

Vigor Híbrido y Capacidad Combinatoria en Trigo (*T. aestivum* L.) para Rendimiento y sus Componentes, Macollaje, Altura y Ciclo a Espigazón¹

M.R. Simón*

ABSTRACT

Five wheat (*T. aestivum* L.) cultivars were crossed in a diallel system. Heterosis, heterobeltiosis and combining ability in eight characters were evaluated for grain yield, number of spikes per plant, number of spikelets per spike, kernel weight, tillering, plant height and heading date. Heterosis and heterobeltiosis for grain yield ranked from -38.23% to 98.90% and from -43.86% to 90.48%, respectively. There was neither increase nor reduction in the height of the hybrids as compared with their parents' average. The hybrids' heading dates were earlier than their parents' average. Griffing's combining ability analysis, method 2, model 1, indicated preponderance of general combining ability (additive gene action) in number of spikelets per spike, number of grains per spike, kernel weight, plant height and heading date and preponderance of specific combining ability (non-additive gene action) in grain yield, number of spikes per plant and tillering. The data show that, in some hybrid combinations, genetic barriers that preclude use in hybrid wheat do not exist.

INTRODUCCION

La producción de trigos híbridos exige el logro de un incremento considerable de rendimiento sobre el de las mejores variedades, que debe compensar el alto costo de la semilla obtenida. La manifestación del vigor híbrido en el rendimiento ha sido diferente en los diversos trabajos realizados al respecto. Bitzer y Fu (2) señalaron que los híbridos no fueron significativamente superiores en producción al mejor progenitor. Müller *et al.* (9) determinaron que algunos de los cruzamientos obtenidos dieron valores superiores al progenitor de mayor rendimiento. Patterson y Bitzer (11), y Wilson (15) señalaron que los híbridos más productivos serán aquellos que se obtengan entre progenitores, con una amplia diversidad genética.

¹ Recibido para publicación el 26 de abril de 1988

Trabajo realizado en la Cátedra de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata 60 y 118 La Plata. Profesor Titular: Héctor O. Arriaga

La autora agradece al Profesor Titular de Genética y Mejoramiento Vegetal, Ing. Agr. Miguel Arturi, la lectura crítica de este trabajo.

* Jefe de Trabajos Prácticos de dicha Cátedra

COMPENDIO

Se cruzaron cinco variedades de trigo (*T. aestivum* L.) en un sistema diallelo. Se evaluó heterosis, heterobeltiosis y capacidad combinatoria en ocho caracteres, a saber: rendimiento, número de espigas por planta, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, peso de mil granos, macollaje, altura y ciclo a espigazón. La heterosis y heterobeltiosis para rendimiento variaron de -38.23% a 98.90%, y de -43.86% a 90.48%, respectivamente. No hubo incrementos o reducciones en la altura de los híbridos en relación al promedio de sus progenitores. Las fechas de espigazón de los híbridos fueron más tempranas que el promedio de sus progenitores. El análisis de capacidad combinatoria de Griffing, método 2, modelo 1, indicó la preponderancia de la capacidad combinatoria general (acción génica aditiva) en número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, peso de mil granos, altura y ciclo a espigazón; y preponderancia de la capacidad combinatoria específica (acción génica no aditiva) en rendimiento, número de espigas por planta y macollaje. Los datos muestran que algunas de las combinaciones híbridas no presentan barreras genéticas que impidan su utilización en trigos híbridos.

También, se han detectado diferencias en el vigor híbrido de los diferentes componentes del rendimiento (4, 9, 10, 11)

Resulta de interés, además, determinar el comportamiento de los híbridos con respecto a altura de planta y a ciclo a espigazón. En estos caracteres, Bitzer y Fu (2) encontraron que los híbridos fueron ligeramente más bajos que el progenitor más alto y, en general, de ciclo más largo que el progenitor más precoz. Brown *et al.* (3) hallaron que la mayor parte de los híbridos superaron en altura al promedio de los progenitores y algunos de ellos fueron superiores al progenitor más alto. Nettevic (10) determinó que los híbridos fueron intermedios con respecto a sus progenitores, o iguales al progenitor más precoz. Anwar y Chowdhry (1) encontraron que los cruzamientos obtenidos fueron superiores en altura al promedio de los progenitores y que el ciclo de los mismos se acercó a dicho promedio.

