

## HETEROSIS Y APTITUD COMBINATORIA EN PIMENTON (*Capsicum annuum* L.)<sup>1</sup>

Alvaro Echeverri A.<sup>2</sup>, Hernán Ceballos L.<sup>3</sup>, Franco A. Vallejo C.<sup>3</sup>

### RESUMEN

*El objetivo del presente estudio fue estimar la heterosis, la aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE) en un cruzamiento dialélico entre diez cultivares de pimentón usando la metodología propuesta por Griffing (1956b), método experimental 4, Modelo I (modificado por Hallauer y Miranda, 1988).*

*Los parentales con valores más altos de heterosis relativa (HR) y heterobeltiosis (HB) fueron LPUNAL (155,87% y 138,69%), Avelar (136,84% y 119,18%), y L363-46-672 (130,95% y 113,22%), los que participaron en la formación de cuatro de los diez cruzamientos más destacados por rendimiento.*

*El análisis de varianza para aptitud combinatoria, mostró que en la transmisión y expresión de los caracteres evaluados, actúan en forma conjunta y altamente significativa tanto los efectos génicos aditivos (ACG) como los no aditivos (ACE), pero con predominio de los primeros (Griffing, 1956). Los mayores valores de ACG para rendimiento fueron observados en LPUNAL-Palmira y Avelar (87.0 y 79.9, respectivamente).*

<sup>1</sup> Parte de la tesis presentada por Alvaro Echeverri A., a la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, como requisito parcial para optar al título de Maestro en Ciencias Agrarias-Fitomejoramiento.

<sup>2</sup> Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Apartado Aéreo 1779. Medellín

<sup>3</sup> Profesores Asociados. Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. Apartado Aéreo 237.

**Palabras clave:** Heterosis, aptitud combinatoria, análisis dialélico, pimentón, mejoramiento de hortalizas.

### ABSTRACT

#### **HETEROSIS AND COMBINING ABILITY IN SWEET PEPPER (*Capsicum annuum* L.)**

The objective of the present work was to estimate heterosis, general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) in a diallel cross of ten sweet pepper cultivars using Griffing's Model I, method 4 (1956b), modified by Hallauer y Miranda (1988).

Parents with the highest relative heterosis (RH) and heterobeltiosis (HB) values, were LPUNAL (155,87% and 138,69%), Avelar (136,84% and 119,18%), and L363-46-672 (130,95% and 113,22%), which participated in forming four of ten hybrids with better yields.

The analysis of variance for combining ability showed that in transmission and expression of characters, additive and non-additive genetic effects were both important, but with a predominance of the former (Griffing, 1956). Highest values for GCA were showed by LPUNAL and Avelar (87.0 and 79.9, respectively).

**Key words:** Heterosis, combining ability, diallel analysis, sweet peper, vegetables breeding.

### INTRODUCCION

El pimentón, *Capsicum annuum* L., es una de las hortalizas más importantes país. La producción de pimentón en Colombia depende en su totalidad de semillas importadas, obtenidas para las necesidades y condiciones de las regiones subtropicales, hecho que determina la baja adaptación de los cultivares en nuestro medio. Los países

tropicales necesitan materiales de porte alto, bajo porcentaje de volcamiento, período de cosecha prolongado, alto rendimiento y calidad, y con resistencia a las principales enfermedades y plagas de estas regiones.

De otra parte, a pesar de su importancia económica, en los programas de mejoramiento que existen en el país, hay poca

información sobre el control genético de los principales caracteres que determinan la producción y la calidad del fruto. La literatura internacional, registra resultados contradictorios en relación al tipo de acción génica involucrada en la herencia de los caracteres cuantitativos del fruto y de la planta de pimentón (Gill *et al.*, 1973, 1977; Khalf-Allah *et al.*, 1975 a, b; Sivetti y Giovanelli, 1976; Milkova, 1982). Tal situación es debida posiblemente a las diferencias inherentes al germoplasma incluido, a interacciones genotipo-ambiente, a las metodologías utilizadas y a la precisión experimental.

## REVISION DE LITERATURA

**Heterosis.** Los estudios genéticos sobre caracteres cuantitativos en el género *Capsicum* son incompletos y se restringen casi exclusivamente a la especie *C. annum* L. (Vallejo, 1985). Muchos de estos trabajos han sido realizados en los Estados Unidos, Brasil, Bulgaria, Checoslovaquia, Francia, Hungría, India, Italia, Japón y la antigua Unión Soviética (IBPGR, 1983).

Dikil *et al.*, citados por Pearson (1983), hallaron entre 28-47 % de heterosis para rendimiento, donde los niveles más altos provinieron de los cruzamientos entre variedades de

diferentes grupos ecológicos. Betlach, citado por Pearson (1983), encontró que la heterosis en rendimiento se debe principalmente a la interacción de número de frutos por planta con peso promedio de frutos. Rara vez se encontró que el incremento del rendimiento se debía únicamente al peso promedio del fruto.

Gill *et al.* (1973), demostraron que más del 50 % de la variabilidad en el rendimiento se debe al número de frutos por planta. Dikil *et al.*, citados por Pearson (1983), reportaron un incremento de 108 % para rendimiento precoz y un 14 % para rendimiento total.

Thakur *et al.* (1980), reportan sobredominancia para altura de planta, número de frutos por planta y rendimiento total. Los mismos autores, determinaron que dos genes se encuentran involucrados en el control de la altura de la planta; cinco genes, en el peso promedio de frutos; 13 genes en el rendimiento precoz; y 25 genes en el rendimiento total, todos ellos con un valor de heredabilidad bajo. Mitchina *et al.*, citados por Vallejo (1985), encontraron heterosis para contenido de materia seca y capsicina.

Silvetti *et al.*, citados por Pearson (1983), indicaron que

expresiones de heterosis bajas en caracteres que afectan el rendimiento, se transforman en grandes expresiones de heterosis para la producción. Así, 10 % de heterosis en número de flores por planta y 10 % de heterosis en peso de frutos, se transformaron en 21 % de heterosis para rendimiento; además, un 5 % de heterosis para cosecha precoz, se transformaba en 27 % de heterosis en rendimiento.

Las poblaciones  $F_1$  de cinco cruzamientos en los que California Wonder se usó como parental femenino, mostraron alta heterosis sobre el valor parental promedio para número de frutos por planta (11-27 %) y rendimiento por planta (16,6 - 29,5 %) (Depestre y Espinosa, 1988).

En un dialélico de seis cultivares de *C. annuum* en el cual las líneas parentales y los 15 híbridos  $F_1$  posibles (sin incluir los recíprocos), fueron evaluados para 11 caracteres, se detectó una heterosis considerable para rendimiento por planta (7-54 %), frutos por planta (3,5-30,8 %), rendimiento precoz (9,1-109,2 %), y peso promedio del fruto (9,3-52,9 %). En general, los híbridos se comportaron mejor que el testigo (Agronomico 10G), al cual superaron entre 12,4 y 77,9 % (Miranda y da Costa, 1988).

Doce líneas diferentes fueron cruzadas con dos probadores, California Wonder y Yolo Wonder. Los híbridos Sweet Banana x California Wonder, Osh Region x Cal. Wonder y HC201 x Cal. Wonder, presentaron 34,0, 33,1 y 25,0% de heterosis, respectivamente, sobre el mejor padre para producción de frutos por planta (Kaul y Sharma, 1988).

