



ARTÍCULO ORIGINAL

Estimación de parámetros genéticos – estadísticos de caracteres del fruto en una población de guayabo (*Psidium guajava* L. (Myrtaceae))

Estimation of genetic - statistic parameters to fruit characters in a guava population (Psidium guajava L. (Myrtaceae))

Leneidy Pérez^{1*}, Antonio L. Sigarroa¹, Narciso N. Rodríguez², Evelyn Bandera¹ y Juliette Valdés-Infante²

¹ Dpto. Biología Vegetal
Facultad de Biología
Universidad de La Habana

² Instituto de Investigaciones en
Fruticultura Tropical

* Autor para correspondencia:
leneidy@fbio.uh.cu

RESUMEN

El guayabo (*Psidium guajava* L.) es un frutal muy valioso pues su fruto resulta una importante fuente natural de vitaminas y sales minerales. Tiene gran importancia comercial en Cuba y en otras regiones tropicales y subtropicales del mundo. Sin embargo, se ha estudiado muy poco sobre la herencia de los caracteres de importancia económica de este cultivo. En la Unidad Científico Tecnológica de Base de Alquizar, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, se realizó un cruzamiento entre los cultivares *Enana Roja Cubana* y *Suprema Roja*. Se obtuvieron 73 descendientes, los cuales se plantaron según un Diseño Completamente Aleatorizado. Se evaluaron 10 caracteres cuantitativos de los frutos durante tres años. Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza de clasificación doble, con estructura factorial (Modelo II), con el objetivo de estimar los componentes de la varianza, la heredabilidad en sentido ancho y los coeficientes de variación genético y ambiental de los caracteres. Los análisis se realizaron con el programa SPSS. Los caracteres relación largo/ancho del fruto, masa total y masa promedio de las semillas, presentaron valores altos de heredabilidad en sentido ancho. El resto de los caracteres mostraron estimados medios o bajos de heredabilidad. Los valores del coeficiente de variación genético oscilaron entre 4,80 % y 33,47 %, mientras que los valores del coeficiente de variación ambiental fueron menores. Todas las variables evaluadas presentaron diferencias altamente significativas entre los genotipos, así como una varianza de interacción genotipo–ambiente estadísticamente significativa, lo cual sugiere realizar un análisis posterior de estas interacciones.

Palabras clave: guayabo, heredabilidad, variabilidad genética, interacción genotipo-ambiente, coeficientes de variación genética y ambiental.

ABSTRACT

Guava (Psidium guajava L.) is a valuable fruit tree because its fruit is an important natural source of vitamins and mineral salts. Guava has a commercial importance in Cuba and in other tropical and subtropical regions of the

Recibido: 2013-01-08

Aceptado: 2013-10-28

world. However, few about the heredity of the characters with great economic importance, belonging to this crop has been studied. A cross between Enana Roja Cubana and Suprema Roja cultivars was made at the Technological and Scientist Center in Alquizar, belonging to the Tropical Fruit Tree Research Institute of Cuba. A total of 73 descendants were obtained and they were planted according to a Complete Random Design. Ten quantitative fruit traits were evaluated during a period of three years. Factorials Analyses of Variance (Model II) were made with the data sets with the aim of estimating the variance components, the heritability in broad sense and the coefficients of genetic and environmental variation. These analyses were made using the SPSS program (version 16.0). The characters: length/width fruit ratio, total weight and medium weight of seeds presented high values of heritability in broad sense. The others characters showed low or medium heritabilities. Values between 4,80 % and 33,47% were obtained for the coefficient of genetic variation whereas lower values were obtained for the coefficient of environmental variation. All of the variables presented significant statistically difference among genotypes and also, a genotype–environment interaction variance was statistically significant, which suggests to do a posterior analyses of these interactions.

Keywords: *guava, heritability, coefficients of genetic and environmental variation, genetic variability, genotype – environment interaction.*

INTRODUCCIÓN

El guayabo (*Psidium guajava* L.), perteneciente a la familia Myrtaceae, es oriundo de la región tropical de las Américas, pero fue introducido a otras regiones del mundo, donde actualmente se encuentra naturalizado. Aunque la morfología de la flor de esta especie favorece la autopolinización, también se reporta de un 35 % a un 40 % de polinización cruzada, lo que unido a la propagación por semillas en los inicios de la domesticación, ha permitido contar con poblaciones genéticamente diversas, en las cuales hay presente una adecuada variación genética para la selección de tipos comerciales deseables (Rodríguez *et al.*, 2003).

Los frutos tienen un gran valor nutricional, pues son ricos en vitaminas A, B y C, importantes para la salud y la dieta humana. Se destacan principalmente por su alto contenido de ácido ascórbico (Vitamina C) que es superior al de los cítricos, frutales comúnmente asociados como excelentes fuentes de esta vitamina (Vasco *et al.*, 2005). El guayabo es reconocido también, por su contenido de azúcares, hierro, calcio y fósforo, que es superior al de la mayoría de las frutas (Coêlho de Lima *et al.*, 2002).

Para realizar un programa de mejoramiento genético eficiente, es de vital importancia conocer la herencia de los caracteres de mayor importancia, los cuales

muestran una variación continua, que es controlada por una combinación de factores genéticos y ambientales, que necesitan ser evaluados. En los cultivos perennes, como el guayabo, se dificulta obtener una información precisa, debido a que son altamente heterocigóticos, se necesitan extensas áreas y labores para su cultivo, se propagan por semillas, tienen una alta adaptabilidad y se requiere evaluar poblaciones grandes para realizar este tipo de estudio. En el guayabo existe muy poca información relacionada con la herencia de sus caracteres, pues no es una planta apropiada para los estudios de herencia (Pommer y Murakami, 2009).

