

Vigor híbrido, capacidad combinatoria, acción génica y heredabilidad de algunos componentes de calidad, en un cruzamiento dialelo de seis genotipos de trigo de primavera (*Triticum aestivum* L.)¹

Patricio C. Parodi², Carol Müller T.³, Héctor Wulf M.⁴ y Denise Granger Z.⁴

INTRODUCCION

La consideración principal que motiva la investigación en trigo híbrido es la obtención de mayores rendimientos en grano. Si el trigo híbrido se concreta en una realidad comercial, podría constituir un avance significativo para satisfacer el volumen de las necesidades alimentarias de la población; los aspectos nutricionales, sin embargo, pueden permanecer deficitarios si las variedades híbridas no mejoran, o por lo menos mantienen, adecuados niveles proteicos. Borlaug *et al.* (1964) se han referido al problema de la calidad con la siguiente afirmación: "Las consideraciones de calidad deben recibir un alto orden de prioridad en el desarrollo de trigos híbridos. Debe existir visión en la selección de los progenitores y en la evaluación de sus características de calidad, la calidad del híbrido y la calidad de la segunda y tercera generación descendiente del híbrido. Debe existir una cuidadosa evaluación de toda la información de calidad antes de entregar un híbrido, para evitar que a pesar de sus rendimientos superiores a los de las variedades convencionales, abramos una caja de Pandora y creamos un monstruo".

La información proveniente de estudios de calidad industrial y nutricional, indica que los híbridos difícilmente superan al promedio de sus progenitores, y sólo ocasionalmen-

te al mejor progenitor del cruzamiento. Si esta situación es general, será posible producir trigo híbrido de calidad adecuada sólo si se parte de progenitores de buenas características de calidad, y cuyos mecanismos de capacidad combinatoria y acción génica permitan que su descendencia exprese en la generación F₁ niveles de calidad similares.

Este estudio se diseñó para evaluar la magnitud de la expresión de heterosis y heterobeltiosis, expresada en algunos componentes de calidad industrial y nutricional, en la generación F₁ de un cruzamiento dialelo entre seis progenitores de trigo de hábito primaveral, para determinar la capacidad combinatoria del germoplasma, el tipo de acción génica involucrado y la heredabilidad en sentido restringido de esos componentes de calidad.

REVISION DE LITERATURA

Diversos estudios han enfocado los aspectos de calidad en trigo híbrido. Rodríguez *et al.* (1966), estudiaron la calidad molinera y panadera de ocho híbridos de trigo de primavera. La mayoría de los análisis de calidad produjeron valores, para los híbridos F₁, inferiores al promedio de los progenitores. Cinco híbridos superaron el contenido de proteína del promedio de los progenitores, y uno fue superior al mejor progenitor. Parodi y Wulf (1966) estudiaron la calidad molinera y panadera de 29 progenies F₁ derivadas de combinaciones entre 15 genotipos primaverales. La tendencia fue hacia valores inferiores al promedio de los progenitores. Seis poblaciones F₁ superaron el contenido de proteína del promedio de sus progenitores, y dos fueron superiores al mejor progenitor. Fonseca (1965) estudió tres variables de calidad, indi-

¹Recepción originales: 26 de mayo de 1972.

²Ing. Agr., Ph. D., Proyecto Cereales, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Actualmente en la Universidad Católica de Chile. Casilla 114-D, Santiago, Chile.

³Ing. Agr., Area de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile.

⁴Ings. Agrs., Proyecto Cereales, Laboratorio de Farinología, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Casilla 5427, Santiago, Chile.

ce de dureza, rendimiento de harina y micro-AWRC¹, en la progenie F₁ de un cruzamiento dialelo entre siete progenitores invernales. La mayoría de los híbridos F₁ presentaron valores en el rango del promedio de los progenitores, e inferiores al mejor progenitor de cada cruzamiento. Bitzer (1968) estudió estos mismos caracteres en un dialelo de seis progenitores, en un dialelo de ocho progenitores y en un arreglo simple, todos de genotipos invernales. En los tres experimentos, ninguno de los híbridos F₁ produjo semilla cuya calidad fuera significativamente superior al mejor progenitor, o inferior al peor progenitor de los respectivos cruzamientos.

Parodi (1969) condujo análisis, durante dos años, en la generación F₁ de un cruzamiento dialelo de seis genotipos invernales, para índice de dureza, rendimiento de harina y micro-AWRC, y durante un año, para porcentaje de proteína y contenido de lisina. Los resultados mostraron una tendencia consistente de los híbridos F₁ a mantener los niveles del promedio de los respectivos progenitores. Nettevich (1965) estimó que en sus principales características físico-químicas y panaderas, los híbridos F₁ de trigos primaverales presentaban habitualmente valores intermedios entre sus progenitores, pero podrían ocasionalmente aproximarse al promedio de los respectivos progenitores.

Los resultados de Bitzer (1968) indicaron que en su germoplasma la calidad estaba controlada principalmente por acción génica de tipo aditivo. El análisis gráfico de Jinks y Hayman indicó dominancia parcial. Parodi (1969) determinó que una importante fracción de la varianza genética de los factores de calidad que estudió, estaba asociada a acción génica aditiva. En ese germoplasma el índice de dureza, micro-AWRC, y contenido de proteína operaban en base a sobredominancia, mientras que el rendimiento de harina lo hacía en base a dominancia parcial. Brown, Wiebel y Seif (1966) detectaron efectos significativos de capacidad combinatoria específica asociados al contenido de proteína.

Haunold, Johnson y Schmidt (1962) obtuvieron estimaciones de heredabilidad para el contenido de proteína hasta de 0,65; los valores de heredabilidad para este carácter informados por Stuber, Johnson y Schmidt (1962) oscilaron entre 0,68 y 0,83. Parodi

(1969) computó valores de heredabilidad de $0,81 \pm 0,33$ para el mismo carácter.

