

Vigor híbrido, capacidad combinatoria y acción génica en un cruzamiento dialélico de cinco genotipos de trigo de primavera (**Triticum aestivum** L.) para porcentaje de proteína y rendimiento proteico^{*1/}—— PATRICIO BARRIGA**, JUAN FUENTEALBA**

ABSTRACT

Five cultivars of spring wheat (Triticum aestivum L.) were crossed in a diallel system to estimate hybrid vigor, combining ability and types of genetic effects for protein content and protein yield. F₁ hybrids produced a lower protein content than the midparental and higher parent value; contrastingly, a large amount of hybrid vigor existed for protein yield in the F₁ generation. The analysis for general combining ability indicated that a large part of the total genetic variation observed for protein content was associated with genes which were additive in their effects. Genetic variation in protein yield appeared to be controlled largely by nonadditive gene action. Jinks and Hayman's graphic analysis demonstrated partial dominance for protein content and overdominance for protein yield. The relationship between protein and protein yield was not significant, but tended to be positive.

Introducción

El reconocimiento de la crisis mundial proteica en los años recientes ha impulsado la investigación en relación a la cantidad y calidad de la proteína del trigo, aún cuando el énfasis en el rendimiento continúa siendo uno de los aspectos más importantes en los programas de mejoramiento.

El desarrollo de trigos híbridos comerciales puede ser uno de los métodos para incrementar el rendimiento, no sólo en cantidad sino también en calidad nutricional. La posibilidad del uso de híbridos comerciales depende de una producción económica de grandes cantidades de semilla híbrida, de una superioridad significativa del comportamiento del híbrido sobre la variedad o variedades más productivas de la región y que por lo menos mantenga el híbrido un adecuado nivel proteico, condiciones ya señaladas, entre otros, por Parodi (15) y Parodi *et al.* (17).

Siendo uno de los factores más importantes por considerar el conocimiento de la naturaleza y la magnitud de la expresión de la heterosis en la obtención del trigo híbrido, diferentes estudios sobre porcentaje de proteína usando distinto material genético y evaluado éste, bajo condiciones ambientales diversas, han indicado que los híbridos F₁ difícilmente superan al promedio de sus progenitores (6, 11, 17) y sólo ocasionalmente al mejor progenitor del cruzamiento (16). En contraste, una gran cantidad de vigor híbrido para rendimiento proteico ha sido señalado en los híbridos F₁ de avena (13, 14).

Estimativas de la capacidad combinatoria general y específica para la expresión del carácter porcentaje de proteína ha sido indicada en varios progenitores de trigo. Para algunos investigadores como Chapman y McNeal (5) y Ram y Srivastava (19), gran parte de la variación total del porcentaje de proteína está asociado con efectos significativos de capacidad combinatoria general, lo cual es una medida de la varianza aditiva. Para otros como Parodi *et al.* (17), Diehl (6) y Kuhr (11) la acción genética aditiva fue tan importante como la no aditiva en la expresión de este carácter. Mientras que para Brown, Wiebel y Seif (4) el contenido de proteína está asociado con efectos significativos

* Recibido para la publicación el 31 de agosto de 1977.

1/ Este trabajo es parte del Proyecto S-77-7 financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad Austral de Chile.

** Ing. Agr., M. S. y Biol. y Quím., M. S., respectivamente. Profesores del Instituto de Producción Vegetal, Universidad Austral de Chile. Castilla 567, Valdivia, Chile.

de capacidad combinatoria específica, una medida de la varianza no aditiva.

Una revisión de la literatura en cuanto a los valores de hereditabilidad para porcentaje de proteína estimados por diferentes métodos (1, 2, 3, 11, 17, 19) nos indica que la hereditabilidad es relativamente baja en comparación con otros caracteres agronómicos en trigo.

En cuanto a la herencia del rendimiento proteico, Ohm y Patterson (13, 14) indicaron que en su germoplasma este carácter estaba controlado por acción genética de tipo no aditivo, y que operaba en base a sobre-dominancia. La estimativa de la hereditabilidad fue baja.

