

VIGOR HÍBRIDO Y HABILIDAD COMBINATORIA EN VARIEDADES COMERCIALES Y LINEAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) DE COLOMBIA

Carlos H. Castellanos B.*
Dorance Muñoz B.**

COMPENDIO

Entre las variedades Cica-4, Cica-7, Oryzica-1, Oryzica-2 y las líneas experimentales 17396 y 11744, se realizó un cruzamiento dialélico, sin sus recíprocos. El diseño empleado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Una planta por sitio se transplantó a los 29 y 30 días en parcelas de tres metros de longitud y 90 centímetros de ancho, con un total de 60 plantas. La distancia de siembra fue de 30 x 20 cm. El mayor valor heterótico respecto al promedio y mejor parental en rendimiento se presentaron en el híbrido Oryzica-2 x Cica-4 (144.12 y 139.42 o/o), el cual rindió 8.5 t/ha. La heterosis para rendimiento fue mayor que la de sus componentes. El índice de área foliar y número de granos por panícula contribuyeron positiva y significativamente en el rendimiento de los híbridos; mientras que tallos efectivos por planta es el contribuyente principal en el rendimiento de los padres. En la variación entre genotipos para rendimiento, peso y número de granos por panícula participaron efectos de HCE y para peso de 1000 granos y tallos efectivos participaron efectos de HCG. La heterosis en rendimiento, granos por panícula y peso de 1000 granos se asociaron con efectos de HCE.

ABSTRACT

A diallel cross without their reciprocals was made between varieties Cica-4, Cica-7, Oryzica-1, Oryzica-2 and the experimental lines 17396 and 11744. The experimental design was the randomized block with four replications. A plant per site was transplanted at the 29-30 days in 3 meters by 90 centimeters plots with a total of 60 plants. The planting distances were 30 cm x 20 cm. The higher heterotic value with respect to the mid-parent and the better parent for yield was shown by the hybrid Oryzica-2 x Cica-4 (144.12 o/o and 139.42 o/o), which yielded 8.5 t/ha. The heterosis for yield was greater than those of these components. Leaf index and number of grains per panicle contribute positive and significantly at the yield of the hybrids while effective tillers per plant were the main contribute at the parents yield. In the variation between genotypes for yield, weight and number of grains per panicle sca effects participated and for weight 1000 grains and effective tillers gca effects participated. The heterosis for yield, grains per panicle and weight 1000 grains showed association with sca effects.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

** Instituto Colombiano Agropecuario- ICA. A.A. 233, Palmira.

1. INTRODUCCION

En 1926, Jones observó incrementos marcados en el número de tallos y producción de granos en algunos híbridos F_1 comparados con sus progenitores. Investigaciones posteriores informaron sobre heterosis para rendimiento, peso del grano, granos por panícula, panículas por planta, días a floración y altura (Virmani, Chaudhary y Khush, 9). Los cruzamientos con heterosis significativa para rendimiento, mostraron heterosis para sus componentes (Athwal y Virmani, 2; Mallick, Ghosh Hajra y Bairagi, 5; Maurya y Singh, 7; Virmani, Chaudhary y Khush, 10).

El empleo de los híbridos en forma comercial requiere de considerable vigor híbrido, líneas androestériles, mantenedoras, restauradoras y abundante polinización cruzada entre ellas. En arroz se dispone de androesterilidad genética, citoplásmica, genético-citoplásmica (utilizada en la mayoría de híbridos) y químicamente inducida (se ha usado poco). La polinización cruzada en variedades de arroz varía entre 0 y 6.8 o/o, en *O. perennis* Moench (formas silvestres) entre 16.5 y 100 o/o y en plantas androestériles entre 0-44 o/o y 20-92 o/o (Virmani y Edwards, 11).