Se han realizado varios trabajos para determinar la capacidad combinatoria general y específica en trigo. La capacidad combinatoria general está asociada con

acción génica aditiva, en tanto que la capacidad combinatoria específica está determinada por acción génica no aditiva (5, 7). En consecuencia, los cruzamientos que se destacan por su capacidad combinatoria específica, pueden ser utilizados en la obtención de híbridos; en tanto que los destacados por su capacidad combinatoria general pueden ser utilizados en la obtención de variedades. Las capacidades, combinatoria general y específica, se han encontrado presentes en diversos caracteres, tales como rendimiento y sus componentes, ciclo a espigazón y altura, dependiendo de los progenitores utilizados en los cruzamientos (2, 8, 9, 13, 14)

En este trabajo se investigó la magnitud de la heterosis, valor superior al promedio de los progenitores; y de la heterobeltiosis, valor superior al mejor progenitor del cruzamiento, expresadas en el rendimiento, sus componentes, macollaje, altura y ciclo a espigazón, entre variedades argentinas de trigo.

MATERIALES Y METODOS

Los cruzamientos se realizaron manualmente entre cinco variedades con amplia diversidad genética: Buck Manantial, Buck Ñandú, Dekalb Chañar, Marcos Juárez y Klein Atalaya (Cuadro 1). Además, las variedades diferían genéticamente en altura de planta y ciclo a espigazón. Buck Manantial representó a los genotipos altos, y Buck Ñandú a los bajos; los genotipos restantes eran intermedios. Dekalb Chañar y Buck Manantial representaron a las variedades de ciclo largo, Buck Ñandú a las intermedias, y Marcos Juárez y Klein Atalaya a las de ciclo corto. Los cruzamientos se realizaron durante el año agrícola 1983-84, utilizando un sistema dialelo.

El ensayo realizado con la semilla proveniente de los cruzamientos y los cinco progenitores, se estableció en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Plata, durante el año agrícola 1984-85. El diseño

Cuadro 1. Genealogía de las variedades.

Variedad	Genealogía
Buck Ñandú	[INIA x (Sonora 64 x Tezanos Pinto)] x Yaqui 54
Buck Manantial	Rafaela MAG x Buck Quequén
Dekalb Chañar	[(Yaqui 54 x Kentana 54) x (Africa x Mayo 54) ²] x Ciano
Marcos Juárez INTA	Sonora 64 x Klein Rendidor
Klein Atalaya	No. 66-BV 4A x CC-WE

utilizado fue el de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Cada parcela estuvo constituida por un surco con veinticinco semillas distanciadas a cuatro centímetros. El porcentaje de germinación fue superior al 90%. Después de la emergencia de la semilla, se replantó para uniformar la población en las parcelas en que se habían producido deficiencias en el nacimiento. No se aplicaron fertilizantes ni riego adicional.

Se evaluaron los siguientes caracteres: rendimiento por planta (g/planta), número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, peso de mil granos (g), número de macollos, altura de planta (cm) y ciclo a espigazón (días). Las determinaciones se realizaron sobre veinte plantas de cada parcela.

Se determinó el porcentaje de heterosis y heterobeltiosis de los híbridos. La significancia de dichos porcentajes se estimó mediante el método de diferencias mínimas significativas de Duncan. Por el mismo método se compararon las diferencias entre los tratamientos. Además, se calculó el incremento de rendimiento de los híbridos sobre la mejor variedad del ensayo.

Se realizó un análisis de capacidad combinatoria, utilizando el método 2, modelo 1 de Griffing (6)

Se efectuó un análisis de correlación simple entre todos los caracteres estudiados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Hubo diferencias significativas entre los genotipos para todos los caracteres en estudio. Al subdividir los grados de libertad de los mismos, se detectaron diferencias entre los progenitores en número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, peso de mil granos, altura de planta y ciclo a espigazón. Los híbridos presentaron diferencias significativas para todos los caracteres (Cuadro 2). En el Cuadro 3, se comparan los valores medios de los progenitores y sus híbridos.

Heterosis

En el Cuadro 4, se presentan los porcentajes para cada uno de los parámetros en cada cruzamiento. Todos los caracteres, con excepción de peso de mil granos y ciclo a espigazón, dieron porcentajes de heterosis significativos en algunos de los híbridos. Para rendimiento, el valor promedio fue de 47.95% con un rango que osciló entre -38.23% y 98.90%. Sólo un cruzamiento fue inferior a la media de sus progenitores, pero no resultó significativo. Seis cruzaes fueron significativamente superiores. El porcentaje promedio para este carácter se constituyó en el más alto, consi-

Cuadro 2. Cuadrados medios para progenitores e híbridos F₁.