MATERIALES Y METODOS

El germoplasma estudiado estuvo constituido por seis genotipos de trigo primaverales: cuatro variedades comerciales, Centrifén (Ctf); Collafén (Clf); Huelquén (Hq) y Toquifén (Tqf), y dos líneas experimentales, [Vogel 8058 × (Africa-Mayo)²], (ER V-22); y [(Mayo 54-Norin 10/Yaqui 50 × Kenya-Lincoyán) × (Timstein/Chinese 166-Kenya Farmer × Lee-Newthatch)], (X-1, V-1). Estos genotipos fueron cruzados manualmente en un sistema dialelo que no incluyó recíprocos.

Las condiciones y características del ensayo de campo fueron descritas por Müller *et al.* (1971). Los componentes evaluados en semilla de las plantas F₁ (endosperma F₂) fueron las siguientes: tiempo de micro-Pelshenke; valor de micro-sedimentación; capacidad de absorción de agua; volumen de pan; textura de la miga y porcentaje de proteína. Los métodos analíticos empleados fueron los descritos por Wulf y Granger (1965) y Parodi y Wulf (1966).

Los híbridos se compararon, para cada carácter analizado, con el valor promedio de los progenitores del cruzamiento respectivo para determinar heterosis, y con el valor del mejor progenitor del cruzamiento para determinar heterobeltiosis. La significación de las diferencias entre los valores del híbrido y el promedio de sus progenitores o su mejor progenitor, fue establecida mediante la prueba de diferencias mínimas significativas (Steel y Torrie, 1960). Las diferencias entre genotipos (tratamientos) se determinaron mediante la nueva prueba de rango múltiple de Duncan (Steel y Torrie, 1960).

Con los promedios por componentes de los 15 genotipos F₁, se efectuó un análisis de capacidad combinatoria de acuerdo al método 4, modelo I, diseñado por Griffing (1956), el que considera sólo los F₁ directos y efectos constantes de bloques y genotipos. El programa de computación, diseñado por R. K. Littlewood, S. G. Carmer y C. W. Hittle, Universidad de Illinois, Illinois, EE. UU., fue adaptado por R. Barnier³.

El análisis de acción génica se realizó de acuerdo al método gráfico de Jinks y Hay-

¹Micro prueba de capacidad de retención de agua alcalina.

³Ing. Agr. Centro de Apoyo Estadística, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Casilla 5427, Santiago, Chile.

man (Jinks y Hayman, 1953) (Hayman, 1954, 1960) (Jinks, 1954), determinándose la varianza (V_r) y covarianza (W_r) del dialelo según la notación de Hayman (1960). Parodi, Patterson y Nyquist (1970), y Müller *et al.* (1971) describieron las premisas del método y el sistema de cálculo de los diversos estadígrafos. Estos mismos autores indicaron el método de elaboración del gráfico de dispersión, sus características, los sistemas estadísticos de comprobación y las reglas de interpretación. Las hipótesis para progenitores, derivados de los análisis de varianza para homogeneidad de los valores W_r menos V_r , se consideraron aceptados en acuerdo con evidencia bibliográfica (Parodi, 1969) (Ramírez, 1969) (Tavella, 1968).

La heredabilidad de cada uno de los componentes de calidad analizados se estimó computando el coeficiente de regresión de la generación F_1 sobre la generación progenitora, donde la heredabilidad = $b \pm s_b$. Este método mide heredabilidad en sentido restringido, cubriendo sólo la parte aditiva de la varianza genética (Parodi, 1969).

RESULTADOS Y DISCUSION

Un análisis de varianza que incluyó los 21 genotipos, 6 progenitores y 15 híbridos F_1 , Cuadro 1, indicó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), dentro de este germoplasma, para todos los componentes de calidad analizados. Al subdividir las sumas de cuadrados de genotipos en efectos de progenitores y efectos de híbridos, Cuadro 1, se detectó entre progenitores diferencias significativas ($P < 0,05$) para tiempo de micro-Pelshenke, valor de micro-sedi-

mentación, absorción de agua, y volumen de pan; no hubo diferencias significativas para textura de miga y porcentaje de proteína. Los híbridos mostraron diferencias altamente significativas para todos los caracteres con excepción de porcentaje de proteína. La alta significación del cuadrado medio para todos los genotipos en porcentaje de proteína, puede explicarse debido a diferencias entre progenitores e híbridos, aunque ambos grupos aparezcan independientemente homogéneos.

En el Cuadro 2 se presentan los valores obtenidos para cada uno de los componentes analizados, para progenitores e híbridos F_1 , comparados mediante la nueva prueba de rango múltiple de Duncan. El progenitor 'Collafén' presentó, en general, los más altos valores de calidad; la línea X-1, V-1 y la variedad Huelquén fueron los más bajos dentro de este grupo. Considerando todos los componentes de calidad evaluados, los híbridos ($Hq \times Clif$), ($Tqf \times Clif$), ($ER V-22 \times Clif$) y ($Clif \times X-1, V-1$), presentaron los mejores valores de calidad, mientras que los híbridos ($Ctf \times X-1, V-1$), ($Hq \times X-1, V-1$) ($Tqf \times Ctf$), ($Tqf \times X-1, V-1$) y ($Hq \times Ctf$) presentaron los valores más bajos.

En este análisis destacaron los híbridos derivados de 'Collafén', los que en general, mostraron atributos de calidad superiores al resto de los F_1 . Este hecho destaca el potencial de 'Collafén' para producir híbridos de calidad aceptable. Los peores híbridos derivaron de los cruzamientos en que participaron 'Centrifén' y X-1, V-1, lo que indicaría que estos dos genotipos no son adecuados como progenitores dentro de un programa de producción de trigo híbrido de buena calidad.