Son por lo tanto objetivos de este trabajo, evaluar la magnitud del vigor híbrido, la importancia de los efectos de capacidad combinatoria, y el tipo de acción genética involucrado en la herencia del porcentaje de proteína y rendimiento proteico en la generación F_1 de un cruzamiento dialélico entre cinco cultivares de trigo de hábito de crecimiento primaveral.

Material y métodos

Los cultivares de trigo de hábito primaveral, 'Inter-medio', 'Naofén', 'Express', 'Locofén' y 'Toquifén', fueron cruzados manualmente en la temporada 1974-75 en un sistema dialélico que no incluyó recíprocos. Los cinco progenitores y los diez híbridos F_1 , se sembraron en la Estación Experimental Santa Rosa, Valdivia, de la Universidad Austral de Chile, durante la temporada 1975-76, en diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada genotipo se sembró en un golpe de seis semillas, espaciado a 30 cm entre y sobre golpe; un golpe o la superficie equivalente a un golpe, constituyó la unidad experimental. Después de la emergencia se replantó para uniformar la población en aquellas unidades experimentales donde hubo deficiencias.

Los caracteres evaluados en semillas de las plantas F_1 (endosperma F_2) fueron porcentaje de proteína y rendimiento proteico. El porcentaje de proteína se obtuvo determinando el contenido de nitrógeno total por el método micro-Kjeldahl y multiplicando este valor por el factor 5,7, expresándose en valores corregidos a una base de 14 por ciento de humedad. El rendimiento proteico fue calculado multiplicando el rendimiento de semillas por parcela por el porcentaje de proteína de la semilla.

Con los valores de los quince genotipos se realizaron los análisis de varianza para comprobar los efectos de progenitores, híbridos y progenitores F_1 e híbridos, para ambos caracteres; las diferencias entre los genotipos se compararon mediante la prueba de rango múltiple de Duncan. Los datos originales para porcentaje de proteína fueron analizados con transformación angular en todos los cálculos de varianza.

Para estimar la magnitud del vigor híbrido, se determinó la heterosis comparando los híbridos para cada carácter analizado, con el valor promedio de los progenitores del cruzamiento respectivo y la heterobeltiosis con el valor del mejor progenitor del cruzamiento específico. La significación de las diferencias entre los

valores del híbrido y el promedio de sus progenitores o su mejor progenitor fue establecido mediante las diferencias mínimas significativas (DMS).

Las varianzas y los efectos de capacidad combinatoria general (CCG) y específica (CCE) para cada carácter fueron calculadas con los valores promedios de los cinco progenitores y los diez híbridos F_1 , usando el método 2, modelo I de Griffing (7). Además se obtuvo la relación CCG/CCE, para ambos caracteres estudiados, como una estimativa de la relación de los efectos genéticos aditivos y no aditivos.

El análisis gráfico de Jinks y Hayman para acción genética (8, 10) fue utilizado para determinar los efectos generales de dominancia y la relación de dominancia dentro de los progenitores, basado en datos F_1 , para ambos caracteres. Las hipótesis, para progenitores y repeticiones derivadas de los análisis de varianza para homogeneidad de los valores W_r (covarianza) menos V_r (varianza) se consideraron aceptadas en el presente trabajo de acuerdo con la literatura (12, 17). Por otra parte, las premisas del análisis gráfico de Jinks y Hayman, el sistema de cálculo de los diversos parámetros, la elaboración del gráfico de dispersión como también la comprobación e interpretación de los resultados, fueron ya descritas por Müller *et al* (12).

Además se efectuaron análisis de correlación simple entre porcentaje de proteína, rendimiento proteico y rendimiento de semilla.

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 1) señalan diferencias significativas dentro de los genotipos considerados en este trabajo, tanto para el contenido de proteína como para rendimiento proteico. Dadas estas diferencias, al subdividir los grados de libertad de genotipos, en efectos de progenitores, híbridos

Cuadro 1.—Cuadrados medios para porcentaje de proteína y rendimiento proteico para los progenitores e híbridos F_1 .