Fuentes de variación	GL	Cuadrados medios							
		Rendimiento	Espiga/planta	Espiguillas/espiga	Granos/espiga	Peso de mil granos	Macollaje	Altura	Ciclo a espigazón
Bloques	3	0.39	0.20	3.14	9.66	20.66*	0.56	53.09	6.82
Genotipos	14	1.94*	1.43**	10.17**	72.02**	85.71**	2.02*	439.08**	147.63**
Progenitores	4	0.47	0.64	7.16**	27.21*	128.66**	0.94	508.79**	284.00**
Híbridos	9	1.85**	1.50**	10.83**	87.13**	75.60**	1.97*	456.38**	70.77**
Progenitores vs híbridos	1	8.63**	3.96**	16.27**	115.27**	4.90	6.93**	4.54	287.17**
Error	42	0.29	0.33	1.18	6.38	5.58	0.61	13.70	1.67
CV (%)		23.30	20.39	2.66	10.54	6.87	20.60	4.21	1.65

derando todas las determinaciones realizadas, demostrando una tendencia favorable de los híbridos al compararlos con el promedio de sus respectivos progenitores. Coincidentemente con los resultados obtenidos, numerosos investigadores han encontrado heterosis para rendimiento en algunos de los cruzamientos realizados entre progenitores con amplia diversidad genética, tal como ha sido señalado por Patterson y Bitzer (11) y Wilson (15).

El número de espigas por planta presentó un promedio de 23% sobre la media de los padres, variando entre -29% y 55.30%. Hubo un sólo valor inferior al promedio de los progenitores que no resultó significativo. Tres híbridos alcanzaron diferencias altamente significativas. Otros investigadores que coinciden con estos resultados, han encontrado heterosis para este carácter en algunos de los cruzamientos (4, 9).

En el número de espiguillas por espiga, el porcentaje promedio de heterosis fue bajo (7.98%), con un

rango que osciló entre -9.6% y 19.64%. Tres valores fueron inferiores al promedio de los progenitores, pero no tuvieron significancia. En cambio, seis cruzamientos dieron diferencias significativas sobre la media de sus respectivos progenitores. Nettevic (10) también encontró heterosis para este carácter.

El valor medio de los porcentajes de heterosis de número de granos por espiga fue de 12.75%, con valores que oscilaron entre -16.86% y 39.56%. Un híbrido dio valores significativamente inferiores, con respecto al promedio de sus respectivos progenitores, y siete fueron significativamente superiores. Concuerdan con estos resultados, Chowdhry *et al.* (4) y Rai y Stoskopf (12) quienes señalaron la presencia de heterosis para este carácter. Otros investigadores han encontrado porcentajes de heterosis poco frecuentes (9, 10).

El peso de mil granos tuvo una media de 1.76%, con una amplitud de -8.44% a 8.15%. No hubo nin-

Cuadro 3. Valores medios de los progenitores y sus híbridos.

Genotipo	Rendimiento	Espigas/planta	Espiguillas/espiga	Granos/espiga
Buck Ñandú	1.61 ab	2.17 ab	16.22 efg	25.25 cde
Buck Manantial	1.74 abc	2.43 abcd	13.85 bc	22.52 abcde
Dekalb Chañar	1.36 a	2.28 abc	13.75 bc	23.02 bcde
Marcos Juárez	2.28 bcde	3.17 cdef	12.53 ab	18.24 ab
Klein Atalaya	1.89 abcd	2.29 abc	14.19 bed	20.88 abc
Buck Ñandú x Buck Manantial	2.85 e	2.73 abcd	17.59 g	33.33 f
Buck Ñandú x Dekalb Chañar	2.60 cde	2.84 abcde	16.9 g	28.1 def
Buck Ñandú x Marcos Juárez	2.29 bcde	2.78 abcde	13.93 bc	20.79 abc
Buck Ñandú x Klein Atalaya	1.87 abcd	2.44 abcd	13.83 bc	21.95 abcde
Buck Manantial x Dekalb Chañar	2.40 bcde	3.38 def	16.51 fg	28.37 ef
Buck Manantial x Marcos Juárez	2.73 de	3.01 bcde	15.45 cdef	24.80 cde
Buck Manantial x Klein Atalaya	3.60 f	3.66 ef	15.94 defg	26.23 cde
Dekalb Chañar x Marcos Juárez	3.42 ef	4.05 f	15.23 cdef	24.16 bcde
Dekalb Chañar x Klein Atalaya	2.76 de	3.31 def	14.72 cde	25.38 cde
Marcos Juárez x Klein Atalaya	1.28 a	1.94 a	12.08 a	16.27 a

Continuación Cuadro 3.

