

## INVESTIGACIÓN

### MEJORAMIENTO DE TRIGOS HARINEROS (*Triticum aestivum* L.) EN LA ZONA CENTRO SUR DE CHILE. III. CONTENIDO Y PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA, Y VOLUMEN DE SEDIMENTACIÓN EN TRIGOS INVERNALES, ALTERNATIVOS Y PRIMAVERALES<sup>1</sup>

#### Genetic improvement of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in the South Central zone of Chile. III. Protein content, production and sedimentation volume of winter, alternative and spring wheats

Mario Mellado Z.<sup>2</sup>

#### A B S T R A C T

Four field experiments with ten winter and alternative varieties (group 1) and four experiments with eleven spring wheat varieties (group 2), were carried out to assess percentage and production of grain protein and sedimentation volume. The tested genotypes were developed at the Quilamapu Wheat Breeding Program, Institute of Agricultural Research, INIA. Lilifen was the first breed variety improved in group 1, and Mexifen in group 2; as such both were used as references. The experiments were carried out in Andisoil soils at the Santa Rosa Experimental Field, Chillán, Chile, from 1995 to 1998. The mean protein percentage of varieties of groups 1 and 2 were 9.6 and 10.8%, respectively. The average protein production in group 1 was 894.6 kg ha<sup>-1</sup>, while in group 2 was 968.4 kg ha<sup>-1</sup>. The average sedimentation values were 3.4 mL in group 1 and 4.3 mL in group 2. With regard to varieties, results showed that breeding work carried out between 1968 and 1993 was more successful at improving protein content rather than quality.

**Key words:** wheat quality, grain protein, sedimentation SDS.

#### R E S U M E N

Se realizaron cuatro experimentos de campo con diez variedades de trigos de invierno y hábito alternativo (grupo 1), y cuatro experimentos con once variedades de trigos de primavera (grupo 2), para evaluar el porcentaje y producción de proteína del grano, y el volumen de sedimentación. Los genotipos fueron desarrollados en el Proyecto de Mejoramiento de Trigo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Quilamapu. Lilifén fue la primera variedad mejorada en el grupo 1, y Mexifén en el grupo 2; por lo tanto, ambas fueron usadas como referencia. Los experimentos se llevaron a cabo en suelos Andisoles del Campo Experimental Santa Rosa (INIA), Chillán, Chile, desde el año 1995 a 1998. Los porcentajes medios de proteína de las variedades de los grupos 1 y 2 fueron 9,6%, y 10,8%, respectivamente. El promedio de producción de proteína de las variedades del grupo 1 fue 894,6 kg ha<sup>-1</sup> mientras que en el grupo 2 este valor fue 968,4 kg ha<sup>-1</sup>. Los valores medios para sedimentación fueron 3,4 mL en el grupo 1 y

<sup>1</sup>Recepción de originales: 27 de diciembre de 1999.

Trabajo presentado al 50° Congreso Agronómico organizado por la Sociedad Agronómica de Chile, efectuado en Pucón entre el 8 y 12 de noviembre de 1999.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile. E-mail: mmellado@quilamapu.inia.cl

4,3 mL en el grupo 2. En relación a las variedades, los resultados demostraron que el trabajo de mejoramiento de trigo realizado entre 1968 y 1993 fue más exitoso en mejorar el contenido de proteína del grano que su calidad.

**Palabras claves:** calidad del trigo, proteína del grano, sedimentación SDS.

## INTRODUCCIÓN

La concentración de nitrógeno en el grano de trigo harinero es de gran importancia socioeconómica en Chile, ya que su uso en alimentación humana representa aproximadamente el 34% de la ingesta calórica, y el 50% de las proteínas que consume en promedio el habitante chileno (Mellado, 1998). Por ello, en los programas de mejoramiento genético de nuestro país, se trata de liberar variedades de alto rendimiento de grano y con el mejor nivel posible de proteína.