Fuente de variación	G I	Cuadrados medios	
		Porcentaje de proteína	Rendimiento proteico (g/parc)
Genotipos	14	0,6195*	3,0931*
Progenitores	4	1,6868**	1,2106
Híbridos F_1	9	0,2104	2,0280
Prog F_1 híbridos	1	0,0324	20,2087**
Error	28	0,2802	1,2589

* y ** significativos al nivel de 0,05 y 0,01 de probabilidad respectivamente.

Cuadro 2.—Valores medios de los progenitores y sus híbridos F₁ posible para porcentaje de proteína y rendimiento proteico.

Genotipos	Porcentaje de proteína	Rendimiento proteico (g/parc)
Intermedio	11,73 bc*	2,23 abc
Naofén	12,77 ab	1,60 c
Express	13,67 a	2,46 abc
Loncofén	11,50 c	0,96 c
Toquifén	12,40 bc	1,25 c
Intermedio x Naofén	12,67 abc	2,62 abc
x Express	12,53 abc	2,48 abc
x Loncofén	12,27 bc	4,03 ab
x Toquifén	12,25 bc	3,07 abc
Naofén x Express	12,03 bc	3,89 ab
x Loncofén	11,95 bc	2,12 abc
x Toquifén	12,27 bc	1,88 bc
Express x Loncofén	12,80 ab	4,15 a
x Toquifén	12,70 ab	3,96 ab
Loncofén x Toquifén	11,97 bc	2,70 abc

* Los valores unidos por la misma letra, no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan. $p \leq 0.05$

y progenitores vs híbridos, se detectaron entre progenitores diferencias altamente significativas para porcentaje de proteína. Los efectos de progenitores vs híbridos fueron altamente significativos para rendimiento proteico. Los híbridos no difirieron entre sí en porcentaje de proteína y rendimiento proteico.

La comparación de los valores medios de los progenitores y sus híbridos F₁, para ambos caracteres, se presentan en el Cuadro 2. Entre los progenitores, 'Express' fue el que presentó los más altos valores para ambos componentes, mientras que 'Loncofén' los más bajos. Los híbridos 'Express x Loncofén' y 'Express x Toquifén' mostraron los mejores valores de porcentaje de proteína y los híbridos 'Intermedio x Loncofén', 'Express x Loncofén' y 'Express x Toquifén' los más altos valores de rendimiento proteico. Además los híbridos como grupo produjeron más proteína por parcela (3, 12 g/parc) que los progenitores (1, 70 g/parc).

En general se puede decir que los híbridos derivados de 'Express', mostraron atributos relativamente superiores en cuanto a ambos caracteres, hecho que estaría indicando el potencial de este cultivar para producir híbridos con contenido y rendimiento proteico aceptable.

Vigón híbrido

En el Cuadro 3 se indican los porcentajes de heterosis y heterobeltiosis en las poblaciones híbridas para ambos caracteres. En contenido de proteína los híbridos presentaron un valor promedio negativo de heterosis de -0,45%, con una variación de -9,00 a 5,63%. Cinco de los híbridos fueron superiores al promedio de sus respectivos progenitores, correspondiendo la más alta expresión de heterosis a la cruce 'Intermedio x Loncofén'. El promedio de heterobeltiosis fue de -4,49% y su amplitud osciló entre -11,99 a 4,60%; los híbridos fueron consistentemente inferiores al mejor progenitor del cruzamiento excepto 'Intermedio x Loncofén'.

La tendencia desfavorable de expresión de contenido proteico encontrado en este germoplasma permite corroborar lo señalado por la literatura (6, 11, 17), en el sentido de que los híbridos F₁ difícilmente superan significativamente al promedio de sus progenitores o al mejor progenitor del cruzamiento, en porcentaje de proteína.

