

APTITUD COMBINATORIA Y HETEROSIS EN UN CRUZAMIENTO DIALÉLICO EN JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.)

P. G. Ruelas-Hernández; F. de J. Caro-Velarde¹;
R. Pérez- González; R. Valdivia-Bernal

Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit.
Carretera Tepic-Compostela. Km 9. Xalisco Nayarit. C.P. 63780, MÉXICO.
Correo-e: cave5@hotmail.com (¹Autor responsable)

RESUMEN

Se realizó un cruzamiento dialélico entre tres genotipos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) con el objetivo de determinar aptitud combinatoria y heterosis. La evaluación se llevó a cabo durante el ciclo agrícola de temporal 2004 en Xalisco, Nayarit. Se evaluaron 13 características del cultivo. Los análisis de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) mostraron los efectos aditivos y no aditivos que fueron importantes. Las variables en que los efectos aditivos tuvieron mayor importancia fueron días a floración, altura de planta, número de ramas por planta, diámetro del cáliz, longitud del cáliz, peso de fruto fresco, peso de cálices frescos, contenido de antocianinas totales, sólidos solubles totales y grado de acidez. Así mismo los efectos no aditivos tuvieron mayor importancia para número de frutos por planta, número de frutos de la rama principal y peso de cálices secos. En ACG el progenitor Reina expresó los mayores efectos en longitud de cáliz, número de frutos por planta, número de frutos de la rama principal, peso de fruto fresco, peso de cálices frescos y peso de cálices secos; el cultivar China para diámetro del cáliz, peso de fruto fresco, peso de cálices frescos, peso de cálices secos, contenido de antocianinas totales; Criolla para días a floración, altura de planta, número de ramas por planta y sólidos solubles totales. En ACE las cruza Criolla x Reina y Criolla x China sobresalieron en altura de planta, número de frutos por planta, número de frutos de la rama principal, peso de fruto fresco, peso de cálices frescos y peso de cálices secos. Hubo porcentajes altos de heterosis, con relación al progenitor de mayor valor; la cruza Criolla x Reina sobresalió para número de ramas por planta (27 %), número de frutos por planta (96 %), número de frutos de la rama principal (46 %), peso de fruto fresco (15 %), peso de cálices frescos (14 %) y peso de cálices secos (36 %).

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: efectos aditivos, efectos no aditivos, ACG, ACE.

COMBINING ABILITY AND HETEROSIS IN A DIALLEL CROSS OF JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.)

ABSTRACT

A diallel cross among three jamaica genotypes (*Hibiscus sabdariffa* L.) was carried out to estimate combining ability and heterosis. The evaluation was conducted during the fall growing season 2004 in Xalisco, Nayarit; 13 traits were evaluated. The analyses for general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) showed that both additive and non-additive effects were important. The most important additive effects were days to flowering, plant height, number of branches per plant, calyx diameter, calyx length, fresh fruit weight, fresh calyx weight, total anthocyanin content, total soluble solids and acidity. The most important non additive effects were number of fruits per plant, number of fruits on main branch and dry calyx weight. For GCA effects, the parent Reina expressed the largest values for calyx length, number of fruits per plant, number of fruits on main branch, fresh fruit weight, fresh calyx weight and dry calyx weight, whereas the cultivar China exhibited the best effects for calyx diameter, fresh fruit weight, fresh calyx weight, dry calyx weight and total anthocyanin content. Finally, the parent Huajicori had important effect on days to flowering, plant height, number of branches per plant and total soluble solids. The crosses Huajicori x Reina and Huajicori x China showed strong effects of SCA for plant height, number of fruits per plant, number of fruits on main branch, fresh fruit weight, fresh calyx weight and dry calyx weight. High percentages of heterosis relative to the best progenitor were exhibited by the cross Huajicori x Reina for number of branches per plant (27 %), number of fruits per plant (96 %), number of fruits on main branch (46 %), fresh fruit weight (15 %), fresh calyx weight (14 %) and dry calyx weight (36 %).

ADDITIONAL KEY WORDS: additive effects, non additive effects, GCA, SCA.