Desde la iniciación del Programa Nacional de Arroz (1957), el ICA ha entregado 12 variedades mejoradas de alto rendimiento, sin embargo la necesidad de satisfacer la creciente demanda plantea como alternativas o mantener los rendimientos actuales (4.5 t/ha) aumentando el área de cultivo hasta aproximadamente un millón de hectáreas o incrementar el área de cultivo hasta 630000 ha aumentando los rendimientos promedios a 7.4 t/ha (Aristizabal, 1). Actualmente, se adelantan estudios para determinar la potencialidad comercial del arroz híbrido en nuestro medio, ya que a los híbridos asiáticos, aunque son muy rendidores, se les objeta la calidad culinaria del grano y su posible susceptibilidad a las condiciones tropicales.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En el primer semestre de 1984, en el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA de Palmira se hibridaron seis materiales del Programa de Arroz (Cica-4, Cica-7, Oryzica-1, Oryzica-2, L-17396 y L-11744) todos contra todos y en un solo sentido.

El diseño experimental empleado fue bloques al azar con cuatro repeticiones y 21 tratamientos (15 híbridos y 6 progenitores), en parcelas con 60 plantas y distanciadas 30 x 20 cm. Una planta por sitio se transplantó a los 29 y 30 días en suelo fangueado. El área experimental se fertilizó con 45 kg/ha de fósforo y potasio y 120 kg/ha de nitrógeno. De los insec-

tos presentes durante el cultivo, *Hydrellia griseola*, *Rupela albinella*, *Diatraea saccharalis* y *Oebalus poecillus*, sólo se controló el primero. Durante la mayor parte del cultivo hubo buen riego. El control de malezas fue manual.

Las variables medidas fueron tallos totales por planta, días a floración, tallos efectivos por planta, índice de área foliar (IAF), longitud de panícula, altura, peso de 1000 granos, rendimiento por parcela, y peso de raíz.

La heterosis (H) y la heterobeltiosis (HB) se calcularon con base en los promedios de las cuatro repeticiones para cada variable ($H = F_1 \times 100 / \bar{X}_p$; $HB = F_1 \times 100 / M_p$). Asimismo se determinó el comportamiento promedio heterótico de cada parental en sus combinaciones híbridas.

Bajo el supuesto de muestreo aleatorio se siguió la metodología de los componentes de varianza para estimación de las varianzas genética y ambiental y de la heredabilidad partiendo del siguiente modelo, el cual no considera la interacción genotipo x bloque:

$$Y_{ik} = \mu + G_i + B_k + E_{ik}$$

μ = media poblacional

G_i = efecto verdadero del genotipo "i" esimo

B_k = efecto del bloque "k" esimo

E_{ik} = error experimental

supuestos: $G_i \sim NI(0, \sigma_G^2)$. $E_{ij} \sim NI(0, \sigma_e^2)$.

Los cuadrados medios esperados permiten descomponer la varianza fenotípica de una característica en varianza genética (G^2) y ambiental (Amb^2), las cuales se expresan en porcentajes respecto de la varianza total. La heredabilidad de la característica en sentido amplio es el valor de la variación genotípica estimada.

Para estimar la habilidad combinatoria general y específica se siguió la metodología propuesta por Griffing (1953), que corresponde al modelo 11 método 2.

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + B_k + e_{ijk}$$

ij = 1.2... .. p padres

k = 1.2... .. k repeticiones

μ = media poblacional

g_i = efecto de habilidad combinatoria general de la línea "i"

g_j = efecto de habilidad combinatoria general de la línea "j"

S_{ij} = efecto de habilidad combinatoria específica entre las líneas "i" y "j"

B_k = efecto verdadero del bloque k

e_{ijk} = error ambiental asociado con la observación (ij)

Y_{ijk} = valor fenotípico de la característica en estudio para el genotipo (ij) en el bloque k.

Con los datos obtenidos en un cruzamiento dialélico se puede descomponer la variación genética para una característica y estimar las contribuciones aditiva (σ^2_A) y dominante (σ^2_D) mediante las relaciones de covarianzas entre parientes.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Heterosis.

3.1.1. Heterosis para rendimiento y sus componentes.

Según la prueba de regresión múltiple el número de granos por panícula contribuye significativamente en el rendimiento de los híbridos. La variable registró alta heterosis (Cuadro 1), oscilando entre 79.64 o/o (17396 x Oryzica-1) y 147.35 o/o (11744 x Cica-7); Mallick et al (5) registraron heterosis negativa en todos los híbridos. El progenitor 11744 tuvo el mejor comportamiento promedio heterótico. Los híbridos 11744 x Cica - 4, 11744 x Cica-7 y Oryzica-2 x 11744 alcanzaron 195, 191 y 190 granos por panícula respectivamente.