Esta reducción del contenido de proteína en los híbridos F₁ puede haber sido magnificada debido al gran incremento en el rendimiento de semillas de las combinaciones híbridas. Así se puede apreciar (Cuadro 3) que los híbridos F₁ produjeron más proteína por parcela que el promedio de sus progenitores, con un valor promedio de heterosis de 88,48%; tres híbridos tuvieron desviaciones significativas con respecto al promedio.

Cuadro 3.—Porcentaje de heterosis y heterobeltiosis en los híbridos F₁ para porcentaje de proteína y rendimiento proteico.

Híbridos	Porcentaje de proteína		Rendimiento proteico	
	% Ht ¹	% Htb ²	% Ht	% Htb
Intermedio x Naofén	5,42	- 0,78	36,81	17,48
x Express	- 1,33	- 8,33	5,75	0,18
x Loncofén	5,63	- 4,60	152,66*	80,71
x Toquifén	1,53	- 1,20	76,43	37,66
Naofén x Express	- 9,00	- 11,99	91,62	58,13
x Loncofén	- 1,52	- 6,42	89,06	51,25
x Toquifén	- 2,50	- 3,91	31,92	17,50
Express x Loncofén	1,70	- 6,36	142,69*	68,69
x Toquifén	- 2,57	- 7,09	113,47*	60,97
Loncofén x Toquifén	0,16	- 3,16	111,31	116,00
Promedio	- 0,45	- 4,49	88,48	50,86

¹ Ht = heterosis. ² Htb = heterobeltiosis. * Significativo al nivel de 0.05.

Cuadro 4.—Cuadrados medios de capacidad combinatoria general (CCG), capacidad combinatoria específica (CCE) y relación CCG/CCE para porcentaje de proteína y rendimiento proteico.

Fuente de variación	G L	Cuadrados medios	
		Porcentaje de proteína	Rendimiento proteico (g/parc)
CCG	4	0,4319**	0,7165
CCE	10	0,1163	1,1527*
Error	28	0,0934	0,4196
CCG/CCE		3,7136	0,6215

* y ** significativo al nivel de 0.05 y 0.01 respectivamente

de sus progenitores. En heterobeliosis el promedio fue de 50,86%, con una variación de 0,18 a 116,00%, y no se presentaron desviaciones significativas con respecto al mejor progenitor. El alto promedio de heterosis y heterobeliosis mostrado por las combinaciones híbridas estaría indicando una tendencia favorable de la expresión de proteína por parcela.

Por otra parte, analizando los híbridos en forma individual, se observó que solamente la cruce 'Intermedio x Loncofén' presentó valores positivos de heterosis y heterobeliosis tanto para contenido como para rendimiento proteico. Esto estaría señalando que es posible lograr un avance nutricional mediante una combinación híbrida específica dentro del germoplasma utilizado en este estudio, y confirmaría además, que las hibridaciones indiscriminadas, utilizando cultivares o líneas sin importancia, difícilmente producirán híbridos de superior calidad nutricional.

Capacidad combinatoria

El cuadrado medio de CCG fue altamente significativo sólo para porcentaje de proteína y el cuadrado medio de CCE fue sólo significativo para rendimiento proteico (Cuadro 4). La relación estimada de CCG/CCE para ambos caracteres, sugiere una preponderancia de los efectos génicos aditivos sobre los no aditivos para contenido de proteína, y una mayor importancia relativa de los efectos génicos no aditivos para proteína por parcela, dentro de este germoplasma. Al respecto, también Chapman y McNeal (5) y Ram y Sivastava (19) determinaron que la herencia del porcentaje de proteína estaba controlada principalmente por acción génica de tipo aditivo. Si nembargo Parodi *et al* (17) encontraron en su germoplasma que la acción génica aditiva fue tan importante como la no aditiva en la expresión de este carácter.

Cuadro 5.—Estimativas de los efectos de capacidad combinatoria general de los progenitores (gi) para porcentaje de proteína y rendimiento proteico.

