	0,718	0,375	0,034	4,58	0,07
Coeficiente de variación		6,605	14,84	4,10	16,12	15,95	6,032
Media		2,097	5,67	14,91	1,14	13,427	4,27

* : diferencias significativas al 0,05 % de probabilidad; ns: no hay diferencias significativas; $_{EA}$: las pruebas de hipótesis se hicieron con base en el error agrupado.

Tabla 3. Correlaciones simples (sobre la diagonal y en letra recta) y parciales (bajo la diagonal y en cursiva) para las variables diámetro ecuatorial del fruto (DE), peso del fruto con cáliz (PFC), sólidos solubles totales (SST), ácido cítrico (AC), índice de madurez (IM) y pH del jugo de *P. peruviana*, obtenidos en las localidades de Matituy y Botana, Nariño (Colombia), 2005.

Variables	DE	PFC	SST	AC	IM	pH
DE	1,00	0,700**	-0,050	0,223**	-0,305**	-0,172
PFC	0,634**	1,00	-0,025	0,232**	-0,338**	-0,167
SST	-0,075	0,039	1,00	0,450**	-0,172	-0,101
AC	0,048	-0,171	0,706**	1,00	-0,911**	-0,385**
IM	0,013	-0,200	0,633**	-0,937**	1,00	0,379**
pH	-0,040	-0,060	0,027	-0,119	0,006	1,00

* : correlación significativa al 0,05 % de probabilidad.
** : correlación altamente significativa al 0,01 % de probabilidad.

Los promedios de los parentales fueron similares a los de las poblaciones híbridas y al promedio obtenido a través de las dos localidades (5,67 g), lo que indica inexistencia de efectos de heterosis como lo comprueban los valores de heterosis media parental (HP) iguales a cero (tabla 4).

El rango de PFC dentro de los parentales fue de 4,79 a 6,62 g, pesos obtenidos por UN26 y UN03, en su orden. Además de UN03, se obtuvo: UN40 con un PFC de 6,31 g, UN43 con 6,22 g y UN35 con 5,89 g. Los valores de PFC pueden considerarse normales y aceptables para el mercado internacional, si se comparan con el rango encontrado en el ecotipo Colombia (4 a 5 g). Esta variedad es utilizada en los cultivos industriales de exportación (Fischer, 2000b).

Los mejores híbridos correspondieron a UN14×UN43, UN14×UN03, UN45×UN43, UN48×UN24 y UN03×UN45 con PFC que oscilaron entre 6,7 y 7,1 g. Los peores promedios se observaron en UN49×UN40 con 4,80 g, UN49×UN35 con 4,70 g y UN24×UN45 con 4,5 g. El hecho de que los efectos de los cruzamientos recíprocos sean significativos indica que en esta característica, y en la otra relacionada con el tamaño del fruto como es el DE, existe herencia de tipo materno.

Por tanto, existen respuestas diferenciales entre el cruzamiento directo y el recíproco, dependiendo de la combinación híbrida. Por ejemplo, los cruzamientos directos de UN49×UN24 y UN14×UN43 presentan un PFC de 5,12 y 7,08 g y un DE de 2,18 y 2,15 cm,

Tabla 4. Heterosis media parental (HP) para diámetro ecuatorial del fruto (DE), peso de fruto con cáliz (PFC), sólidos solubles totales (SST), índice de madurez (IM) y pH del jugo de *P. perwiana*, obtenidos a través de Botana y Matituy (tc = Ho: HP = 0; *t* tabulado al 0,05 y GL198 = 1,95).