Cuadro 1 — Cuadrados medios para micro-Pelshenke, micro-sedimentación, absorción de agua, volumen de pan, textura de miga y porcentaje de proteína para 6 progenitores y 15 híbridos F_1 .

| Fuente de variación | g. l. | Cuadrados Medios | | | | | |
|---------------------|-------|------------------|---------------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------------|
| | | Micro Pelshenke | Micro Sedimentación | Absorción de agua | Volumen de pan | Textura de miga | Porcentaje de proteína |
| Repeticiones | 3 | 111,4285 | 1,5390 ** | 3,2728 | 11,5079 | 1,5675 | 1,4013 * |
| Genotipos | 20 | 1546,4905 ** | 4,8066 ** | 14,7521 ** | 615,0802 ** | 4,8369 ** | 1,1032 ** |
| Prog. vs. híbridos | 1 | 75,3069 | 0,2201 | 0,7676 | 52,7132 | 0,2512 | 0,1233 |
| Progenitores | 5 | 497,3669 * | 0,7425 * | 6,8786 * | 153,0218 * | 0,3643 | 0,2228 |
| Híbridos F_1 | 14 | 573,8167 ** | 3,8440 ** | 7,1059 ** | 409,4352 ** | 4,2214 ** | 0,7571 |
| Error | 60 | 176,4619 | 0,2884 | 2,5541 | 61,7162 | 0,6591 | 0,4755 |

*Significativo al nivel de 0,05.

**Significativo al nivel de 0,01.

HETEROSIS Y HETEROBELTIOSIS.

El vigor híbrido se expresa como porcentaje de heterosis (diferencia entre la población híbrida y el promedio de sus progenitores), y porcentaje de heterobeltiosis (diferencia entre la población híbrida y su mejor progenitor). En el caso de los componentes de calidad evaluados en este germoplasma, Cuadro 3, las poblaciones híbridas presentaron tiempos de micro-Pelshenke que, en promedio, dieron valores negativos de heterosis y heterobeltiosis, $-14,51$ y $-27,83\%$, respectivamente. Los valores de micro-sedimentación demostraron que 10 de los 15 híbridos fueron significativamente superiores al promedio de sus progenitores, con un valor promedio de heterosis de $19,54\%$; seis híbridos fueron significativamente superiores a su mejor progenitor, con un promedio de heterobeltiosis de $7,06\%$. El porcentaje de absorción de agua demostró superioridad significativa de 13 de los 15 híbridos sobre el promedio de los respectivos progenitores, con un valor medio de heterosis de $5,12\%$; nueve híbridos superaron significativamente el valor de su mejor

progenitor, con un promedio de heterobeltiosis de $3,64\%$. El carácter volumen de pan demostró deterioro de las poblaciones híbridas, con un promedio de heterosis de $-7,76\%$, y de heterobeltiosis de $-12,22\%$. En textura de miga, el promedio de heterosis fue de $0,70\%$ y el de heterobeltiosis de $-0,19\%$. En contenido de proteína, los híbridos fueron consistentemente inferiores al promedio de sus progenitores y al mejor progenitor del cruzamiento, con promedio de heterosis y heterobeltiosis de $-4,15$ y $-6,19\%$, respectivamente.

Estudiando los híbridos F_1 en forma individual, no se observó uno que presentara valores consistentemente positivos. Dentro de este germoplasma, en consecuencia, la tendencia se orientó hacia un deterioro de los valores de calidad de los progenitores, situación opuesta a la determinada para estos mismos híbridos en relación a rendimiento y componentes de rendimiento (Müller *et al.*, 1971). Esta situación enfatiza la necesidad de planificar los cruzamientos destinados a desarrollar híbridos no sólo en base a su mayor capacidad de producir híbridos F_1 de alto rendimiento, sino también en base a su capacidad

Cuadro 2 — Prueba de comparación múltiple para los componentes de calidad estudiados, entre los progenitores y sus 15 híbridos F_1 posibles.

| C A R A C T E R | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------------|--|
| Genotipo | Micro Pelshenke | Micro Sedimentación | Absorción de agua | Volumen de pan | Textura de miga | Porcentaje de proteína | |
| ER V-22 | 84,50 bc* | 4,12 h | 60,87 bcd | 166,25 abc | 77,25 bc | 13,93 abcd | |
| Tqf | 89,00 b | 5,45 fg | 56,25 g | 172,50 a | 79,00 a | 14,70 a | |
| Hq | 46,00 fg | 5,90 efg | 58,12 fg | 155,00 cd | 77,50 b | 14,07 abc | |
| Clif | 111,25 a | 7,45 b | 58,62 defg | 168,75 ab | 77,50 b | 14,45 ab | |
| Ctf | 54,25 defg | 5,40 fg | 58,50 defg | 133,75 f | 75,00 cd | 14,47 ab | |
| X-1, V-1 | 57,50 defg | 5,10 g | 58,12 fg | 153,75 cde | 77,50 b | 13,22 cde | |
| ER V-22 × Tqf | 69,25 bcde | 5,80 efg | 58,25 efg | 162,50 abc | 79,00 a | 13,78 abcde | |
| × Hq | 59,00 defg | 6,90 bcd | 61,87 abc | 157,50 bc | 77,00 c | 13,68 abcde | |
| × Clif | 68,25 bcdef | 6,65 bcde | 63,75 a | 160,00 abc | 78,75 ab | 13,18 cde | |
| × Ctf | 52,25 defg | 5,60 fg | 60,75 bcde | 137,50 f | 76,50 c | 13,92 abcd | |
| × X-1, V-1 | 59,25 defg | 5,90 efg | 61,62 abc | 140,00 f | 78,25 ab | 13,72 abcde | |
| Tqf × Hq | 53,75 defg | 7,40 b | 61,50 abc | 142,50 ef | 78,75 ab | 14,17 ab | |
| × Clif | 87,50 bc | 8,82 a | 62,37 abc | 142,50 ef | 78,75 ab | 13,43 bcde | |
| × Ctf | 40,00 g | 6,02 ef | 62,00 abc | 136,25 f | 77,25 bc | 13,40 bcde | |
| × X-1, V-1 | 65,75 cdef | 6,50 cde | 59,75 cdef | 133,75 f | 77,25 bc | 13,91 abcd | |
| Hq × Clif | 74,25 bcd | 8,35 a | 62,75 ab | 145,00 def | 76,50 c | 14,11 abc | |
| × Ctf | 51,25 efg | 6,15 def | 62,62 ab | 141,25 f | 77,25 bc | 13,71 abcde | |
| × X-1, V-1 | 59,75 defg | 6,00 ef | 61,12 abcd | 136,25 f | 77,75 b | 12,82 de | |
| Clif × Ctf | 70,50 bcde | 6,50 cde | 60,37 bcdef | 161,25 abc | 78,25 ab | 13,50 bcde | |
| × X-1, V-1 | 73,50 bcde | 7,07 bc | 61,12 abcd | 155,00 cd | 79,50 a | 13,36 bcde | |
| Ctf × X-1, V-1 | 51,25 efg | 5,40 fg | 61,00 bcd | 141,25 f | 76,75 c | 12,65 e | |

*Los valores unidos por la misma letra, no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo a la nueva prueba de rango múltiple de Duncan, nivel 0,05.