Progenitores	Efectos de CCG (gi)	
	Porcentaje de proteína	Rendimiento proteico
Intermedio	— 0,1234	0,1114
Naofén	0,0337	— 0,2671
Express	0,3908	0,5028
Loncofén	— 0,2777	— 0,0942
Toquifén	— 0,0234	— 0,2528

Las estimativas de los efectos de CCG (gi) de cada progenitor se presentan en el Cuadro 5. El cultivar 'Express' fue el único que mostró efectos positivos de CCG para ambos caracteres, lo que estaría indicando su potencial como progenitor en la formación de híbridos de alta calidad nutritiva. Los cultivares 'Loncofén' y 'Toquifén' mostraron efectos negativos de CCG para ambos caracteres, indicando que estos tienden a disminuir los valores de la progenie híbrida F_1 y por tanto no debieran utilizarse como progenitores en la obtención de híbridos de alto valor proteico.

Los híbridos F_1 'Intermedio x Naofén', 'Intermedio x Loncofén', 'Intermedio x Toquifén' y 'Express x

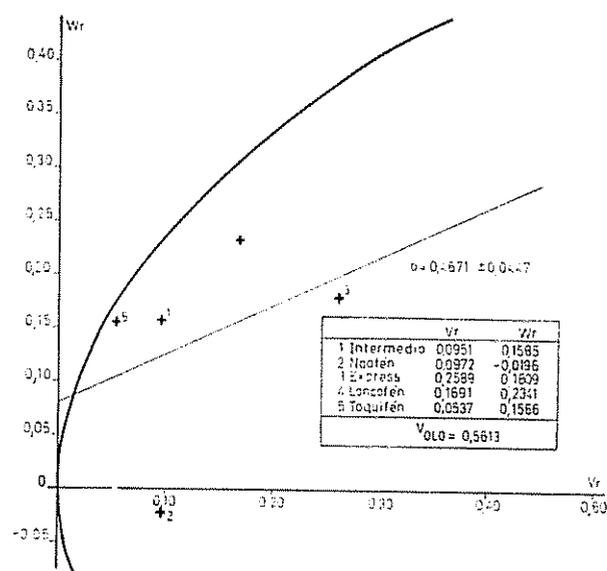


Fig. 1.—Gráfico de varianza y covarianza para porcentaje de proteína

Cuadro 6.—Estimativas de los efectos de capacidad combinatoria específica (S_{ij}) de los híbridos F_1 , para porcentaje de proteína y rendimiento proteico.

Genotipos	Variable	Efecto CCE (s_{ij})			
		Genotipos			
		Naofén	Express	Loncofén	Toquifén
Intermedio	Porcentaje de proteína	0,3324	-0,1048	0,3238	-0,0495
	Rendimiento proteico	0,1751	-0,7810	1,3662	0,5647
Naofén	Porcentaje de proteína		-0,7219	-0,0933	-0,0876
	Rendimiento proteico		1,0076	0,1347	-0,2467
Express	Porcentaje de proteína			0,2681	-0,0748
	Rendimiento proteico			1,0947	1,0633
Loncofén	Porcentaje de proteína				-0,0176
	Rendimiento proteico				0,4004

Loncofén' fueron los que presentaron sólo efectos positivos de CCE (S_{ij}) para ambos caracteres (Cuadro 6). Se destacaron en contenido de proteína, las combinaciones híbridas 'Intermedio x Naofén' e 'Intermedio x Loncofén'. Para rendimiento proteico, las cruzas 'Intermedio x Loncofén', 'Naofén x Express', 'Express y Loncofén' y 'Express x Toquifén' fueron las que presentaron los más altos valores positivos de CCE. Esto estaría señalando que es posible lograr un avance o por lo menos mantener un adecuado nivel nutricional, mediante combinaciones híbridas específicas dentro del germoplasma analizado.

