

INVESTIGACIONES

MEJORAMIENTO DE TRIGOS HARINEROS (*Triticum aestivum* L.) EN LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE. II. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y VARIABLES ASOCIADAS EN TRIGOS DE PRIMAVERA¹

Genetic improvement in bread wheats (*Triticum aestivum* L.) in the South Central area of Chile. II. Analysis of grain yield and related variables in spring varieties

Mario Mellado Z.²

ABSTRACT

Field experiments with eleven spring wheat varieties released between 1971 and 1993 were carried out to assess genetic gain in yield potential and related variables (biomass, harvest index, kernels/spike, kernel weight and test weight). The genotypes tested were developed in the Quilamapu Wheat Breeding Program. Mexifén was the first enhanced variety of this group, and was used as the standard variety. The experiments were carried out at the Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile, from the season 1995 to 1998. Two similar experiments were carried out each year, with and without foliar fungus disease control to evaluate genetic gains and foliar diseases damage respectively. The overall average yields of all varieties tested, during 1995-1998, with and without fungicides were 9.02 t ha⁻¹ and 7.50 t ha⁻¹ respectively. Significant genetic gains in grain yield and related variables were not detected, with the exception of kernel weight, which presented an average genetic gains of 22.1 mg grain⁻¹ year⁻¹.

It was concluded that the wheat varieties distributed between 1971 and 1993 did not show genetic gains in grain yield, and that the principal reason for the change of varieties was the genetic resistance to foliar diseases.

Key words: cultivars improvement, genetic gains, wheat grain yields.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético del trigo es un requisito para una agricultura moderna donde se incluya este cereal, ya que la liberación de nuevas variedades con mejores características agronómicas es indispensable para integrarlas en un plan exigente de rotaciones.

En Chile el rendimiento unitario en la producción de trigo ha tenido diferentes grados de incrementos durante el presente siglo. Según cálculos del autor, elaborados con datos del Instituto Nacional de Estadísticas, Opazo (1932), David (1993), y Arancibia y Yavar (1994), entre los años 1910 y 1939 se registró una disminución promedio de 8 kg ha⁻¹ año⁻¹; entre 1940 y 1969 se produjo un aumento de 21 kg ha⁻¹ año⁻¹, y entre 1970 y 1996 el incremento fue de 100 kg ha⁻¹ año⁻¹. Se estima que el gran aumento producido en el último tercio del siglo fue un resultado conjunto de la genética y de la agronomía. Como referencia, Slafer y Andrade

¹Recepción de originales: 15 de diciembre de 1998.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile. E-mail: mmellado@quilampu.inia.cl

(1991) señalan que la mitad del incremento en rendimiento de grano se debe a ganancia genética, y la otra mitad a factores de manejo y ambientales.

Berger y Planchon (1990) señalan que el mejoramiento de la productividad del trigo harinero ha estado relacionada con un aumento en el índice de cosecha (IC), pero no con el rendimiento biológico, el que se ha mantenido más o menos constante. Dos décadas antes, Syme (1970) indicaba que las variedades mexicanas, semienanas, rinden más grano, menos paja, pero igual cantidad de biomasa. En este mismo sentido, Van Dobben (1962), Austin *et al.* (1980) y Waddington *et al.* (1986) señalan que los aumentos de rendimiento generalmente han mostrado una asociación positiva con IC.

Un punto de vista diferente es el de Karimi y Siddique (1991) quienes señalan que el aumento de rendimiento de los trigos modernos se ha logrado con una mayor tasa de crecimiento del cultivo, es decir, una mayor tasa de producción de materia seca por unidad de área.

Respecto a la magnitud de las ganancias genéticas en el mejoramiento de trigos harineros de primavera, se citan diferentes valores. Feyerherm *et al.* (1984) señalan que los aumentos de rendimiento atribuidos al cambio de variedades harineras de primavera en el período 1954-1979, variaron entre 10,7 kg ha⁻¹ año⁻¹ en Montana, y 22 kg ha⁻¹ año⁻¹ en Minnesota. En un trabajo similar efectuado para el período 1979-1984, Feyerherm *et al.* (1989) indican aumentos de 8,8 kg ha⁻¹ año⁻¹ en Montana, y de 17,6 kg ha⁻¹ año⁻¹ en Dakota del Sur.