INTRODUCCIÓN

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es una especie que pertenece a la familia de las Malváceas; se originó en la región comprendida entre la India y Malasia. Fue llevada al África y ya se distribuye extensamente en los trópicos y subtrópicos de ambos hemisferios, donde es común su cultivo (Morton, 1987).

Para lograr un mayor aprovechamiento de este cultivo se puede recurrir al desarrollo de variedades superiores. Los cruzamientos dialélicos son los sistemas de apareamiento más utilizados para hacer más eficientes los procesos de mejoramiento. En un dialélico se realizan todos los posibles cruzamientos entre varios genotipos (Hayman, 1954; Kempthorne, 1956; Kang, 1994), ya que éstos permiten el conocimiento de las propiedades genéticas intrínsecas del material en estudio, el control genético de caracteres cuantitativos de éste, y permiten identificar progenitores y cruzamientos superiores (Sprague y Tatum, 1942; Viana *et al.*, 1999). Se han propuesto diferentes métodos para el análisis de diseños dialélicos (Jinks y Hayman, 1953; Hayman, 1954; Dickinson y Jinks, 1956; Griffing, 1956; Kempthorne, 1956; Gardner y Eberhart, 1966) de los cuales se distinguen cuatro métodos experimentales diferentes de cruces dialélicos, mismos que varían dependiendo de la inclusión o no de las autofecundaciones y los cruces recíprocos de las primeras generaciones filiales (F_1 's) durante la evaluación; además se plantea la existencia de dos modelos, el modelo de efectos fijos (modelo I) y el modelo de efectos aleatorios (modelo II) (Griffing, 1956). Los términos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) fueron originalmente definidos por Sprague y Tatum (1942). La ACG se considera asociada a la acción génica de tipo aditivo y la ACE a la de tipo no aditivo (dominancia y sobredominancia) (Griffing, 1956; Falconer, 1972).

El propósito de la presente investigación fue estimar los efectos de ACG, ACE y heteróticos de caracteres de interés agronómico asociados con el rendimiento y calidad en el cultivo de jamaica, y a partir de éstos inferir sobre los métodos de mejoramiento genético más apropiados para este cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los cruzamientos se realizaron durante el ciclo de temporal del 2003 en el municipio de Xalisco, Nayarit (21° 26' 00" latitud N, 104° 53' 30" longitud W, 900 m), en terrenos de la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit. Se utilizaron las variedades de jamaica China, Reina y Criolla de Huajicori, que comúnmente se cultivan en el Nayarit; se realizaron cruces directas y recíprocas en un diseño dialélico completo, con excepción de una cruza que no se obtuvo, por lo que, se evaluaron como método II, el cual incluye las $p(p-1)/2$ cruces y p autofecundaciones (Martínez, 1983).