La media del peso de 1000 granos de progenitores e híbridos fue 24.87 y 26.18 g respectivamente. Los materiales destacados fueron Oryzica -2 x 17396, Oryzica-2 x Oryzica-1 y 17396 x Oryzica-1 con valores por encima de 28.2 g. La heterosis varió entre 97.73 y 110.70 o/o para los híbridos 11744 x Cica-7 y Oryzica-2 x 17396. Maurya y Singh (7) señalaron resultados similares, mientras que Paramasivan (8) registró heterosis negativa en todos los híbridos.

En el número de tallos efectivos por planta se registró poca variación en los diferentes materiales (padres e híbridos) y el ahijamiento efectivo fue moderadamente bajo, a pesar de la distancia de siembra amplia. Sin embargo, trabajos realizados por el ICA indican que el ahijamiento intermedio se asocia con alto rendimiento. En general, investigaciones en arroz consignan

Cuadro 1

Heterosis (H) y heterobeltiosis (HB) para rendimiento y sus componentes en 15 híbridos

Genotipo	Macollas efectivas		Peso 1000 granos		No. Granos/panícula		Rendimiento	
	H	HB	H	HB	H	HB	H	HB
Oryzica-2 x 17396	100.00	98.03	110.70	108.91	109.72	105.44	117.45	102.83
Oryzica-2 x 11744	101.85	93.22	107.03	99.21	142.91	136.62	125.18	115.82
Oryzica-2 x Cica-7	115.09	107.01	103.39	101.02	131.65	128.54	134.68	122.50
Oryzica-2 x Cica-4	106.93	103.84	106.33	99.60	127.32	114.66	144.12	139.42
Oryzica-2 x Oryzica-1	101.92	96.36	109.50	107.23	131.97	127.16	124.05	115.90
17396 x 11744	101.81	94.91	107.53	98.19	126.35	125.67	119.76	112.77
17396 x Cica-7	112.96	107.01	101.93	101.21	92.56	86.93	98.97	94.86
17396 x Cica-4	110.67	109.61	109.92	101.42	112.06	104.73	113.07	101.96
17396 x Oryzica-1	98.11	94.54	106.61	106.10	79.64	73.86	66.39	61.89
11744 x Cica-7	101.72	100.00	97.73	88.68	147.35	137.70	110.73	108.69
11744 x Cica-4	93.69	88.13	106.69	105.49	131.31	123.34	133.85	127.81
11744 x Oryzica-1	98.24	94.91	105.21	95.67	116.34	107.36	101.06	99.75
Cica-8 x Cica-4	111.92	107.01	101.42	92.98	96.08	84.70	97.33	91.30
Cica-7 x Oryzica-1	103.57	101.75	99.95	99.71	126.70	125.00	104.90	101.90
Cica-4 x Oryzica-1	97.19	94.54	105.88	92.27	118.73	103.47	122.38	118.05

que en los híbridos el número de tallos efectivos se asocia negativamente con el número de granos por panícula. La heterosis varió entre 93.69 y 115.09 o/o (Cuadro 1), mientras que para Mallick *et al* (5) osciló entre 94.2 y 176.9 o/o.

En rendimiento, la heterosis varió entre 66.39 y 144.12 o/o para 17396 x *Oryzica*-1 y *Oryzica*-2 x *Cica*-4. Mallick *et al* (5), Maurya y Singh (7) reseñaron resultados similares, mientras que Virmani *et al* (10) consignaron valores muy superiores (173 o/o). Los híbridos *Oryzica*-2 x *Cica*-4, 11744 x *Cica*-4, 17396 x 11744, *Oryzica*-2 x *Cica*-7 y *Oryzica*-2 x 17396 se destacaron por su alto rendimiento (7.5 -8.5 t/ha).