Mishra *et al.* (1989), evaluaron 45 híbridos  $F_1$  provenientes del cruzamiento entre 10 cultivares por heterosis, para 14 componentes de rendimiento. La heterosis fue particularmente alta para rendimiento de frutos secos por planta, especialmente en los cruzamientos J218 x CA586 (heterosis 110,4 % sobre el mejor padre), Pusa Jwala x Sindur (98,1 %) y BR Red x G4 (89,8 %). Cruzamientos entre padres de rendimiento más bajo, usualmente mostraron la mayor heterosis sobre el mejor padre para rendimiento y frutos por planta.

De seis híbridos  $F_1$  evaluados para 8 componentes de rendimiento, el híbrido NP46A x Kalyanpur Yellow, mostró heterosis relativa y estándar significativas en la dirección requerida para todas las características, excepto para frutos por planta, y la más alta heterosis estándar para rendimiento por planta

(Ram y Lal, 1992).

Se obtuvo información sobre heredabilidad, heterosis, y varianza genética de los resultados, para tres caracteres del rendimiento en pimentón (*Capsicum annuum* L.), del cruzamiento de Fimentao x Pip, sus híbridos  $F_1$ ,  $F_2$  y sus generaciones de retrocruzamiento bajo cultivo protegido durante 1990-94. La heterosis fue alta para rendimiento total y peso promedio del fruto (Mohamed, Khereba, El-Hasan y Zaky, 1995)

Se derivó información sobre heterosis y habilidad combinatoria de los resultados del peso del fruto, de los cruzamientos de siete parentales hembras y tres parentales machos. La masa del fruto osciló entre 64,1 g (Hebar x Matica) y 118,5 g (Albaregia x Kalifornijskudo). Los valores positivos y significativos más altos para ACG fueron encontrados en Kalifornijskudo. Albaregia x Kalifornijskudo y Buketnal x Matica dieron los mejores valores de ACE (Gvozdenovic, Vasic, Takac y Jovicevic, 1996).

Se obtuvo información sobre la variabilidad genética, heredabilidad, y heterosis de los resultados de nueve caracteres relacionados con el rendimiento, de cuatro variedades de

pimentón (*Capsicum annuum* L.) y los híbridos  $F_1$  de seis cruzamientos sembrados durante 1993 en Jorhat, India. Se estimó una alta heredabilidad para casi todos los caracteres. Se observaron niveles altos de heterosis para rendimiento y sus componentes en los cruzamientos NC1 X K33, J3 X LAC11, NC1 X J3 y J3 X K33 (Rahman, Hazarika, Alam, y Thakur, 1996).

**Aptitud Combinatoria.** El concepto de aptitud combinatoria, en su forma general, ha sido considerado como un método ideal para evaluar el comportamiento de líneas o variedades, cuando se usan como progenitores en combinaciones híbridas. Dicho de otra forma, la aptitud combinatoria sirve para seleccionar buenos progenitores para los diferentes programas de mejoramiento, debido a que la selección visual o fenotípica de los mismos no ha sido un parámetro lo suficientemente efectivo.

Sprague y Tatum (1942) diferencian dos tipos de aptitud combinatoria: aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica. Aptitud combinatoria general (A.C.G.), designa el comportamiento promedio de una línea en sus combinaciones híbridas; y aptitud combinatoria específica (A.C.E.), designa aquellos casos en

que ciertas combinaciones tienen un comportamiento mejor o peor del que se puede esperar sobre la base del comportamiento promedio de las líneas consideradas.

Los conceptos de A.C.G. y A.C.E., han sido extensamente usados en el mejoramiento de muchas especies cultivadas, encontrándose una gran diversidad de resultados debido a los materiales usados, los métodos, caracteres estudiados y, las interpretaciones del análisis de la aptitud combinatoria.

Gill *et al.* (1973), estudiaron la aptitud combinatoria en un cruzamiento dialélico en pimentón (*C. annuum* var. *grossum* Sendt.) utilizando seis parentales. Las variaciones en la A.C.G. y la A.C.E. fueron significativas para todos los caracteres estudiados: rendimiento total, número de frutos por planta, tamaño de fruto, días a floración, y producción precoz. Las variedades Yolo Wonder y Vinedale fueron los mejores combinadores para rendimiento total y rendimiento precoz. Los progenitores con alto rendimiento tuvieron A.C.G. alta.

De un análisis de habilidad combinatoria de los componentes anatómicos del fruto seco de ají, Marín y Lippert (1975) encontraron que la contribución de la suma de

cuadrados de ACG a la varianza total, excedió notablemente a la de ACE para cada uno de los componentes. La acción génica aditiva, por tanto, es predominante en la expresión de la variabilidad para los componentes porcentuales de los frutos secos de ají dentro de esta población. La ausencia de heterosis significativa en los híbridos, sustenta el papel de la acción génica aditiva.

En un estudio de aptitud combinatoria (A.C.G. y A.C.E.), de 19 variedades en topcross, los rendimientos precoz y total, el número de frutos por planta, y el peso del fruto, fueron controlados por genes principalmente de tipo aditivo. Una alta A.C.G. para rendimiento precoz (primer mes de fructificación), fue mostrado por la variedad Michurinski 41, para rendimiento total por Sivriya NS, y para peso de fruto por Selecta. Los híbridos obtenidos a partir de éstas variedades mostraron alta A.C.E. para los caracteres estudiados (Dolgikh y Sviridova, 1983).

Dolgikh, citado por Vallejo (1985), estudió la A.C.G. y la A.C.E. de variedades de pimentón en invernadero basados en numerosos cruzamientos, encontrando que el rendimiento total, número de frutos por planta, y peso del fruto,

fueron controlados por genes aditivos.

Se cruzaron 12 líneas diferentes con dos probadores, California Wonder y Yolo Wonder. Las líneas HC201, Sweet Banana, Selection 4 y Osh Region, fueron buenas combinadoras para longitud de fruto, mientras que para diámetro del fruto, sólo Early Prolific fue buena combinadora. Se notaron efectos significantes de A.C.G. para frutos por planta y rendimiento por planta en California Wonder (Kaul y Sharma, 1988).

Salazar y Vallejo (1990), estudiaron la aptitud combinatoria en un cruzamiento dialélico en pimentón (*C. annuum* L.) utilizando siete parentales. En la expresión de los caracteres evaluados actuaron en forma simultánea y altamente significativa los efectos génicos aditivos (A.C.G.) y los efectos génicos no aditivos (A.C.E.). Sin embargo, los efectos génicos no aditivos contribuyeron más a su expresión que los aditivos. Además, encontraron que las variedades Roque 8, Morviones, y Yolo Wonder exhibieron las mayores producciones por planta y los mayores efectos de habilidad combinatoria general. Los híbridos Roque 8 x Yolo Wonder y Morviones x IAC-7, presentaron los

mayores efectos de habilidad combinatoria específica, y los valores promedios más altos para producción por planta.