Debido a la relación inversa entre rendimiento de grano y contenido de nitrógeno señalada por muchos autores (McNeal *et al.*, 1972; Loffler y Busch, 1982; Kibite y Evans, 1984; Peña, 1996; Khan *et al.*, 2000), ha sido difícil aumentar estos dos parámetros simultáneamente; a pesar de ello Haunold *et al.* (1962) y McKendry *et al.* (1995) señalaron que ello es factible. A diferencia de McNeal *et al.* (1972) y Miezán *et al.* (1977), quienes postularon que esta relación inversa se explica por factores genéticos, Terman (1979) y Kibite y Evans (1984) señalaron que dicha relación sería causada por factores ambientales que producen una dilución de la proteína por compuestos no proteicos.

Al comparar seis variedades de trigo liberadas en Argentina entre 1912 y 1980, Slafer *et al.* (1990) encontraron que la concentración de nitrógeno del grano mostró una tendencia negativa con el año de liberación de las variedades. En Chile, Mellado y Granger (1988) determinaron que en las variedades modernas se ha logrado aumentar significativamente la cantidad de pro-

teína por hectárea en relación a las variedades antiguas, debido al elevado potencial de rendimiento de grano de los trigos mejorados.

Stewart y Dwyer (1990) analizaron el rendimiento de grano y los niveles de proteína en trigos de primavera de Canadá, y determinaron que entre los años 1961 y 1982 el rendimiento había aumentado en 806 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que la proteína había disminuido en 1%. Indicaron que a comienzos del período (1961) se produjeron los mayores cambios en rendimiento y proteína, observándose una nivelación o estancamiento al final del período (1982). Por su parte Cox *et al.* (1989) determinaron que la proteína de 20 variedades, liberadas después de 1976, era 2 g kg<sup>-1</sup> inferior al de 20 variedades liberadas antes de 1970.

Un parámetro asociado con la calidad de la proteína del trigo es el volumen de sedimentación que determina la capacidad de hidratación y expansión de la proteína del gluten en un medio ligeramente ácido (Axford *et al.*, 1979). Los valores más altos de sedimentación corresponden a trigos con mayor fuerza de gluten (Peña *et al.*, 1990).

El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios en los contenidos de proteína del grano, producción de proteína y volumen de sedimentación, producidos durante el proceso de mejoramiento y liberación de variedades del Proyecto Trigo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, entre 1968 y 1993.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos fueron realizados en suelos Andisolos regados del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Quilamapu, Campo Experimental Santa Rosa (36°31' lat. S., 71°54' long. O. y 220 m.s.n.m.), Chillán, Chile, durante los años 1995, 1996, 1997 y 1998.

Las variedades de invierno y de hábito alternativo (grupo 1) se sembraron en mayo, y las de primavera (grupo 2) en agosto. Durante los cuatro años, cada experimento incluyó todos los trigos de cada grupo, ordenados en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variedades del grupo 1 y el año de registro fueron las siguientes: Lilifén (1968), Andalién (1978), Andifén (1980), Lucero (1980), Labriego (1981), Lancero (1983), Lautaro (1985), Laurel (1985), Candela (1989) y Quelén (1993). Las variedades del grupo 2, y el año de registro, fueron las siguientes: Mexifén (1971), Antufén (1974), Ancoa (1982), Onda (1982), Sipa (1982), Ovación (1985), Cisne (1985), Nobo (1986), Ciko (1988), Saeta (1989) y Domo (1993).

Dado que estas variedades difieren en su comportamiento a las enfermedades, se realizó un control periódico de las enfermedades foliares mediante fungicidas del grupo químico de los triazoles. Otras informaciones sobre el manejo de los ensayos se describen en la primera y segunda parte de este trabajo (Mellado, 1999, 2000).

Las evaluaciones fueron las siguientes:

**1. Proteína del grano:** Determinada por el método Kjeldahl, el cual asume una relación constante entre el N total y los polímeros de aminoácidos que se unen para formar las proteínas. Se usó harina integral obtenida en un molino Teclator con tamiz de 1 mm de diámetro. La muestra de harina fue 0,28 g y el factor de conversión de 5,7.