3.1.2. Heterosis para caracteres morfológicos.

Los híbridos y parentales florecieron en promedio a los 105 y 109 días respectivamente, en consecuencia, los híbridos fueron mas precoces al llegar a floración (3.7 o/o) que sus padres. La heterosis para días a floración varió entre 86.6 o/o (11744 x *Oryzica*-1) y 101.57 o/o (11744 x *Cica*-7). En general, la heterosis de los híbridos fue negativa, resultados similares a los de Mallick *et al* (5) y Mandal (6). Algunos híbridos (*Oryzica*-2 x *Cica*-4, *Oryzica*-2 x 17396) lograron cierta precocidad sin reducir el rendimiento, luego, aumentaron su eficiencia de producción (rendimiento en grano/día). Virmani *et al* (10) mencionaron híbridos con esta misma tendencia.

El vigor híbrido para el número de tallos totales por planta no fue claro, pues la mitad de los híbridos presentaron heterosis negativa y la otra mitad heterosis positiva, cuyo rango varió entre 90 y 111.93 o/o (Cuadro 2). *Cica*-7 presentó la mayor respuesta promedia, 105 o/o de heterosis, y en los cinco híbridos de mejor comportamiento estuvo implicada como progenitor pistilado o estaminado.

La esterilidad en los híbridos intervarietales es mas pronunciada en arroz que en otras plantas cultivadas con 20-80 o/o de espiguillas esteriles, aunque algunos son completamente esteriles, mientras que variedades con buen manejo del cultivo y crecimiento apropiado obtienen alto rendimiento con esterilidad del 10-15 o/o de espiguillas (Jennings, Coffman y Kauffman, 4). La variable registró alta heterosis (Cuadro 2), variando entre 93 (*Oryzica*-2 x *Oryzica*-1) y 256.94 o/o (17396 x *Oryzica*-1). En general, los híbridos registraron mas espículas vanas por panícula que los progenitores; sin embargo la esterilidad híbrida osciló entre 17.82 y 47.62 o/o. Aunque la esterilidad es altamente heredable se debe precisar que tanto se debe al ambiente y de que manera éste es modificable.

Cuadro 2

Heterosis (H) y heterobeltiosis (HB) para días a floración, macollas totales por planta y espículas vanas por panícula en 15 híbridos de arroz

Genotipo	Días a floración		Macollas totales/planta		Espículas vanas/panícula	
	H	HB	H	HB	H	HB
Oryzica-2 x 17396	92.54	92.54	97.08	94.34	120.82	237.89
Oryzica-2 x 11744	93.07	93.38	100.00	91.66	74.20	133.52
Oryzica-2 x Cica-7	96.80	101.20	111.93	103.39	150.09	300.75
Oryzica-2 x Cica-4	99.88	104.82	101.81	93.33	113.91	242.76
Oryzica-2 x Oryzica-1	87.12	89.02	97.25	89.83	93.00	219.68
17396 x 11744	95.49	95.80	100.88	95.00	148.69	158.38
17396 x Cica-7	96.57	100.96	110.71	105.08	208.81	229.85
17396 x Cica-4	100.11	105.06	102.65	96.66	94.12	99.31
17396 x Oryzica-1	90.26	92.22	92.86	88.13	256.94	291.34
11744 x Cica-7	101.95	106.22	102.52	101.66	120.88	142.54
11744 x Cica-4	101.81	106.26	90.00	90.00	120.49	135.86
11744 x Oryzica-1	86.61	87.64	94.12	93.33	108.09	131.50
Cica-7 x Cica-4	97.48	97.83	104.20	103.33	160.57	167.16
Cica-7 x Oryzica-1	97.31	99.52	100.00	100.00	247.51	254.33
Cica-4 x Oryzica-1	99.53	102.17	90.76	90.00	238.97	255.90

Las progenies tendieron a ser mas altas que sus progenitores, pues sólo el híbrido 17396 x Oryzica-1 tuvo heterosis negativa (Cuadro 3). Generalmente se asocian la altura y el volcamiento, pero en este último parecen intervenir también la zona de enraizamiento, el grosor de tallos, el ahijamiento y la resistencia a pudriciones de tallo y raíz. La altura osciló entre 78.8 cm y 94.3 cm, conservándose el porte semienano de los padres, a pesar de la heterosis obtenida (99.61- 112.64 o/o), la cual es inferior a la mencionada por Mallick *et al* (5) y Mandal (6). Virmani *et al* (10) reseñó mayor resistencia al volcamiento de los híbridos comparados con sus padres, aunque ellos fueron mas altos (5- 10 cm).