En el ciclo de temporal del 2004, se evaluaron seis genotipos: tres progenitores y sus tres cruces directas, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las unidades experimentales constaron de tres surcos de seis metros de longitud y separación entre surcos de un metro; cada parcela estuvo formada por 36 plantas separadas a 50 cm y para la muestra se tomaron diez plantas del surco central. Las variables registradas fueron: Días a floración (DF): número de días a partir de la emergencia hasta que el 50 % de plantas tenía al menos una flor; altura de planta (AP; cm): longitud tomada a partir de la base del tallo hasta la punta de la planta; número de ramas por planta (NRP): número total de ramas secundarias y principal; número de frutos por planta (NFP); número de frutos de la rama principal (NFRP); diámetro y longitud del cáliz (DC y LC; cm): de cada planta se midieron 10 cálices tomando la medida de su base y longitud y se obtuvo el promedio de los valores en cada variable; peso total de frutos fresco (PFF; $t \cdot ha^{-1}$); peso total de cálices frescos (PCF; $t \cdot ha^{-1}$); peso de cálices deshidratados (PCS; $t \cdot ha^{-1}$). En el Laboratorio de Calidad del Campo Experimental Valle de México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se determinaron el contenido de antocianinas totales (CAT; $mg \cdot kg^{-1}$): se utilizó como fuente de extracción agua destilada; sólidos solubles totales (SST) expresados en grados Brix y grado de acidez (pH): que se expresó con base en la escala de acidez de 0 a 14. El comportamiento de los híbridos y progenitores se evaluó con base en el análisis dialélico (método II) propuesto por Griffing (1956), y fue analizado con el programa para computadora DIALLEL (Coors y Burrow, 1993). El modelo lineal fue: $Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + e_{ijk}$; $i, j = 1, \dots, p$; $k = 1, \dots, r$, donde: Y_{ijk} es el valor observado de la cruza con progenitores i y j en la repetición k ; μ es el efecto medio de todas las observaciones; g_i fue el efecto de aptitud combinatoria general del progenitor i , S_{ij} representó el efecto de aptitud combinatoria específica de la cruza $i \times j$; y e_{ijk} el error experimental. Para determinar la significancia estadística de los efectos de ACG y ACE se utilizó la prueba de F ; para comparar las diferencias entre los efectos se utilizó la prueba DMS, con el error estándar de acuerdo con Kang (1994). El cociente ACG/ACE se calculó tomando directamente los valores de los cuadrados medios para establecer la proporción entre los efectos.

Las estimaciones de heterosis (H) y heterobeltiosis (HB) se realizaron con base en las fórmulas: $H = ((F_1 - VPM) / VPM) \times 100$ y para $HB = ((F_1 - VPS) / VPS) \times 100$, donde: F_1 es el valor promedio de la cruza, VPM es el valor promedio de los progenitores y VPS representa el valor del progenitor de mayor valor.

Para obtener las significancias estadísticas entre los porcentajes de heterosis obtenidos por las cruces, se realizó un análisis de varianza para cada variable que resultó con valores positivos, y cuando hubo diferencias se utilizó la prueba de medias (Tukey, 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) entre las medias de las cruza en todas las características evaluadas (Cuadro 1); para ACG, también se observaron diferencias estadísticamente significativas a una $P \leq 0.01$ para todas las variables, excepto NFP; la cual presentó diferencias significativas a una $P \leq 0.05$. Para ACE, la variable DC no presentó significancia estadística; LC, pH y SST tuvieron significancia estadística ($P \leq 0.05$) y el resto de las variables resultó con diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), lo que sugiere que tanto la acción génica aditiva como la no aditiva se manifestaron en la expresión de la mayoría de los caracteres en estudio, excepto para DC en la cual la contribución de efectos aditivos fue mayor. Estos resultados encontrados en *Hibiscus sabdariffa* coinciden con los reportados por Thirthallaappa (1992), quien encontró ambos tipos de acción para AP, DF y NRP; por su parte, Sobhan y Husain (1986) encontraron efectos génicos aditivos para AP, y Mukewar *et al.* (1997), para la expresión de NFP.

La relación ACG/ACE (Cuadro 2) mostró que para las variables DF, AP, NRP, DC, LC, CAT y pH, la mayor proporción fue para ACG por lo que la acción génica aditiva fue más importante en la expresión de estos caracteres, por lo que, para su explotación los métodos de mejoramiento por selección deben ser más eficientes.

Para NFP, NFRP y PCS la acción génica no aditiva (ACE) obtuvo los mayores valores por lo que para estas variables los métodos de mejoramiento por medio de hibridación son los más recomendables; para PFF, PCF y SST la relación se mantiene con poca diferencia por lo que para el mejoramiento de estas características podrían utilizarse tanto la selección como la hibridación.