Acción génica

La Figura 1, gráfico de varianza (V_r) y covarianza (W_r) para porcentaje de proteína, presentó una línea de regresión cuya pendiente, $b = 0,4671 \pm 0,0447$, fue significativamente diferente de pendientes uno (45 grados), lo que estaría indicando interacciones significativas de algunos grupos de progenitores constantes (epistasia) o que el componente varianza ambiental fue fuerte, haciendo dudosa la interpretación del gráfico. La varianza de los progenitores V_p o V_{lo} , fue de 0,5613. La posición de la línea de regresión hacia arriba del origen, indicaría dominancia parcial. Los progenitores 'Naofén' y 'Toquifén', serían los más dominantes, mientras que 'Express' y 'Loncofén' serían los más recesivos para este carácter. En contraste con estos resultados, Parodi *et al.* (17) señalan que en su germoplasma, el contenido de proteína operaba en base a sobredominancia.

El gráfico V_r , W_r , para rendimiento proteico, mostró una línea de regresión con pendiente $0,9984^{**} \pm 0,1621$ significativamente similar a pendiente uno, señalando la ausencia de epistasia. La variación del rendimiento proteico de los progenitores (V_{lo}) fue de 0,4046. Por otra parte, la desviación significativa de la

línea de regresión hacia abajo del origen está indicando la presencia de sobredominancia en la expresión de éste carácter. Los cultivares 'Intermedio' y 'Express' mostraron la mayor cantidad de genes dominantes que controlaban la proteína por parcela. 'Naofén' y 'Toquifén' fueron comparativamente intermedios y 'Loncofén' el que presentó el mayor número de genes recesivos.

Correlaciones fenotípicas

Los coeficientes simples de correlación de los híbridos F_1 entre los caracteres considerados en el presente trabajo se presentan en el Cuadro 7. Las correlaciones entre porcentaje de proteína *vs* rendimiento de

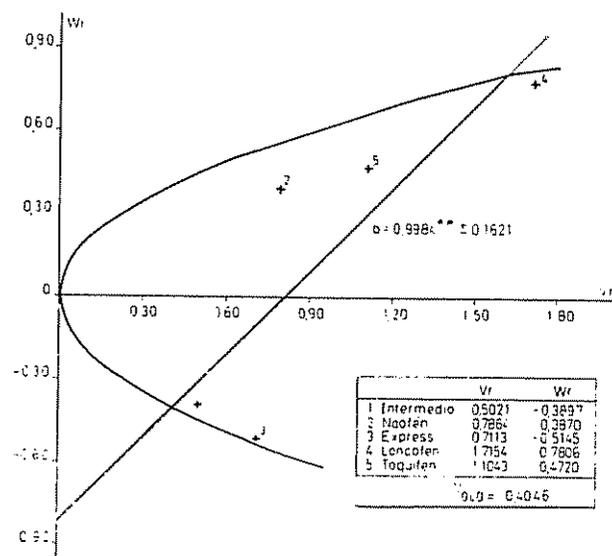


Fig. 2.—Gráfico de varianza y covarianza para rendimiento proteico.

Cuadro 7.—Coeficientes de correlación fenotípica de los F₁

Caracteres correlacionados	Coeficientes de correlación (r)
Porcentaje de proteína vs rendimiento de semilla	0,1179
rendimiento proteico	0,3017
Rendimiento proteico vs rendimiento de grano	0,9851**

** Significativo al nivel de 0,01.

semilla y vs rendimiento proteico fueron positivas y bajas. Al respecto, algunos investigadores (18, 20) han señalado que existe una relación negativa entre contenido proteico y rendimiento de semilla, mientras que otros (9) han informado de asociaciones positivas. Aunque tales estudios han aportado importantes conocimientos sobre los factores que afectan el contenido proteico, aún existen contradicciones que indican que sus efectos no están totalmente claros. Una asociación positiva y significativa facilitaría la obtención de genotipos no sólo de elevado potencial de rendimiento sino que también de superior nivel proteico.

En cuanto a la relación entre rendimiento proteico y rendimiento de semilla, se observó una correlación positiva y altamente significativa. Esta alta asociación observada entre estos caracteres, bajo las condiciones en que se desarrolló este estudio, se debería a la gran variación en el rendimiento de semilla y la pequeña variación del porcentaje de proteína que presentaron las combinaciones híbridas entre sí.