Genotipo	Peso de mil granos	Macollaje	Altura	Ciclo a espigazón
Buck Ñandu	34.55 bed	2.79 ab	75.69 a	78.25 c
Buck Manantial	31.30 ab	3.36 abed	105.94 g	89.75 f
Dekalb Chañar	25.83 a	3.11 abc	84.58 cd	91.25 f
Marcos Juárez	39.40 d	4.09 bedef	83.02 cd	75.00 b
Klein Atalaya	39.03 d	3.45 abede	88.30 d	73.25 ab
Buck Ñandú x Buck Manantial	30.9 ab	3.77 abcdef	95.52 e	80.75 d
Buck Ñandú x Dekalb Chañar	32.64 bc	3.86 abcdef	82.12 c	80.75 d
Buck Ñandú x Marcos Juárez	39.13 d	3.88 abcdef	76.54 ab	72.50 a
Buck Ñandú x Klein Atalaya	35.07 bed	3.03 abc	81.59 bc	73.50 ab
Buck Manantial x Dekalb Chañar	25.41 a	4.24 cdef	100.08 ef	85.50 e
Buck Manantial x Marcos Juárez	36.97 bed	3.87 abcdef	97.18 e	74.00 ab
Buck Manantial x Klein Atalaya	37.07 cd	4.98 abcdef	105.02 fg	74.25 ab
Dekalb Chañar x Marcos Juárez	34.80 bed	4.69 ef	84.51 cd	74.75 b
Dekalb Chañar x Klein Atalaya	33.48 bc	4.58 def	86.32 cd	77.25 c
Marcos Juárez x Klein Atalaya	40.46 d	2.75 a	72.87 a	74.75 b

Las medias en la misma columna, seguidas por la misma letra, no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo al test de Rango Múltiple de Duncan ($P \leq 0.05$)

gún cruzamiento con un porcentaje significativo de heterosis. Rai y Stoskopf (12) coinciden con estos resultados. Sin embargo, Müller *et al* (9) y Nettevic (10), encontraron heterosis significativa para este carácter.

El macollaje tuvo un promedio de 18.77%, con un rango que varió entre -27.06% y 46.04%. Dos cruzamientos dieron valores inferiores a la media de sus progenitores, pero no resultaron significativos. Tres híbridos fueron significativamente superiores al promedio de sus progenitores. Rai y Stoskopf (12) también encontraron porcentajes significativos de heterosis en sus cruzamientos.

En el carácter altura, el porcentaje promedio fue de 0.53%, oscilando entre -15% y 8.13%, de manera

que en general no hubo manifestación de heterosis. Sólo un cruzamiento fue superior a la media de sus progenitores y otro significativamente inferior. Algunos de los cruzamientos se acercaron al progenitor más alto y otros al más bajo, pero sin desviarse significativamente del promedio. Sólo un híbrido fue notoriamente más pequeño que el más bajo de sus progenitores. Sin embargo, con otro germoplasma, se han encontrado porcentajes variables de heterosis para este carácter (1, 2, 3, 4).

Con respecto al ciclo a espigazón, el valor promedio fue de -5.6%; el rango varió entre -10.16% y 0.85%. Ninguno de los híbridos manifestó heterosis significativa para este carácter; en cambio, nueve valores fueron significativamente inferiores al promedio de sus progenitores. La mayor parte de los cruzamien-

Cuadro 4. Porcentaje de heterosis en los híbridos F₁.

Híbridos	Porcentaje de heterosis			
	Rendimiento	Espiga/planta	Espiguilla/espiga	Granos/espigas
Buck Ñandú x Buck Manantial	70.15**	18.59	17.01**	39.56**
Buck Ñandú x Dekalb Chañar	75.67**	27.54	12.74*	16.42*
Buck Ñandú x Marcos Juárez	17.74	4.12	-3.10	-4.38
Buck Ñandú x Klein Atalaya	6.86	9.14	-9.03	4.90
Buck Manantial x Dekalb Chañar	54.84*	43.48**	19.64**	22.38**
Buck Manantial x Marcos Juárez	35.82	7.60	17.15**	21.70**
Buck Manantial x Klein Atalaya	98.90**	55.30**	13.73*	20.87**
Dekalb Chañar x Marcos Juárez	87.91**	48.62	15.89**	17.11*
Dekalb Chañar x Klein Atalaya	69.85**	44.59**	5.37	15.59*
Marcos Juárez x Klein Atalaya	-38.23	-29.00	-9.60	-16.86*
Promedio	47.95	23.00	7.98	12.75

Continuación Cuadro 4.