Para conocer la herencia de los caracteres de importancia para el mejorador se requiere realizar cruzamientos entre cultivares seleccionados por el cultivador. En nuestro país, se han realizado cruzamientos dirigidos con la finalidad de construir mapas genéticos y asociar loci de caracteres cuantitativos (QTLs, por sus siglas en inglés) a dichos mapas (Valdés-Infante *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2007; Ritter *et al.*, 2010a,b), así como para seleccionar genotipos de interés agrícola para este cultivo (Rodríguez *et al.*, 2009). Sin embargo, se desconocen en la actualidad diferentes parámetros genéticos – estadísticos que resultan imprescindibles para llevar a cabo un programa de mejoramiento

eficiente para el cultivo. El análisis de los parámetros genéticos es de gran importancia, pues la información proveniente de los componentes de la varianza y la heredabilidad son esenciales para hacer inferencias acerca de los beneficios que pueden obtenerse con la selección (Sobierajski *et al.*, 2006).

En nuestro país y a nivel mundial, se han realizado diversos estudios relacionados con la estimación de parámetros genéticos – estadísticos en cultivos como: el trigo (*Triticum aestivum* L.) (Khan *et al.*, 2003; Waqar *et al.*, 2008), el maíz (*Zea mays* L.) (Smalley *et al.*, 2004; Bello *et al.*, 2012), el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Jó y Hernández, 2004), el ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) (Fendel y Monteverde-Penso, 1994; Silva y Monteverde-Penso, 1998), el algodón (*Gossypium hirsutum* L.) (Soomro *et al.*, 2010), el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Rodríguez *et al.*, 2008; Mohamed *et al.*, 2012), la cebolla (*Allium cepa* L.) (Lescay y Moya, 2006), entre otros. Sin embargo, sobre los frutales tropicales, el número de trabajos relativos al tema ha disminuido sustancialmente en las dos últimas décadas, y en nuestro país han sido escasamente abordados hasta la fecha.

Partiendo de estos antecedentes, el objetivo de este trabajo fue estimar los componentes de la varianza, la heredabilidad en sentido ancho y los coeficientes de variación genético y ambiental, en 10 caracteres cuantitativos de los frutos, evaluados durante tres años en una población de guayabo, derivada del cruzamiento entre los cultivares 'Enana Roja Cubana' ('EEA 18-40') y 'Suprema Roja'.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado forma parte de la colección de germoplasma de guayabo de la Unidad Científico-Tecnológica de Base (UCTB) de Alquizar, provincia Artemisa, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) de Cuba. La Unidad Científica se encuentra ubicada en los 22° 47' de latitud norte y los 82° 31' de longitud oeste, a 11 m sobre el nivel del mar y con una topografía llana de pendiente 0. Los suelos sobre los que se asienta son Ferralíticos rojos compactados y Ferralíticos rojos hidratados, los que tienen un pH entre 5,5 y 6,5 (Valdés-Infante, 2009).

En el año 2001, en la UCTB de Alquizar, se realizó un cruzamiento intraespecífico mediante polinización controlada, en el que se utilizó como parental feme-

nino una planta del cultivar 'Enana Roja Cubana' ('EEA 18-40') (de origen local) y como progenitor masculino una planta del cultivar 'Suprema Roja' (proveniente de la Florida). Para garantizar la polinización controlada, una flor del cultivar 'EEA 18-40' fue emasculada, se le adicionó el polen del cultivar 'Suprema Roja' y se protegió para evitar otros polinizadores. Se tomó el fruto obtenido y sus semillas se sembraron en semilleros. Posteriormente, las semillas se trasplantaron a bolsas de polietileno individuales de 26 x 46 cm que contenían suelo Ferralítico Rojo y materia orgánica (cachaza) en la relación 3:1. Cuando las plantas tenían entre 50 y 60 cm de altura se plantaron en la UCTB, según un Diseño Completamente Aleatorizado, siguiendo un marco de plantación de 6 x 5 m. Se obtuvieron finalmente 73 plantas, las cuales son genotipos diferentes, pues provienen de semillas, por lo que solo hay una réplica (planta) de cada descendiente.

Se evaluaron 10 descriptores de los utilizados por Rodríguez *et al.* (2010) para la caracterización de la colección cubana de germoplasma de guayabo. Los descriptores evaluados fueron: masa del fruto (g), largo del fruto (mm), ancho del fruto (mm), relación largo ancho del fruto, espesor externo de la pulpa (mm), espesor interno de la pulpa (mm), relación espesor externo/interno de la pulpa, número de semillas por fruto, masa total de semillas por fruto (g) y masa promedio de las semillas por fruto (g). Estos descriptores han sido propuestos por la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas (UPOV, por sus siglas en inglés) (1987) y por Coêlho de Lima *et al.* (2002), debido a su grado de importancia para la distinción de nuevas variedades, y para el mejoramiento y la comercialización de la especie.

Las plantas se comenzaron a evaluar a los cinco años de edad y las evaluaciones se efectuaron durante tres años consecutivos (2006 – 2008), en el período Agosto – Septiembre, que es el pico de cosecha de verano. Los frutos se cosecharon en su madurez fisiológica y fueron evaluados en completa maduración, dos o tres días después de cosechados. Para la medición de estos caracteres se utilizaron balanzas técnicas y pie de rey.

Con los datos resultantes de las mediciones, se realizaron análisis de varianza de clasificación doble, de estructura factorial, con modelos de efectos aleatorios (Modelo II). Se tomaron como efectos principales los cultivares y los años, y su interacción de primer

orden, con el objetivo de estimar los componentes de la varianza de estos caracteres. Previamente a los análisis de varianza, se verificó la normalidad de los datos con el empleo de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk y Lilliefors, así como la homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Levene, Cochran y Bartlett. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS para Windows (versión 16.0) (SPSS, 2007).

En estos análisis de varianza de clasificación doble, se utilizó el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + (GA)_{ij} + e_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} : Valor fenotípico del i-ésimo genotipo obtenido en el j-ésimo ambiente.

μ : Efecto de la media general.

G_i : Efecto del i-ésimo genotipo.

A_j : Efecto del j-ésimo ambiente.

$(GA)_{ij}$: Efecto de la interacción entre el i-ésimo genotipo y el j-ésimo ambiente.

e_{ijk} : Efecto aleatorio del error experimental asociado al i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente, según el modelo lineal aditivo.