**2. Producción de proteína:** Determinada multiplicando el rendimiento de grano (Mellado, 1999, 2000), por el porcentaje de proteína.

**3. Cifra de sedimentación:** Se determinó por el método que utiliza Sulfato de Dodecilo de Sodio (SDS) citado por Peña *et al.* (1990), usando una muestra de harina integral de 0,5 g, a la cual se agregaron 3 mL de azul de bromofenol y 9,5 mL de una solución de SDS más ácido láctico.

### Análisis de los datos

Un análisis de varianza combinado señaló interacción de año x variedad, para todas las variables analizadas. Por ello los datos fueron analizados como un diseño de bloques al azar en que los años se consideraron como repeticiones. Debido a ello el valor numérico de cada repetición (año) representa un promedio de cuatro evaluaciones. Los porcentajes de proteína se transformaron a raíz cuadrada para efecto del análisis.

Para comparar medias se usó el procedimiento de Dunnett (Steel and Torrie, 1960), usando como testigos a las primeras variedades mejoradas, es decir, Lilifén en el grupo 1 y Mexifén en el grupo 2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje de proteína del grano

Los valores de proteína del grano fueron estadísticamente distintos a través de los años, debido a que se trata de una característica que si bien tiene un componente genético (McNeal *et al.*, 1972; Miezán *et al.*, 1977), su efecto es fuertemente modificado por las condiciones ambientales, como lo señalan Terman (1979), Kibite y Evans (1984) y Mellado (1994). Estas diferencias fueron más marcadas en los trigos de invierno y hábito alternativo (grupo 1) que en los trigos de primavera (grupo 2), posiblemente debido al mayor número de eventos

climáticos que deben soportar los trigos tardíos durante su ciclo de crecimiento y desarrollo.

En el Cuadro 1 se observa que los promedios anuales de proteína para los trigos del grupo 1 fueron estadísticamente distintos durante los cuatro años de estudio, variando entre 10,5 y

8,7%. El promedio más alto correspondió al año 1996, el cual se caracterizó por ser muy seco en relación al promedio histórico de lluvia en el sitio de los ensayos (Mellado, 1999). En los trigos del grupo 2 los promedios de proteína variaron entre 11,1 y 10,0%, valores significativamente diferentes entre sí (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Porcentaje de proteína del grano de trigos invernales y alternativos. Años 1995-1998

**Table 1.** Percentage of grain protein of winter and alternative wheats. Years 1995-1998

Variedad	1995	1996	1997	1998	Promedio <sup>1</sup>
Lilifén	9,6	11,2	8,9	7,3	9,3
Andalién	10,2	10,6	8,6	8,1	9,4
Andifén	9,5	10,6	9,4	7,5	9,3
Lucero	9,9	10,2	10,2	7,4	9,4
Labriego	9,6	10,6	9,4	7,6	9,3
Lancero	10,1	9,9	9,2	9,5	9,7*
Lautaro	10,8	11,4	10,1	10,2	10,6*
Laurel	10,6	10,8	9,3	9,8	10,1*
Candela	9,9	9,1	8,9	9,5	9,4
Quelén	10,1	10,4	9,5	9,7	9,9*
<b>Promedio<sup>2</sup></b>	10,0b	10,5a	9,4c	8,7d	9,6

<sup>1</sup>El asterisco indica variedades superiores a Lilifén, según la Prueba de Dunnett ( $P = 0,05$ ).

<sup>2</sup>Los promedios con letras distintas difieren significativamente según la Prueba de Duncan ( $P = 0,05$ ).