Combinación híbrida	DE	tc	PFC	tc	SST	tc	AC	tc	IM	tc	pH	tc
UN40xUN43/UN43xUN40	0,00	0,02	-0,62	1,05	-0,13	0,29	-0,11	0,84	1,31	0,87	0,06	0,32
UN40xUN45/UN45xUN40	0,00	0,01	-0,19	0,32	0,28	0,65	-0,09	0,73	1,46	0,97	0,23	1,28
UN40xUN26/UN26xUN40	-0,01	0,13	0,00	0,01	0,04	0,10	-0,04	0,30	0,07	0,04	0,34	1,89
UN40xUN49/UN49xUN40	-0,14	1,38	-0,88	1,48	0,10	0,22	-0,29	2,22	2,72	1,80	0,25	1,35
UN40xUN24/UN24xUN40	-0,06	0,63	-0,20	0,34	0,09	0,21	-0,14	1,06	2,30	1,52	0,11	0,61
UN40xUN14/UN14xUN40	-0,14	1,39	-0,56	0,94	-0,10	0,24	-0,10	0,76	1,05	0,69	-0,09	0,49
UN40xUN03/UN03xUN40	-0,09	0,89	-0,62	1,04	0,20	0,46	-0,13	1,02	1,65	1,09	0,16	0,86
UN40xUN35/UN35xUN40	-0,13	1,37	-0,86	1,44	-0,14	0,33	-0,10	0,75	0,64	0,42	0,14	0,78
UN40xUN48/UN48xUN40	-0,08	0,85	-0,79	1,32	-0,08	0,19	-0,02	0,14	-0,15	0,10	0,14	0,75
UN43xUN45/UN45xUN43	0,15	1,48	0,33	0,56	-0,31	0,73	-0,10	0,74	0,89	0,59	0,14	0,76
UN43xUN26/UN26xUN43	0,03	0,28	-0,20	0,34	0,59	1,36	0,05	0,41	-0,42	0,28	0,17	0,94
UN43xUN49/UN49xUN43	0,03	0,27	-0,07	0,12	0,05	0,12	-0,16	1,22	0,98	0,65	0,02	0,11
UN43xUN24/UN24xUN43	-0,02	0,18	-0,34	0,57	-0,22	0,50	-0,05	0,41	0,65	0,43	-0,03	0,14
UN43xUN14/UN14xUN43	0,03	0,33	0,71	1,20	-0,07	0,16	0,04	0,27	-0,35	0,23	-0,03	0,15
UN43xUN03/UN03xUN43	-0,05	0,55	-0,60	1,02	0,55	1,26	0,13	1,00	-0,73	0,48	-0,02	0,09
UN43xUN35/UN35xUN43	0,02	0,16	-0,13	0,23	-0,09	0,21	-0,26	1,98	2,16	1,43	0,23	1,23
UN43xUN48/UN48xUN43	0,05	0,47	-0,18	0,30	-0,30	0,69	0,04	0,30	-0,98	0,65	-0,06	0,32
UN45xUN26/UN26xUN45	0,09	0,94	0,61	1,03	0,55	1,27	0,09	0,70	-0,91	0,60	0,15	0,80
UN45xUN49/UN49xUN45	-0,02	0,25	0,09	0,16	0,06	0,13	-0,23	1,80	1,85	1,23	0,13	0,70
UN45xUN24/UN24xUN45	-0,08	0,79	-0,36	0,60	-0,39	0,90	-0,16	1,22	2,10	1,38	0,03	0,15
UN45xUN14/UN14xUN45	0,14	1,46	0,23	0,39	-0,31	0,71	-0,09	0,73	1,42	0,94	0,04	0,23
UN45xUN03/UN03xUN45	0,00	0,04	0,11	0,18	0,16	0,37	-0,05	0,36	0,56	0,37	0,12	0,67
UN45xUN35/UN35xUN45	0,05	0,52	0,37	0,61	-0,18	0,41	-0,21	1,61	1,48	0,98	0,15	0,84
UN45xUN48/UN48xUN45	0,07	0,72	0,23	0,39	0,10	0,22	-0,02	0,18	0,28	0,18	0,01	0,04
UN26xUN49/UN49xUN26	0,09	0,88	0,85	1,43	0,60	1,39	-0,19	1,45	1,51	1,00	0,26	1,41
UN26xUN24/UN24xUN26	-0,12	1,18	-0,04	0,06	0,52	1,20	-0,06	0,47	1,14	0,75	0,12	0,67
UN26xUN14/UN14xUN26	0,06	0,59	0,97	1,63	0,50	1,14	0,11	0,82	-1,25	0,83	0,16	0,87
UN26xUN03/UN03xUN26	-0,03	0,28	0,16	0,26	0,67	1,56	0,04	0,32	-0,34	0,22	0,14	0,78
UN26xUN35/UN35xUN26	0,03	0,31	0,42	0,70	0,38	0,87	-0,17	1,34	1,13	0,75	0,34	1,87
UN26xUN48/UN48xUN26	-0,04	0,43	-0,09	0,16	1,01*	2,32	0,13	1,03	-1,06	0,70	0,19	1,06
UN49xUN24/UN24xUN49	-0,11	1,08	0,02	0,04	0,39	0,90	-0,10	0,74	0,60	0,40	-0,15	0,80
UN49xUN14/UN14xUN49	0,03	0,29	0,07	0,12	0,59	1,36	-0,12	0,94	1,48	0,98	-0,06	0,34
UN49xUN03/UN03xUN49	-0,07	0,74	-0,43	0,73	0,77	1,77	-0,11	0,81	0,92	0,61	0,00	0,01
UN49xUN35/UN35xUN49	-0,03	0,34	-0,03	0,06	-0,04	0,09	-0,32	2,43	1,81	1,19	-0,24	1,32
UN49xUN48/UN48xUN49	0,00	0,00	0,20	0,34	0,44	1,02	-0,07	0,53	0,53	0,35	-0,05	0,27
UN24xUN14/UN14xUN24	0,03	0,35	0,48	0,81	0,16	0,36	0,12	0,96	-1,25	0,83	-0,06	0,32
UN24xUN03/UN03xUN24	-0,15	1,57	-0,50	0,83	0,78	1,81	0,00	0,04	0,83	0,55	-0,17	0,91
UN24xUN35/UN35xUN24	0,04	0,37	0,42	0,70	-0,63	1,46	-0,28	2,13	1,69	1,12	-0,12	0,63
UN24xUN48/UN48xUN24	0,05	0,52	0,75	1,27	-0,15	0,35	0,07	0,57	-1,25	0,83	-0,37	2,05
UN14xUN03/UN03xUN14	-0,03	0,27	0,74	1,25	0,54	1,25	0,08	0,63	-0,36	0,24	-0,08	0,43
UN14xUN35/UN35xUN14	0,08	0,83	0,42	0,71	-0,31	0,71	-0,14	1,05	0,40	0,27	-0,11	0,58
UN14xUN48/UN48xUN14	0,12	1,21	0,65	1,09	0,05	0,11	0,08	0,58	-0,62	0,41	-0,24	1,34
UN03xUN35/UN35xUN03	-0,10	1,00	-0,49	0,82	0,61	1,42	-0,21	1,60	1,88	1,24	0,01	0,03
UN03xUN48/UN48xUN03	0,00	0,01	-0,59	0,99	0,58	1,34	0,15	1,13	-1,49	0,98	-0,19	1,02
UN35xUN48/UN48xUN35	-0,05	0,52	-0,14	0,24	0,60	1,39	-0,18	1,42	1,79	1,18	-0,02	0,08