La heredabilidad en sentido ancho fue estimada a partir de los componentes de la varianza resultantes de las esperanzas matemáticas de los cuadrados medios, del análisis de varianza bifactorial cuyo modelo lineal fue establecido previamente. La heredabilidad se calculó por medio de la fórmula propuesta por Cornide *et al.* (1985). Los errores estándar de los componentes de varianza y de la heredabilidad en sentido ancho, fueron obtenidos mediante las fórmulas propuestas por Anderson y Bancroft (1952), y revisadas por Becker (1984).

$$h_b^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2} = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \sigma_A^2 + \sigma_{G \times A}^2 + \sigma_e^2}$$

$$ES(h_b^2) = \sqrt{\frac{ES(\sigma_G^2)}{\sigma_F^2}}$$

donde:

h_b^2 : Heredabilidad en sentido ancho

σ_F^2 : Varianza fenotípica

σ_G^2 : Varianza genética

σ_A^2 : Varianza ambiental

$\sigma_{G \times A}^2$: Varianza de la interacción genotipo-ambiente

σ_e^2 : Varianza del error

$ES(h_b^2)$: Error estándar de la heredabilidad en sentido ancho

$ES(\sigma_G^2)$: Error estándar de la varianza genética

Los coeficientes de variación genético y ambiental se obtuvieron a partir de los componentes de varianza genética y ambiental, respectivamente. Estos componentes fueron estimados a partir de las esperanzas matemáticas de los cuadrados medios, del análisis de varianza bifactorial de efectos aleatorios. Además se determinó la relación existente entre ambos coeficientes (CV_g/CV_a). Los coeficientes se calcularon por medio de las fórmulas utilizadas por Pistorale *et al.* (2008) y Abbott y Pistorale (2010).

$$CV_g = \frac{\sigma_G}{\bar{X}_g} \cdot 100 \quad \sigma_G = \sqrt{\sigma_G^2}$$

$$CV_a = \frac{\sigma_A}{\bar{X}_g} \cdot 100 \quad \sigma_A = \sqrt{\sigma_A^2}$$

donde:

CV_g : Coeficiente de variación genética

σ_G : Desviación estándar genética

\bar{X}_g : Media general

CV_a : Coeficiente de variación ambiental

σ_A : Desviación estándar ambiental

RESULTADOS

Los Análisis de Varianza Factoriales (Modelo II) desarrollados mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) entre los cultivares en todas las variables analizadas, lo cual denota que estos caracteres presentan una variación genética significativa (Tabla 1). En la fuente de variación años solamente no se detectaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los caracteres espesor interno de la pulpa y masa total de semillas por fruto. En el resto de las variables, el comportamiento de los genotipos fue diferente durante los tres años de evaluación (Tabla 1).

Con relación a la interacción genotipo-ambiente (años), se detectó una interacción significativa ($p < 0,001$) en todas las variables evaluadas (Tabla 1). Esta fuente de variación indica un comportamiento diferencial de los cultivares en el tiempo y caracteriza a la interacción genotipo-ambiente de la población evaluada.

Tabla 1. Cuadrados Medios del ANOVA Factorial (Modelo II) desarrollado para los caracteres del fruto, evaluados en la población de guayabo resultante del cruzamiento entre los cultivares 'Enana Roja Cubana' y 'Suprema Roja'.

Table 1. ANOVA Mean squared sum (Model II) for fruit characteristics, assessed in guava population resulting from crossing lines 'Cuban red dwarf' and 'Red suprema'.

CARACTERES ANALIZADOS	CMG	CMA	CMGXA	CME
Masa del fruto	17 323,60 (p = 0,000)	92 158,34 (p = 0,000)	7 220,99 (p = 0,000)	1 983,49
Largo del fruto	758,04 (p = 0,000)	2 294,39 (p = 0,000)	155,52 (p = 0,000)	60,93
Ancho del fruto	249,12 (p = 0,000)	718,95 (p = 0,001)	90,98 (p = 0,000)	29,29
Relación largo/ancho del fruto	0,17 (p = 0,000)	0,09 (p = 0,005)	0,02 (p = 0,000)	0,009
Espesor externo de la pulpa	46,35 (p = 0,000)	221,51 (p = 0,000)	9,19 (p = 0,000)	5,01
Espesor interno de la pulpa	167,55 (p = 0,000)	32,24 (p = 0,488)	44,69 (p = 0,000)	14,26
Relación espesor externo/ interno de la pulpa	0,29 (p = 0,000)	0,74 (p = 0,000)	0,04 (p = 0,000)	0,02
Número de semillas	58 988,19 (p = 0,000)	53 387,36 (p = 0,003)	8 733,65 (p = 0,000)	5 390,86
Masa total de semillas por fruto	16,94 (p = 0,000)	0,85 (p = 0,516)	1,28 (p = 0,000)	0,68
Masa promedio de las semillas	0,00 (p = 0,000)	0,00 (p = 0,000)	$1,56 \times 10^{-5}$ (p = 0,000)	$1,01 \times 10^{-5}$

Leyenda: CMg: cuadrado medio de los genotipos, CMA: cuadrado medio de los años (ambiente), CMgxa: cuadrado medio de la interacción genotipo-ambiente, CMe: cuadrado medio del error.

Como se puede apreciar en la Tabla 2, en el carácter relación largo/ancho del fruto se obtuvo valor cero del componente de varianza ambiental (años). En las variables espesor interno de la pulpa y masa total de semillas por fruto, se detectaron estimados negativos del mismo componente de la varianza. En estos casos los valores estaban cercanos a cero, por lo que siguiendo el criterio establecido por Searle (1971), se asumieron como valor cero. Se puede apreciar también que los valores de la varianza genética fueron ligeramente inferiores a los valores de la varianza del error. Sin embargo, los valores de la varianza genética fueron mayores que los de la varianza de la interacción genotipo-ambiente y que la varianza ambiental, en la mayoría de los caracteres, por lo cual la varianza genética tiene una mayor contribución a la varianza fenotípica de la población, que los otros dos componentes.