En el índice de área foliar (IAF) intervienen el largo y ancho de las hojas, el ahijamiento, el número promedio de hojas por tallo y densidad de siembra. No obstante la heterosis obtenida (55.62- 119.58 o/o), no hubo diferencias estadísticamente claras entre los materiales, por la poca variación (numérica) de los genotipos, sin embargo, los progenitores tienden a producir mas follaje que los híbridos. Sería interesante determinar el tiempo de actividad fotosintética, particularmente de las hojas que mas contribuyen al llenado de los granos. La variable contribuye significativamente en el rendimiento de los híbridos (regresión múltiple).

La similitud entre progenitores e híbridos para el peso de la raíz pudo ser la causa de la asociación no significativa entre esta y el rendimiento. La heterosis osciló entre 74.74 y 143.08 o/o (Cuadro 3) y combinó mejor el progenitor con la zona de enraizamiento mas pobre, Cica-7. Los híbridos Cica-7 x Cica-4 (4.5g) y 11744 x Cica-7 (4.4 g) obtuvieron los mayores valores.

La longitud media de la panícula fue de 24.42 cm, oscilando entre 21.70 cm (Oryzica-1) y 26.27 cm (Oryzica-2 x 17396). En todos los híbridos la heterosis fue positiva (102.97- 114.95 o/o), resultado contrario al de Mandal (6). Los progenitores Oryzica-2 y 17396 tuvieron buen comportamiento por sí, complementaron bien con los demás y el cruzamiento específico formado por ellos registró las panículas mas largas. En arroz, un centímetro de panícula significa producir 6-9 granos, de ahí la importancia de esta característica.

3.2. Componentes de varianza.

El análisis de varianza presentó diferencias significativas entre híbridos y variedades para las características evaluadas, efectos de bloques en todas las variables estudiadas excepto para longitud de panícula y espículas vanas por panícula y coeficiente de variación aceptables. Los efectos significativos entre genotipos indican variación entre los distintos materiales, hecho

Cuadro 3

Heterosis (H) y heterobeltiosis (HB) para altura, índice de área foliar, peso de raíz y longitud de panícula en 15 híbridos de arroz

Genotipo	Altura		IAF		Peso de raíz		Longitud de panícula	
	H	HB	H	HB	H	HB	H	HB
Oryzica-2 x 17396	106.39	106.39	91.36	84.57	93.42	87.09	108.35	105.20
Oryzica-2 x 11744	103.50	103.56	88.81	87.09	81.29	71.59	110.88	109.88
Oryzica-2 x Cica-7	103.79	104.63	119.59	116.78	138.21	126.86	107.71	107.03
Oryzica-2 x Cica-4	112.64	119.63	106.84	103.80	98.18	95.74	110.36	107.01
Oryzica-2 x Oryzica-1	101.14	101.30	82.05	78.53	119.03	109.70	109.34	105.10
17396 x 11744	104.39	104.62	87.88	82.86	95.47	89.77	104.11	100.20
17396 x Cica-7	103.35	104.48	99.05	89.71	116.85	100.64	102.97	100.60
17396 x Cica-4	107.92	114.27	90.09	85.71	118.92	113.55	106.16	100.10
17396 x Oryzica-1	99.62	99.74	55.62	53.71	107.46	92.90	103.59	96.80
11744 x Cica-7	102.64	103.53	103.70	99.35	122.92	100.57	104.21	102.62
11744 x Cica-4	107.69	114.30	92.65	91.77	97.16	87.50	108.85	106.49
11744 x Oryzica-1	102.05	102.15	84.28	82.21	74.74	61.36	105.80	102.60
Cica-7 x Cica-4	104.32	111.73	87.33	82.91	143.08	128.37	106.15	102.31
Cica-7 x Oryzica-1	101.68	102.66	112.79	105.52	139.55	138.94	107.96	103.15
Cica-4 x Oryzica-1	110.14	116.77	92.21	90.80	129.13	116.31	114.95	113.95

que se registró en las diferentes manifestaciones fenotípicas.