Cuadro 3 — Porcentaje de heterosis y heterobeltiosis en la progenie híbrida F₁ para los 6 componentes de calidad evaluados.

| Genotipo | C A R A C T E R | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------|-------------------|--------|----------------|--------|-----------------|-------|------------------------|--------|
| | Micro-Pelshenke | | Micro-sedimentación | | Absorción de agua | | Volumen de pan | | Textura de miga | | Porcentaje de proteína | |
| | % Ht ¹ | % Htb ² | % Ht | % Htb | % Ht | % Htb | % Ht | % Htb | % Ht | % Htb | % Ht | % Htb |
| ER V-22 × Tqf | -21,17 | -22,19 | 21,15** | 6,42 | -0,53 | -4,31 | -4,06 | -5,80 | 1,12 | 0,00 | -3,78 | -6,22 |
| × Hq | -9,58 | -30,18 | 37,66** | 16,95* | 3,99* | 1,64 | -1,95 | -5,26 | -0,48 | -0,65 | -2,26 | -2,72 |
| × Clif | -30,27 | -38,65 | 14,90* | -10,74 | 6,69** | 4,72** | -4,48 | -5,19 | 1,78 | 1,61 | -7,74 | -8,74 |
| × Ctf | -24,68 | -38,17 | 17,59* | 3,70 | 1,78 | -0,21 | -8,33 | -17,29 | 0,49 | -0,97 | -1,98 | -3,80 |
| × X-1, V-1 | -18,84 | -29,88 | 27,91** | 15,69* | 3,57* | 1,23 | -12,50 | -15,79 | 1,13 | 0,97 | 1,06 | -1,52 |
| Tqf × Hq | -20,37 | -39,61 | 43,00** | 25,42** | 7,55* | 5,81** | -12,98 | -17,39 | 0,64 | -0,32 | -1,47 | -3,59 |
| × Clif | -12,61 | -21,35 | 36,82** | 18,46** | 8,60** | 6,40** | -16,48 | -17,39 | 0,64 | -0,32 | -7,81 | -8,60 |
| × Ctf | -44,92 | -55,06 | 11,06 | 10,55 | 8,06** | 5,98** | -11,02 | -21,01 | 0,32 | -2,22 | -8,15 | -8,86 |
| × X-1, V-1 | -10,24 | -26,12 | 23,22** | 19,27** | 4,49* | 2,80 | -18,01 | -22,46 | -1,28 | -2,22 | -0,37 | -5,37 |
| Hq × Clif | -5,56 | -33,26 | 25,09** | 12,08* | 7,50** | 7,04** | -10,42 | -14,07 | -1,29 | -1,29 | -1,03 | -2,34 |
| × Ctf | 2,24 | -5,53 | 8,85 | 4,24 | 7,49** | 7,05** | -2,16 | -8,87 | 1,32 | -0,32 | -3,92 | -5,27 |
| × X-1, V-1 | 13,27 | 3,91 | 9,09 | 1,69 | 5,16** | 5,16** | -11,74 | -12,10 | 0,32 | 0,32 | -6,03 | -8,85 |
| Clif × Ctf | -14,80 | -36,63 | 1,17 | -12,75 | 3,09* | 2,99 | 6,61 | -4,44 | 2,62 | 0,97 | -6,66 | -6,74 |
| × X-1, V-1 | -12,89 | -33,93 | 12,75* | -5,03 | 4,71** | 4,26* | -3,88 | -8,15 | 2,58 | 2,58 | -3,43 | -7,53 |
| Ctf × X-1, V-1 | -8,28 | -10,87 | 2,86 | 0,00 | 4,61* | 4,27* | -5,54 | -8,13 | 0,65 | -0,97 | -8,66 | -12,61 |
| Promedio | -14,51 | -27,83 | 19,54 | 7,06 | 5,12 | 3,64 | -7,76 | -12,22 | 0,70 | -0,19 | -4,15 | -6,19 |

¹% Ht = porcentaje de heterosis.
²% Htb = porcentaje de heterobeltiosis.
 *Significativo al nivel de 0,05.
 **Significativo al nivel de 0,01.

de producir híbridos de calidad nutricional e industrial aceptable.

CAPACIDAD COMBINATORIA.

El análisis de capacidad combinatoria, Cuadro 4, demostró un cierto equilibrio entre la importancia de los efectos de capacidad combinatoria general (CCG) y capacidad combinatoria específica (CCE). Fueron altamente significativos los cuadrados medios de CCG para tiempo de micro-Pelshenke, valor de micro-sedimentación, capacidad de absorción de agua, volumen de pan y textura de miga, y significativo el cuadrado medio de porcentaje de proteína. En cuanto a CCE, fueron altamente significativos los cuadrados medios de micro-sedimentación, absorción de

agua, volumen de pan y textura de miga, y significativo el cuadrado medio de porcentajes de proteína; no fue significativo el cuadrado medio de CCE de micro-Pelshenke.

Esta información indica que para todos los componentes de calidad analizados en este germoplasma, con excepción de tiempo de micro-Pelshenke, es igualmente importante el tipo de acción génica aditivo como el no aditivo; para micro-Pelshenke la acción génica aditiva es preponderante.

La presencia de acción génica del tipo no aditivo, que implica interacciones interalélicas e intraalélicas, explica en parte la dificultad que existe para obtener niveles de calidad adecuados, tanto en variedades convencionales como en híbridos.