Para clasificar los valores de heredabilidad en bajos, medios o altos, se siguió el criterio sugerido por Ramírez y Egaña (2003) (alta: $h^2 > 0,50$; media: $0,25 < h^2 < 0,50$; baja: $h^2 < 0,25$). Como se puede apreciar en la Tabla 3, las variables largo del fruto, espesor externo e interno de la pulpa, relación espesor externo/

interno de la pulpa y número de semillas, mostraron estimados medios de heredabilidad en sentido ancho; mientras que la relación largo – ancho del fruto, la masa total de las semillas y la masa promedio de las semillas por fruto presentaron estimados altos. En las variables masa y ancho del fruto se obtuvieron los estimados más bajos de heredabilidad. Además, en estas variables se observaron valores de error estándar ligeramente superiores al valor de heredabilidad.

El coeficiente de variación genético es un indicador del grado de variabilidad debida al genotipo. En la Tabla 4 se pueden observar los valores del coeficiente de variación genético obtenidos para los caracteres evaluados, los cuales oscilaron entre 4,80 y 33,47%. También se pueden apreciar los valores del coeficiente de variación ambiental, los cuales fueron más bajos, pues oscilaron entre 0 y 8,20%. Los caracteres relación largo/ancho del fruto, espesor interno de la pulpa y masa total de las semillas por fruto, mostraron valor cero del coeficiente de variación ambiental debido a que el componente de varianza ambiental de estos, presentó valor cero o un valor negativo muy pequeño, que se consideró como

Tabla 2. Componentes de varianza y sus errores estándares, estimados para los caracteres del fruto, evaluados en la población de guayabo resultante del cruzamiento entre los cultivares 'Enana Roja Cubana' y 'Suprema Roja'.

Table 2. Variance components and it's standard errors estimated for fruit characteristics, assessed in guava population resulting from crossing lines 'Cuban red dwarf' and 'Red suprema'.

CARACTERES ANALIZADOS	$\hat{\sigma}_G^2$	% $\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_A^2$	% $\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_{G \times A}^2$	% $\hat{\sigma}_{G \times A}^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	% $\hat{\sigma}_e^2$
MF	673,51 $\pm 756,87$	17,13	226,50 $\pm 3\,365,42$	5,76	104,50 $\pm 167,59$	26,65	1\,983,48 $\pm 83,56$	50,46
LF	40,17 $\pm 32,09$	31,95	5,70 $\pm 83,78$	4,54	18,92 $\pm 3,63$	15,05	60,93 $\pm 2,57$	48,47
AF	10,54 $\pm 10,78$	19,58	1,67 $\pm 26,26$	3,11	12,34 $\pm 2,12$	22,92	29,29 $\pm 1,23$	54,40
RLAF	0,010 $\pm 0,007$	50,00	0,000 $\pm 0,003$	0,00	0,001 $\pm 0,0004$	5,00	0,009 $\pm 0,0004$	45,00
EEP	2,48 $\pm 1,96$	27,86	0,57 $\pm 8,09$	6,37	0,84 $\pm 0,28$	9,43	5,01 $\pm 0,21$	56,34
EIP	8,19 $\pm 7,14$	28,70	-0,033 $\pm 1,21$	0,00	6,09 $\pm 1,04$	21,32	14,26 $\pm 0,60$	49,97
REP	0,016 $\pm 0,01$	34,24	0,002 $\pm 0,027$	4,25	0,004 $\pm 0,001$	8,51	0,025 $\pm 0,001$	53,19
NSEM	3350,30 \pm 2484,44	35,16	119,08 $\pm 1\,950,13$	1,25	668,56 $\pm 206,75$	7,02	5390,86 $\pm 227,09$	56,57
MTSEM	1,04 $\pm 0,71$	56,74	-0,001 $\pm 0,0032$	0,00	0,12 $\pm 0,01$	6,52	0,68 $\pm 0,03$	36,74
MPSEM	1,26 $\times 10^{-5}$ $\pm 4,6 \times 10^{-7}$	51,91	4,83 $\times 10^{-7}$ $\pm 9,3 \times 10^{-8}$	1,99	1,09 $\times 10^{-6}$ $\pm 3,7 \times 10^{-7}$	4,49	1,01 $\times 10^{-5}$ $\pm 4,2 \times 10^{-7}$	41,61

Leyenda: MF: masa del fruto, LF: largo del fruto, AF: ancho del fruto, RLAF: relación largo/ancho del fruto, EEP: espesor externo de la pulpa, EIP: espesor interno de la pulpa, REP: relación espesor externo/interno de la pulpa, NSEM: número de semillas/fruto, MTSEM: masa total de las semillas/fruto, MPSEM: masa promedio de las semillas/fruto, σ_G^2 : componente de varianza genética, σ_A^2 : componente de varianza ambiental, $\sigma_{G \times A}^2$: componente de varianza de interacción genotipo x ambiente, σ_e^2 : componente de varianza del error

Tabla 3. Estimados de heredabilidad en sentido ancho (h_b^2) con sus errores estándares (ES) obtenidos para los caracteres del fruto, evaluados en la población de guayabo resultante del cruzamiento entre los cultivares 'Enana Roja Cubana' y 'Suprema Roja'.

Table 3. Heredability estimates in wide (h_b^2) and its standard errors (ES) obtained for fruit characteristics in guava population resulting from crossing 'Cuban red dwarf' and 'Red supreme' lines.

CARACTERES ANALIZADOS	h_b^2 \pm ES
Masa del fruto	0,171 \pm 0,192
Largo del fruto	0,319 \pm 0,255
Ancho del fruto	0,196 \pm 0,200
Relación largo/ ancho fruto	0,500 \pm 0,350
Espesor externo de la pulpa	0,279 \pm 0,220
Espesor interno de la pulpa	0,287 \pm 0,250
Relación espesor externo/interno de pulpa	0,340 \pm 0,260
Número de semillas	0,352 \pm 0,261
Masa total de la semillas por fruto	0,567 \pm 0,386
Masa promedio de las semillas	0,519 \pm 0,019

cero. Además, en la Tabla 4 se muestra la relación entre los coeficientes de variación genético y ambiental, la cual es mayor que uno en la mayoría de los caracteres, con la excepción de aquellos que presentaron valor cero del coeficiente de variación ambiental. Esto nos indica que en la variabilidad fenotípica observada tiene un mayor peso el componente de varianza genética que el ambiental.

Tabla 4. Valores de los coeficientes de variación genético (CVg) y ambiental (CVa), y de la relación entre ambos, para los caracteres del fruto, evaluados en la población de guayabo resultante del cruzamiento entre los cultivares 'Enana Roja Cubana' y 'Suprema Roja'.