La heredabilidad es propiedad del carácter, de la población y de las circunstancias ambientales a las que están sujetos los individuos (Falconer, 3). En arroz la heredabilidad de una característica se obtiene al promediar los diferentes valores registrados en diferentes ambientes.

El rendimiento presentó baja magnitud de heredabilidad (27.81 o/o), valores que corresponden a un carácter poligénico y complejo. El peso de 1000 granos (95.02 o/o) y el número de granos (84.95 o/o) fueron los componentes de rendimiento más heredables, en ellos el componente genético fue importante en la expresión fenotípica. Los rasgos menos heredables fueron ahijamiento total (12.75 o/o), efectivo (13.64 o/o) y peso de raíz (27.56 o/o) esperándose poca continuidad para tales características entre padres e hijos. El IAF presenta 38.72 o/o de heredabilidad, lo cual indica alta influencia ambiental (Cuadro 4).

3.3. Habilidad combinatoria general (HCG) y habilidad combinatoria específica (HCE).

Los cuadrados medios de la HCG muestran diferencias altamente significativas para peso de 1000 granos y tallos efectivos por planta y los de HCE señalan diferencias altamente significativas entre genotipos para rendimiento, peso y número de granos por panícula (Cuadro 5), indicando que en la variación entre genotipos para rendimiento y sus componentes participan efectos de HCG (varianza genética aditiva) y de HCE (varianza genética no aditiva).

Los valores de los efectos de HCG en rendimiento fueron bajos y coherentes con la no significancia del cuadrado medio de la HCG para tal característica, mientras que algunos efectos de HCE son de mayor magnitud y significativos, indicando que se deben hacer cruzamientos específicos para mejorar el rendimiento.

Con base en los efectos de HCG para peso de 1000 granos los progenitores de mejor comportamiento fueron 17396, Oryzica-1 y Oryzica-2 y los híbridos Oryzica-2 x 17396 (1.16) y Oryzica-2 x Oryzica-1 (1.15), en los cuales están implicados estos progenitores, tienen los mayores efectos de HCE.

Para número de granos por panícula, los efectos de HCE presentan variación y a la vez son mayores que los de HCG presentándose diferencias entre híbridos pero no entre progenitores. En el número de tallos efectivos sucede lo contrario, Cica-7, sobresale como progenitor pero no exis-

Cuadro 4

Varianza genética (heredabilidad en sentido amplio) y varianza ambiental para las características de seis progenitores de arroz y sus híbridos

Características	Varianza (o/o)		
	σ_G^2	σ_B^2	σ_e^2
Altura	60.58	2.97	36.44
Días a floración	87.69	1.45	10.86
Ciclo	78.10	3.23	18.67
Peso de raíz	25.56	17.24	55.20
Macollas totales/planta	12.75	16.44	70.81
Macollas efectivas/planta	13.54	14.18	72.18
Peso de 1000 granos	95.02	0.39	4.59
Longitud de panícula	77.45	0.74	21.81
Espículas vanas/panícula	82.36	0.18	17.46
Granos/panícula	84.95	0.02	13.02
Rendimiento	27.81	19.54	52.64
IAF (sacabocado)	28.54	10.74	60.72
IAF (largo x ancho)	38.72	6.50	54.77

Cuadro 5

Cuadros medios de la habilidad combinatoria general y habilidad combinatoria específica para rendimiento y sus componentes en arroz

F de V	Rendimiento		Peso de 1000 granos		Granos/panícula		Tallos efectivos/planta		
	GL	CM	Fc	CM	Fc	CM	Fc	CM	
HCG	5	0.17	0.37	43.06**	11.43	4.396.04	1.94	7.69**	5.66
HCE	15	0.46*	3.69	3.76*	23.20	2.269.52**	21.95	2.03	1.03
Error	60	0.12		0.16		103.38		2.11	
	5	2.90 (5 o/o)		15	1.83 (5 o/o)				
Ft	15	4.56 (1 o/o)		60	2.36 (1 o/o)				

ten diferencias entre híbridos.