Los efectos de CCG propios de cada proge-

Cuadro 4 — Cuadrados medios de capacidad combinatoria general (CCG), y capacidad combinatoria específica (CCE) para los seis componentes de calidad evaluados.

| Fuente de variación | g.l. | Cuadrados medios | | | | | |
|---------------------|------|------------------|---------------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------------|
| | | Micro-Pelshenke | Micro-sedimentación | Absorción de agua | Volumen de pan | Textura de miga | Porcentaje de proteína |
| CCG | 5 | 313,2854 ** | 2,2596 ** | 1,7838 ** | 141,1979 ** | 1,3562 ** | 0,1886 * |
| CCE | 9 | 49,1035 | 0,2395 ** | 1,7724 ** | 80,7465 ** | 0,8882 ** | 0,1896 * |
| Error | 60 | 29,4103 | 0,0481 | 0,4257 | 10,2860 | 0,1098 | 0,0792 |

*Significativo al nivel de 0,05.
 **Significativo al nivel de 0,01.

nitro, se presentan en el Cuadro 5. La variedad Collafén presentó el mayor número de efectos positivos de CCG, subrayando su potencial como progenitor. El genotipo 'Centrifén' presentó sólo valores negativos de CCG, indicando que posiblemente no debería usarse como progenitor en cruzamientos donde la calidad del híbrido sea una consideración primordial.

En el Cuadro 6 se señalan los efectos de CCE propios de cada híbrido. No existen combinaciones que presenten sólo efectos positivos de CCE, como tampoco las hay que presenten sólo efectos negativos.

ACCIÓN GÉNICA.

El análisis gráfico de Jinks y Hayman permite visualizar las relaciones de dominancia entre los progenitores del cruzamiento dialélico, y las características específicas de cada progenitor en relación a cada carácter analizado.

La Figura 1, gráfico de varianza y covarianza para tiempo de micro-Pelshenke, presenta una línea de regresión con pendiente $1,101 \pm 0,173$, no diferente de pendiente uno. La línea se desvía en forma no significativa del origen, indicando dominancia total. Los progenitores 'Centrifén' y X-1, V-1 poseen el mayor número de genes dominantes para este carácter; ER V-22 y 'Huelquén' son intermedios, y 'Collafén' y 'Toquifén' poseen el mayor número de genes recesivos.

La Figura 2, gráfico de varianza y covarianza para valor de sedimentación, presentó una línea de regresión con pendiente $0,560 \pm 0,208$, significativamente diferente de pendiente uno, lo que hace dudosa la interpretación del gráfico. La línea de regresión está significativamente removida hacia arriba del origen, lo que indicaría dominancia parcial. 'Centrifén' parecería ser el progenitor con

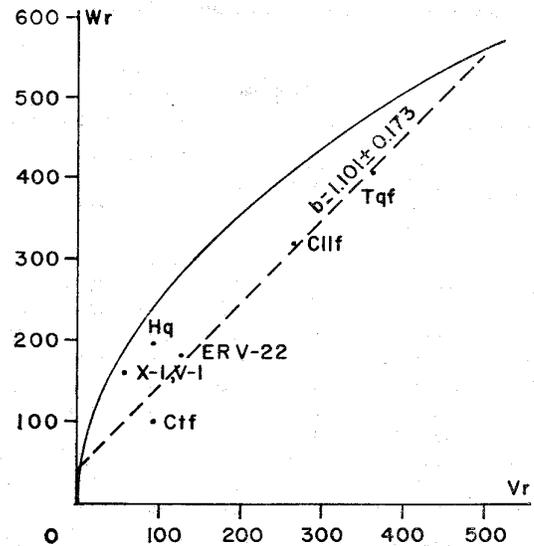


Figura 1 — Gráfico de varianza y covarianza para tiempo de micro-Pelshenke.

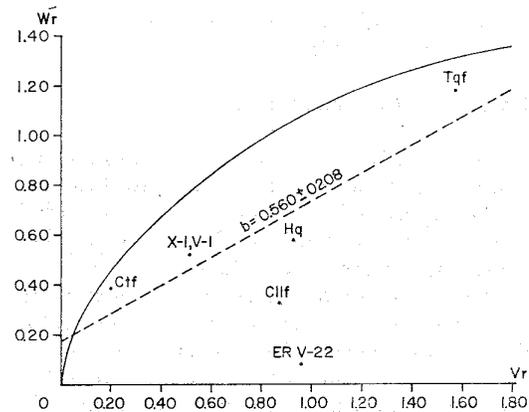


Figura 2 — Gráfico de varianza y covarianza para valor de sedimentación.

Cuadro 5 — Efecto de capacidad combinatoria general (CCG) de los progenitores del cruzamiento dialélico, para los componentes de calidad evaluados.

| Genotipo | Efectos de CCG | | | | | |
|-----------|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------------|
| | Micro-Pelshenke | Micro-sedimentación | Absorción de agua | Volumen de pan | Textura de miga | Porcentaje de proteína |
| ER V-22 | -0,9583 | -0,5437 | -0,1771 | 6,6667 | 0,1250 | 0,1281 |
| Toquifén | 1,1042 | 0,3812 | -0,7708 | -3,3333 | 0,5000 | 0,2281 |
| Huelquén | -3,4583 | 0,4437 | 0,7292 | -2,0833 | -0,4375 | 0,1781 |
| Collafén | 15,5417 | 1,0937 | 0,8542 | 8,2291 | 0,6875 | -0,0502 |
| Centrifén | -11,6458 | -0,8375 | -0,0521 | -3,3333 | -0,8750 | -0,1529 |
| X-1, V-1 | 0,5833 | -0,5375 | -0,5833 | -6,1458 | 0,0000 | -0,3312 |

Cuadro 6 — Efectos de capacidad combinatoria específica (CCE) de los 15 híbridos F₁ del cruzamiento dialélico, para los componentes de calidad evaluados.