De un cruzamiento dialélico sin recíprocos, con diez variedades de pimentón, se obtuvo que los mejores combinadores generales para la mayoría de las características evaluadas fueron J218 y BR Red. Pusa Jwala y Lam-X-35, fueron buenos combinadores generales para rendimiento seco por planta y número de frutos por planta. El cruzamiento Pusa Jwala x Sindur exhibió efectos significantes de A.C.E. para rendimiento seco por planta, así como para la mayoría de los otros caracteres (Mishra *et al.*, 1991).

Se estudió el carácter rendimiento por planta en híbridos provenientes de un cruzamiento dialélico entre seis variedades. La A.C.G. más alta para rendimiento, se encontró en los padres con el rendimiento promedio más alto, Soroksari y California Wonder, los que parecen promisorios si se usan en mejoramiento para aumentar el número de frutos por planta. Los efectos génicos aditivos fueron predominantes en el control de la característica (Govzdenovic, 1991). Se cruzaron seis cultivares de pimentón para formar un dialélico

no recíproco, y se calcularon los efectos de heterosis y aptitud combinatoria para 13 caracteres. Los cultivares LCA 960, LCA 206 y G4 fueron los mejores combinadores generales para la mayoría de los caracteres y dieron efectos altos de A.C.G. para rendimiento por planta y algunos caracteres relacionados con rendimiento (Bhagyalakshmi *et al.*, 1991).

Se hizo un esfuerzo para predecir la heterosis y la habilidad combinatoria para el rendimiento y sus componentes, en la etapa de plántula, en cruzamientos entre 12 líneas resistentes y 3 líneas probadoras susceptibles al mildew polvoso (*Leveillula taurica*). La heterosis sobre la media parental, y el mejor padre fueron registrados para altura de plántula, número de hoja, tasa de crecimiento, producción de hojas por semana, y número de raíces basales y secundarias. Los resultados del análisis de línea x probador, y los estudios de correlación sugieren que los híbridos F<sub>1</sub> con efectos altos de ACE y los padres con efectos de ACG altos para rendimiento y sus componentes, pueden ser identificados en la etapa de plántula empleando parámetros como altura al transplante y tasa de crecimiento de la plántula (Mulge, Anand y Mulge, 1997).

Líneas de pimentón resistentes al mildew polvoso (*Leveillula taurica*) fueron evaluadas en un análisis línea x probador, empleando variedades comerciales como probadores. La enfermedad observada en los padres y los híbridos confirmó la naturaleza dominante de la resistencia a la enfermedad, la cual puede ser explotada en combinación con heterosis para rendimiento. Entre las dieciocho líneas estudiadas, PMR32 y PMR45 fueron buenas combinadoras para frutos por planta, PMR57 y PMR68 lo fueron para peso de fruto, PMR68 para rendimiento precoz, y PMR45, PMR68, y PMR70 para rendimiento total. Los buenos combinadores específicos para rendimiento total fueron PMR27 x IHR1023, PMR28 x IHR1023, y PMR52 x Arka Mohoni. La heterosis máxima observada sobre el mejor padre fue 43,6% para rendimiento total, 65,4% para rendimiento precoz, y 42,1% para frutos por planta (Mulge, Anand y Mulge, 1997).

## MATERIALES Y METODOS

Se emplearon diez variedades y líneas homocigotas, escogidas por sus características divergentes con relación al tipo de fruto y de planta, LPUNAL-Palmira (LPUNAL), Yolo Wonder (YOLOW), Keystone Resistant Giant (KEYST), Pimentao



Amarelo (PIMAM), Morviones (MORVI), Avelar (AVELA), California Wonder (CALIW), Roque 8-B (ROQUE), Red Pepper (REDPE), y L363-46-672 (L363-). Se hicieron todos los 45 híbridos  $F_1$  posibles entre ellos, sin considerar los recíprocos. Los diez parentales y los 45 híbridos fueron evaluados en un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, en el Centro Experimental de la Universidad Nacional-Palmira, en Palmira (V.), durante 1995-1996. Las parcelas contenían 12 plantas, sembradas en surcos a 1 m., con plantas a 0,4 m, para una unidad experimental de 4,8 m<sup>2</sup>.

El plan de cruzamientos correspondió a un diseño dialélico, concebido bajo el Modelo I (efectos genéticos fijos), dado que los materiales fueron escogidos deliberadamente. Se empleó el Método 4 de Griffing (1956b), modificado por Hallauer y Miranda (1988), que incluye los  $p(p-1)/2$  híbridos directos, sin incluir los parentales, pues cuando se emplea un grupo de líneas seleccionadas, el interés se centra en el comportamiento de la  $F_1$ . Los genotipos (híbridos y parentales), se distribuyeron en el campo siguiendo un arreglo de diseño en bloques completos al azar, con tres repeticiones, incluyendo los 45

híbridos sencillos  $F_1$  y los 10 parentales. Se evaluaron los siguientes caracteres:

- producción total de frutos por planta (PFP), en gramos por planta;
- número total de frutos por planta (NFP);
- peso promedio de frutos (PPF), en gramos por fruto;
- peso promedio del lóculo (PPL), en gramos;
- diámetro axial del fruto (DAF), en cm;
- diámetro transversal del fruto (DTF), en cm;
- días a inicio de floración (DAFL).

Se determinó la heterosis promedia (HR), que es la relación entre el comportamiento de cada línea parental en los cruzamientos donde intervino (C), y el promedio parental (P) de cada progenitor:

$$HR = \frac{C - P}{P} \times 100$$

y la heterobeltiosis (HB), que es la relación entre el valor promedio de

cada uno de los híbridos  $F_1$  y el promedio del progenitor de mejor comportamiento (PMC):

$$HB = \frac{F_1}{PMC} \times 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Heterosis promedia y heterobeltiosis promedia.** En las Tablas 1 y 2 se presentan para cada caracter los valores de heterosis promedia (HR) y heterobeltiosis promedia (HB) de los diez materiales evaluados en el campo.

Se encontró que progenitores como **LPUNAL** (con 155,87 de HR y 138,69 de HB), **PIMAM** (con 138,17 HR y 123,54 HB), **AVELA** (con 136,84 HR y 119,18 HB) y **L363-** (130,95 HR y 113,22 HB), con los valores más altos de HR y HB, participaron en la formación de cuatro (4) de los diez cruzamientos más destacados por rendimiento. Por el contrario, el parental **REDPE** que participó en la formación de dos (2) de los híbridos de mayor rendimiento, presentó los valores más bajos de HR (99,74) y HB (79,02). Es de mencionar que aunque no siempre los parentales que producen los híbridos de mayor rendimiento son los que registran los

valores más altos de HR promedia y HB promedia.

La heterobeltiosis para rendimiento, fue particularmente alta en los híbridos **LPUNAL x PIMAM** (199,24%), **LPUNAL x YOLOW** (190,69%), **CALIW x L363-** (153%), **AVELA x ROQUE** (148,15%), **PIMAM x L363-** (138,55%), y **REDPE x L363-** (116,51%), **AVELA x REDPE** (105,58%), lo cual en términos generales, es coincidente con los híbridos de mejor rendimiento que fueron **LPUNAL x PIMAM**, **REDPE x L-363-**, **CALIW x L363**, **AVELA x ROQUE**, **LPUNAL x YOLOW**, **AVELA x REDPE**, **PIMAM x L363-** (Tabla 5).