Waddington *et al.* (1986) indican una ganancia genética de 59 kg ha⁻¹ año⁻¹ para trigos mexicanos liberados entre 1950 y 1981. Sin embargo, cuando analizaron el período 1970-1979 no se encontraron evidencias de un aumento en el potencial de rendimiento. Mc Caig y Clarke (1995) señalan que los trigos liberados en el Oeste de Canadá, entre 1947 y 1992, aumentaron su

potencial genético de rendimiento en aproximadamente 6 a 9 kg ha⁻¹ año⁻¹. Agregan que en este logro no influyó el peso del hectolitro, la altura de planta, ni el ciclo vegetativo, pero sí el número de granos por m². Perry y D'Antuono (1989) señalan para el Oeste de Australia un aumento de rendimiento de 5,8 kg ha⁻¹ año⁻¹ (0,57% al año), para 28 cultivares de trigos liberados entre 1960 y 1982. Agregan que el 80% de este aumento se debió al mejoramiento del IC; mencionan IC de 28 y 36% para los cultivares antiguos y semienanos, respectivamente.

En Canadá, Hucl y Baker (1987) señalan un IC de 32% para el trigo Red Fife (97 cm) liberado en 1882, y de 41% para la variedad HY 320 (65 cm) liberada en 1985.

En el presente estudio se presenta una evaluación del avance genético en rendimiento de grano, y algunas variables relacionadas, de once cultivares de trigo de primavera liberadas entre 1971 y 1993.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de variedades obtenidas en diferentes períodos, usando ambientes comunes y una tecnología de manejo similar es, posiblemente, el método más directo y menos sesgado para medir el progreso genético en mejoramiento.

En consideración a lo anterior todos los ensayos fueron realizados en suelos regados, de textura franco limosa a franco arcillosa, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Campo Experimental Santa Rosa (Lat. 36°31'34" S., Long. 71°54'40" O. y alt. 220 m.s.n.m.), Chillán, Chile, durante los años 1995, 1996, 1997 y 1998.

Cada experimento fue sembrado en un diseño de bloques completos al azar de once tratamientos (variedades) y tres repeticiones. La unidad

experimental consistió en una parcela de seis hileras de 2 m de largo espaciadas a 20 cm. La distancia entre parcelas adyacentes fue de 40 cm, y entre bloques de 150 cm. En la cosecha se excluyeron las dos hileras bordes.

Las once variedades y el año de registro, son los siguientes: Mexifén (1971), Antufén (1974), Ancoa (1982), Onda (1982), Sipa (1982), Ovación (1985), Cisne (1985), Nobo (1986), Ciko (1988), Saeta (1989) y, Domo (1993).

Las siembras se efectuaron los días 10, 1, 5 y 1 de agosto, de 1995, 1996, 1997 y 1998, respectivamente. La dosis de semilla fue 160 kg ha⁻¹ en 1995 y 1996, y de 200 kg ha⁻¹ en 1997 y 1998. La fertilización por hectárea, basada en análisis del suelo, fue de 150 kg de N como Salitre Sódico y de 43 kg de P como Superfosfato Triple, durante 1995 y 1996. En 1997 y 1998 fue de 200 unidades de N, 64 unidades de P, y 41 unidades de K como Salitre Sódico, Superfosfato Triple y Muriato de Potasio, respectivamente.

Dado que las variedades diferían en su comportamiento a las enfermedades, se realizó un control periódico de las enfermedades foliares mediante la aplicación de fungicidas sistémicos inhibidores de la síntesis de ergosterol. Estos productos se aplicaron en las dosis recomendadas por los fabricantes, con un intervalo aproximado de un mes, a partir del momento en que se hizo presente alguna enfermedad.

Contiguo a este ensayo se sembró un experimento exactamente igual que se mantuvo sin protección de enfermedades foliares.

Las malezas de hoja angosta se controlaron con el graminicida sistémico Clodinafop-Propargil, en tanto que para eliminar las malezas de hoja ancha se aplicó una mezcla de MCPA y Metsulfuron Metil.

Las características evaluadas fueron:

1. Días de siembra a espigadura. Días transcurridos desde la siembra hasta cuando aproxi-

madamente un 50% de las espigas de una parcela habían emergido completamente.