Aptitud combinatoria general (ACG)

Los valores obtenidos para los efectos de ACG (Cuadro 2) mostraron una estimación del potencial de los progenitores para transmitir algunas de sus características a sus descendientes, los mayores efectos positivos significativos ($P \leq 0.01$) expresados por China fue para las variables DC (0.24) y CAT (1131.9), y junto con Reina con los mismos efectos, resultó estadísticamente igual para PFF, PCF y pH, mientras que para PCS y NFRP expresó efectos positivos significativos ($P \leq 0.05$); los efectos negativos significativos ($P \leq 0.01$) mostrados por este progenitor fueron para DF, AP, NRP y LC por lo que para estas variables, este progenitor expresó una pobre contribución a su progenie. Reina mostró los mayores valores con significancia estadística para LC (10.9) y NFP (0.5); este progenitor junto con China comparte cuatro de los componentes del rendimiento (NFRP, PFF, PCF y PCS) al expresar ambos valores positivos con significancia estadística. Efectos negativos significativos ($P \leq 0.01$) por este progenitor fueron expresados para DF, AP, DC, CAT y SST. Criolla obtu-

vo efectos con significancia estadística ($P \leq 0.01$) para DF (11.2) AP (17.9), NRP (2.28) y SST (0.1) por lo que para estas variables expresó su capacidad para transmitir estas características a su descendencia, en cambio mostró efectos negativos significativos ($P \leq 0.01$) para NFRP, DC, LC, PFF, PCF, PCS, CAT y pH, en NFP con $P \leq 0.05$, con lo que mostró su pobre contribución para transmitir estas características agronómicas a su progenie.

Aptitud combinatoria específica (ACE)

Para ACE (Cuadro 2) la cruza Reina x China expresó efectos positivos ($P \leq 0.01$) para DF, y efectos negativos ($P \leq 0.01$) para NFP, LC, PFF, PCF, PCS y CAT por lo que para estas variables la cruza tuvo un comportamiento inferior a lo que podría esperarse con base en la ACG de sus progenitores; para las demás variables los valores no fueron significativos. La cruza Criolla x China expresó efectos positivos para LC y efectos negativos para SST; junto con Criolla x Reina resultó estadísticamente igual ($P \leq 0.01$) con efectos positivos para AP, NFP, NFRP, PFF, PCF y PCS. Para la cruza Criolla x Reina las características NRP y CAT mostraron efectos positivos con $P \leq 0.01$, y valores negativos ($P \leq 0.01$) para DF, LC y pH.

Heterosis (H) y heterobeltiosis (HB)

Los efectos de ACE están relacionados con las manifestaciones de heterosis (dominancia y sobredominancia), éstos se reflejaron en cada uno de los cruzamientos realizados. Tejaswini y Sarma (1995) encontraron efectos de heterosis en *Hibiscus sabdariffa* para días a floración, diámetro basal, peso de fibra, rendimiento de semilla y contenido de aceite. En esta investigación se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) con porcentajes positivos de heterosis (H) para DF, NFP, PFF, PCF y CAT. Además, con $P \leq 0.05$ en las variables AP, NRP, LC, NFRP y pH. Los principales valores fueron mostrados por la cruza Criolla x Reina en NFP (208 %), NFRP (127 %), PFF (107 %), PCF (111 %) y PCS (127 %), menores valores fueron mostrados para AP (10 %), NRP (36 %) y CAT (12 %). La cruza Criolla x China tuvo efectos de heterosis para AP (7 %), NRP (12 %), NFP (129 %), NFRP (59 %), PFF (79 %), PCF (95 %) y PCS (87 %). La cruza Reina x China para DF (4 %), DC (3 %) y pH (1 %). En el Cuadro 3 se encuentran señaladas las cruza que resultaron con diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Efectos de heterobeltiosis con diferencias significativas ($P \leq 0.01$) se encontraron para NFP, también con $P \leq 0.05$ fueron obtenidos para NRP, NFRP, PCF y PCS. La cruza Reina x China resultó con valores negativos para todas las variables, esto se relaciona con los valores negativos que obtuvo en los efectos en ACE, esta cruza mostró el peor comportamiento. Criolla x China tuvo porcentajes positivos para NFP (46 %), PCF (6 %) y PCS (12 %); los mayores porcentajes fueron mostrados por la cruza Criolla x Reina en NRP (26 %), NFP (96 %), NFRP (46 %), PCF (14 %) y PCS (36 %),

CUADRO 1. Cuadrados medios del análisis de varianza y significancias de 13 características de jamaica. Xalisco, Nayarit. 2004.