| Genotipos | Componentes de calidad | Efectos de CCE | | | | |
|-----------|------------------------|----------------|----------|----------|-----------|----------|
| | | Genotipos | | | | |
| | | Toquifén | Huelquén | Collafén | Centrifén | X-1, V-1 |
| ER V-22 | micro-Pelshenke | 6,7375 | 1,0500 | -8,7000 | 2,4875 | -1,5750 |
| | micro-sedimentación | -0,6425 | 0,3950 | -0,5050 | 0,3762 | 0,3762 |
| | absorción de agua | -2,1937 | -0,0687 | 1,6812 | -0,4125 | 0,9937 |
| | volumen de pan | 13,0000 | 6,7500 | -1,0625 | -12,0000 | -6,6875 |
| | textura de miga | 0,5750 | -0,4875 | 0,1375 | -0,5500 | 0,3250 |
| Toquifén | porcentaje de proteína | -0,1289 | -0,1789 | -0,4506 | 0,3901 | 0,3683 |
| | micro-Pelshenke | | -6,2625 | 8,4875 | -11,8250 | 2,8625 |
| | micro-sedimentación | | 0,0300 | 0,7450 | -0,1237 | 0,0512 |
| | absorción de agua | | 0,1500 | 0,9000 | 1,4312 | -0,2875 |
| | volumen de pan | | 1,7500 | -8,5625 | -3,2500 | -2,9375 |
| Huelquén | textura de miga | | 0,8875 | -0,2375 | -0,1750 | -1,0500 |
| | porcentaje de proteína | | 0,2091 | -0,3006 | -0,2349 | 0,4553 |
| | micro-Pelshenke | | | -0,2000 | 3,9875 | 1,4250 |
| | micro-sedimentación | | | 0,2075 | -0,0612 | -0,5112 |
| | absorción de agua | | | -0,2250 | 0,5562 | -0,4125 |
| Collafén | volumen de pan | | | -7,3125 | 0,5000 | -1,6875 |
| | textura de miga | | | -1,5500 | 0,7625 | 0,3875 |
| | porcentaje de proteína | | | 0,4243 | 0,1271 | -0,5816 |
| | micro-Pelshenke | | | | 4,2375 | -3,8250 |
| | micro-sedimentación | | | | -0,3612 | -0,0862 |
| Centrifén | absorción de agua | | | | -1,8187 | -0,5375 |
| | volumen de pan | | | | 10,1875 | 6,7500 |
| | textura de miga | | | | 0,6375 | 1,0125 |
| | porcentaje de proteína | | | | 0,1433 | 0,1836 |
| | micro-Pelshenke | | | | | 1,1125 |
| X-1, V-1 | micro-sedimentación | | | | | 0,1700 |
| | absorción de agua | | | | | 0,2437 |
| | volumen de pan | | | | | 4,5625 |
| | textura de miga | | | | | -0,6750 |
| | porcentaje de proteína | | | | | -0,4256 |

mayor número de genes dominantes para este carácter y 'Toquifén' poseería el mayor número de genes recesivos.

La Figura 3, gráfico de varianza y covarianza para capacidad de absorción de agua, presentó una línea de regresión con pendiente $0,144 \pm 0,022$, significativamente diferente de pendiente uno; este hecho hace que la interpretación del gráfico sea sólo tentativa. La posición de la línea respecto al origen indicaría dominancia total. Los progenitores 'Centrifén' y X-1, V-1 serían los más dominantes, mientras que 'Toquifén' sería el más recesivo.

La Figura 4, gráfico de varianza y covarianza para volumen de pan, presentó una línea de regresión con pendiente $0,945 \pm 0,347$ esta-

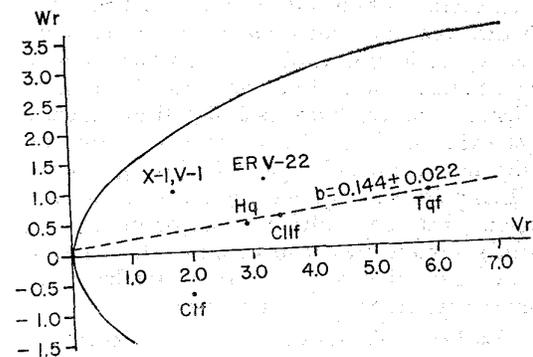


Figura 3 — Gráfico de varianza y covarianza para absorción de agua.

dísticamente similar a pendiente uno. Esta línea se desvió significativamente hacia abajo del origen, señalando la presencia de sobredominancia en el control del carácter. Los progenitores 'Collafén', X-1, V-1 y 'Huelquén', presentaron el mayor número de genes dominantes para este carácter dentro de este germoplasma. 'Centrifén' fue intermedio y ER V-22 y 'Toquifén' presentaron el mayor número de genes recesivos.

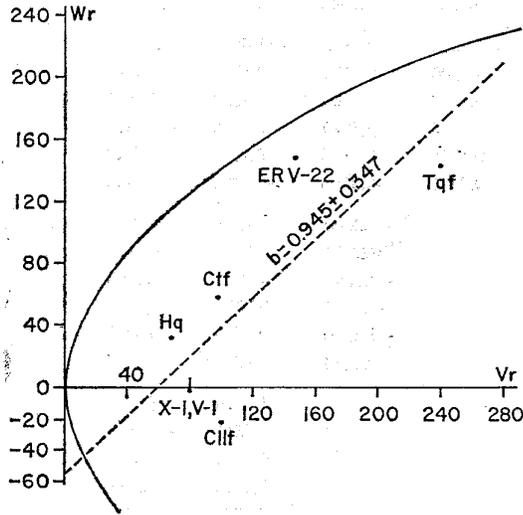


Figura 4 — Gráfico de varianza y covarianza para volumen de pan.

La Figura 5, gráfico de varianza y covarianza para textura de miga, presentó una línea de regresión con pendiente $0,162 \pm 0,020$, significativamente diferente de pendiente uno, lo que hace dudosa la interpretación del gráfico. La ubicación de los seis progenitores, en general distantes de la línea de regresión, podría ser una indicación de interacción interalélica, lo que explicaría la desviación de la pendiente de la línea de regresión de pendiente uno. La línea está significativamente removida hacia arriba del origen, lo que indicaría dominancia parcial. Los genotipos 'Huelquén' y 'Toquifén' serían, comparativamente, los que tendrían el mayor número de genes dominantes controlando este carácter. Los otros cuatro progenitores tendrían un mayor número de genes recesivos.