2. Altura de planta: Medida desde la superficie del suelo hasta el extremo superior de las espigas (sin considerar las barbas).
3. Rendimiento de fitomasa. Evaluada cortando con hechona a ras de suelo las plantas de trigo totalmente secas de las cuatro hileras centrales de cada parcela, lo que equivale a una superficie de 1,6 m² de cada unidad experimental. Luego este material fue pesado en una balanza reloj sostenida en un trípode. Las parcelas fueron procesadas el mismo día, después que todas las variedades habían alcanzado completa madurez de cosecha.
4. Rendimiento de grano: Se determinó después de trillar toda la gavilla usada para evaluar la fitomasa (t ha⁻¹).
5. Índice de cosecha: Cuociente entre el rendimiento de grano y la fitomasa (%).
6. Peso del hectolitro: Peso del grano por unidad de volumen, determinado en una muestra de trigo libre de impurezas, empleando una balanza Schopper de 250 mL de capacidad.
7. Número de granos por espiga: Se usó el número promedio de granos obtenido al procesar 25 espigas por cada parcela.
8. Peso de 1.000 semillas: Se contaron mil semillas y se pesaron en una balanza con sensibilidad de centésimas de gramos.

Análisis de los datos

Se hizo un análisis de varianza para los datos de cada variable, en años individuales, y para años combinados para ver si hubo efecto de años. Este análisis se efectuó separadamente para los ensayos con y sin fungicida.

Las medias se compararon mediante el procedimiento de Dunnett (Steel and Torrie, 1960), usando como testigo a la variedad Mexifén por ser la más antigua de las once variedades analizadas.

Para estimar la ganancia genética en rendimiento de grano y en sus variables asociadas (biomasa, índice de cosecha, granos por espiga, peso de 1.000 semillas y, peso del hectolitro) se hizo una regresión de las medias de cada variedad, en cada año, contra el año de liberación de esa variedad, expresado como años transcurridos desde la liberación de la primera variedad analizada. Esta metodología ha sido usada por muchos investigadores, entre ellos Lynch y Frey (1993) y Waddington *et al.* (1986).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días de siembra a espigadura y altura de las variedades

En el Cuadro 1 se aprecia que la diferencia del ciclo vegetativo entre el trigo más precoz (Ciko) y los más tardíos (Cisne y Domo) es alrededor de diez días; las otras siete variedades difieren como máximo en solo cinco días. Con relación a la altura estas variedades se clasifican como

semienanas, ya que bajo esta denominación se ubican los trigos cuya altura de planta oscila entre 80 y 105 centímetros (Mellado, 1997). La excepción la constituye la variedad Cisne que con un promedio de 114 centímetros corresponde a un trigo de altura estándar.

Experimentos con control químico de enfermedades foliares

El análisis de varianza combinado para años y variedades no demostró interacción significativa, para ninguna variable, por lo que se efectuó un análisis conjunto de los datos obtenidos en los cuatro años.

Los valores de F del análisis de varianza de las seis características indicadas en el Cuadro 2, fueron significativos ($P < 0,01$). Este Cuadro señala que según la prueba de Dunnett (d') las variedades que superaron al testigo Mexifén fueron: Sipa en rendimiento de grano; las variedades Ovación, Cisne y Saeta en biomasa; las variedades Antufén, Cisne, Nobo y Saeta en granos por espiga; las variedades Ancoa, Onda, Sipa, Ovación, Ciko y Saeta, en peso del hectolitro, y las variedades Sipa, Ovación, Ciko y Domo en peso del grano.

Cuadro 1. Algunas características de once variedades de trigo harinero de primavera

Table 1. Some characteristics of eleven bread spring wheat varieties

Año de liberación	Variedad	Días siembra espigadura Promedio ¹ y (ES ³)	Altura de planta Promedio ² y (ES ³) (cm)
1971	Mexifén	96,7 (0,4)	89 (1,0)
1974	Antufén	94,2 (0,7)	99 (1,0)
1982	Ancoa	93,6 (0,6)	89 (1,0)
1982	Onda	94,2 (0,9)	99 (1,3)
1982	Sipa	93,1 (0,6)	101 (1,5)
1985	Ovación	97,0 (0,4)	104 (1,8)
1985	Cisne	101,3 (0,7)	114 (1,4)
1986	Nobo	97,6 (0,6)	94 (1,3)
1988	Ciko	91,7 (0,6)	97 (1,1)
1989	Saeta	97,3 (0,7)	99 (1,1)
1993	Domo	100,0 (0,9)	87 (1,1)

¹n = 8 datos.

