

# RENDIMIENTO DE GRANO Y PAJA E ÍNDICE DE COSECHA DE TRIGOS HERMANOS (*Triticum aestivum* L.) DE DIFERENTE ALTURA<sup>1</sup>

## Grain and straw yield, and harvest index on sibling wheats (*Triticum aestivum* L.) with different plant height

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

### S U M M A R Y

The plant height effect over grain yield, yield components, straw yield, and harvest index, was measured in a field trial that included eight wheat genotypes, originated from four crosses and selected for tall and low plant height. They were sown at Quilamapu Research Regional Center of the "Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, (lat. 36°31'S, long. 71°55' W and 217 m.a.s.l.), during 1995/96 and 1996/97 seasons.

A randomized complete block design with 8 treatments (genotypes) and three replications was used.

The results showed that dwarf genotypes had significantly less grain yield than taller sibling genotypes. However, grain yield of the semidwarf genotype was higher than its sibling standard height.

Straw yield was similar in all sibling genotypes, except in one dwarf genotype, with less production.

Harvest indices among sibling wheats did not show significant differences.

**Key words:** wheat (*Triticum aestivum* L.), plant height, grain yield, straw yield, harvest index.

### INTRODUCCIÓN

En los programas de mejoramiento genético de trigo es frecuente obtener líneas hermanas homocigotas de diferente altura como producto del proceso de cruzamiento y selección. Cuando estas diferencias de altura evaluadas en ensayos con repeticiones, son significativas, se pueden atribuir a características genéticas.

Los dos genes de enanismo más comúnmente usados para modificar la altura de planta de los trigos harineros (*Triticum aestivum* L.), en Chile, fueron traídos en la década del cincuenta desde México y EE.UU. Originalmente estos genes fueron introducidos de la variedad de trigo japonesa Daruma (Gale y Youssefian, 1985) y se conocen con las siglas

inglesas de Rht1 y Rht2. Estos genes, especialmente en condición homocigota, originan genotipos insensibles al ácido giberélico, por lo cual esta hormona no estimula el crecimiento de los entrenudos, lo que se traduce en plantas de baja altura (Allan *et al.*, 1959; Worland, 1986).

Respecto al efecto de la altura sobre el rendimiento de grano, Cortázar (1981), analizó 436 trigos de primavera y estableció que las variedades con alturas iguales o mayores de 120 cm, dieron 10,5% más rendimiento que las variedades inferiores de 90 cm. Sobre este mismo aspecto, Mellado (1988), indica que durante 10 años estudió un total de 3.523 trigos semienanos (80-105 cm), determinando que en el 50% de los casos el material más alto presentó una tendencia a ser de mayor producción. Sin embargo, Ehdale y Waines (1994) señalan que en la mayoría de los casos los genes de enanismo reducen más la materia seca del tallo que el rendimiento de grano y de esta manera el Índice de Cosecha (IC) de los trigos semienanos (80-105 cm) y enanos (menor de 80 cm), es más alto que el IC de trigos de altura

<sup>1</sup>Recepción de originales: 30 de diciembre de 1996.  
Trabajo presentado en el 47° Congreso Agronómico, Santiago 27-29 de noviembre de 1996.

<sup>2</sup>Centro Regional de Investigación Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

standard (más de 105 cm). A diferencia de los autores anteriores, Austin *et al.* (1980), señalan que el mayor IC de los cultivares de trigo semienanos es consecuencia de una distribución mejorada, hacia la espiga, de los productos de la fotosíntesis. Respecto al efecto de la altura de planta sobre el IC, Mellado (1987) comparó los trigos semienanos, Onda-INIA (85 cm) y Andifén (105 cm) con los trigos altos, Vilufén y T-1500, ambos de 130 cm. Este autor determinó que los índices de cosecha fueron 0,40 para la variedad Onda; 0,37 para Andifén; 0,32 para Vilufén y 0,31 para T-1500.

En el presente trabajo se compara el efecto de la altura de planta de trigos hermanos, sobre el rendimiento de grano y paja, componentes de rendimiento, y el índice de cosecha.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en un suelo regado del Campo Experimental Quilamapu (lat. S 36°34' y long. W 72°06') durante las temporadas 1995/96 y 1996/97. Se usó un diseño experimental de bloques al azar con 8 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos fueron los genotipos de trigos invernales indicados en el Cuadro 1.

Se usó una parcela de seis hileras distanciadas a 20 cm y 2 m de largo. Durante la cosecha se eliminaron las dos hileras exteriores.