**Cuadro 2.** Porcentaje de proteína del grano de trigos de primavera. Años 1995-1998

**Table 2.** Percentage of grain protein of spring wheats. Years 1995-1998

Variedad	1995	1996	1997	1998	Promedio <sup>1</sup>
Mexifén	10,6	10,8	10,7	10,4	10,6
Antufén	9,7	10,9	11,1	9,8	10,4
Ancoa	11,1	11,0	11,2	9,8	10,8*
Onda	10,9	11,4	10,9	10,2	10,9*
Sipa	11,1	11,0	10,9	9,0	10,5
Ovación	12,1	11,6	10,4	9,7	11,0*
Cisne	10,4	11,5	9,9	8,9	10,2
Nobo	10,1	10,9	10,8	9,1	10,2
Ciko	11,7	10,0	12,3	10,0	11,0*
Saeta	12,4	11,2	10,9	11,8	11,6*
Domo	11,5	10,9	11,7	11,4	11,4*
<b>Promedio<sup>2</sup></b>	11,1a	11,0a	11,0a	10,0b	10,8

<sup>1</sup>El asterisco indica variedades superiores a Mexifén, según la Prueba de Dunnett ( $P = 0,05$ ).

<sup>2</sup>Los promedios con letras distintas difieren significativamente según la Prueba de Duncan ( $P = 0,05$ ).

El promedio general de proteína para los trigos de los grupos 1 y 2 fue 9,6% y 10,8%, respectivamente, lo que implica una superioridad de 12,5% a favor de los trigos de primavera. En cuanto a los porcentajes de proteína por variedades, en el Cuadro 1 se observa que los trigos Lancero, Lautaro, Laurel y Quelén, superaron significativamente al testigo Lilifén, a pesar del elevado potencial de rendimiento de alguno de ellos (Mellado, 1999). Es interesante indicar que ninguna de las variedades liberadas con posterioridad a Lilifén presentó un porcentaje menor de proteína que dicho testigo, lo cual es satisfactorio porque la calidad del grano siempre ha sido uno de los objetivos de nuestro programa de mejoramiento.

En el grupo 2, los trigos que superaron al testigo Mexifén, fueron Ancoa, Onda, Ovación, Ciko, Saeta y Domo. En este grupo tampoco hubo variedades con menor porcentaje de proteína que el testigo, a pesar de los elevados rendimientos de algunas variedades liberadas más recientemente, tales como Sipa, Nobo y Saeta (Mellado, 2000). Esto contradice, en parte, lo señalado por McNeal *et al.* (1972), Loffler y Busch (1982) y Kibite y Evans (1984), quienes afir-

maron que es difícil mejorar simultáneamente el rendimiento de grano y el nivel de proteína del grano. Los datos también difieren de lo afirmado por Cox *et al.* (1989), Slafer *et al.* (1990) y Steward y Dwyer (1990), quienes indicaron una tendencia negativa en el nivel de proteína de las variedades de más reciente liberación.

### Producción de proteína por hectárea

En el Cuadro 3 se observa que la mayor producción de proteína de los trigos de invierno y hábito alternativo se obtuvo en el año 1996, con 1.092,9 kg ha<sup>-1</sup>. En los otros tres años, los promedios fueron estadísticamente iguales, lo que demuestra que esta característica fue menos afectada por el medio ambiente que el porcentaje de proteína de los mismos trigos. A nivel de variedades no se observaron diferencias significativas entre el testigo Lilifén, y el resto de los trigos del grupo 1.

En las variedades del grupo 2 (Cuadro 4), la mayor producción de proteína correspondió al año 1996, lo que estuvo asociado con el buen porcentaje de proteína de las variedades (Cuadro 2). En este grupo las variedades Sipa, Ovación, Saeta y Domo, superaron significativamente al

**Cuadro 3.** Producción de proteína del grano (kg ha<sup>-1</sup>) de trigos invernales y alternativos. Años 1995-1998  
**Table 3.** Production of grain protein (kg ha<sup>-1</sup>) of winter and alternative wheats. Years 1995-1998