²n = 24 datos.

³ES = Error estándar.

Cuadro 2. Valores promedios de rendimiento de grano y características asociadas de once variedades de trigo, con aplicación de fungicida, evaluadas durante los años 1995-1996 y 1997

Table 2. Average values of grain yield and related variables in eleven wheat varieties, with foliar fungicides, during 1995- 1996 and 1997

Variedad	Rendimiento grano t ha ⁻¹	Biomasa t ha ⁻¹	Índice cosecha (%)	Granos espiga ⁻¹ (Nº)	Peso 1.000 semillas (g)	Peso hectolitro kg hL ⁻¹
Mexifén	8,15	19,71	41	38,3	44,51	83,81
Antufén	9,30	22,91	41	46,3 d	44,04	84,57
Ancoa	8,66	20,54	42	42,7	40,42	85,41 d
Onda	8,90	20,96	42	41,5	46,56	86,43 d
Sipa	9,74 d	22,50	43	42,9	50,55 d	85,39 d
Ovación	9,14	24,55 d	37	40,6	48,60 d	85,81 d
Cisne	9,00	24,21 d	37	52,0 d	43,53	84,17
Nobo	9,30	21,01	44	54,8 d	44,72	84,66
Ciko	8,93	21,04	42	43,2	50,24 d	86,15 d
Saeta	9,20	24,37 d	38	52,6 d	47,53	85,80 d
Domo	8,95	21,95	41	38,7	48,26 d	84,05
\bar{X}	9,02	22,16	41	44,9	46,27	85,11
CV	6,5	7,2	6,0	6,7	3,3	0,5
d'	1,38	3,73	5,69	7,03	3,53	1,01
b	0,022 NS	0,091 NS	-0,001 NS	0,185 NS	0,221**	0,028 NS

d': Valores estadísticamente superiores ($P = 0,05$) a la variedad testigo Mexifén, según la Prueba de Dunnett (d').

b: Coeficiente de regresión de la característica sobre el año de liberación de la variedad. Valores no significativos (NS) y significativos al 1% (**), respectivamente.

Los coeficientes de regresión (b) no fueron significativos, lo cual implica que con la excepción del peso del grano, no hubo ganancias genéticas durante el período de mejoramiento que transcurrió entre las liberaciones de las variedades Mexifén y Domo. La ausencia de ganancia genética registrada en el presente trabajo concuerda con lo indicado por Waddington *et al.* (1986) y Fisher and Wall (1976) quienes señalan que se ha observado un "plateau" en los potenciales de rendimiento de las variedades liberadas desde comienzos de la década de 1970 en adelante.

Para la presente investigación, la falta de ganancia genética en rendimiento obedecería al período de tiempo relativamente breve que consideró este estudio (22 años), y la no incorporación de una variedad más antigua como referencia, es decir, una variedad cultivada en la década del

cuarenta. Esta apreciación aparece confirmada por Perry y D'Antuono (1989) quienes señalan que si bien los mayores aumentos de rendimiento debido al mejoramiento genético han sido registrados en Inglaterra, ello puede deberse a que el análisis de dicha mejora parte de una base muy baja.

Otra explicación para esta falta de aumento de rendimiento, y que también la señala Sinha *et al.* (1981), se basaría en el hecho que el propósito de aumentar el rendimiento a veces es sobrepasado por la urgencia de lograr variedades con mejor resistencia a las enfermedades. Cabe señalar que en la región que cubre el presente estudio, las royas, especialmente *Puccinia striiformis* West., se presentan permanentemente bajo condiciones naturales (Mellado,

1988), por lo que siempre son una prioridad en el trabajo de mejoramiento.

Aunque se ha determinado correlación entre rendimiento de grano con altura de planta y largo del ciclo vegetativo (Mellado, 1978; 1988), en el presente estudio estas dos características no habrían jugado un rol importante en el rendimiento, ya que su rango de variación fue pequeño (Cuadro 1). Respecto a la altura, Law *et al.* (1978) señalan que la correlación positiva entre rendimiento de grano y altura de planta es contrario a las metas de selección de los mejoradores, ya que siempre se buscan trigos de caña corta con alto rendimiento.