respectivamente; por su parte, los cruces recíprocos presentan promedios inferiores, así UN24×UN49 un PFC de 4,89 g y un DE de 1,87 cm y UN43×UN14 con un PFC de 5,7 g y un DE de 1,99 cm. En estos casos, es necesario determinar cual de los parentales debe actuar como madre o como padre.

Como se mencionó anteriormente, la ACE fue significativa y la ACG fue no significativa (tabla 2). En la manifestación del PFC los efectos de dominancia fueron más importantes que los efectos aditivos.

Los híbridos que presentaron los mayores efectos de ACE, distintos de cero, fueron UN24×UN48/UN48×vUN24, UN26×UN49/UN49×UN26 y UN14×UN03/UN03×UN14 con 0,72, 0,60 y 0,59, respectivamente. Los menores efectos correspondieron a UN45×UN24/UN24×UN45 (-0.53). Con base en lo anterior se estableció que, para mejorar el PFC de *P. peruviana*, se pueden utilizar los tres patrones heteróticos mencionados para la producción de híbridos (tabla 5).

Sólidos solubles totales (SST)

No existieron diferencias significativas entre las localidades pero si entre genotipos (tabla 2). Los efectos de ACG y ACE fueron significativos, que se explica por el comportamiento diferencial de tipo genético entre los grupos filiales. El promedio de SST en Botana y Matituy fue de 14,91 °Brix; los parentales presentaron 14,74 °Brix, valor similar al de los híbridos (14,93 °Brix).

Tabla 5. Aptitud combinatoria específica (ACE) para el peso de fruto con cáliz (PFC) y los sólidos solubles totales (SST) del jugo de *P. peruviana*, obtenidos a través de Botana y Matituy en un dialélico de 10 parentales bajo el método 1 de Griffing (1956) (tc=Ho: $s_{ij/ji} = 0$; *t* tabulado al 0,05 y GL198 = 1,95).