Fuentes de variación	G. L. ^z	Variables												
		DF	AP	NRP	NFP	NFRP	DC	LC	PFF	PCF	PCS	CAT	pH	SST
Repeticiones	2	2.6	32.0	1.84	573.0	0.02	0.009	0.03	32.0	13.2	0.09	2,732.8	0.006	0.021
Cruzas	5	684.0**	1,792.2**	57.29**	13,662.8**	95.66**	0.268**	1.57**	319.1**	108.9**	1.20**	6,666,667.7**	0.074**	0.143**
ACG	2	1,675.8**	3,900.7**	86.35**	1,557.9*	74.03**	0.656**	3.70**	376.8**	112.8**	0.76**	14,538,779.9**	0.159**	0.182**
ACE	3	22.8**	386.5**	37.92**	21,732.7**	110.08**	0.009	0.14*	280.7**	106.4**	1.49**	1,418,659.7**	0.017*	0.118*
Error	10	0.6	10.6	2.46	333.7	3.32	0.004	0.01	8.3	2.4	0.03	2,308.2	0.003	0.008
Total	17													
R ²	0.99	0.98	0.92	0.95	0.93	0.97	0.98	0.95	0.95	0.94	0.99	0.92	0.90	
C V (%)	0.66	1.5	7.9	14.2	12.5	1.9	2.1	12.3	11.6	12.8	1.57	2.67	1.3	

^zGL: grados de libertad; DF: días a floración; AP: altura de planta; NRP: número de ranas por planta; NFP: número de frutos por planta; NFRP: número de frutos de la rama principal; DC: diámetro del cáliz; LC: longitud del cáliz; PFF: peso de fruto fresco; PCF: peso de cáliz fresco; PCS: peso de cáliz seco; CAT: contenido de antocianinas totales; pH: grado de acidez; SST: sólidos solubles totales; ACG: aptitud combinatoria general; ACE: aptitud combinatoria específica; R²: coeficiente de determinación; C.V.: coeficiente de variación. Significativo a una P≤0.05 y 0.01, respectivamente.

CUADRO 2. Efectos para ACG y ACE, significancias y relación ACG/ACE de 13 características de jamaica. Xalisco, Nayarit. 2004.

Carácter	ACG ^y			ACE			ACG/ACE
	Progenitores			Cruzas			
	China	Reina	Criolla	2x1	3x1	3x2	
DF ^z	-9.80**	-1.40**	11.2**	3.2**	-0.40	-2.80**	73.5 : 1
AP	-13.43**	-4.44**	17.88**	-0.09	8.01**	12.65**	10.0 : 1
NRP	-2.50**	0.21	2.28**	-1.62	0.90	4.84**	2.3 : 1
NFP	-1.78	10.96*	-9.18*	-37.41**	53.46**	101.74**	0.1 : 1
NFRP	1.08*	1.47**	-2.55**	-1.83	2.99**	7.74**	0.7 : 1
DC	0.24**	-0.15**	-0.08**	0.06	-0.03	0.03	72.8 : 1
LC	-0.42**	0.546**	-0.12**	-0.23**	0.13*	-0.17**	24.8 : 1
PFF	2.59**	3.18**	-5.77**	-5.49**	7.30**	10.52**	1.3 : 1
PCF	1.28**	1.86**	-3.14**	-3.84**	4.80**	6.10**	1.1 : 1
PCS	0.11*	0.15**	-0.26**	-0.40**	0.51**	0.78**	0.5 : 1
CAT	1,131.9**	-474.3**	-657.5**	-964.7**	-47.0	330.8**	10.2 : 1
SST	0.006	-0.11**	0.11**	-0.07	-0.26**	0.05	1.5 : 1
pH	0.06**	0.05**	-0.11**	0.03	-0.02	-0.10**	9.1 : 1

^zDF: días a floración; AP: altura de planta; NRP: número de ramas por planta; NFP: número de frutos por planta; NFRP: número de frutos de la rama principal; DC: diámetro del cáliz; LC: longitud del cáliz; PFF: peso de fruto fresco; PCF: peso de cáliz fresco; PCS: peso de cáliz seco; CAT: contenido de antocianinas totales; SST: sólidos solubles totales; pH: grado de acidez. Significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente.