El rendimiento de grano de las variedades estuvo asociado ($n = 132$) con el peso de la semilla ($r = 0,287$, $P < 0,01$); con el número de granos por espiga ($r = 0,217$, $P < 0,01$); con la producción de biomasa ($r = 0,761$, $P < 0,05$) lo que corrobora lo indicado por Karimi y Siddique (1991), y con el índice de cosecha ($r = 0,456$, $P < 0,01$) lo que concuerda con lo indicado por Austin *et al.* (1980) y Waddington *et al.* (1986).

La fertilidad de las espigas que se traduce en el número de granos por espiga no experimentó avances genéticos durante el período considerado, lo que contradice a algunos investigadores, entre ellos a Waddington *et al.* (1986) quienes indican que se ha producido un mejoramiento continuo en el número de granos por espiga en los genotipos que poseen los genes de enanismo *Rht*.

El peso de la semilla fue la única característica que mostró una ganancia genética significativa de $22,1 \text{ mg grano}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

Experimentos sin control químico de enfermedades foliares

El análisis combinado de varianza (año x variedad), determinó interacción para todas las variables, por lo que éstas se analizaron por años separados.

La importancia del reemplazo de variedades a nivel comercial, debido a la pérdida de resistencia a las enfermedades, queda nítidamente demostrada en los experimentos sin fungicida al follaje. En efecto, con la sola excepción del índice de cosecha en 1995 y 1996, y el número de granos por espiga en 1995, en todos los casos restantes los coeficientes de regresión (b) fueron significativos (Cuadros 3, 4, 5 y 6), indicando con ello que las variedades de más reciente liberación sobresalen respecto a las más antiguas, como consecuencia de la mejor resistencia a las enfermedades, dado que en los ensayos con control químico no se detectó avance genético *per se*.

Podría señalarse que la mayor cantidad de coeficientes de regresión (b) significativos obtenidos en los experimentos sin fungicida, respecto a los coeficientes de regresión con fungicida representaría en cierta forma el daño económico causado por las enfermedades. En estos cuatro años de estudio el ataque promedio de roya estriada (*Puccinia striiformis* West.) fue de 27; 39; 0 y 29%, en tanto que los de roya colorada (*Puccinia recondita* Rob. ex. Desm.) fueron de 52; 50; 10 y 8%, respectivamente. Las variedades más afectadas por roya amarilla fueron, Antufén, Ancoa, Sipa, Ovación, Nobo y Saeta. El ataque de roya colorada fue generalizado ya que solamente la variedad Domo no presentó esta enfermedad.

**Cuadro 3. Medias de características agronómicas de once cultivares de trigo evaluados en 1995.
Sin fungicida foliar**

**Table 3. Average of agronomic traits of eleven wheat cultivars evaluated in 1995.
Without foliar fungicide**

Variedad	Rendimiento grano t ha ⁻¹	Biomasa t ha ⁻¹	Índice cosecha (%)	Granos espiga ⁻¹ (Nº)	Peso 1.000 semillas (g)	Peso hectolitro kg hL ⁻¹
Mexifén	5,58	15,31	37	32,6	40,81	84,01
Antufén	5,78	16,77	35	42,6 d	37,39	83,11
Ancoa	6,01	17,19	35	40,2	34,10	85,43 d
Onda	6,62 d	17,40	38	39,7	42,15	86,11
Sipa	5,81	15,83	37	36,7	42,20	84,78
Ovación	5,52	16,67	33	31,0	42,87	85,95 d
Cisne	6,79 d	18,65 d	37	48,6 d	36,67	83,56
Nobo	5,16	14,69	35	46,7 d	37,13	84,16
Ciko	6,92 d	16,87	41 d	43,6	48,30 d	86,33 d
Saeta	6,06	17,19	35	46,1 d	43,77	86,48 d
Domo	7,11 d	18,54 d	38	36,4	47,48 d	84,46
\bar{X}	6,12	16,83	36	40,5	41,17	84,95
CV	6,4	7,5	5,2	9,4	3,9	0,5
d'	9,79	31,49	3,9	9,4	4,04	1,03
b	0,052**	0,088*	0,100 NS	0,215 NS	0,367**	0,088**

d': Valores estadísticamente superiores (P = 0,05) a la variedad testigo Mexifén, según la Prueba de Dunnett (d').

b: Coeficiente de regresión de la característica sobre el año de liberación de la variedad. Valores no significativos (NS) y significativos al 5% (*) y 1% (**), respectivamente.