Variedad	1995	1996	1997	1998	Promedio <sup>1</sup>
Lilifén	736,3	1.153,6	784,1	762,1	859,0
Andalién	803,8	1.079,1	793,8	857,0	883,4
Andifén	635,6	1.104,5	855,4	722,3	829,5
Lucero	938,5	839,5	822,1	685,2	821,3
Labriego	718,1	1.140,6	838,5	702,2	849,9
Lancero	885,8	1.089,9	898,8	1.011,8	971,6
Lautaro	841,3	1.200,4	858,5	893,5	948,4
Laurel	769,6	1.034,6	751,4	864,4	855,0
Candela	859,3	1.052,9	791,2	1.072,6	944,0
Quelén	808,0	1.233,4	824,6	1.068,0	983,5
<b>Promedio<sup>(2)</sup></b>	799,6b	1.092,9a	821,8b	864,7b	894,6

<sup>1</sup>Todas las variedades son iguales a Lilifén, según la Prueba de Dunnett (P = 0,05).

<sup>2</sup>Los promedios con letras distintas difieren significativamente según la Prueba de Duncan (P = 0,05).

testigo Mexifén en esta característica. Estos resultados corroboran en parte lo señalado por Mellado y Granger (1998), quienes determinaron que las variedades modernas Onda y Andifén, ambas incluidas en el presente estudio, rindieron significativamente más proteína por hectárea que las variedades antiguas Vilufén y T-1.500.

Los trigos de primavera produjeron en promedio 968,4 kg de proteína por hectárea comparado con 894,6 kg ha<sup>-1</sup> de los trigos de invierno y hábito alternativo, lo que da una diferencia de 10,8% a favor de los trigos de primavera.

#### Volumen de sedimentación

El volumen de sedimentación, que dice relación con la calidad y cantidad de la proteína del grano, también presentó las cifras más altas el año

1996, tanto en los trigos de invierno y hábito alternativo (grupo 1) como en los de primavera (grupo 2). En los trigos del grupo 1, las variedades Andalién, Andifén y Quelén superaron significativamente al testigo Lilifén, en tanto que la variedad Lucero fue de calidad inferior al testigo (Cuadro 5).

En los trigos del grupo 2, ninguna variedad superó al testigo Mexifén. Por el contrario, las variedades Antufén, Ancoa y Cisne fueron estadísticamente inferiores a Mexifén (Cuadro 6). Tanto en los trigos de invierno y hábito alternativo, como en los de primavera, no se encontró correlación entre proteína y sedimentación SDS. Esto difiere de lo señalado por Hevia *et al.* (1985), quienes encontraron una correlación de 0,690 (significativa al 1%) para una muestra de 25 pares de valores correspondientes a trigos chilenos.

**Cuadro 4.** Producción de proteína del grano (kg ha<sup>-1</sup>) de trigos de primavera. Años 1995-1998

**Table 4.** Production of grain protein (kg ha<sup>-1</sup>) of spring wheats. Years 1995-1998

Variedad	1995	1996	1997	1998	Promedio <sup>1</sup>
Mexifén	668,0	1.013,6	852,9	932,8	866,8
Antufén	673,9	1.094,5	1.045,1	1.017,8	957,8
Ancoa	744,6	1.074,8	971,8	931,0	930,6
Onda	748,2	1.206,5	922,4	988,1	966,3
Sipa	852,2	1.240,9	1.080,0	910,3	1.020,9*
Ovación	828,1	1.203,5	1.007,7	936,7	994,0*
Cisne	762,7	1.117,7	965,8	817,7	916,0
Nobo	697,5	1.210,4	997,2	905,3	952,6
Ciko	762,9	1.049,0	1.067,3	1.005,2	971,1
Saeta	877,0	1.167,8	1.020,8	1.172,6	1.059,6*
Domo	771,5	1.097,9	1.053,9	1.142,4	1.016,4*
<b>Promedio<sup>2</sup></b>	<b>762,4c</b>	<b>1.134,2a</b>	<b>998,6b</b>	<b>978,2b</b>	<b>968,4</b>

<sup>1</sup>El asterisco indica variedades superiores a Mexifén, según la Prueba de Dunnett (P = 0,05).