Molina (1968), citado por Márquez (1985) explica las correlaciones entre ACG y HR argumentando la influencia definitiva que las líneas tienen tanto sobre las medias de heterosis marginal como sobre los efectos de ACG. De esta manera, los parentales de alto rendimiento tienden a exhibir valores bajos de  $(F_1/MP)$  y de  $(F_1/PMC)$ , por lo que en consecuencia, los progenitores de alta ACG también tenderán a presentar valores bajos de heterosis y heterobeltiosis promedia.

**Tabla 1.** Valores de heterosis relativa promedio (hr) para los caracteres estudiados en una población dialélica de pimentón. Palmira, 1997.

Padres	Rendimiento	N°Frutos por planta	Peso promedio fruto	Peso promed. lóbulo	D. axial fruto	D.transv. fruto	Días a florac.
LPUNAL	155,87	143,03	94,50	94,55	107,50	102,61	87,84
YOLOW	143,06	119,36	95,53	97,09	104,91	97,26	87,42
KEYST	113,01	109,71	93,29	93,03	104,37	98,54	91,71
PIMAM	138,17	116,29	103,91	104,25	109,77	98,42	86,90
MORVI	132,22	124,33	87,84	98,49	110,62	98,26	75,44
AVELA	136,84	120,17	101,55	102,79	108,6	102,46	90,65
CALIW	120,34	121,11	90,4	89,95	107,53	94,76	97,64
ROQUE	109,50	82,96	103,39	103,48	109,91	103,45	95,76
REDPE	99,74	93,88	99,50	99,13	104,11	101,06	85,30
L363-	130,95	112,24	99,81	98,41	104,56	101,45	101,91
Y..	127,97	115,31	96,45	98,12	107,18	99,83	90,06

**Tabla 2.** Valores de heterobeltiosis promedio(hb) para los caracteres estudiados en una población dialélica de pimentón. Palmira, 1997.

Padres	Rendimiento	N° Frutos por planta	Peso promed fruto	Peso Promed lóculo	D. axial fruto	D. transv fruto	Días a florac.
LPUNAL	138,69	110,45	80,66	80,26	102,54	93,85	82,57
YOLOW	116,33	92,56	80,13	82,39	98,81	87,93	82,18
KEYST	95,82	86,10	79,66	79,84	99,55	91,98	83,52
PIMAM	123,54	93,17	86,60	87,29	98,61	91,11	81,25
MORVI	117,25	102,12	85,14	85,77	93,70	91,53	62,09
AVELA	119,18	91,86	83,65	83,19	103,67	95,04	83,56
CALIW	102,96	92,42	77,31	77,64	98,11	87,39	88,03
ROQUE	95,44	60,01	81,06	81,69	104,23	88,17	89,03
REDPE	79,02	91,92	86,33	83,56	96,76	94,11	80,28
L363-	113,22	92,27	85,76	85,06	99,60	94,50	92,52
Y..	110,14	91,36	82,63	82,67	99,56	91,56	82,50

**Análisis de Varianza para los caracteres:** producción por planta, número de frutos por planta, peso promedio del fruto, número de lóculos por fruto, peso promedio del lóculo, diámetro axial del fruto, diámetro transversal del fruto, y días a floración.

Los valores y significancias de los cuadrados medios y coeficientes de variación (C.V.) del análisis de varianza, para los diferentes caracteres evaluados se presentan en la Tabla 3. El cuadrado medio para la fuente de variación entre genotipos, presentó diferencias altamente significativas para todos los caracteres evaluados, excepto para la variable número de lóculos por fruto (N.S.). Esto sugiere diferencias de origen genético entre cultivares (parentales e híbridos) para todas las variables (excepto lóculos por fruto). La variable N° de lóculos por fruto, por lo tanto, no se describe en el análisis.

Los cuadrados medios para la fuente de variación Padres vs. Cruzamientos, presentaron diferencias altamente significativas para las variables producción por planta (**WFRPP**), diámetro axial del fruto (**DAFR**), y días a floración (**DAFL**), lo cual indica que los cruzamientos presentan efectos heteróticos significativos, para las variables

mencionadas. Para las variables número de frutos por planta (**NFRPP**), peso promedio del fruto (**WXFR**), peso promedio del lóculo (**WXL**), y diámetro transversal del fruto (**DTFR**) no hubo diferencias significativas entre los cuadrados medios de progenitores y progenies, y por tanto, tampoco hubo evidencia de efectos heteróticos. Todas las variables mostraron diferencias significativas. Los cuadrados medios muestran, diferencias entre cruzamientos altamente significativas para los efectos de aptitud combinatoria general (A.C.G.), mientras que para los efectos de aptitud combinatoria específica (A.C.E.) para todas las variables, las diferencias fueron significativas o altamente significativas, exceptuando peso promedio del fruto.

Estos resultados indican que los efectos de A.C.G. (acción génica aditiva) y los efectos de A.C.E. (acción génica no aditiva), son importantes en la variación genética total; por tanto, la mayoría de los caracteres evaluados pueden ser mejorados aprovechando la acción genética aditiva y no aditiva, bien sea por mejoramiento poblacional o en la formación de híbridos  $F_1$  de alto valor comercial. Para casi todas las variables evaluadas, los cuadrados medios de A.C.G. fueron superiores a los de A.C.E.

**Tabla 3.** Valores y significancia de los cuadrados medios y coeficientes variación (cv) del análisis de varianza, para los caracteres evaluados en un cruzamiento dialélico entre 10 parentales de pimentón. Palmira, 1997.

Fuente de variación	GL	Rendimiento por planta	No. de Frutos por planta	Peso promed. fruto	Peso promed. lóculo	CUADRADOS MEDIOS			Días a floración
						Diámetro axial fruto	Diámetro transv. fruto	Diámetro axial fruto	
Repetición	2	83132,70	0,69	3076,37	331,80	8,06	1,05	9,76	
Genotipo	54	49785,02**	16,62**	1213,71**	128,35**	4,45**	0,97**	31,08**	
Padres	9	38077,38*	28,67**	2213,77**	222,48**	5,66**	2,35**	51,35**	
P vs C	1	213718,10**	9,88n.s.	115,54n.s.	13,53n.s.	13,6**	0,02n.s.	121,90**	
Cruzas	44	48454,02**	14,31**	1034,11**	111,71**	4,00**	0,70**	24,87**	
ACG	9	120434,20**	50,90**	3869,02**	394,30**	14,96*	2,00**	83,36**	
ACE	35	29944,82**	4,90*	305,13n.s.	39,04*	1,18**	0,37**	9,83**	
Error	108	14997,20	2,95	213,59	25,47	0,52	0,19	3,25	
Total	164	27282,65	7,42	577,81	63,08	1,90	0,45	12,49	
C.V.		27,94	28,29	18,05	19,18	6,76	7,53	9,36	
Promedio		438,35	6,07	80,94	26,31	10,62	5,76	19,28	

Las diferencias altamente significativas para A.C.G., señalan que existen parentales que en promedio, se comportaron mejor que otros en sus cruzamientos. Diferencias altamente significativas para A.C.E., indican que ciertas combinaciones producen una descendencia significativamente mejor o peor que la esperada, de acuerdo con los valores de A.C.G. de los respectivos progenitores.