Table 4. Genetic variation coefficient values (CVg) and environmental (CVa), and of the relationship between them, for fruit characteristics, assessed in guava population resulting from crossing lines 'Cuban red dwarf' and 'Red suprema'.

CARACTERES ANALIZADOS	CV _g (%)	CV _a (%)	CV _g /CV _a
Masa del fruto	14,14	8,20	1,72
Largo del fruto	8,67	3,27	2,65
Ancho del fruto	4,80	1,91	2,51
Relación largo/ ancho fruto	9,23	0	0
Espesor externo de la pulpa	11,13	5,32	2,09
Espesor interno de la pulpa	7,57	0	0
Relación espesor externo/ interno de la pulpa	16,47	5,82	2,83
Número de semillas	25,11	4,73	5,30
Masa total de semillas por fruto	33,47	0	0
Masa promedio de las semillas	25,36	4,96	5,11

DISCUSIÓN

Es usual en los experimentos de Genética Vegetal que pretenden estimar parámetros genéticos como la heredabilidad en sentido ancho, replicar en el tiempo y en el espacio (años y localidades), puesto que el análisis de los datos proporciona una prueba adecuada de la variabilidad genética y permite obtener un estimado de la heredabilidad. Algunos autores señalan que la población ambiental más diversa da lugar a una menor varianza genética, ya que la mayor parte de la varianza de la interacción genotipo-ambiente es extraída del estimado de la varianza genética (Comstock y Moll, 1963, Sigarroa, 1994).

En este experimento sólo se utilizó una localidad, por lo que no se midió el efecto de la replicación espacial

(en localidades). Por lo tanto, las inferencias de los resultados que se han obtenido sólo pueden ser dirigidas a esta localidad. No obstante, se ha probado que el efecto de los años y la interacción cultivar-año, son mayores que el efecto localidad y su interacción con el cultivar (Simmonds, 1979). De esta forma es mejor la replicación en años que entre localidades dentro de años, y aunque todo ensayo acepta ambos tipos de replicación como necesarias, un mayor interés compromete al factor años (Sigarroa, 1994).

Por medio de la realización del análisis de varianza bifactorial, Modelo II, se pudieron detectar diferencias altamente significativas entre los cultivares, así como una interacción significativa, para todas las variables evaluadas. Resultados similares fueron obtenidos por Thaipong y Boonprakop (2005), al evaluar caracteres relacionados con la calidad de los frutos en ocho cultivares de guayabo (*Psidium guajava* L.), seleccionados aleatoriamente de la colección de germoplasma; estos autores obtuvieron diferencias altamente significativas entre los cultivares en la mayoría de los caracteres analizados. Lima e Silva *et al.* (2007), estimaron parámetros genéticos en caracteres relacionados con la calidad de los frutos y el rendimiento en progenies de chirimoya (*Annona squamosa* L.), y encontraron una gran variabilidad genética entre las progenies en los caracteres asociados con el rendimiento, y algunos de los relacionados con la calidad de los frutos. También Machado *et al.* (2002), en una población amazónica de *Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum, encontraron diferencias significativas entre las progenies para caracteres del fruto y las semillas.

Estos resultados coinciden también con los obtenidos por otros autores en cultivos como, cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.) (Abott y Pistorale, 2010), alcaucil (*Cynara scolymus* L.) (Asprelli *et al.*, 2001) y papa (*Solanum tuberosum* L.) (Sattar *et al.*, 2007), quienes realizaron evaluaciones de la variabilidad genética presente en poblaciones del cultivo en estudio, a partir de la estimación de componentes de varianza y heredabilidad en sentido ancho, con el empleo de diferentes diseños genético-estadísticos. En todos los casos, los autores pudieron detectar diferencias significativas entre los genotipos, así como una interacción genotipo – ambiente significativa.

Al estimar los componentes de la varianza, a partir de la esperanza de los cuadrados medios, del análisis

de varianza de efectos aleatorios, se pudo determinar que la varianza genética tenía una mayor contribución a la varianza fenotípica, que la varianza ambiental y de interacción genotipo - ambiente. Además, se detectaron estimados negativos en el componente de varianza ambiental en las variables: espesor interno de la pulpa y masa total de las semillas por fruto. Son numerosos los autores que informan estimados negativos en un componente de la varianza, en diferentes especies de plantas cultivadas (Sigarroat, 1994). La presencia de un estimado negativo en el método de análisis de varianzas no depende de las premisas distribucionales implicadas. De las alternativas que tienen que ver con estimados negativos en componentes de varianzas, lo mejor es asumir que esto es una evidencia de que el valor verdadero de dicha componente es cero. Otra explicación es posible: muchos valores positivos cercanos a cero, pueden provocar estimados negativos en más de la mitad de las veces, en experimentos replicados y el promedio de tales valores será cero (Searle, 1971). Además, se ha planteado que cuando un componente de varianza particular es realmente muy pequeño, los estimados negativos no son inesperados y aunque ellos no son interpretables por sí mismos, sino como un error de muestreo, deberá informarse de manera que contribuyan a una acumulación de conocimientos (Sigarroat, 1994).

Para los caracteres métricos, la heredabilidad es una de sus propiedades más importantes. En sentido ancho, la heredabilidad es el cociente de la varianza genética y la fenotípica y puede variar en distintos caracteres del mismo organismo, para el mismo carácter en organismos distintos e incluso para el mismo carácter en poblaciones distintas del mismo organismo. Los valores de heredabilidad en sentido ancho se obtienen a partir de los estimados de los componentes de varianza. Por lo tanto, los valores de heredabilidad que se obtendrán serán mayores o menores en dependencia de la contribución que tenga la varianza genética a la varianza fenotípica, que incluye todas las fuentes de variación del diseño experimental empleado en el análisis.

Los bajos valores de heredabilidad obtenidos en las variables masa y ancho del fruto, se pueden deber a un bajo valor en la componente de varianza genética. Esto traerá como consecuencia una baja transmisión genética para estos caracteres, por lo que su determinación estará muy influenciada por las condiciones ambientales en que se desarrollaron los individuos.