^yACG: aptitud combinatoria general; ACE: aptitud combinatoria específica; 1: China; 2: Reina; 3: Criolla de Huajicori.

CUADRO 3. Porcentajes de heterosis y heterobeltiosis en 13 características agronómicas de jamaica. Xalisco, Nayarit. 2004.

Carácter	Heterobeltiosis (%)			Heterosis (%)		
	2 x 1 ^y	3 x 1	3 x 2	2 x 1	3 x 1	3 x 2
DF ^z	-4.20 a	-15.75 a	-11.64 a	3.64 a	-0.40 b	-2.64 b
AP (cm)	-1.43 a	-5.48 a	0.28 a	2.67 b	7.27 ab	10.39 a
NRP	-14.78 b	-4.68 ab	26.48 a	-5.97 b	11.94 ab	35.64 a
NFP	-15.22 b	46.30 a	96.24 a	-14.73 c	129.00 b	207.92 a
NFRP	-5.37 b	4.06 b	45.61 a	-0.45 b	58.75 a	127.13 a
DC (cm)	-8.60 a	-9.40 a	-0.97 a	2.71 a	-0.88 a	2.00 a
LC (cm)	-21.42 a	-3.91 a	-15.84 a	-7.22 b	1.98 a	-4.94 b
PFF (t·ha ⁻¹)	-14.40 a	-0.61 a	14.91 a	-13.71 b	79.23 a	106.91 a
PCF (t·ha ⁻¹)	-21.04 b	5.55 a	14.27 a	-19.71 b	94.75 a	111.24 a
PCS (t·ha ⁻¹)	-18.67 b	12.12 a	35.84 a	-16.60 b	86.90 a	127.40 a
CAT (mg·kg ⁻¹)	-52.80 a	-40.90 a	-6.90 a	-33.30 c	-6.70 b	12.07 a
SST (°Brix)	-4.30 a	-6.94 a	-4.20 a	-1.50 a	-5.60 a	0.00 a
pH	0.00 a	-8.80 a	-13.90 a	0.88 a	-2.36 b	7.07 b

^zDF: días a floración; AP: altura de planta; NRP: número de ramas por planta; NFP: número de frutos por planta; NFRP: número de frutos de la rama principal; DC: diámetro del cáliz; LC: longitud del cáliz; PFF: peso de fruto fresco; PCF: peso de cáliz fresco; PCS: peso de cáliz seco; CAT: contenido de antocianinas totales; SST: sólidos solubles totales; pH: grado de acidez. Valores con la misma letra dentro de filas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^y1: China, 2: Reina, 3: Criolla de Huajicori.

lo que representa para esta última variable un rendimiento de 2.16 t·ha⁻¹ (Cuadro 4), Criolla x Reina fue la mejor cruza.

CONCLUSIONES

Los cruzamientos dialélicos en jamaica permitieron encontrar que los caracteres en que tuvieron mayor importancia los efectos aditivos fueron DF, AP, NRP, DC, LC, CAT y pH; para efectos no aditivos fueron NFP, NFRP, PCS y en igualdad de proporción fueron PFF, PCF y SST. Los progeni-

tores mostraron buena aptitud combinatoria general para diversos caracteres de importancia para rendimiento y calidad, China en DC y CAT; Reina para NFP, NFRP y LC; y ambas para PFF, PCF, PCS y pH; Criolla de Huajicori en AP, NRP y SST. La combinación híbrida de Criolla de Huajicori x Reina tuvo los mayores efectos para ACE en AP, NRP, NFP, NFRP, PFF, PCF, PCS y CAT, así como en porcentajes de heterobeltiosis positiva en NRP (26 %), NFP (96 %), NFRP (45 %), PCF (14 %) y PCS (36 %).