**Cuadro 4. Medias de características agronómicas de once cultivares de trigo evaluados en 1996.
Sin fungicida foliar**

**Table 4. Average of agronomic traits of eleven wheat cultivars evaluated in 1996.
Without foliar fungicide**

Variedad	Rendimiento grano t ha ⁻¹	Biomasa t ha ⁻¹	Índice cosecha (%)	Granos espiga ⁻¹ (Nº)	Peso 1.000 semillas (g)	Peso hectolitro kg hL ⁻¹
Mexifén	7,19	18,12	40	31,4	39,53	81,78
Antufén	6,33	17,50	36	36,3	34,53	82,23
Ancoa	6,14	16,77	36	35,4	31,60	83,28 d
Onda	7,18	16,98	42	37,1	40,00	84,31 d
Sipa	7,10	17,50	40	35,1	43,43	82,75 d
Ovación	5,96	17,50	34	33,0	41,06	82,90 d
Cisne	6,02	17,19	35	44,3	37,06	81,71
Nobo	5,36	15,00	36	44,9	36,86	79,68
Ciko	8,56 d	19,58	44 d	39,8 d	47,23 d	84,23 d
Saeta	6,84	17,92	38	44,9 d	43,03	84,85 d
Domo	9,14 d	23,02 d	40	34,2	43,23	83,41 d
\bar{X}	6,89	17,91	38	37,8	39,78	82,83
CV	5,4	6,7	3,2	7,5	5,0	0,4
d'	9,32	29,98	3,0	7,01	4,96	0,87
b	0,064*	0,137*	NS	0,342*	0,352**	0,075*

d': Valores estadísticamente superiores (P = 0,05) a la variedad testigo Mexifén, según la Prueba de Dunnett (d').

b: Coeficiente de regresión de la característica sobre el año de liberación de la variedad. Valores no significativos (NS) y significativos al 5% (*) y 1% (**), respectivamente.

**Cuadro 5. Medias de características agronómicas de once cultivares de trigo evaluados en 1997.
Sin fungicida foliar**

**Table 5. Average of agronomic traits of eleven wheat cultivars evaluated in 1997.
Without foliar fungicide**

Variedad	Rendimiento grano t ha ⁻¹	Biomasa t ha ⁻¹	Índice cosecha (%)	Granos espiga ⁻¹ (N°)	Peso 1.000 semillas (g)	Peso hectolitro kg hL ⁻¹
Mexifén	6,62	17,81	37	37,9	39,38	83,35
Antufén	6,43	18,85	34	34,9	39,56	81,86
Ancoa	7,20	18,33	39	37,5	45,17	85,73 d
Onda	7,98 d	20,31	39	44,7 d	42,49	86,72 d
Sipa	8,17 d	20,52	40	44,7 d	44,37	84,53 d
Ovación	8,42 d	24,06 d	35	47,6 d	46,81	86,72 d
Cisne	8,77 d	23,12 d	38	43,4 d	53,28	84,77 d
Nobo	8,23 d	19,58	42 d	41,0	59,25 d	84,02
Ciko	7,52	20,52	37	47,4 d	44,05	86,48 d
Saeta	8,62 d	23,23 d	37	47,5 d	55,70 d	86,20 d
Domo	8,28 d	20,73	40	49,0 d	39,94	84,90 d
\bar{X}	7,85	20,64	38	43,2	46,36	85,02
CV	6,3	6,3	5,9	4,3	13,2	0,5
d'	12,22	32,34	4,0	4,61	15,15	0,99
b	0,100**	0,195**	0,149*	0,638**	0,469*	0,152**

d': Valores estadísticamente superiores ($P = 0,05$) a la variedad testigo Mexifén, según la Prueba de Dunnett (d').

b: Coeficiente de regresión de la característica sobre el año de liberación de la variedad. Valores no significativos (NS) y significativos al 5% (*) y 1% (**), respectivamente.