Por tanto, son los factores ambientales y no las diferencias genéticas, los responsables en mayor medida, de la variabilidad fenotípica observada en esta población, para dichas variables.

En estas variables se observaron valores de heredabilidad ligeramente inferiores a su error estándar. Esta situación puede ocurrir en caracteres de baja heredabilidad, en los que el componente de varianza genética tiene valores bajos, y en la fórmula del error estándar de la heredabilidad se incluye el error estándar de dicha componente de varianza. Daoyu *et al.* (2002) también obtuvieron valores de heredabilidad ligeramente menores que su error estándar, en caracteres vegetativos y del fruto, evaluados en familias de hermanos completos en kiwi (*Actinidia deliciosa* L.), los cuales también presentaron bajos valores de heredabilidad; aunque estos autores no discuten este resultado.

En las variables: largo del fruto, número de semillas por fruto, espesor externo e interno y relación espesor externo/interno de la pulpa los estimados obtenidos fueron medios, lo cual significa que tanto el componente genético como el ambiental influyen de manera similar en la varianza del carácter. Resultados similares fueron obtenidos por otros autores al evaluar la diversidad genética y la heredabilidad en sentido ancho de frutales, como Sigarroat (1994) en clones de cítricos (*Citrus* spp.), Thaipong y Boonprakop (2005) en cultivares de guayabo y Camargo *et al.* (2010) en nueces de Brasil (*Bertholletia excelsa* HBK). Otros autores han encontrado también, estimados medios y bajos de heredabilidad en sentido ancho, en otros cultivos como, Asprelli *et al.* (2001) en clones de alcaucil (*Cynara scolymus* L.), García *et al.* (2002) en poblaciones de pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir.) y Pistorale *et al.* (2008), en poblaciones de agropiro alargado (*Thinopirum poticum* (Podp) Barkworth *et Dewey*), una gramínea forrajera muy tolerante a la salinidad de los suelos.

Los caracteres relación largo/ancho del fruto, masa total y masa promedio de las semillas por fruto, presentaron los valores más altos de heredabilidad. En estas variables, si los efectos aditivos tienen una alta contribución a la varianza genética, entonces la transmisión del carácter es muy efectiva, pues este es el componente que se hereda, ya que los efectos de dominancia e interacción epistática se rompen por la meiosis y no se transmiten a la descendencia. En otros

estudios se han detectado también valores altos de heredabilidad en sentido ancho, para algunas de las variables evaluadas, como Oyervides *et al.* (1993) en una población de maíz (*Zea mays* L.), Mratinić *et al.* (2007) en cultivares de albaricoque (*Prunus cerasifera* L.) y Ligarreto y Ospina (2009) en progenitores y generaciones F1 y F2 de arveja (*Pisum sativum* L.).

Es importante aclarar que los valores de heredabilidad calculados se corresponden con los estimados de heredabilidad poblacional, pues la heredabilidad no es un parámetro fijo. Un estimado de heredabilidad nos indica la proporción de la varianza fenotípica que se puede atribuir a la variación genética, dentro de una población dada, en un ambiente particular, o sea, el valor de heredabilidad depende no solo de la población donde se midió, sino también del conjunto de condiciones ambientales en el que esa población se desarrolló (Klug, *et al.*, 2006), o sea, que los valores de heredabilidad obtenidos para esta población pueden cambiar en otro ambiente, o en la evaluación de otras poblaciones. Por esta razón, no se puede hablar de un valor único de heredabilidad para un carácter cuantitativo de una determinada especie, pues ocurren variaciones en su valor por causas genéticas y la influencia del ambiente (Rodríguez *et al.*, 2008).

En relación con los coeficientes de variación genético y ambiental, se obtuvieron valores superiores del coeficiente de variación genético para todos los caracteres. Esto se evidencia en el cálculo de la relación entre ambos coeficientes. Esta fue mayor que uno en la mayoría de los caracteres, con excepción de la relación largo/ancho del fruto, el espesor interno de la pulpa y la masa total de las semillas. Al tener valor cero de la componente de varianza ambiental, presentaron también un valor nulo del coeficiente de variación ambiental. Vencovsky y Barriga (1992) afirmaron que existe una situación muy favorable para la ganancia por selección cuando la relación entre el coeficiente de variación genética y ambiental tiende a uno o es superior a uno, ya que en estos casos la variación genética es mayor que la ambiental. Esto indica que la selección para estos caracteres tiene las mejores condiciones en términos de ganancia genética inmediata.

Valores similares del coeficiente de variación genético (entre 1 y 20%) fueron obtenidos por Lima *et al.* (2007) en caracteres relacionados con la calidad de los frutos y el rendimiento en progenies de chirimoya

(*Annona squamosa* L.). Sin embargo, estos autores obtuvieron relaciones entre ambos coeficientes inferiores a uno. También Abott y Pistorale (2010) en poblaciones naturales de cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.) obtuvieron valores del coeficiente de variación genético entre 3 y 28%, al igual que Machado *et al.* (2002) en una población amazónica de cupuacu (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum) quienes obtuvieron valores entre 6 y 37%. Estos autores consideran los valores del coeficiente de variación genético obtenidos, como bajos y medios, aunque no plantean alguna cita de la literatura en la cual se establezcan los límites o rangos, para considerar un valor del coeficiente como alto, medio o bajo. El rango de valores que obtuvimos para el coeficiente de variación genético es similar al de estos autores, por lo que podemos sugerir que nuestros valores son medios o bajos. De igual forma, se pueden considerar como bajos los valores del coeficiente de variación ambiental.

A pesar de que no se han realizado muchos estudios relacionados con la herencia de caracteres cuantitativos, en frutales tropicales, este tipo de investigación ha ido disminuyendo en las últimas décadas. Se cuenta con muy poca información relacionada con la transmisión de los caracteres, la relaciones alélicas y no alélicas que se pueden establecer entre los alelos y los genes que codifican para los caracteres de mayor importancia agrícola. En el caso del guayabo, a nivel mundial, existen muy pocos trabajos publicados relacionados con la estimación de la heredabilidad y los componentes de la varianza. En nuestro país no se habían abordado anteriormente.