Híbridos	Porcentaje de heterosis			
	Peso de mil granos	Macollaje	Altura	Ciclo a espigazón
Buck Nándú x Buck Manantial	-6.14	22.80	5.18	-3.87**
Buck Nándú x Dekalb Chañar	8.15	30.85	2.47	-4.72**
Buck Nándú x Marcos Juárez	5.81	12.79	-3.56	-5.23**
Buck Nándú x Klein Atalaya	-4.70	-2.89	-0.50	-2.93*
Buck Manantial x Dekalb Chañar	-8.44	31.27	5.06	-5.52**
Buck Manantial x Marcos Juárez	4.58	4.03	2.86	-10.16**
Buck Manantial x Klein Atalaya	5.43	46.04**	8.13*	-8.90**
Dekalb Chañar x Marcos Juárez	6.72	30.28*	0.85	-10.07**
Dekalb Chañar x Klein Atalaya	3.05	39.63*	-0.14	-6.08**
Marcos Juárez x Klein Atalaya	3.19	-27.06	-15.00*	0.85
Promedio	1.76	18.77	0.53	-5.60

* Significativo $P \leq 0.05$ ** Significativo $P \leq 0.01$

tos tuvo un ciclo más largo que el progenitor más precoz, pero se acercaron a él. Tres de ellos fueron de ciclo más corto que el progenitor más precoz, dos de los cuales dieron significancia. Estos resultados coinciden con los encontrados por otros investigadores (2, 10)

Tal como se ha señalado, la mayor parte de los investigadores han encontrado heterosis significativa para rendimiento. Sin embargo, no hay coincidencia en lo que sucede en los componentes del rendimiento. Ello indica que estos últimos han tenido una incidencia distinta en el incremento del rendimiento en los diversos trabajos realizados al respecto. En este trabajo se ha señalado que, si bien varios híbridos presentan valores superiores al promedio de los progenitores en el carácter rendimiento, el peso de mil granos no dio valores significativos de heterosis en ninguno de

los cruzamientos. Esto muestra la baja incidencia de este componente en el incremento del rendimiento.

Por otra parte, el análisis de correlación simple entre los ocho caracteres en estudio, incluyendo progenitores e híbridos (Cuadro 5), señala que el peso de mil granos y el ciclo a espigazón no estuvieron correlacionados con el rendimiento. El número de espigas por planta, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga, macollaje y altura de planta, presentaron correlaciones positivas y altamente significativas.

Heterobeltiosis

Los porcentajes alcanzados y su significancia se indican en el Cuadro 6. Para rendimiento, el porcentaje promedio fue de 31.29%, con un rango que osci-

Cuadro 5. Coeficientes de correlación simple entre los caracteres en estudio.

Variable	Espiga/planta	Espiguilla/espiga	Granos/espiga	Ciclo a espigazón	Macollaje	Altura	Rendimiento/planta
Peso de mil granos	-0.13	-0.36	-0.51	-0.72	-0.08	-0.35	-0.01
Espigas/planta		0.30	0.32	-0.18	0.81	0.40	0.84
Espiguillas/espiga			0.75	0.14	0.27	0.36	0.45
Granos/espiga				0.27	0.39	0.46	0.57
Ciclo a espigazón					-0.20	0.32	-0.28
Macollaje						0.45	0.84
Altura							0.47

r ≤ 0.31 significativo $P \leq 0.05$

Cuadro 6. Porcentaje de heterobeltiosis en los híbridos F₁.

Híbridos	Porcentajes de heterobeltiosis			
	Rendimiento	Espiga/planta	Espiguillas/espiga	Granos/espiga
Buck Ñandú x Buck Manantial	63.79**	12.35	8.45	32.00**
Buck Ñandú x Dekalb Chañar	49.43*	24.56	4.19	11.29
Buck Ñandú x Marcos Juárez	0.44	-12.30	-14.12**	-17.66**
Buck Ñandú x Klein Atalaya	-1.06	6.55	-14.73**	-13.07*
Buck Manantial x Dekalb Chañar	37.93	38.52*	19.21**	23.24**
Buck Manantial x Marcos Juárez	19.74	-5.05	11.55*	10.12
Buck Manantial x Klein Atalaya	90.48**	50.62**	12.33**	16.47*
Dekalb Chañar x Marcos Juárez	50.00**	27.76	10.76	4.95
Dekalb Chañar x Klein Atalaya	46.03*	44.54*	3.73	10.25
Marcos Juárez x Klein Atalaya	-43.86*	-38.80**	-14.87**	-22.08**
Promedio	31.29	14.87	3.87	5.55

Continuación Cuadro 6.