La Figura 6, gráfico de varianza y covarianza para contenido de proteína, presentó una línea de regresión de pendiente $0,758 \pm 0,251$, significativamente igual a pendiente uno. Es

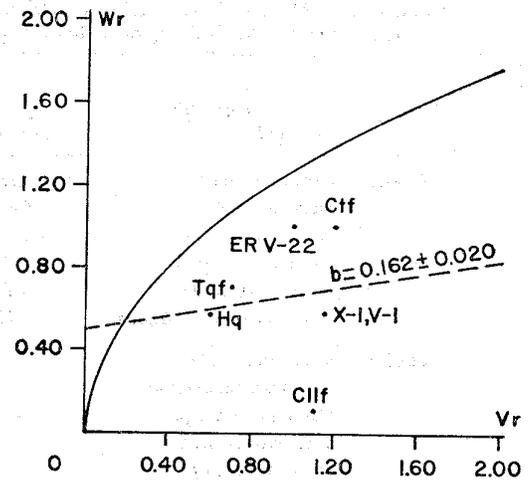


Figura 5 — Gráfico de varianza y covarianza para textura de miga.

ta línea está significativamente removida hacia abajo del origen, lo que indica que la expresión de carácter está controlada por sobredominancia. El progenitor ER V-22 es el que posee el mayor número de genes dominantes; 'Toquifén', X-1, V-1, 'Collafén' y 'Huelquén' son intermedios, y 'Centrifén' posee el mayor número de genes recesivos.

HEREDABILIDAD.

La heredabilidad en sentido restringido, estimada computando la regresión de cada hí-

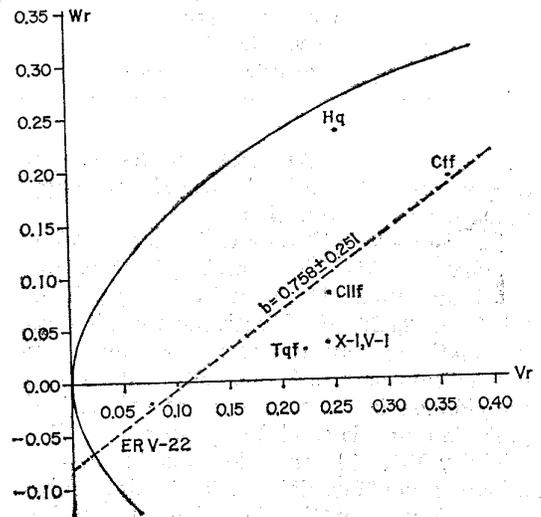


Figura 6 — Gráfico de varianza y covarianza para contenido de proteína.

brido F_1 sobre el promedio de los respectivos progenitores, abarca sólo la porción aditiva de la varianza génica. Los valores de heredabilidad de cada uno de los componentes de calidad analizados se señalan en el Cuadro 7. Sólo el tiempo de micro-Pelshenke permitió una estimación alta de heredabilidad; el valor de micro-sedimentación permitió una estimación intermedia; fueron bajas las estimaciones para los cuatro caracteres restantes.

Esta información indica que, con la excepción del tiempo de micro-Pelshenke, estos componentes de calidad estarían controlados por otros tipos de acción génica, de tipo no aditivo, y/o fuertemente afectados por influen-

Cuadro 7 — Heredabilidad en sentido restringido de los 6 componentes de calidad.

| Componentes | Heredabilidad $b \pm s_b$ |
|------------------------------|------------------------------|
| Tiempo de micro-Pelshenke | 0,902 \pm 0,246 |
| Valor de micro-sedimentación | 0,459 \pm 0,132 |
| Absorción de agua | 0,129 \pm 0,021 |
| Volumen de pan | 0,274 \pm 0,204 |
| Textura de miga | 0,393 \pm 0,188 |
| Porcentaje de proteína | 0,233 \pm 0,194 |

cias ambientales y por posibles interacciones génico-ambientales. Esto corrobora el resultado del análisis de capacidad combinatoria.

RESUMEN

Seis genotipos de trigo primaveral, *Triticum aestivum* L., fueron cruzados en un sistema diallelo. La calidad industrial y nutricional de la generación F_1 fue evaluada en base a seis componentes de calidad: tiempo de micro-Pelshenke, valor de micro-sedimentación, absorción de agua, volumen de pan, textura de miga y porcentaje de proteína.

El genotipo 'Collafén' demostró su potencial como progenitor produciendo los mejores híbridos F_1 dentro de este grupo. Los porcentajes de heterosis y heterobeltiosis fueron negativos para tiempo de micro-Pelshenke, $-14,51$ y $-27,83\%$, respectivamente; positivos para valor de micro-sedimentación, $19,54$ y $7,06\%$; positivos para absorción de agua, $5,12$ y $3,64\%$; negativos para volumen de pan, $-7,76$ y $-12,22\%$; para textura de miga, el porcentaje de heterosis fue positivo y bajo, $0,70\%$ y el porcentaje de heterobeltiosis negativo y bajo, $-0,19\%$; el contenido de proteína presentó valores negativos de heterosis y heterobeltiosis, $-4,15$ y $-6,19\%$, respectivamente. Estos resultados enfatizan la tendencia de los híbridos F_1 a ser incapaces de superar consistentemente a sus progenitores en valores de componentes de calidad.

Los análisis de capacidad combinatoria demostraron que, con excepción de tiempo de micro-Pelshenke, la acción génica aditiva fue tan importante como la no aditiva en la expresión de estos componentes. Para tiempo de micro-Pelshenke, fue preponderante la acción génica aditiva.

El análisis gráfico de Jinks y Hayman demostró dominancia total para tiempo de micro-Pelshenke y absorción de agua; dominancia parcial para valor de micro-sedimentación y textura de miga, y sobredominancia para volumen de pan y porcentaje de proteína. La interpretación de los gráficos de valor de micro-sedimentación, absorción de agua y textura de miga, sin embargo, es dudosa, por ser la pendiente de las respectivas líneas de regresión significativamente diferente de pendiente uno.