**Cuadro 6. Medias de características agronómicas de once cultivares de trigo evaluados en 1998.
Sin fungicida foliar**

**Table 6. Average of agronomic traits of eleven wheat cultivars evaluated in 1998.
Without foliar fungicide**

Variedad	Rendimiento grano t ha ⁻¹	Biomasa t ha ⁻¹	Índice cosecha (%)	Granos espiga ⁻¹ (N°)	Peso 1.000 semillas (g)	Peso hectolitro kg hL ⁻¹
Mexifén	8,55	18,22	47	43,1	44,76	82,53
Antufén	9,18	21,04 d	44	51,3	44,40	82,90
Ancoa	8,36	18,54	45	50,2 d	40,93	83,56 d
Onda	9,54	21,04 d	45	47,2	49,33 d	85,75 d
Sipa	9,48	21,04 d	45	46,2	49,83 d	84,16 d
Ovación	8,58	21,04 d	41	46,3	48,56 d	84,32 d
Cisne	8,91	20,41	44	58,2 d	44,20	82,83
Nobo	9,28	19,79	47	59,8 d	43,23	82,46
Ciko	9,66 d	22,29 d	43	45,1	51,40 d	84,90 d
Saeta	9,14	21,25 d	43	57,0 d	45,70	84,53 d
Domo	9,78 d	21,25 d	46	44,2	50,33 d	82,08
\bar{X}	9,13	20,54	0,44	49,9	46,61	83,64
CV	4,2	5,4	3,4	4,9	1,3	0,44
d'	0,95	2,73	3,73	6,13	1,52	0,91
b	0,037*	0,106**	NS	NS	0,222*	NS

d': Valores estadísticamente superiores ($P = 0,05$) a la variedad testigo Mexifén, según la Prueba de Dunnett's (d').

b: Coeficiente de regresión de la característica sobre el año de liberación de la variedad. Valores no significativos (NS) y significativos al 5% (*) y 1% (**), respectivamente.

CONCLUSIONES

1. La ganancia genética en rendimiento obtenida con las variedades liberadas entre 1971 y 1993 no fue significativa.
2. El reemplazo de las variedades, en general, se habría debido principalmente a la mejor sanidad de las nuevas variedades cuando recién se lanzaron al mercado, lo que les otorgaba, comparativamente, un mayor rendimiento respecto a las variedades más antiguas.
3. Los incrementos de rendimiento obtenidos al proteger químicamente las variedades susceptibles valoran el trabajo de mejoramiento genético, que tiene como una de sus finalidades la incorporación de resistencia genética a las principales enfermedades, y a través de esa vía mejorar la capacidad de producción de las variedades.

RESUMEN

Se realizaron experimentos de campo con once variedades de trigos (*Triticum aestivum* L.) de primavera liberadas a la producción comercial entre 1971 y 1993, para evaluar la ganancia genética en rendimiento de grano y sus variables asociadas (biomasa, índice de cosecha, granos por espiga, peso de mil semillas y peso del hectolitro). Los genotipos fueron desarrollados en el Proyecto de Mejoramiento de Trigo del Centro Regional de Investigación Quilamapu, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Mexifén fue la primera variedad de este grupo, y se usó como variedad de referencia. Los experimentos se llevaron a cabo en Chillán, Chile, durante 1995 a 1998. En cada año se realizaron dos experimentos similares, con y sin control de enfermedades foliares, para evaluar la ganancia genética y el daño de las enfermedades res-

pectivamente. El promedio de rendimiento de todas las variedades, durante los cuatro años, con fungicida fue de 9,02 t ha⁻¹ y de 7,50 t ha⁻¹ sin fungicida. No se detectó ganancia genética significativa en rendimiento de grano, ni en sus variables asociadas, con la excepción del peso de la semilla. En este último caso la ganancia genética fue de 22,1 mg grano⁻¹ año⁻¹. Se concluyó que las variedades distribuidas entre 1971 y 1993, no mostraron ganancia genética en rendimiento de grano y, que la razón principal para el cambio de variedades en ese período habría sido la resistencia genética a las enfermedades foliares.

Palabras claves: mejoramiento de variedades, ganancia genética, rendimiento de grano.

LITERATURA CITADA

- ARANCIBIA, C. P. Y YAVAR, M., A. 1994. La Agronomía en la Agricultura Chilena. Santiago. Chile. FAO/Colegio de Ingenieros Agrónomos de Chile. 265 p.
- AUSTIN, R. B.; BINGHAM, J.; BLACKWELL, R. D.; EVANS, L. T.; FORD, M.A.; MORGAN, C. L. AND TAYLOR, M. 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. J. Agric. Sci. (Cambridge) 94: 675-689.