<sup>2</sup>Los promedios con letras distintas difieren significativamente según la Prueba de Duncan (P = 0,05).

**Cuadro 5.** Volumen de sedimentación (mL) de trigos de invierno y hábito alternativo. Años 1995-1998  
**Table 5.** Sedimentation volume (mL) of winter and alternative wheats. Years 1995-1998

Variedad	1995	1996	1997	1998	Promedio <sup>1</sup>
Lilifén	3,1	3,8	2,5	3,2	3,2
Andalién	3,7	3,4	3,8	4,3	3,8*
Andifén	3,5	4,2	3,4	4,1	3,8*
Lucero	2,6	2,1	2,5	2,1	2,3
Labriego	3,2	3,4	3,3	3,9	3,5
Lancero	3,6	4,5	3,8	2,9	3,7
Lautaro	2,9	4,1	2,8	3,2	3,3
Laurel	3,4	3,6	3,1	2,6	3,2
Candela	3,2	3,8	2,9	2,4	3,1
Quelén	3,9	5,0	4,0	3,8	4,2*
<b>Promedio<sup>2</sup></b>	3,3b	3,8a	3,2b	3,3b	3,4

<sup>1</sup>El asterisco indica variedades superiores a Lilifén, según la Prueba de Dunnett (P = 0,05).

<sup>2</sup>Los promedios con letras distintas difieren significativamente según la Prueba de Duncan (P = 0,05).

**Cuadro 6.** Volumen de sedimentación (mL) de trigos de primavera. Years 1995-1998.  
**Table 6.** Sedimentation volume (mL) of spring wheats. Years 1995-1998.

Variedad	1995	1996	1997	1998	Promedio <sup>1</sup>
Mexifén	4,1	6,1	5,1	4,9	5,1
Antufén	4,2	3,3	4,4	2,9	3,7
Ancoa	3,5	3,1	2,8	2,5	3,0
Onda	4,5	6,4	4,5	6,3	5,4
Sipa	4,1	5,8	4,4	5,3	4,9
Ovación	3,9	5,0	3,2	3,7	4,0
Cisne	3,6	4,7	3,2	3,9	3,9
Nobo	3,5	4,4	4,1	4,3	4,1
Ciko	4,2	5,0	5,0	4,3	4,6
Saeta	4,1	5,3	4,1	5,1	4,7
Domo	4,0	4,8	5,2	4,3	4,6
<b>Promedio<sup>2</sup></b>	4,0b	4,9a	4,2a	4,3a	4,3

<sup>1</sup>Todas las variedades son iguales a Mexifén, según la Prueba de Dunnett (P = 0,05).

<sup>2</sup>Los promedios con letras distintas difieren significativamente según la Prueba de Duncan (P = 0,05).

## CONCLUSIÓN

Los resultados del presente trabajo permiten afirmar que en el trabajo de mejoramiento realizado entre 1968 y 1993 se han liberado algunas variedades de trigo harinero, que aún teniendo

un elevado rendimiento de grano, han superado a las variedades testigos en los parámetros de calidad considerados. La variable menos modificada en estos 25 años fue la calidad de la proteína evaluada a través del volumen de sedimentación.