Híbridos	Porcentajes de heterobeltiosis			
	Peso de mil granos	Macollaje	Altura	Ciclo a espigazón
Buck Ñandú x Buck Manantial	-10.56*	12.20	-9.84**	-10.03**
Buck Ñandú x Dekalb Chañar	-5.53	24.12	-2.91	-11.51**
Buck Ñandú x Marcos Juárez	-0.69	-5.13	-7.81*	-7.35**
Buck Ñandú x Klein Atalaya	-10.15*	-12.17	-7.60*	-6.07**
Buck Manantial x Dekalb Chañar	-18.22**	26.19	-5.53	-6.30**
Buck Manantial x Marcos Juárez	-6.17	-5.38	-8.27**	-17.55**
Buck Manantial x Klein Atalaya	-5.02	44.35**	-0.87	-17.27**
Dekalb Chañar x Marcos Juárez	-11.68**	14.67	-0.08	-18.08**
Dekalb Chañar x Klein Atalaya	-14.22**	32.75*	-2.24	-15.34**
Marcos Juárez x Klein Atalaya	2.69	-32.76*	-17.47**	-0.33
Promedio	-8.01	9.88	-6.26	-10.98

* Significativo P ≤ 0.05

** Significativo P ≤ 0.01

ló entre -43.86% y 90.48%. Esto lo convierte en el promedio más alto, considerando todos los caracteres en estudio. Cinco cruzamientos fueron significativamente superiores al mejor progenitor y uno fue significativamente inferior. Por otra parte, los cinco híbridos que manifestaron heterobeltiosis también fueron superiores a la mejor variedad del ensayo, denominada Marcos Juárez. Los resultados obtenidos coinciden con lo señalado por Müller *et al.* (9). Sin embargo, Bitzer y Fu (2) determinaron que, dentro de su germoplasma, los híbridos no fueron significativamente superiores al mejor progenitor.

Para número de espigas por planta, el promedio fue de 14.87%, con un rango que varió entre -38.30% y 50.62%. Tres cruzamientos fueron significativamente superiores al mejor progenitor y tres significativamente inferiores.

En número de espiguillas por espiga, el porcentaje promedio fue de 3.87%, oscilando entre -14.87% y 19.21%. Tres valores resultaron significativamente superiores al mejor progenitor y tres significativamente inferiores.

Para número de granos por espiga, el promedio fue de 5.55%, con un rango que varió entre -22.08% y 32%. Tres híbridos fueron significativamente superiores al mejor progenitor y tres significativamente inferiores.

Para peso de mil granos, el promedio fue de -8.01% y el rango varió entre -18.22% y 2.69%, señalando una clara tendencia a disminuir sus valores con respecto al mejor de sus progenitores. Cinco híbridos fueron significativamente inferiores en relación al progenitor de mayor peso.

Si bien hay trabajos que señalan la presencia de heterobeltiosis en rendimiento, es poco frecuente que los cruzamientos superen al mejor progenitor en componentes del rendimiento. Sin embargo, como ya ha sido señalado en este trabajo, se encontró heterobeltiosis significativa en número de espigas por planta, número de espiguillas por espiga y número de granos por espiga en algunos de los híbridos.

Para el carácter macollaje, el promedio fue de 9.88% y la amplitud osciló entre -32.76% y 44.35%. Un cruzamiento fue significativamente inferior al mejor de sus progenitores y dos fueron significativamente superiores.

En altura, el promedio fue de -6.26%, variando entre -17.47% y -0.08%, de manera que todos los híbridos dieron valores inferiores a su progenitor más alto, siendo cinco de ellos significativos. Estos resultados coinciden con lo señalado por Bitzer y Fu (2). Brown *et al.* (3), en cambio, encontraron que algunos híbridos superaron al progenitor más alto.

En ciclo a espigazón, el porcentaje promedio fue de -10.98%, con un rango que osciló entre -18.08% y -0.33%. Por lo tanto, tampoco se manifestó heterobeltiosis significativa para este carácter en ninguno de los cruzamientos. Con excepción de uno de ellos, todos los híbridos dieron valores significativamente inferiores al progenitor de ciclo más largo.

Capacidad combinatoria

En el Cuadro 7 se indican los cuadrados medios de capacidad combinatoria general (CCG) y específica (CCE), y su significancia para cada uno de los caracteres en estudio.

La CCG fue significativa para todos los caracteres, excepto rendimiento y macollaje. Müller *et al.* (9) encontraron CCG significativa en número de espigas por planta, rendimiento, número de granos por espiga y

peso de mil granos. Bitzer y Fu (2) señalaron que la CCG fue significativa para la mayoría de los caracteres estudiados.