En rendimiento, granos por panícula y peso de granos, existe asociación entre heterosis y efectos de HCE.

Para peso de 1000 granos y tallos efectivos predominó la varianza aditiva, resultado coherente con la significancia de HCG para estas variables. Para número de granos por panícula sobresalió la varianza dominante, hecho coincidente con las diferencias significativas para HCE en esta característica mientras que para rendimiento la varianza aditiva fue escasa, lo cual confirma los bajos efectos de HCG y la no significancia de la HCG para esta variable (Cuadro 6).

4. CONCLUSIONES

- 4.1. El mayor valor heterótico respecto al promedio y mejor parental en rendimiento fue 144.12 o/o y 139.42 o/o en el híbrido Oryzica -2 x Cica-4, el cual rindió 8.5 t/ha. La heterosis para rendimiento fue mayor que la de sus componentes.
- 4.2. En la variación entre genotipos para rendimiento, peso y número de granos por panícula participan efectos de HCE (varianza genética no aditiva) y para peso de granos y tallos efectivos participan efectos de HCG (varianza genética aditiva).
- 4.3. La heterosis en rendimiento, granos por panícula y peso de 1000 granos se asocia con efectos de HCE. En consecuencia en la expresión heterótica del rendimiento y sus componentes es real el efecto de la acción génica no aditiva. Los efectos de HCE en rendimiento fueron significativos, pero no los efectos de HCG, por tanto para lograr buen rendimiento en híbridos debe hacerse cruzamientos específicos.

5. BIBLIOGRAFIA

1. ARISTIZABAL, D. Historia de la investigación de arroz en Colombia. In: Programa para el desarrollo de capacidad científica para la producción de arroz. Villavicencio, 1985. 34 p.
2. ATHWAL, D. S.; VIRMANI, S. S. Cytoplasmic male sterility and hybrid breeding in rice. Los Baños, IRRI, 1972. pp. 615-621.
3. FALCONER, D. S. Introducción a la genética cuantitativa. 3a. imp. México, CEC, 1972. pp. 149-201, 329-341.

Cuadro 6

Estimadores de la varianza aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) y dominante ($\hat{\sigma}_D^2$) asociados con el rendimiento y sus componentes en arroz

Parámetros	Rendimiento	Peso de 1000 granos	Granos/panícula	Macollas efectivas/planta
$2 \hat{\sigma}_g^2 = \hat{\sigma}_A^2$.	2.45	132.91	0.35
$\hat{\sigma}_S^2 = \hat{\sigma}_D^2$	0.08	0.90	541.53	0.02
h^2 (EE)	.	0.69	0.17	0.17

4. JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. Mejoramiento de arroz. Cali, CIAT, 1981. pp. 99-121.
5. MALLICK, E. H.; GHOSH HAJRA, N.; BAIRAGI, P. Heterosis in indica rice. Indian J. Agric. Sci. v. 48, no. 7, p 384-387. 1978.
6. MANDAL, B. K. Note on the estimates of heterosis for nine quantitative characters in rice. Indian J. Agric. Sci. v 52, no. 10, p 699-700. 1982.
7. MAURYA, D. M.; SINGH, D. P. Heterosis in rice. Indian J. Genet Plant Breed. v. 38, no. 1, p 71-76. 1978.
8. PARAMASIVAN, K. S. Study of heterosis in hybrids of rice varieties. Madras Agric. J. v. 66, no. 12, p 833-836. 1979.
9. VIRMANI, S. S.; CHAUDHARY, R. C.; KHUSH, G. S. Current outlook on hybrid rice. Oryza. v. 18, p 67-84. 1981.
10. —————. AUINO, R. C.; KHUSH, G. S. Heterosis breeding in rice *Oryza sativa* L. Theor. Appl. Genet. v. 63, p. 373-380. 1982.
11. —————. EDWARDS, I. B. Current status and future prospects for breeding hybrid rice and wheat. Advances in Agronomy. v. 36, p. 145-214. 1983.