Según Márquez (1985), si los cuadrados medios de A.C.E. son significativos, se rechaza la hipótesis que el comportamiento de una cruj  $ij$  pueda predecirse con base en A.C.G. de ambos padres. La mejor cruj, no necesariamente debe ser la combinación de dos progenitores que tengan la más alta A.C.G. Dicho autor, además, agrega que en estos casos se puede tener interés en investigar la naturaleza de las interacciones genéticas que determinan el comportamiento de los cruzamientos. El coeficiente de variación (C.V.) presentó valores bajos e intermedios para la mayoría de las variables evaluadas, indicando un grado de precisión adecuado del experimento, en lo que hace referencia al control del error experimental.

#### Efectos de Aptitud Combinatoria General ( $\hat{g}_i$ ) y Varianzas de los

#### Efectos de ACG para las variables estudiadas.

Los estimativos de los efectos de A.C.G. y sus respectivas varianzas para las ocho variables, se registran en el Tabla 4. Los efectos de A.C.G. son desviaciones entre el promedio de todas las cruas de un determinado padre y el promedio general, de todos los cruzamientos, con valores positivos o negativos, según sea el comportamiento parental.

Los parentales **LPUNAL**, **PIMAM**, **AVELA**, **REDPE** y **L363-**, que presentaron efectos positivos de A.C.G. para rendimiento, también exhibieron, en general, los mayores rendimientos per se, con la excepción de **LPUNAL** que tuvo un comportamiento per se mediocre. Dichos progenitores, hacen una contribución genética positiva para mayor producción por planta. En ese sentido, la contribución de los parentales **LPUNAL** y **AVELA** es superior particularmente a la de **PIMAM**, y **REDPE**, pues  $\hat{g}_1$  y  $\hat{g}_6$  son significativamente mayores que  $\hat{g}_4$  y  $\hat{g}_9$ .

Estos parentales, además, muestran efectos de A.C.G. deseables para número de frutos por planta, peso promedio de fruto (sólo **PIMAM**), y número de días a floración (excepto

**AVELA** y **L363-**, con efectos positivos). El mayor valor de A.C.G. para rendimiento es el del parental **LPUNAL**, que per se, no tuvo un buen comportamiento. Por el contrario, **ROQUE** tuvo un excelente comportamiento per se, pero un valor de A.C.G. negativo.

Para número de días a floración (DAFL), los parentales **MORVI**, **AVELA**, **ROQUE**, y **L363-** presentaron efectos positivos de A.C.G., destacándose el parental **L363-** con el mayor efecto positivo de g. Eso significa que dicho parental es de floración más tardía, en tanto los parentales **LPUNAL**, **PIMAM** y **REDPE** que presentaron efectos negativos de ACG serían más precoces (Tabla 4) y, por tanto, más deseables. Para su aprovechamiento en programas de mejoramiento, son más indicados los parentales con los valores más altos y positivos de ACG (si se quieren materiales tardíos), y valores altos y negativos de ACG (si se prefieren precoces), para formar nuevas poblaciones, favoreciendo la selección de nuevas líneas homocigóticas, en el caso de especies autógamas (Miranda, J.E.C. *et al.*, 1988).

### **Efectos de Aptitud Combinatoria Específica ( $s_{ij}$ ) y Varianzas de los Efectos de ACE para las variables**

**estudiadas.**

Los estimativos de los efectos de A.C.E., sus respectivas varianzas, y la heterobeltiosis para rendimiento de las ocho variables, se presentan en la Tabla 5. Los mayores efectos de A.C.E. para rendimiento fueron presentados por los híbridos **CALIW x LPUNAL**, **REDPE x LPUNAL**, **MORVI x ROQUE**, y **AVELA x ROQUE** (Tabla 5). Tales híbridos son mejores de lo esperado con base en la A.C.G. de sus respectivos progenitores, que fue negativa para los parentales **CALIW**, **MORVI**, y **ROQUE** y pequeña, aunque positiva, para el parental **REDPE** (Tabla 4).

La mejor combinación híbrida debe ser aquella con mayor rendimiento. Los cruzamientos que más rindieron fueron **REDPE x L363-** y **LPUNAL x PIMAM** (Tabla 5). A estos cruzamientos corresponden valores positivos altos de  $s_{ij}$  (Tabla 6) y sus parentales presentaron también valores altos y positivos de A.C.G. (Tabla 4). Tales parentales (**LPUNAL**, **PIMAM**, **REDPE**, y **LPUNAL**), utilizados en programas de mejoramiento de pimentón, podrán generar no sólo líneas superiores, sino también cruzamientos sobresalientes.



**Tabla 4.** Efectos de aptitud combinatoria ( $G_i$ ) y sus varianzas para cada una de las variables evaluadas. Palmira 1997.

Genotipo	Rendimiento por planta	No. frutos por planta	Peso promed. fruto	Peso promed. lóculo	Diámetro axial fruto	Diámetro transv. fruto	Días a floración
L. Promisoria UNAL (1)	87,02	1,92	-12,21	-3,78	0,07	-0,19	-0,92
Yolo Wonder (2)	-38,96	-1,59	14,36	4,27	-0,66	0,41	-1,18
Keystone Resist. (3)	-126,38	-2,03	7,65	2,68	-0,29	0,12	-1,36
Pimentao Amarelo (4)	40,58	-1,10	24,24	7,87	1,80	0,28	-1,70
Morviones (5)	-15,46	-0,18	-3,20	-1,26	-1,08	0,15	0,49
Avelar (6)	79,92	2,00	-12,66	-4,07	0,26	-0,10	1,00
California Wonder (7)	-81,58	-1,24	4,56	1,50	-0,55	0,08	-0,35
Roque 8-B (8)	-24,16	0,71	-15,04	-4,75	0,43	-0,61	1,36
Red Pepper (9)	12,52	0,40	-2,91	-1,21	0,20	-0,16	-1,60
L363-46-672 (10)	66,52	1,10	-4,78	-1,22	-0,18	-0,005	4,29
Var (Gi ACG)	140,59	0,02	2,00	0,23	0,004	0,001	0,032
Var (Gi-Gj ACG)	312,44	0,06	4,44	0,53	0,001	0,003	0,06

**Tabla 5.** Efectos de aptitud combinatoria específica (Sij ACE) y sus varianzas para cada una de las variables evaluadas. Palmira, 1997.