Combinación híbrida	PFC	tc	SST	Tc	Combinación híbrida	PFC	tc	SST	Tc
UN40xUN43/UN43xUN40	-0,04	0,15	0,01	0,06	UN26xUN35/UN35xUN26	0,15	0,56	0,04	0,22
UN40xUN45/UN45xUN40	0,14	0,51	0,43*	2,19	UN26xUN48/UN48xUN26	-0,37	1,36	0,47*	2,38
UN40xUN26/UN26xUN40	0,21	0,77	-0,30	1,53	UN49xUN24/UN24xUN49	0,02	0,06	0,21	1,06
UN40xUN49/UN49xUN40	-0,39	1,46	-0,05	0,27	UN49xUN14/UN14xUN49	-0,28	1,06	0,36	1,83
UN40xUN24/UN24xUN40	0,24	0,90	0,18	0,93	UN49xUN03/UN03xUN49	-0,20	0,73	0,15	0,79
UN40xUN14/UN14xUN40	-0,46	1,72	-0,06	0,32	UN49xUN35/UN35xUN49	-0,01	0,05	-0,18	0,93
UN40xUN03/UN03xUN40	0,08	0,28	-0,14	0,73	UN49xUN48/UN48xUN49	0,21	0,79	0,09	0,47
UN40xUN35/UN35xUN40	-0,38	1,43	-0,02	0,10	UN24xUN14/UN14xUN24	0,09	0,32	0,17	0,85
UN40xUN48/UN48xUN40	-0,32	1,20	-0,16	0,83	UN24xUN03/UN03xUN24	-0,30	1,11	0,41	2,10
UN43xUN45/UN45xUN43	0,30	1,11	-0,15	0,75	UN24xUN35/UN35xUN24	0,39	1,46	-0,54*	2,75
UN43xUN26/UN26xUN43	-0,36	1,33	0,27	1,36	UN24xUN48/UN48xUN24	0,72*	2,69	-0,26	1,33
UN43xUN49/UN49xUN43	0,05	0,20	-0,08	0,41	UN26xUN14/UN14xUN26	0,33	1,21	0,08	0,38
UN43xUN24/UN24xUN43	-0,25	0,94	-0,11	0,55	UN26xUN03/UN03xUN26	0,11	0,41	-0,13	0,65
UN43xUN14/UN14xUN43	0,45	1,66	-0,01	0,05	UN14xUN03/UN03xUN14	0,59*	2,20	0,12	0,61
UN43xUN03/UN03xUN43	-0,27	1,02	0,22	1,13	UN14xUN35/UN35xUN14	0,05	0,20	-0,26	1,33
UN43xUN35/UN35xUN43	-0,02	0,08	0,05	0,26	UN14xUN48/UN48xUN14	0,27	1,00	-0,11	0,56
UN43xUN48/UN48xUN43	-0,07	0,16	-0,36	1,23	UN03xUN35/UN35xUN03	-0,27	0,99	0,28	1,41
UN45xUN26/UN26xUN45	0,20	0,74	0,24	1,22	UN03xUN48/UN48xUN03	-0,37	1,38	0,04	0,20
UN45xUN49/UN49xUN45	-0,03	0,12	-0,06	0,32	UN35xUN48/UN48xUN35	-0,15	0,54	0,53*	2,68
UN45xUN24/UN24xUN45	-0,53*	1,95	-0,27	1,32	$\delta^2(S_{ii})$	0,14		0,08	
UN45xUN14/UN14xUN45	-0,28	1,05	-0,24	1,21	$\delta(S_{ii})$	0,38		0,28	
UN45xUN03/UN03xUN45	0,19	0,69	-0,15	0,77	$\delta^2(S_{ij})$	0,07		0,04	
UN45xUN35/UN35xUN45	0,23	0,84	-0,02	0,13	$\delta(S_{ij})$	0,27		0,20	
UN45xUN48/UN48xUN45	0,08	0,31	0,05	0,23	$\delta^2(S_{ij}-S_{ik})$	0,16		0,08	
UN26xUN49/UN49xUN26	0,60*	2,23	-0,01	0,06	$\delta(S_{ij}-S_{ik})$	0,40		0,29	
UN26xUN24/UN24xUN26	-0,33	1,23	0,15	0,77	$\delta^2(S_{ij}-S_{kl})$	0,14		0,08	
					$\delta(S_{ij}-S_{kl})$	0,38		0,27	

* ACE estadísticamente diferente de cero.