- BERGER, M. AND PLANCHON, C. 1990. Physiological factors determining yield in bread wheat - effects of introducing dwarfism genes. *Euphytica* 51: 33-39.
- DAVID, L., J. 1993. Trigo en Chile : una historia desconocida. Santiago, Chile. Ediciones del Día. p. 517-525.
- FEYERHERM, A. M.; PAULSEN, G. M. AND SEBAUGH, J. L. 1984. Contribution of genetic improvement to recent wheat yield increases in the USA. *Agronomy Journal* 76: 985-990.
- FEYERHERM, A. M. ; KEMP, K.E. AND PAULSEN, G. M. 1989. Genetic contribution to increased wheat yields in the USA between 1979 and 1984. *Agronomy Journal* 81: 242-245.
- FISHER, R. A. AND WALL, P. C. 1976. Wheat breeding in Mexico and yield increases. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 42: 139-148.
- HUCL, P. AND BAKER, J. R. 1987. A study of ancestral and modern Canadian spring wheats. *Can. J. Plant Sci.* 67: 87-97.
- KARIMI, M. M. AND SIDDIQUE, K. H. M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Aust. J. Agric. Res.* 42: 13-20.
- LAW, C. N; SNAPE, J. W. AND WORLAND, A. J. 1978. The genetical relationship between height and yield in wheat. *Heredity* 40 (1): 133-141.
- LYNCH, P. J. AND FREY, K. J. 1993. Genetic improvement in agronomic and physiological traits of oats since 1914. *Crop Sci.* 33: 984-988.
- MCCAIG, T. N. AND CLARKE, J. M. 1995. Breeding durum wheat in Western Canada: historical trends in yield and related variables. *Can. J. Plant Sci.* 75: 55-60.
- MELLADO, Z. M. 1978. Analysis of six agronomic characteristics in spring wheat. Proc. 5th Int. Wheat Genetics Symposium. Nueva Delhi, India. p. 749-754.
- MELLADO, Z. M. 1988. Análisis de seis características agronómicas en trigos de primavera (*Triticum aestivum* L.). *Agricultura Técnica (Chile)* 48 (4): 297-301.
- MELLADO, Z. M. 1997. Rendimiento de grano y paja e índice de cosecha de trigos hermanos (*Triticum aestivum* L.) de diferente altura. *Agricultura Técnica (Chile)* 57 (2): 96-101.
- OPAZO, G., R. 1932. Cultivo del trigo. In: *Agricultura. Monografía Cultural de las Diversas Plantas Agrícolas.* Santiago de Chile. Imprenta Cervantes. p. 231.
- PERRY, M. W. AND D'ANTUONO, M. F. 1989. Yield improvement and associated characteristics of some Australian spring wheat cultivar introduced between 1860 and 1982. *Aust. J. Agric. Res.* 40: 457-472.
- SINHA, S. K.; AGGARWAL, P. K.; CHATURVEDI, G. S.; KOUNDAL, K. R. AND KHANNA-CHOPRA, R. 1981. A comparison of physiological and yield characters in old and new wheat varieties. *J. Agric. Sci.* 97: 233-236.
- SLAFER, G. A. AND ANDRADE, F. H. 1991. Changes in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat (*Triticum aestivum*) through genetic improvement of grain yield potential at different regions of the world: a review. *Euphytica* 58: 37-49.
- STEEL, G. D. AND TORRIE, H. J. 1960. Principles and procedures of statistics. New York. USA. Mc Graw-Hill. p. 11-112.

SYME, J. R. 1970. A high yielding Mexican semidwarf wheat and the relationship of yield to harvest index and other varietal characteristics. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 10: 350-353.

VAN DOBBEN, H. W. 1962. Influence of temperature and light conditions on dry matter distribution, development rate and yield in arable crops. *Neth. J. Agric. Sci.* 10: 377-389.

WADDINGTON, S. R.; RANSOM, J. K.; OSMANZAI, M. AND SAUNDERS, D. A. 1986. Improvement in the yield potential of bread wheat adapted to Northwest Mexico. *Crop Sci.* 26: 698-793.