A partir de los resultados obtenidos, se sugiere realizar un análisis de la interacción genotipo- ambiente para estos caracteres en la población, con vistas a analizar la estabilidad de los genotipos durante los años de evaluación en la localidad, para posteriormente seleccionar los genotipos más estables y llevarlos a otras localidades. También se sugiere, para complementar este estudio, realizar un análisis de las asociaciones existentes entre estos caracteres, mediante la determinación de las correlaciones genéticas y fenotípicas, con vistas a determinar cuales caracteres están asociados y hacer la selección en función de estos conocimientos, debido a que no se detectaron valores muy altos de heredabilidad para los caracteres.

A modo de conclusión, se detectaron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) entre los cultivares en todas las variables analizadas, lo cual indica la importancia de la variabilidad genética presente en los caracteres analizados. Todos los caracteres evaluados manifestaron una varianza de interacción genotipo – ambiente estadísticamente significativa ($p < 0,001$), lo cual sugiere la aplicación de modelos más refinados para el análisis de la interacción genotipo – ambiente.

Los estimados de heredabilidad en sentido ancho obtenidos fueron muy variables, observándose los mayores valores para las variables relación largo/ ancho del fruto, número y dimensiones de las semillas/fruto, lo cual indica que el ambiente tiene una contribución importante en la transmisión de los caracteres. Esta información permitirá establecer estrategias adecuadas en el proceso de selección.

AGRADECIMIENTOS

A los compañeros Bárbara Velázquez, Domingo Rivero y Felina Martínez, técnicos de la Unidad Científico Tecnológica de Base de Alquízar, perteneciente al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, los cuales realizaron la evaluación morfológica de la población.

LITERATURA CITADA

- Abott, L.A. y S.M. Pistorale (2010): Determinación de componentes de la varianza y heredabilidad en cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.). *Agriscientia* 27(2): 32-41.
- Anderson, R.L. y T.A. Bancroft (1952): *Statistical Theory in Research*. Mc Graw-Hill Book Co., New York. 399 pp.
- Asprelli, P.; V. Cravero y E. Cointry (2001): Evaluación de la variabilidad presente en una población de clones de alcaucil (*Cynara scolymus* L.). *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias* No. 1: 12-18.
- Becker, W.A. (1984): *Manual of procedures in quantitative genetics*. Pullman. Washington State Univ. 130 pp.
- Bello, O.B.; S.A. Ige; M.A. Azeez; M.S. Afolabi; *et al.* (2012): Heritability and Genetic Advance for Grain Yield and its Component Characters in Maize (*Zea mays* L.). *Internat. J. Plant Res.* 2(5): 138-145.
- Camargo, F.F.; R.B. da Costa; M.D.V. Resende; R.A.R. Roa; *et al.* (2010): Variabilidade genética para caracteres morfométricos de matrizes de castanha-do-Brasil da Amazônia Matogrossense. *Acta Amazonica* 40(4): 705-710.
- Coelho de Lima, M.A.; J. Simão de Assis y L. Gonzaga (2002): Caracterização do frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do submédio São Francisco. *Rev. Bras. Frutic.* 24(1): 273-276.
- Comstock, R.E. y H.F. Moll (1963): Genotype-environment interactions. W.D. Hanson and H.F. Robinson (eds.), *Statistical genetics and plant breeding*. Publ. 982. *Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Council*, Washington D.C. 164-196.
- Cornide, M.T.; H. Lima; G. Gálvez y A. Sigarrosa (1985): *Genética Vegetal y Fitomejoramiento*. Ed. Científico-Técnica. Cuba.
- Daoyu, Z.; G.S. Lawes e I.L. Gordon (2002): Estimates of genetic variability and heritability for vegetative and reproductive characters of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Euphytica*. 124: 93-98.
- Fendel, A.J. y E.J. Monteverde-Penso (1994): Estimación de la heredabilidad de seis características y sus correlaciones fenotípicas a partir de un cruzamiento factorial en ajonjolí *Sesamum indicum* L. *Agronomía Tropical*. 44(3): 529-540.
- García, M. V.; M.J. Arturi y O.E. Ansín (2002): Variabilidad fenotípica y genética en poblaciones de pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir.). *Agric. Téc.* 62(2) DOI: 10.4067/S0365-28072002000200006.
- Jo, G.M. y R.G. Hernández (2004): Interacción genotipo – ambiente y heredabilidad en algunos caracteres de importancia en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Centro agrícola* 31(1-2): 94-98.
- Khan, A.S.; I. Salim y Z. Ali (2003): Heritability of various morphological traits in wheat. *Int. J. Agric. & Biol.* 5(2): 138-140.
- Klug, W.S.; M.R. Cummings y C.A. Spencer (2006): *Conceptos de genética*. Pearson Education, S. A., Madrid. 920 pp.
- Lezcay, E y C. Moya (2006): Determinación de las variables más importantes, heredabilidad y correlaciones fenotípicas, en la producción de bulbos de cebolla (*Allium cepa* L.). *Cultivos tropicales* 27(4): 69-72.
- Ligarreto, G.A. y A.R. Ospina (2009): Análisis de parámetros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.) tipo Santa Isabel. *Agronomía Colombiana* 27(3): 333-339.
- Lima e Silva, P.S.; R.P. Antonio; K.M. Henrique; K.M. Barbosa e Silva; *et al.* (2007): Estimates of genetic parameters for fruit yield and quality in custard apple progenies. *Rev. Bras. Frutic.* 29(3): 550-558.
- Machado, G.M.E.; A.J. Regazzi; J.M.S. Viana; C.D. Cruz; *et al.* (2002): Estimación de parámetros genéticos de uma população amazônica de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum). *Revista Ceres, Viçosa*, 9(281): 13-17.
- Mohamed, S.M; E.E. Ali y T.Y. Mohamed. (2012): Study of Heritability and Genetic Variability among Different Plant and Fruit Characters of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Scientific and Technology Research*. 1(2): 55-58.