La HP en los híbridos fue de cero con excepción de UN26×UN48/UN48×UN26 que fue de 1,01 (tabla 4).

Dentro de los parentales el rango de SST estuvo entre 13,67 °Brix (UN26) y 15,27 (UN35). Sin tener en cuenta a UN26, tanto el promedio general como el resto de las introducciones están dentro o por encima del mínimo permitido para frutos de color cuatro y cinco (ICONTEC, 1994), lo cual es importante, si se trata de colocar el producto en el mercado nacional que busca frutas más azucaradas que mejoren la palatabilidad. Los híbridos con mayor contenido de SST (15,73-16,25 °Brix fueron UN03×UN43, UN45×UN03, UN03×UN35 y UN48×UN35. Los de menor valor (13,92-14,15 °Brix) correspondieron a UN24×UN35, UN48×UN40, UN48×UN43 y UN40×UN26.

Los efectos de ACG y ACE estadísticamente significativos demuestran que en la manifestación de los SST fueron importantes, tanto los efectos aditivos, como los de dominancia. Sólo los efectos de ACG (gi) para los parentales UN40, UN26, UN24 y UN03 fueron significativamente diferentes de cero (tabla 6).

Como el parental UN03 presentó el efecto más alto de gi se puede emplear como progenitor en programas de mejoramiento; los padres UN40, UN26 y UN24 no se recomiendan para programas de cruzamiento.

Sólo fueron diferentes de cero los efectos de ACE (sij/ji) en los híbridos UN40×UN45/UN45×UN40, UN26×UN48/UN48×UN26, UN24×UN03/UN03×UN24, UN24×UN35/UN35×UN24 y UN35×UN48/UN48×UN35 (Tabla 5). La combinación híbrida UN24×UN35/UN35×UN24 presentó sij/ji negativo (-0,54); en las otras cuatro, oscilaron entre 0,41 y 0,53; por tanto, estos genotipos se pueden ser utilizar para aumentar el contenido de SST en el fruto de *P. peruviana*. Los SST tuvieron una asociación alta y positiva con el ácido cítrico (r = 0,45*, rp = 0,71**) y el índice de madurez (rp = 0,63**) (tabla 3), lo cual es fundamental para definir el período crítico de cosecha.

Acido cítrico

El ANDEVA combinado para el ácido cítrico (AC) mostró diferencias entre genotipos (tabla 2). Los efectos de ACG y ACE no fueron significativos, lo que indica estrechez de la base genética de los genotipos evaluados. El contenido de AC en los parentales osciló entre 0,96% (UN48) y 1,54% (UN35) con un promedio de 1,20%. Los híbridos presentaron AC de 1,13% con un rango de 0,91 (UN24×UN45) y 1,38% (UN43×UN03). La diferencia entre el promedio de los parentales y el de los híbridos, no fue estadísticamente significativa. Sin embargo, los híbridos UN40×UN49/UN49×UN40, UN43×UN35/UN35×UN43, UN49×UN35/

Tabla 6. Estimados de la aptitud combinatoria general (gi) para diámetro ecuatorial del fruto (DE), peso del fruto con cáliz (PFC), sólidos solubles totales (SST), ácido cítrico (AC), índice de madurez (IM) y pH del jugo de *P. peruviana*, obtenidos en las locaciones de Botana y Matituy (Nariño) siguiendo el método 1 Griffing (1956) (tc=Ho: g_i=0; *t* tabulado al 0,05 y GL198 = 1,95).