La CCE fue significativa para todos los caracteres en estudio. En diversos trabajos se ha señalado la presencia de CCE en distintos caracteres, según el germoplasma utilizado. Müller *et al.* (9) encontraron CCE significativa en rendimiento y número de granos por espiga. Walton (14) señaló que la CCE fue significativa en rendimiento. Singh *et al.* (13) determinaron que existió CCE en rendimiento, número de espigas y macollaje. Sin embargo, Bitzer y Fu (2) señalaron que la CCE no estuvo presente en la mayor parte de los caracteres estudiados.

Los estimadores de los efectos de CCG se incluyen en el Cuadro 8. Se observó que las variedades Buck Manantial y Dekalb Chañar, presentaron valores positivos para la mayor parte de los caracteres, lo que indica que dichos genotipos, en sus combinaciones híbridas, tienen un comportamiento superior al promedio de todos sus cruzamientos. Los valores negativos, por el contrario, indican que el genotipo presenta un comportamiento inferior.

Los estimadores de los efectos de CCE se presentan en el Cuadro 9. Hubo algunos cruzamientos que manifestaron buena CCE para la mayoría de los caracteres. Este es el caso de los híbridos Buck Manantial x Klein Atalaya, Dekalb Chañar x Marcos Juárez, Buck Ñandú x Dekalb Chañar, Dekalb Chañar x Klein Atalaya, y Buck Ñandú x Buck Manantial. En estos cruzamientos se estaría manifestando la acción génica no aditiva y no aditiva x ambiente, en tanto que en aquellas variedades que demostraron buena CCG, se habría manifestado con mayor intensidad la acción génica aditiva y la interacción aditiva x ambiente.

Las relaciones CCG/CCE (Cuadro 7) indican que la CCG tuvo mayor importancia que la CCE en el número de espiguillas por espiga, número de granos por es-

Cuadro 7. Cuadrados medios de capacidad combinatoria general y específica (CCG y CCE).

Fuente de variación	Cuadrados medios CCG y CCE								
	GL	Rendimiento	Espiga/planta	Espiguillas/espiga	Granos/espiga	Peso de mil granos	Macollaje	Altura	Ciclo de espigazón
CCG	4	0.36	1.08*	17.48**	140.50**	266.80**	1.26	1.336.60**	385.35**
CCE	10	2.58**	2.00**	7.26**	44.70**	13.29*	2.13**	80.20**	52.60**
Error	42	0.29	0.33	1.18	6.35	5.58	0.61	13.70	1.67
CCG/CCE		0.14	0.54	2.41	31.43	20.08	0.59	16.67	7.33

Significativo $P \leq 0.05$

Significativo $P \leq 0.01$

Cuadro 8. Estimaciones de los efectos de capacidad combinatoria general (CCG) de los progenitores.

Progenitores	Efectos de capacidad combinatoria general (CCG)							
	Rendimiento	Espiga/planta	Espiguillas/ espiga	Granos/espiga	Peso de mil granos	Macollaje	Altura	Ciclo de espigazón
Buck Ñandú	-0.15	-0.26	0.80	1.56	0.06	-0.35	-5.80	-0.89
Buck Manantial	0.17	0.09	0.59	2.01	-1.92	0.14	11.71	3.40
Dekalb Chañar	0.004	0.16	0.25	1.19	-4.06	0.14	-0.79	4.36
Marcos Juárez	0.06	0.16	-1.05	-3.03	3.39	0.11	-4.37	-3.43
Klein Atalaya	-0.08	-0.15	-0.59	-0.01	2.53	-0.05	-0.77	-3.42

Cuadro 9. Estimaciones de los efectos de capacidad combinatoria específica (CCE) de los híbridos F_1 .

Progenitores	Variables	Efectos de capacidad combinatoria específica (CCE)			
		Progenitores			
		Buck Manantial	Dekalb Chañar	Marcos Juárez	Klein Atalaya
Buck Ñandú	Rendimiento	0.52	0.45	0.07	-0.21
	Espigas/planta	0.07	0.10	0.05	0.02
	Espiguillas/espiga	1.69	1.00	-0.67	-0.62
	Granos/espiga	5.80	1.39	-1.70	-1.93
	Peso de mil granos	-1.64	2.23	1.27	-1.93
	Macollaje	0.22	0.30	0.36	-0.33
	Altura	1.65	0.75	-1.26	0.19
	Ciclo a espigazón	-0.13	-1.09	-1.52	0.69
Buck Manantial	Rendimiento		-0.09	0.19	1.20
	Espigas/planta		0.29	-0.08	0.58
	Espiguillas/espiga		0.83	1.07	1.10
	Granos/espiga		1.22	1.87	2.00
	Peso de mil granos		-3.01	1.10	2.06
	Macollaje		0.19	-0.15	1.12
	Altura		1.20	1.88	6.11
	Ciclo a espigazón		-0.63	-5.11	-4.86
Dekalb Chañar	Rendimiento			1.04	0.53
	Espigas/planta			0.89	0.46
	Espiguillas/espiga			1.18	0.22
	Granos/espiga			2.04	1.97
	Peso de mil granos			1.06	0.60
	Macollaje			0.67	0.73
	Altura			1.71	-0.09
	Ciclo a espigazón			-4.09	-2.06
Marcos Juárez	Rendimiento				-1.01
	Espigas/planta				-0.90
	Espiguillas/espiga				-1.12
	Granos/espiga				-2.92
	Peso de mil granos				0.13
	Macollaje				-1.08
	Altura				-9.96
	Ciclo a espigazón				3.27