- Mratinić, E.; V. Rakonjac y D. Milatovic (2007): Genetic parameters of yield and morphological fruit and stone properties in apricot. *Genetika* 39(3): 315-324.
- Oyervides, A.; J.M. Mariaca; H.C. de León y M. Reyes (1993): Estimación de parámetros genéticos en una población de maíz tropical. *Agronomía mesoamericana* 4: 30-35.
- Pistorale, S.M.; L.A. Abbott y A. Andrés (2008): Diversidad genética y heredabilidad en sentido amplio en agropiro alargado, *Thinopyrum ponticum*. *Cien. Inv. Agr.* 35(3): 259-264. DOI: 10.4067/S0718-16202008000300003.
- Pommer, C.V. y K.R.N. Murakami. (2009): Breeding Guava (*Psidium guajava* L.). Pp. 83-120. En: Jain, S.M. y P.M. Priyadarshan (Eds.), *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*. Springer Science & Business Media.
- Ramírez, L y B. Egaña. (2003): *Guía de conceptos de Genética Cuantitativa*. Universidad Pública de Navarra. 12 p.
- Ritter, E.; N.N. Rodríguez, B. Velázquez, D. Rivero, *et al.* (2010b). QTL (quantitative trait loci) analysis in guava. *Acta Horticulturae* 849: 193-202.
- Ritter, E.; A. Herran; J. Valdés-Infante, N.N. Rodríguez, *et al.* (2010a): Comparative linkage mapping in three guava mapping populations and construction of an integrated referent map in guava. *Acta Horticulturae* 849: 175-182.
- Rodríguez, J.; M. Álvarez, C. Moya, D. Planas, *et al.* (2008): Evaluación de la heterosis y heredabilidad en híbridos cubanos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales* 29(3): 63-68.
- Rodríguez, N.N.; J. Valdés-Infante, D. Becker, B. Velázquez, *et al.* (2007): Characterization of Guava Accessions by SSR Markers, Extension of the Molecular Linkage Map, and Mapping of QTLs for Vegetative and Reproductive Characters. *1st International Guava Symposium. India, Acta Horticulturae*. 735: 210-215.
- Rodríguez, N.N.; J. Valdés-Infante, J.A. Rodríguez, J.B. Velázquez, *et al.* (2009): Preselección de híbridos de guayabo (*Psidium guajava* L.) con potencial productivo y calidad de la fruta. *Citrifrut*. 6(2): 13-20.
- Rodríguez, N.N.; J. Valdés-Infante, W. Rohde, D. Becker, *et al.* (2003): Molecular and morph-agronomic characterization of guava (*Psidium guajava* L.) hybrids population. *Taller Internacional sobre Biotecnología Vegetal, BIOVEG, 2003* P: 56-65.
- Rodríguez, N.N.; J. Valdés-Infante, J.B. Velázquez, D. Rivero, *et al.* (2010): Colección cubana de germoplasma de guayabo (*Psidium guajava* L.). Establecimiento, caracterización y selección de cultivares. *Citrifrut*. 27(1): 28-38.
- Sattar, M. A.; N. Sultana, M.M. Hossain, M.H. Rashid, *et al.* (2007): Genetic variability, correlation and path analysis in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Bangladesh J. Pl. Breed. Genet.* 20(1): 33-38.
- Searle, S. R. (1971): *Linear models*. John Wiley and sons. New York. 529 pp.
- Sigarroa, A. (1994): Aplicaciones de la Genética Cuantitativa al mejoramiento de los cítricos en Cuba. *Tesis de Doctorado*. Facultad de Biología, Universidad de la Habana, Cuba. 112 pp.
- Silva, D.R. y E.J. Monteverde-Penso (1998): Estimación de la heterosis y heredabilidad en una población indehiscente de ajonjolí tipo chino. *Agronomía Tropical* 48(2): 177-192.
- Simmonds, N.W. (1979): *Principles of Crop Improvement*. Longman, London.
- Smalley, M.D.; J.L. Daub y A.R. Hallauer (2004): Estimation of Heritability in Maize by parent- offspring regression. *Maydica* 49: 221-229.
- Sobierajski, G.R.; P.Y. Kageyama y A.M. Sebbenn (2006): Estimates of genetic parameters in *Mimosa scabrella* populations by random and mixed reproduction models. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 06: 47-54.
- Soomro, Z.A.; M.B. Kumbhar, A.S. Larik, M. Imran, *et al.* (2010): Heritability and selection response in segregating generations of upland cotton. *Pakistan J. Agric. Res.* 23(1-2): 25-30.
- SPSS. (2007): SPSS 16.0. <http://www.spss.com>
- Thaipong, K. y U. Boonprakob (2005): Genetic and environmental variance components in guava fruit qualities. *Scientia Horticulture* 104: 37-47.
- UPOV (1987): Guidelines for the conduct of test for distinctness. Homogeneity and stability. TG/110/3. *Geneve* 29 pp.
- Valdés-Infante J.; D. Becker, N.N. Rodríguez, B. Velázquez, *et al.* (2003): Molecular characterization of Cuban accessions of guava (*Psidium guajava* L.), establishment of a first molecular linkage map and mapping of QTLs for vegetative characters. *Journal of Genetic and Breeding* 57: 349-358.
- Valdés-Infante, J. (2009): Utilización de caracteres morfoagronómicos y de marcadores de ADN para el desarrollo de una metodología que contribuya al mejoramiento genético del guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba. *Tesis de Doctorado*. Facultad de Biología, Universidad de la Habana, Cuba. 100 pp.
- Vasco, N.L.; J.s. Padilla y J. Toro (2005): Composición nutrimental de la guayaba y sus semillas. *1st International Guava Symposium. India Acta Horticulturae* 735: 116-123.
- Vencovsky, R. y P. Barriga (1992): Genética Biométrica no fitomehoramiento. Ribeirao Preto, *Rev. Brasileira de Genética*, 496 pp.
- Waqar-Ul-Hal, M.; F. Malik, M. Rashid, M. Munir, *et al.* (2008): Evaluation and estimation of heritability and genetic advancement for yield related attributes in wheat lines. *Pak. J. Bot.* 40 (4): 1699 - 1702.



Editor para correspondencia: Dr. Eduardo Ortega

REVISTA CUBANA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

RNPS: 2362 • ISSN: 2307-695X • VOL. 2 • N.º 3 • AGOSTO—DICIEMBRE • 2013 • pp. 14-24