Parental	DE	PFC	SST	tc (SST)	AC	IM	pH
UN40	-0,013	-0,152	-0,147*	2,264	-0,038	0,314	0,046
UN43	0,010	0,163	-0,031	0,475	0,007	-0,174	-0,063
UN45	0,001	-0,014	0,081	1,251	-0,023	0,291	0,066
UN26	-0,010	-0,170	-0,219*	3,377	-0,020	0,002	-0,006
UN49	-0,005	-0,141	0,014	0,220	0,011	0,001	-0,021
UN24	-0,019	-0,039	-0,176*	2,702	-0,036	0,265	0,058
UN14	-0,010	0,108	-0,065	0,996	-0,007	0,004	0,020
UN03	0,033	0,254	0,431*	6,637	0,103	-0,880	-0,067
UN35	0,027	0,108	0,117	1,803	0,044	-0,302	-0,054
UN48	-0,014	-0,117	-0,006	0,095	-0,039	0,480	0,022
Total	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000
$\delta^2(g_i)$	0,000	0,008	0,004		0,0004	0,052	0,001
$\delta(g_i)$	0,015	0,089	0,065		0,0195	0,227	0,027
$\delta^2(g_i-g_j)$	0,000	0,018	0,009		0,0008	0,115	0,002
$\delta(g_i-g_j)$	0,022	0,133	0,097		0,0291	0,339	0,041

* : valor de *t* que indica que el estimado de g_i es estadísticamente diferente de cero.

UN35×UN49 y UN24×UN35/UN35×UN24, presentaron HP negativa que osciló entre -0,26 y -0,32%, que son valores normales pero inferiores al máximo permitido en un fruto estado cinco (1,83%) (ICONTEC, 1999).

Indice de madurez (IM) y pH del jugo de P. peruviana

El ANDEVA combinado para el IM y el pH del jugo de *P. peruviana* (tabla 2) no indicó diferencias significativas entre localidades, genotipos, de ahí que los efectos de ACG y ACE no fueran significativos.

Los valores de IM y pH de la población estudiada fueron 13,43 °Brix/AC y 4,27, respectivamente. El IM fue más alto que el exigido por la NTC 4580 para frutos de color cuatro (7,1 °Brix/AC) y cinco (8,1 °Brix/AC). Esto se debe al alto valor de SST y al bajo AC. El rango del IM estuvo entre 10,79 °Brix/AC (UN35) y 16,63 °Brix/AC (UN24×UN40). Como el grado de madurez está ligado al tipo de manipulación y al transporte de los frutos, ello implica que en las dos localidades la cosecha debe hacerse en un estado anterior a los colores cuatro (anaranjado claro) y cinco (anaranjado).

Como la base genética estrecha de los parentales no permitió obtener una combinación híbrida con HP diferente de cero en el AC (tabla 4), ni seleccionar parentales para mejorar estos caracteres, el IM dependió de la relación entre los SST y el AC y por las altas correlaciones entre IM y AC ($r = -0,91^{**}$; $r_p = -0,94^{**}$), IM-SST ($r_p = -0,63^{**}$) la selección de los genotipos dependerá de las decisiones que tomen los programas de mejoramiento respecto a los SST y al AC.

Conclusiones

En el contenido de los sólidos solubles totales (SST) fueron importantes, tanto los efectos aditivos (ACG), como los de dominancia (ACE), siendo el parental UN03 el de mayor ACG. Los híbridos UN40×UN45/UN45×UN40, UN26×UN48/UN48×UN26, UN24×UN35/UN35×UN24 y UN35×UN48/UN48vUN35 presentaron los mayores efectos de ACE.

Respecto del peso de fruto con cáliz (PFC) sólo se presentaron efectos de dominancia, siendo UN24×UN48/UN48×UN24, UN26×UN49/UN49×UN26 y UN14×UN03/UN03×UN14 las combinaciones que presentaron los mayores valores de ACE.

En las variables diámetro de fruto con cáliz (DE), rendimiento total (RT), ácido cítrico (AC), índice de madurez (IM) y pH del jugo, los parámetros de ACG y ACE no fueron significativos. A excepción del AC y los SST, en las demás variables los valores de la heterosis media parental (HP) estadísticamente fueron iguales a cero. Las combinaciones UN26×UN48/UN48×UN26 en SST y UN40×UN49/UN49×UN40, UN43×UN35/UN35×UN43, UN49×UN35/UN35×UN49 y UN24×UN35/UN35×UN24 en AC mostraron HP diferente de cero. Las correlaciones parciales fueron positivas para DE-PFC, SST-AC y SST-IM, y negativas para AC-IM.

Literatura citada

Almanza, P. y G. Fischer. 1993. Nuevas tecnologías de la uchuva *Physalis perwiana* L. Agro-Desarrollo 4(1-2), 292-304.