CUADRO 4. Valores medios de las variables obtenidos por los genotipos en 13 características agronómicas de jamaica. Xalisco, Nayarit. 2004.

Carácter	Genotipos ^y					
	China	Reina	Criolla	2 x 1	3 x 1	3 X 2
DF ^z	101	119	146	114	123	129
AP (cm)	180	196	237	193	224	237
NRP	15	18	21	16	20	27
NFP	117	118	32	100	171	232
NFRP	16	15	4	15	16	21
DC (cm)	3.7	2.9	3.1	3.4	3.4	3.0
LC (cm)	4.5	6.6	5.1	5.2	4.9	5.6
PFF (t·ha ⁻¹)	27.796	27.354	3.042	23.792	27.627	31.432
PCF (t·ha ⁻¹)	15.130	15.629	1.283	12.340	15.974	17.857
PCS (t·ha ⁻¹)	1.659	1.596	0.323	1.348	1.855	2.160
CAT (mg·kg ⁻¹)	5.829	2.428	1.603	2.753	3.487	2.259
SST (°Brix)	7.06	6.66	7.20	6.70	6.73	6.93
pH	2.26	2.29	1.97	2.29	2.06	1.98

^zDF: días a floración; AP: altura de planta; NRP: número de ramas por planta; NFP: número de frutos por planta; NFRP: número de frutos de la rama principal; DC: diámetro del cáliz; LC: longitud del cáliz; PFF: peso de fruto fresco; PCF: peso de cáliz fresco; PCS: peso de cáliz seco; CAT: contenido de antocianinas totales; SST: sólidos solubles totales; pH: grado de acidez.

^y1: China, 2: Reina, 3: Criolla de Huajicori.

LITERATURA CITADA

- COORS, G. J.; BURROW, M. D. 1993. Diallel, analysis and simulation, user of guide. University of Wisconsin-Madison. Department of Agronomy. Madison Wisconsin 53706, USA.
- DICKINSON, A. C.; JINKS, J. L. 1956. A generalized analysis of diallel crosses. *Genetics* 41(1): 65-78.
- FALCONER, D. S. 1972. Introducción a la Genética Cuantitativa. C.E.C.S.A. México, D. F. p. 430.
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross dialled and related populations. *Biometrics* 22(3): 439-452.
- GRIFFING, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to dialled crossing systems. *Australian. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- HAYMAN, B. I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39(6): 789-809.
- JINKS, J. L.; HAYMAN, B. I. 1953. The analysis of diallel crosses. II. *Maize Genetics Corporation Newsletter* 27: 48-54.
- KANG, M. S. 1994. *Applied Quantitative Genetics*. M. S. Kang Publisher, Baton Rouge. LA. pp. 157.
- KEMPTHORNE, O. 1956. The theory of diallel cross. *Genetics* 41: 451-459.
- MARTÍNEZ G., A. 1983. Diseño y análisis de experimentos de cruza dialélicas. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. pp. 13.
- MUKEWAR, A. M.; ZOPE, J. S.; LAHANE, P. S. 1997. Combining ability analysis in kenaf (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Indian J. Genetics and Plant Breeding* 57(2): 161-162.
- MORTON, J. F. 1987. Fruits of warm climates, roselle. Miami, FL. pp. 281-286.
- SOBHAN, M. A.; HUSAIN, M. 1986. Inheritance in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Bangladesh J. Agri.* 11(4): 9-13.
- SPRAGUE, G. S.; TATUM, L. A. 1942. General vs Specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34: 923-932.
- TEJASWINI R, A. S.; SARMA, M. S. 1995. Heterosis, potence ratio and inbreeding depression in roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Var. Altissima. *Indian. J. Genetics and Plant Breeding* 55(4): 359-361.
- THIRTHAMALLAPPA, R. A. S. 1992. Combining ability in roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. var. altissima). *Indian J. Genetics* 52(4): 367-368.
- VIANA J. M.S.; CRUZ, D.; CARDOZO, A. 1999. Theory and analysis of partial diallel crosses. *Genet. Mol. Biol.* 22(4): 591-599.