## LITERATURA CITADA

- Axford, D.W.E., E.E. Mcdermott, and D.G. Redman. 1979. Note on the Sodium dodecyl sulfate test of breadmaking quality: comparison with Pelshenke and Zeleny tests. *Cereal Chem.* 69:229-230.
- Cox, T.S., M.D. Shogren, R.G. Sears, T.J. Martin, and L.C. Bolte. 1989. Genetic improvement in milling and baking quality of hard red winter cultivars, 1919 to 1988. *Crop Sci.* 29:626-631.
- Haunold, A., V.A. Johnson, and J.W. Schmidt. 1962. Variation in protein content in the grain in four varieties of *Triticum aestivum* L. *Agron. J.* 54:121-125.
- Hevia, F.H., H.G. Tollenaar, y F.R. Villegas. 1985. Evaluación de los métodos que utilizan Sulfato de Dodecilo de Sodio (SDS) para determinar la calidad panadera del trigo. *Agro Sur* 13:27-32.
- Khan, A.I., D.J. Procnier, G.D. Humphreys, G. Tranquilli, R.A. Schlatter, S. Marcucci-Poltri, R. Frohberg, and J. Dubcovsky. 2000. Development of PCR-based markers for a high grain protein content gene from *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* transferred to bread wheat. *Crop Sci.* 40:518-524.
- Kibite, S., and L.E. Evans. 1984. Causes of the negative correlations between grain yield and grain protein concentration in common wheat. *Euphytica* 33:801-810.
- Loffler, C.M., and R.H. Busch. 1982. Selection for grain protein, grain yield, and nitrogen partitioning efficiency in hard red spring wheat. *Crop Sci.* 22:591-595.
- McKendry, L.A., P.B.E. McVetty, and L.E. Evans. 1995. Selection criteria for combining high grain yield and high grain protein concentration in bread wheat. *Crop Sci.* 35:1597-1602.
- Mcneal, F.H., M.A. Berg, C.F. McGuire, V.R. Stewart, and D.E. Baldrige. 1972. Grain and plant nitrogen relationships in eight spring wheat crosses, *Triticum aestivum* L. *Crop Sci.* 12:599-601.
- Mellado Z., M., y D. Granger Z. 1988. Respuesta al nitrógeno y fósforo de variedades de trigo altas y semienanas. II. Variaciones en algunos índices de calidad industrial del grano. *Agricultura Técnica (Chile)* 48:127-136.
- Mellado Z., M. 1994. Efecto de la fecha de siembra y del tipo de variedad sobre la calidad del trigo (*Triticum aestivum* L.). *Agricultura Técnica (Chile)* 54:102-105.
- Mellado Z., M. 1998. Análisis del cultivo del trigo en Chile durante el siglo veinte. *Agricultura Técnica (Chile)* 58:230-240.
- Mellado Z., M. 1999. Mejoramiento de trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) en la zona centro sur de Chile. I. Análisis del rendimiento y variables asociadas en variedades de invierno y facultativas. *Agricultura Técnica (Chile)* 59:283-295.
- Mellado Z., M. 2000. Mejoramiento de trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) en la zona centro sur de Chile. I. Análisis del rendimiento y variables asociadas en variedades de primavera. *Agricultura Técnica (Chile)* 60:32-42.
- Miezan, K., E.G. Heyne, and K.F. Finney. 1977. Genetic and environmental effects on the grain protein content in wheat. *Crop Sci.* 17:591-593.
- Peña, R.J., A. Amaya, S. Rajaram, and A. Mujeeb-Kazi. 1990. Variation in quality characteristics associated with some spring 1B/1R translocations wheats. *J. Cereal Sci.* 12:105-112.
- Peña, R.J. 1996. Combining high yield potential and grain quality in wheat. p. 215-218. *In* Reynolds, M.P; Rajaram, S. and McNab, A. (eds.). *Increasing yield potential in wheat: breaking the barriers.* CIMMYT, Mexico.
- Slafer, A.G., H.F. Andrade, and E.S. Feingold. 1990. Genetic improvement of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in Argentina: relationships between nitrogen and dry matter. *Euphytica* 50:63-71.

Steel, G.D., and H.J. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. p. 111-112. Mc Graw-Hill, New York, USA.

Stewart, D.W., and L.M.Dwyer. 1990. Yields and protein trends of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) on the Canadian prairies, 1961-1982. Can. J. Plant Sci. 70:33-44.

Terman, G.L. 1979. Yields and protein content of wheat grain as affected by cultivar, N, and environmental growth factors. Agron. J. 71:437-440.