Angulo, R. 2000. Siembra, soporte, poda y fertilización. En: Florez, V., G. Fischer y S. Angel. (eds.). 2000. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 41-49.

Asna, A.B., S.P. Yadav, S.R. Srivastava, P.K. Pandey y R.K. Jaiswal. 1988. Correlation and path coefficient analysis in Cape Gooseberry (*Physalis perwiana* L.). South Indian Hort. 36(1-2), 5-7.

Ceballos, H. 1997. Genética cuantitativa y fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 330 p.

CRFG. California Rare Fruit Growers. 2003. Cape Gooseberry: *Physalis peruviana* L. En: http://www.crfg.org/pubs/ff/cape-gooseberry.html; consulta: noviembre 2003.

Criollo, H., T.C. Lagos, P. Criollo y M. Guerrero. 2001. Caracterización de materiales de uvilla o uchuva (*Physalis peruviana* L) por sus características de calidad. Revista de Ciencias Agrícolas. 18(2), 168-180.

Fischer, G. y P.J. Almanza. 2002. Nuevas tecnologías en el cultivo de la uchuva *Physalis peruviana.* Revista Electrónica Expedición Científica y Cultural (Corporación Colombia Internacional, Universidad de los Andes-UNAD Bogotá). (9):1-19. En: http://www.unad.edu.co/revistaunad/revista09/agrarias309.htm; consulta: febrero 2004.

Fischer, G. 2000a. Fisiología del cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). En: Tercer Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Memorias. CDTE (Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales). Manizales. 406 p.

Fischer, G. 2000b. Crecimiento y desarrollo. En: Florez, V.J., G. Fischer y A.D. Sora (eds.). 2000. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 175 p.

Geraldi, I.O. y J.B. Miranda-Filho. 1988. Adapted models for the analyses of combining ability of varieties in partial diallel crosses. Brazilian J. Genet. 11(2), 419-430.

Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Austral. J. Biol. Sci. 9(4), 463-493.

Hawkes, J.G. 1991. Centros de diversidad genética vegetal en Latinoamérica. Diversity. 7(1-2), 7-9.

Hejeile, H. y A. Ibarra. 2001. Colección y caracterización de los recursos genéticos de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) en algunos municipios del sur del departamento de Nariño. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. 123 p.

ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Tecnicas y Certificación). 1999. Norma técnica colombiana NTC 4580: Frutas frescas: uchuva. Bogotá. 15 p.

Lagos, T.C., H. Criollo y C. Mosquera. 2001. Evaluación preliminar de cultivares de uvilla o uchuva (*Physalis peruviana* L.) para escoger materiales con base en la calidad del fruto. Revista de Ciencias Agrícolas. 18(2), 82-94.

Leiva Brondo, M.; J. Prohens y F. Nuez. 2001. Genetic analyses indicate superiority of performance of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). J. New Seeds 3(3), 71-84.

Ligarreto, G., M. Lobo y A. Correa. 2005. Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia. pp. 9-27. En: Fischer, G., D. Miranda, W. Piedrahita y J. Romero (eds.). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Unibiblos, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 222 p.

Miranda-Filho, J.B. y R. Vencovsky. 1984. Analysis of diallel crosses among open-pollinated varieties of maize (*Zea mays* L.). Maydica. 29, 217-234.

Morton, J. 1987. Cape gooseberry. En: Fruits of warm climates. Miami, FL. pp. 430-434. En: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/cape_gooseberry.html; consulta: febrero 2004.

Prohens, J., A. Rodríguez-Burruezo y F. Nuez. 2004. Breeding andean Solanaceae fruit crops for adaptation to subtropical climates. Acta Hort. 129, 137.

Romero, J., F. Castillo y R. Ortega. 2002. Cruzas de poblaciones nativas de maíz de la raza Chalqueño: II Grupos genéticos, divergencia genética y heterosis. Rev. Fitotec. Mex. 25(1), 107-115.

Sprague, G.F. y L.A. Tatum. 1942. General versus specific combining ability in single crosses of corn. J. Amer. Soc. Agron. 34, 923-932.

Steel, R. y J. Torrie. 1995. Bioestadística: principios y procedimientos. 2a. edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana, México DF. 622 p.

Vega, P.C. 1988. Introducción a la teoría de genética cuantitativa: con especial referencia al mejoramiento de plantas. Universidad Central de Venezuela, Caracas. 398 p.