piga, peso de mil granos, altura y ciclo a espigazón. La CCE fue preponderante en el rendimiento, número de espigas por planta y macollaje.

CONCLUSIONES

Los híbridos Buck Manantial x Klein Atalaya, Buck Nándú x Buck Manantial, Dekalb Chañar x Marcos Juárez, Buck Nándú x Dekalb Chañar y Dekalb Chañar x Klein Atalaya, mostraron altos porcentajes de heterosis y heterobeltiosis, y alta CCE para la mayor parte de los caracteres, por lo que pueden ser utilizados en la producción de híbridos, desde el punto de vista de su rendimiento.

Los incrementos en el rendimiento de los híbridos se debieron fundamentalmente al aumento en el número de espigas por planta, número de espiguillas por

espiga y, consecuentemente, al número de granos por espiga. El componente peso de mil granos no tuvo incidencia en dicho incremento.

No es factible esperar incrementos o reducciones en altura con respecto al promedio de los progenitores, dentro de estas combinaciones híbridas.

El ciclo de los híbridos se acercó al del progenitor más precoz.

Los cultivares Buck Manantial y Dekalb Chañar pueden ser utilizados en la obtención de nuevas variedades por su alta CCG, en la mayoría de los caracteres.

La preponderancia de la acción génica aditiva o no aditiva dependió del carácter en estudio.

LITERATURA CITADA

- 1 ANWAR, A R ; CHOWDRHY, S.H. 1969. Heritability and inheritance of plant height, heading date and grain yield in four spring wheat crosses. *Crop Science* 9:760-761
- 2 BITZER, M J ; FU, S.H. 1972. Heterosis and combining ability in Southern Soft Red Winter Wheat. *Crop Science* 12:35-37.
- 3 BROWN, C.M.; WEIBEL, R.O.; SEIF, R.D. 1986. Heterosis and combining ability in common winter wheat. *Crop Science* 6:382-383.
- 4 CHOWDHRY, A R.; MOHAMMAD, A.; QAZI, M. s.f. Heterosis for grain yield and its components in spring wheat crosses. *Experimental Agriculture* 8:235-239
- 5 FALCONER, D.S. 1967. Introduction to quantitative genetics. New York, Ronald Press 365 p.
- 6 GRIFFING, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science* 9:463-493
- 7 HAYMAN, B.I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses (I). *Genetics* 39:789-809
- 8 KALTSIKES, P.J.; LEE, J. 1971. Quantitative inheritance in durum wheat. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 13:210-218
- 9 MULLER, C.; CORTAZAR, R.; PARODI, P.; ALVARADO, P. 1971. Vigor híbrido, capacidad combinatoria y acción génica en seis genotipos de trigo (*T. aestivum* L.) para rendimiento y componentes de rendimiento. *Agricultura Técnica* 31:59-70.
- 10 NETTEVIC, E.D. 1969. The study of spring wheat hybrid in connection with the use of heterosis. *Selskozyaitvennaya Biologiya* 4:332-340
- 11 PATTERSON, F.L.; BITZER, M.J. 1966. Purdue University Research Program Reporter no. 222. p. 104.
- 12 RAI, R.K.; STOSKOPF, N.C. 1970. Studies with hybrid wheat in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science* 50:485-491.
- 13 SINGH, P.V.; SINGH, M.B.; AHMAD, Z.; KHANA, A.N. 1973. Combining ability study on some developmental traits related to yield productivity in bread wheat. *Indian Journal of Farm Sciences* 1:21-28
- 14 WALTON, P.D. 1971. Heterosis in spring wheat. *Crop Science* 11:422-424
- 15 WILSON, J.A. 1968. Problems in hybrid wheat breeding. *Euphytica* 17:13-32