Genotipo	Hetero- beltiosis (rendito.)	Rendimiento por planta	Nº Frutos por planta	Peso promed. fruto	Peso promed. lóculo	Diámetro axial fruto	Diámetro transv. fruto	Días a floración
1x2	190,69	137,08	1,51	-5,56	-3,22	0,29	-0,30	-1,40
1x3	140,00	54,24	-0,20	1,54	1,19	0,69	0,08	-1,78
1x4	199,24	119,01	0,36	6,05	4,76	-0,001	0,22	-0,47
1x5	164,87	26,82	0,18	7,20	0,90	-0,24	0,48	0,09
1x6	131,60	-69,66	-1,01	8,62	2,45	0,70	-0,19	-1,51
1x7	109,02	-94,61	-2,16	4,83	0,17	-0,48	0,52	2,11
1x8	90,38	-117,56	0,31	-9,79	-3,76	-0,16	-0,24	0,28
1x9	89,51	-26,46	0,02	-0,29	0,16	-0,36	-0,13	0,75
1x10	133,01	-28,86	0,98	-12,61	-2,66	-0,44	-0,45	1,92
2x3	117,61	-0,61	0,24	6,10	0,83	-0,86	-5,3e-16	1,37
2x4	118,34	-39,98	-0,29	7,84	2,21	-0,26	0,11	2,78
2x5	143,58	49,03	1,06	-11,13	-1,97	-0,07	-0,16	1,34
2x6	118,48	1,27	-1,23	7,25	5,23	0,84	0,29	-0,83
2x7	117,76	-22,87	-0,41	10,69	-0,08	-0,47	-0,15	-2,46
2x8	76,11	-54,83	-1,51	9,23	2,68	0,50	0,10	-0,25
2x9	81,63	52,97	1,53	-17,16	-3,69	0,50	0,41	-0,82
2x10	82,74	-122,05	-0,90	-7,25	-1,98	-0,47	0,53	0,28
3x4	89,40	-54,54	0,05	-1,01	-0,03	0,002	-0,46	-2,46
3x5	109,45	29,49	0,23	-2,66	-0,55	-0,03	-0,30	-0,46
3x6	121,67	102,04	0,37	7,52	2,45	0,77	0,38	-1,24
3x7	75,00	-48,71	0,69	-6,90	0,17	0,09	0,10	5,28

Continuación Tabla 5.

Genotipo	Hetero- belitosis (rendto.)	Rendimiento por planta	No. Frutos por planta	Peso promed. fruto	Peso promed. lóculo	Diámetro axial fruto	Diámetro transv. fruto	Días a floración
3x8	77,15	37,201	0,89	-12,12	-4,06	0,03	-0,27	1,06
3x9	26,96	-182,29	-2,85	11,47	3,09	-0,79	0,31	0,26
3x10	105,18	63,17	0,57	-3,92	-3,09	0,16	0,16	-2,03
4x5	144,04	27,03	1,30	-6,92	-5,01	0,59	0,13	-1,48
4 x 6	121,96	-63,69	-0,48	-10,73	-3,80	-0,72	0,06	0,76
4x7	105,55	-42,44	-0,23	-0,29	-1,11	-0,34	-0,32	-0,27
4x8	106,58	0,70	-0,16	-7,38	-3,99	-0,06	-0,19	1,00
4x9	88,20	12,21	0,48	-6,68	-1,73	0,17	-0,01	0,91
4x10	138,55	41,71	-1,02	19,12	8,71	0,62	0,46	-0,75
5x6	92,10	-133,05	-1,30	-6,95	-2,86	-1,03	-0,08	2,16
5x7	118,39	12,70	-0,65	10,65	5,12	-0,08	0,23	-0,08
5x8	127,98	151,58	1,48	13,80	5,11	0,66	0,13	-1,69
5x9	77,62	5,82	-0,47	8,23	2,94	0,43	0,21	0,27
5x10	77,27	-169,44	-1,84	-12,22	-3,67	-0,21	-0,67	-0,15
6x7	117,35	39,11	1,58	-13,85	-4,26	-0,07	-0,30	-0,81
6x8	148,15	145,58	1,76	9,32	2,22	0,60	0,16	-0,71
6x9	105,57	75,43	0,51	5,82	2,05	-0,08	0,34	0,26
6x10	115,75	-97,03	-0,19	-7,00	-3,47	-1,00	-0,68	1,93
7x8	70,53	-36,93	-0,82	-7,80	-1,61	-0,67	-0,16	1,48
7x9	59,27	-36,35	-0,47	-3,94	-1,79	0,36	-0,18	-2,91
7x10	153,74	230,11	2,48	6,60	3,38	1,68	0,26	-2,34
8x9	65,89	-54,74	-0,31	-4,99	-0,20	-0,36	-0,01	-0,53
8x10	96,26	-71,00	-1,64	9,74	3,61	-0,47	0,49	-0,66
9x10	116,51	153,40	1,57	7,54	-0,83	0,13	-0,12	1,81
Var(Sij-Sik ACE)		972,04	0,19	13,84	1,65	0,03	0,01	0,21
Var(Sij-Sik ACE)		2187,09	0,43	31,15	3,71	0,08	0,03	0,47

Los estimativos de A.C.E. para número de frutos por planta, más altos y positivos fueron **CALIW x L363-**, **REDPE x CALIW**, **REDPE x L363-**, **YOLOW x REDPE**, y **MORVI x ROQUE**. Dichos híbridos, son mejores de lo esperado con base en la A.C.G. de los parentales, que fue negativa para los progenitores **CALIW**, **YOLOW**, y **MORVI**, y pequeña, pero positiva para los parentales **REDPE** y **ROQUE** (Tabla 4).

Para peso promedio del fruto, los más altos valores positivos estimados de  $s_{ij}$  fueron presentados por los híbridos **PIMAM x L363-**, **MORVI x ROQUE**, **KEYST x REDPE**, **YOLOW x CALIW**, y **MORVI x CALIW**. Sin embargo, las combinaciones más interesantes para peso promedio del fruto serían **YOLOW x PIMAM**, **PIMAM x L363-** y **YOLOW x CALIW**, pues los parentales **PIMAM** y **YOLOW** presentaron los más altos efectos positivos de A.C.G. para peso promedio del fruto, y en la progenie de dichos parentales, los híbridos con mayor efecto de A.C.E. fueron **PIMAM x L363-** y **YOLOW x CALIW** (con valores per se de 127.0 gr./fruto, 119.13 gr./fruto y 110.16 gr./fruto, respectivamente).

Las combinaciones **PIMAM x L363-**, **YOLOW x AVELA**,

**MORVI x CALIW**, **MORVI x ROQUE**, y **LPUNAL x PIMAM** presentaron los más altos efectos positivos de A.C.E. para peso promedio del lóculo (Tabla 6). De éstas combinaciones, las mejores serían **PIMAM x L363-10** y **YOLOW x AVELA**, pues entre los parentales **LPUNAL**, **YOLOW**, **PIMAM**, **MORVI**, **AVELA**, **CALIW**, y **ROQUE**, los parentales **PIMAM** y **YOLOW** presentaron los mayores efectos de A.C.G. para peso promedio del lóculo (Tabla 4).

El mayor efecto de A.C.E. para diámetro axial del fruto fue presentado por los híbridos **CALIW x L363-**, **YOLOW x AVELA**, **KEYST x AVELA**, **LPUNAL x AVELA**, y **PIMAM x L363-**. Sin embargo, las combinaciones más atractivas para **DAFR** serían **YOLOW x AVELA** y **PIMAM x L363-**, ya que los parentales **YOLOW** y **PIMAM** presentaron los más altos efectos de A.C.G. para diámetro axial del fruto, y en la progenie de tales parentales, los híbridos con mayor efecto de A.C.E. fueron **YOLOW x AVELA** y **PIMAM x L363-**.