Literatura citada

- BAKER, R.J., BENDELOW, V.M. y KAUFMANN, M.I. Inheritance of and interrelationships among yield and several quality traits in common wheat. *Crop Science* 8: 725-728. 1968.
- , TIPPLES, K.G. y CAMPBELL, A.B. Heritabilities of and correlations among quality traits in wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 51: 441-448. 1971.
- BHATTI, G.M. y DERERA, N.F. Genotype x environment interactions for, heritabilities of, and correlations among quality traits in wheat. *Euphytica* 24: 597-604. 1975.
- BROWN, C.M., WIEBEL, R.O. y SEIF, R.D. Heterosis and combining ability in common winter wheat. *Crop Science* 6: 382-383. 1966.
- CHAPMAN, S.R. y McNEAL, F.H. Gene effects for grain protein in five spring wheat crosses. *Crop Science* 10: 45-46. 1970.
- DIEHL, A.I. Inheritance of grain protein and lysine in crosses of three high-protein wheats (*Triticum aestivum* L.). Ph.D. thesis. University of Nebraska, Department of Agronomy, Lincoln, Nebraska 68503, U.S.A. 1974. 76 p.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science* 9: 463-493. 1956.
- HAYMAN, B.I. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39: 789-809. 1954.
- HUCKESBY, D.F., BROWN, C.M., HOWELL, J.E. y HAGEMAN, R.H. Late spring applications of nitrogen for efficient utilization and enhanced production of grain and grain protein of wheat. *Agronomy Journal* 63: 274-276. 1971.
- JINKS, J.I. y HAYMAN, B.I. The analysis of diallel crosses. *Maize Genetics Cooperative Newsletter* 27: 48-54. 1953.
- KUHR, S. Inheritance of protein, lysine, and selected traits in four spring wheat crosses. M.Sc. thesis. University of Nebraska, Department of Agronomy, Lincoln, Nebraska 68503, U.S.A. 1974. 63 p.
- MÜLLER, C., CORTAZAR, R., PARODI, P.C. y ALVARADO, P. Vigor híbrido, capacidad combinatoria y acción génica en seis genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) para rendimiento y componentes de rendimiento. *Agricultura Técnica (Chile)* 31 (2): 50-70. 1971.
- OHM, H.W. y PATTERSON, F.L. A six-parent diallel cross analysis for protein in *Avena sterilis* L. *Crop Science* 13: 27-30. 1973.
- y PATTERSON, F.L. Estimation of combining ability, hybrid vigor, and gene action for protein in *Avena* spp. I. *Crop Science* 13: 55-58. 1973.
- PARODI, P. Trigo híbrido. *Simiente (Chile)* 36 (1-3): 13-20. 1966.
- y WULF, H. Expresión de heterosis en la calidad panadera y molinera de híbridos de trigo. *Agricultura Técnica (Chile)* 26(3): 97-106. 1966.
- , MÜLLER, C., WULF, H. y GRANGER, D. Vigor híbrido, capacidad combinatoria, acción génica y heredabilidad de algunos componentes de calidad, en un cruzamiento dialélico de seis genotipos de trigo de primavera (*Triticum aestivum* L.). *Agricultura Técnica (Chile)* 33 (3): 101-111. 1973.
- PARTRIDGE, J.R.D. y SHAYKEWICH, C.F. Effects of nitrogen, temperature, and moisture regime on the yield and protein content of Neepawa wheat. *Canadian Journal of Soil Science* 52: 179-185. 1972.
- RAM, H.H. y SRIVASTAVA, J.P. Inheritance of grain protein and sedimentation value in wheat. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 35: 21-25. 1975.
- TERMAN, G.I., RAMIG, R.E., DREIER, A.F. y OLSON, R.A. Yield protein relationships in wheat grain, as affected by nitrogen and water. *Agronomy Journal* 61: 755-759. 1969.