La heredabilidad en sentido restringido sólo fue alta, $0,902 \pm 0,246$, para tiempo de micro-Pelshenke, corroborando la interpretación del resultado del análisis de capacidad combinatoria.

SUMMARY

Six spring wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes were hand-crossed in a diallel system. The following quality components were analyzed to evaluate industrial and nutritional quality in the F_1 generation: micro-Pelshenke time; micro-sedimentation

value; water absorption capacity; loaf volume; crumb texture, and protein content.

Genotype 'Collafén' exhibited its potential as a hybrid parent, producing the best F_1 progenies within this group. Percent heterosis and heterobeltiosis were on the average negative for micro-Pelshenke time, -14.51 and -27.83% , respectively; positive for micro-sedimentation value, 19.54 and 7.06% ; positive for water absorption capacity, 5.12 and 3.64% ; negative for loaf volume, -7.76 and -12.22% , for crumb texture percent heterosis was low and positive 0.70% while percent heterobeltiosis was low and negative, -0.19% ; protein content produced negative heterosis and heterobeltiosis averages, -4.15 and -6.19% , respectively. These results emphasize the F_1 hybrid generation tendency to be incapable of consistently outperforming the parental generation quality values.

The combining ability analyses showed that excepting micro-Pelshenke time, additive gene action was as important as non-additive gene action in the expression of these characters. Additive gene action appeared to be the most important component in the expression of micro-Pelshenke time.

Jinks and Hayman's graphic analysis showed total dominance for micro-Pelshenke time and water absorption capacity; partial dominance for micro-sedimentation value and crumb texture; and overdominance for loaf volume and protein content. Interpretation of the micro-sedimentation, water absorption and crumb texture graphs, however, is dubious since the slope of their respective regression lines was significantly different from unity slope.

Narrow sense heritability was high only for micro-Pelshenke time, 0.902 ± 0.246 , in agreement with the interpretation of the combining ability analysis results.

LITERATURA CITADA

- BITZER, M. J. 1968. Hybrid vigor, combining ability and gene action in crosses of *Triticum aestivum* L. Ph. D. thesis. Department of Agronomy, Purdue University, Lafayette, Ind. 47907, U.S.A.
- BORLAUG, N. E., ORTEGA, J., NARVÁEZ, I., GARCÍA, A. and RODRÍGUEZ, R. 1964. Hybrid wheat in perspective. In Crop Quality Council, (Ed.), Hybrid Wheat Seminar Report. Minneapolis, Minnesota, U.S.A. pp. 1-19.
- BROWN, C. M., WIEBEL, R. O. and SEIF, R. D. 1966. Heterosis and combining ability in common winter wheat. *Crop. Sci.* 6: 382-383.
- FONSECA, S. 1965. Heterosis, heterobeltiosis, diallel analysis and gene action in crosses of *Triticum aestivum*. Ph. D. thesis, Department of Agronomy, Purdue University, Lafayette, Ind. 47907, U.S.A.
- GRIFFING, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- HAUNOLD, A., JOHNSON, V. A. and SCHMIDT, J. W. 1962. Genetic measurements of protein in the grain of *Triticum aestivum* L. *Agron. J.* 54: 203-206.
- HAYMAN, B. I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. (i). *Genetics.* 39: 789-809.
- . 1960. The theory and analysis of diallel crosses (iii). *Genetics.* 45: 155-172.
- JINKS, J. L. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics.* 39: 767-788.
- and HAYMAN, B. I. 1953. The analysis of diallel crosses. *Maize Genetics Cooperative Newsletter.* 27: 48-54.
- MÜLLER, C., CORTAZAR, R., PARODI, P. C. y ALVARADO, P. 1971. Vigor híbrido, capacidad combinatoria y acción génica en seis genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) para rendimiento y componentes de rendimiento. *Agricultura Técnica (Chile).*
- NETTEVICH, E. D. 1965. The problems of utilizing heterosis of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Euphytica.* 17: 54-62.
31: 59-70.
- PARODI, P. C. 1969. Hybrid vigor and gene action in a six parent diallel cross of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) for yield, quality, coleptile elongation, cold resistance and emergence under stress. Ph. D. thesis. Department of Agronomy, Purdue University, Lafayette, Indiana 47907, U.S.A. 211 p.
- , PATTERSON, F. L. y NYQUIST, W. E. 1970. Características de emergencia en un cruzamiento diallelo de trigo de invierno (*Triticum aestivum* L.) bajo niveles de temperatura y humedad controlados. *Agricultura Técnica (Chile).* 30: 11-18.
- y WULF, H. 1966. Expresión de la heterosis en la calidad molinera y panadera de híbridos de trigo. *Agricultura Técnica (Chile).* 26: 97-106.

- RAMÍREZ, I. 1969. Heterosis of plant height and other characters in crosses of mutagen-induced and backcross-bred semidwarf wheat lines. Ph. D. thesis. Department of Agronomy, Washington State University, Pullman, Washington 99163, U.S.A. 166 p.
- RODRÍGUEZ, R., QUIÑONES, M. A., BORLAUG, N. E. y NARVÁEZ, I. 1966. Trigo híbrido, poderosa arma contra el hambre mundial. ix. Estudios de heterosis. Agricultura de las Américas. 15: 28-30.
- STEEL, G. D. and TORRIE, J. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill, New York. N. Y., U.S.A. 481 p.
- STUBER, C. W., JOHNSON, V. A. and SCHMIDT, J. W. 1962. Grain protein content and its relationship to other plant and seed characters in the parents and progeny of a cross of *Triticum aestivum* L. Crop. Sci. 2: 506-508.
- TAVELLA, G. M. 1968. Análisis dialéctico de cuatro caracteres cuantitativos en trigo (*Triticum aestivum* L.) Tesis M. S. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 51 p.
- WULF, H. y GRANGER, D. 1965. Calidad de las primeras generaciones de algunos cruzamientos en trigo. Agricultura Técnica (Chile). 25: 18-25.