Los más altos y positivos estimativos de A.C.E. para diámetro transversal del fruto, fueron para los cruzamientos **YOLOW x L363-**, **LPUNAL x CALIW**, **ROQUE x**

**L363-**, **LPUNAL x MORVI**, y **PIMAM x L363-**. No obstante, las combinaciones más llamativas para diámetro transversal del fruto serían **YOLOW x L363-** y **PIMAM x L363-**, dado que los progenitores **YOLOW** y **PIMAM** mostraron los más altos efectos positivos de A.C.G. para diámetro transversal del fruto, y en la progenie de tales parentales, los híbridos con mayor efecto de A.C.E. fueron **YOLOW x L363-** y **PIMAM x L363-** (con valores per se de 6.7 cm. y 6.5 cm., respectivamente).

Para días a floración, los valores más bajos de  $s_{ij}^2$  fueron presentados por los híbridos **CALIW x REDPE**, **YOLOW x CALIW**, **KEYST x PIMAM**, y **CALIW x L363-**. Sin embargo, las combinaciones más atractivas, en cuanto a floración temprana, serían **KEYST x PIMAM** (13.3 días) y **CALIW x REDPE** (14.0 días), pues los parentales **PIMAM**, **REDPE**, y **KEYST** presentaron los de los efectos de ACG más negativos para días a floración.

### ANALISIS INTEGRAL

i) Los mejores parentales, si se consideran simultáneamente sus valores de ACG y los valores "per se" para rendimiento, número de frutos por planta, y número de días

a floración, son **Red Pepper** (12,52 y 590,26 g/planta; 0,40 y 8,3 frutos/planta; -1,60 y 19,7 días), **Avelar** (79,92 y 419,9 g/planta; 2,00 y 8,0 frutos/planta; 1,00 y 22,66 días) y **Línea Promisoria U. Nal.-Palmira** (87,02 y 335,83 g/planta; 1,92 y 5,86 frutos/planta; -0,92 y 20,03 días)(Tabla 4).

ii) El parental **L363-46-672**, presenta valores de ACG y valores "per se" interesantes, para rendimiento (66,52, 436,03 gr./planta) y número de frutos por planta (1,11, 7.,6), aunque es más tardío (4,29 y 23,86 días a floración)(Tablas 4).

iii) Dado que tanto los efectos génicos aditivos como los no aditivos, fueron muy importantes en la herencia de todos los caracteres evaluados (excepto peso promedio del fruto), se sugieren como métodos de mejoramiento la selección recurrente, ó la selección de hermanos completos para la producción comercial de híbridos (Venkata Rao y Chhonkar, 1984); ó la selección recurrente recíproca que está diseñada para lograr el mejoramiento simultáneo dentro de poblaciones mejoradas, así como el de el cruzamiento entre ambas (Lippert, 1975).

iv) Para su aprovechamiento en programas de mejoramiento, los parentales **Red Pepper**, **Avelar**, **Línea Promisoria U. Nal.-Palmira** y **L363-46-672**, que presentan los valores positivos más altos de ACG, serían los más indicados para conformar nuevas poblaciones, buscando la selección de nuevas líneas homocigotas (Miranda *et al.*, 1988).

v) El mejor híbrido, en función de su rendimiento per se (687,76 g/planta), y su ACE (153,40), que insinúa un patrón heterótico, fue **Red Pepper x L363-46-672**. Como alternativa, se sugiere obtener el híbrido entre **L. Promisoria U. Nal.-Palmira** (ACG: 87,02) y **Red Pepper** (ACG: 12,52), con rendimiento per se de 528,00 g/planta y ACE (- 26,46), para derivar líneas  $F_3$ - $F_6$  para ser cruzadas con **L363-46-672**, con la posibilidad de obtener una combinación híbrida superior a **Red Pepper x L363-46-672**.

vi) Otra alternativa, de mediano plazo, en éste caso buscando la producción de variedades superiores, sería cruzar la **L. Promisoria U. Nal.-Palmira x Red Pepper**, para obtener un híbrido  $F_1$ , que a su vez sería cruzado con **L363-46-672**, y a través del método de descendencia de semilla única (SSD), derivar en

$F_6$ - $F_8$ .

vii) Si se tienen en cuenta simultáneamente los valores de ACG (Tabla 4) y los valores "per se" de caracteres como rendimiento y número de frutos por planta, los peores progenitores son **Yolo Wonder** y **Keystone Resistant Giant**, aunque presentan valores de ACG y "per se" para peso promedio de fruto interesantes (14,36 y 116,2 g/fruto; 7,65 y 107,03 g/fruto) .

viii) Con fines comerciales, a corto plazo, y de acuerdo a su desempeño, en términos de rendimiento, número de frutos/planta, y menor número de días a floración, los mejores híbridos fueron **L.P.U. Nal.-Palmira x Pimentao Amarelo**, **Red Pepper x L363-46-672** y **California Wonder x L363-46-672**.

El uso de semillas híbridas  $F_1$ , permiten la obtención de un producto de mejor calidad, más uniforme, y por consiguiente, de mejor aspecto. En general, los híbridos  $F_1$  presentan homeostasis, esto es, menor interacción genotipo-ambiente, respecto a una línea pura, posibilitando una mayor adaptación y producción más estable cuando varían años y localidades (Miranda y da Costa, 1988).

ix) Según su comportamiento, en términos de rendimiento, número de frutos por planta, y mayor número de días a floración, los peores híbridos fueron **KEYST x REDPE** y **KEYST x CALIW.**, pues no superaron el promedio de los parentales que les dieron origen, ni al padre de mejor desempeño,

x) Considerando los diez mejores híbridos, en términos de su rendimiento, número de frutos por planta, menor número de días a floración, los parentales **Línea Promisoria U. Nacional-Palmira (LUNAL)**, y **Red Pepper (REDPE)**, participaron en el 30-50% y 20-40% de dichos cruzamientos, respectivamente.

xi) Si se toman en cuenta los diez peores híbridos, en función de su rendimiento y número de frutos por planta, los progenitores **Keystone Resistant Giant (KEYST)** y **California Wonder (CALIW)**, conformaron el 30-50% y el 30-40% de tales cruzamientos, respectivamente.

### CONCLUSIONES

1. En el material experimental utilizado en el presente estudio, se constató una variación genética considerable, para todos los caracteres evaluados (excepto

número de lóculos/fruto).

2. Las diferencias genéticas entre los genotipos, para los caracteres rendimiento por planta, número de frutos por planta, peso promedio del lóculo, largo del fruto, ancho del fruto, y días a floración, fueron explicados por los efectos simultáneos de ACG (acción génica aditiva) y de ACE (acción génica no aditiva). Las diferencias genéticas entre genotipos, para el caracter peso promedio del fruto, fue explicado fundamentalmente por los efectos de ACG (acción génica aditiva).

3. Los cuadrados medios de los efectos mostraron que la ACG fue más importante que la ACE en la expresión de todas los caracteres evaluados. Ello demuestra que los efectos génicos aditivos son más importantes en la herencia de tales caracteres.

4. Teniendo en cuenta la importancia de los efectos génicos no aditivos, para rendimiento por planta, y una correlación negativa entre sus componentes primarios (número de frutos/planta, y peso promedio del fruto), una estrategia inmediata para aumentar el rendimiento, sería el aprovechamiento de la heterosis

- en plantas  $F_1$  con la producción de híbridos.
5. Para tratar de incrementar los caracteres rendimiento por planta, número de frutos por planta, largo del fruto, y ancho del fruto, una buena alternativa sería la selección recurrente, empleando los parentales **Red Pepper**, **Avelar**, **L.Promisoria U. Nal.-Palmira**, y **L363-46-672**, teniendo en cuenta la presencia significativa y simultánea de ACG y ACE en la variación genética total de dichos caracteres.
  6. Como alternativa, a mediano plazo, se sugiere obtener el híbrido  $F_1$  **LPUNAL-Palmira x Red Pepper**, para derivar líneas  $F_3$  a  $F_6$  para ser cruzadas con **L363-46-672**, con la posibilidad de obtener un híbrido  $F_1$  superior a **Red Pepper x L363-46-672**.
  7. Otra opción, de mediano plazo, para la producción de variedades superiores, sería cruzar **LPUNAL-Palmira x Red Pepper**, obteniendo un híbrido  $F_1$  que a su vez sería cruzado con **L363-46-672**, y a través del método de descendencia de semilla única (SSD), derivar en  $F_6$  ó  $F_8$ , variedades superiores a **Red Pepper x L363-46-672**.
  8. La selección masal a partir de **Pimentao Amarelo y Yolo Wonder**, sería una buena estrategia para intentar aumentar los caracteres peso promedio del fruto, y peso promedio del lóculo, considerando sus valores per se, y los altos valores de los coeficientes de heredabilidad en sentido estrecho.

### BIBLIOGRAFIA

- BHAGYALAKSHMI, P.V. Heterosis and combining ability studies in chillies. *En: Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. Vol. 51, No.4 (1991); p. 420-423.
- DEPESTRE, T. y ESPINOSA, J. Study of the effect of heterosis in pepper under tropical conditions. *En: Agrotecnia de Cuba*. Vol. 20, No.1 (1988); p. 87-90.
- DOLGIKH, S.T. and SVIRIDOVA, I.A. Combining ability of sweet pepper varieties in plastic greenhouse. *En: Genetika (USSR)*. Vol.9, No.12 (1983); p. 2037-2043. *En: Plant Breeding Abstracts*. Vol.55, No.3 (1985); p. 2081.
- GILL, H.S., THAKUR, P.C. and TAKHUR, T.C. Combining ability in sweet pepper (*Capsicum annum* L. var. *grossum* Sendt.). *En: Indian Journal of Agricultural Science*. Vol.43, No.10 (1973); p. 918-921.



GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallelic crossing systems. *En: Australian Journal of Biologic Science.* Vol.9, No.4 (1956a); p. 463-492.

GVOZDENOVIC, D. *et al.* Inheritance of fruit mass in hybrid pepper (*Capsicum annuum* L.). *En: Horticultural-Science.* Vol.28, No.1/2 (1996); p. 83-85.

IBPGR SECRETARIAT. Genetic resources of *Capsicum*. Rome: IBPGR, 1983. 49 p.

KAUL, B.L. And SHARMA, P.P. Heterosis and combining ability studies for some fruit characters in bell pepper. *En: Vegetable Science.* Vol. 15, No.2 (1988); p. 171-180.

KHALF-ALLAH, A.M.; ABDEL-AL, Z.E. and GAD, A. A. Combining ability in peppers (*Capsicum annuum* L.). *En: Egyptian Journal of Genetic Cytology.* Vol.4 (1975a); p. 297-304.

MARIN V., O. and LIPPERT, L.F. Combining ability analysis of anatomical components of the dry fruit in chilli peppers. *En: Crop Science.* Vol.15 (may.-jun., 1975); p. 326-329.

MILKOVA, L. Results from a study of quantitative characters in pepper. *En: Capsicum Newsletter.* Vol. 1 (1982); p. 26-27.

MIRANDA, J.E.C. and DA COSTAM C.P. Heterose em híbridos de pimentao. *En: Pesquisa Agropecuaria Brasileira.* Vol.23, No.11 (1988); p. 1269-1277.

MIRANDA, J.E.C.; C.P. DA COSTA, C.P. and CRUZ, C.D. Analise dialelica em pimentao. I. Capacidade combinatoria. *En: Revista Brasileira de Genetic.* Vol.11, No.2 (1988); p. 431-440.

MISHRA, R.S. Results of heterosis breeding in chilli. *En: Capsicum Newsletter.* No.7 (1989); p. 49-50.

MOHAMED, M.A.; KHEREBA, A.H.; EL-HASAN, E.S.A. and ZAKY, M.H. Genetical studies on sweet pepper. I. Genetic behaviour of yield character. *En: Egyptian Journal of Horticulture.* Vol.22, No.1 (1995); p. 49-64.

MULGE, R.; ANAND, N. and MULGE, R. Prediction of heterosis and combining ability for yield and yield characters at seedling stage in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *En: Indian Journal of Genetics and Plant Breeding.* Vol.57, No.2 (1997); p. 180-185.

MULGE, R.; ANAND and MULGE, R. Identification of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) lines to develop F1 hybrids resistant to powdery mildew. *En: Indian Journal of Genetics and Plant Breeding.* Vol.57, No.2 (1997); p. 193-199.

PEARSON, O.H. Heterosis in vegetable crops. *En: Heterosis Reappraisal of Theory and Practice.* Berlin: Springer-Verlag, 1983.

RAHMAN, H.; HAZARIKA, G.N.; ALAM, S. and THAKUR. A.C. *En: Proceedings of the Seminar on Problems and Prospects of Agricultural Research and Development in North-East India.* India: Assam Agricultural University, Jorhat, 27-28 November 1995. 1996. p. 78-82.

RAM, B. and LAL, G. Heterosis and inbreeding depression in chilli. *En: Progressive Horticulture.* Vol. 21, No.3/4 (1992); p. 368-372.

SALAZAR V., M. y VALLEJO, F.A. Producción y evaluación de híbridos de pimentón *Capsicum annuum* L., a través de habilidad combinatoria. *En: Acta Agronómica.* Vol.40, No.3/4 (1990); p. 7-16.

SILVETTI, E. and GIOVANELLI, G. Diallel analysis of quantitative traits in *Capsicum annuum* L. *En: Genetic Agraria.* Vol.30, No.3/4 (1976); p. 343-353.

SPRAGUE, G F. and TATUM, L.A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *En: Journal of American Society of Agronomy.* No.34 (1942); p. 923-932.

THAKUR, P.C., GILL, H.S. and BHAGCHANDANI, P.M. Diallel analysis of some quantitative traits in sweet pepper. *En: Indian Journal of Agricultural Science.* Vol.50, No.11 (1980); p. 811-817.

VALLEJO C., F.A. Genética de caracteres quantitativos relacionados com o rendimento e a qualidade do fruto em *Capsicum* sp. Brasil: Universidade de Sao Paulo. Escola Superior de Agricultura "Liuz de Queiroz". Departamento de Genética, 1985. 32 p.

VALLEJO C., F.A. y Da COSTA, C.P. Acción génica, heredabilidad, y correlaciones genéticas para algunos caracteres de ají, *Capsicum chinense.* *En: Acta Agronómica.* Vol.38, No. 3/4 (1988); p. 7-15

VENKATA RAO, P. and CHHONKAR, V.S. Combining ability analysis for yield components in chilli. *En: Indian Journal of Agricultural Science.* Vol.51, No.12 (1984); p. 857-860.