La siembra se efectuó el 29 y 30 de mayo de 1995 y 1996 respectivamente, colocando 140 semillas en cada hilera.

La fertilización consistió en 150 kg/ha de nitrógeno y 43 kg/ha de fósforo, como salitre sódico y superfosfato triple respectivamente.

Para eliminar el daño por enfermedades foliares se efectuó una aplicación mensual de Propiconazole en dosis de 500 cc/ha del producto comercial Tilt, desde agosto a noviembre.

Las determinaciones fueron:

- **Rendimiento de grano y paja:** Primero se determinó la fitomasa cortando a ras de suelo una superficie de 1,6 m<sup>2</sup>. Una vez trillada la gavilla y obtenido el peso del grano, la producción de paja se determinó por diferencia.
- **Índice de Cosecha:** Cuociente entre el rendimiento de grano y la fitomasa.

CUADRO 1. Genotipos de trigo usados en el experimento

TABLE 1. Wheat genotypes used in the trial

| Genotipo* | Cruza y pedigrí  | Característica** |
|-----------|--|------------------|
| A1        | TJB916-46/NKT//TJB801.1332/TAN<br>C-652-2C-4C-2C-0C              | altura standard  |
| A2        | TJB916-46/NKT//TJB801.1332/TAN<br>C-652-4C-2C-1C-0C              | enano            |
| B1        | LAUREL/5/55.1744/7C/SU/3/RDL/4/CROW<br>C-711-1C-6C-1C-0C         | altura standard  |
| B2        | LAUREL/5/55.1744/7C/SU/3/RDL/4/CROW<br>C-711-1C-4C-3C-0C         | semienano        |
| C1        | LAUREL/VS74.709/BUC<br>C-779-7C-2C-2C-0C                         | altura standard  |
| C2        | LAUREL/VS74.709/BUC<br>C-779-7C-1C-2C-0C                         | enano            |
| D1        | TJB916.46/CB306//2*MHB/3/BUC/4/QU613.86<br>C-257-15C-1C-5C-1C-0C | semienano        |
| D2        | TJB916.46/CB306//2*MHB/3/BUC/4/QU613.86<br>C-257-15C-1C-7C-1C-0C | enano            |

\*Letras mayúsculas iguales con subíndices 1 y 2 identifican a los trigos hermanos que difieren en altura.

\*\*Altura standard: mayor de 105 cm.

semienano: 80-105 cm.

enano: menor 80 cm.

- **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.
- **Altura de planta adulta:** Medida desde el nivel del suelo hasta el extremo superior de las espigas ( sin considerar las aristas).
- **Número de espigas por m<sup>2</sup>:** Se contó el número de espigas en una hilera de 2 metros lineales (= 0,6 m<sup>2</sup>) por tratamiento y cada repetición.
- **Número de granos por espiga:** Se procesaron 25 espigas por tratamiento y cada repetición.
- **Peso de 1.000 semillas.**

Se efectuó un análisis de varianza, y se usó la Diferencia Mínima Significativa (DMS) para determinar si las diferencias del rendimiento de grano, rendimiento de paja, o de los componentes de rendimiento, entre cada par de trigos hermanos, fueron o no significativas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La espigadura de todos los trigos tuvo lugar entre el 8 y 10 de noviembre y la cosecha se efectuó el 26 de enero de 1996.

### Rendimiento de grano

En los Cuadros 2 y 3 se aprecia que los trigos enanos A2, C2 y D2 cuyas alturas fluctuaron entre 65 y 70 cm, tuvieron un rendimiento significativamente menor que sus respectivos trigos hermanos de altura standard. Esto podría significar que algunas combinaciones genéticas que reducen demasiado la altura, también tendrían un efecto negativo sobre el rendimiento. De alguna manera estos resultados aparecen confirmados por Cortázar (1981) y Mellado (1988) quienes al analizar centenares de trigos encontraron que en general los trigos de menor altura tienden a ser inferiores en rendimiento. Sin embargo, Pepe y Heiner (1975) al comparar líneas hermanas de trigo, de la cruza Era x Chris Mutant (mayores de 90 cm, entre 60 y 90 cm y menores de 60 cm), determinaron que ellas no diferían en rendimiento de grano. Estos resultados dispares son propios de un carácter tan complejo como es el rendimiento de grano, y que depende de múltiples factores, entre los cuales la altura de planta juega un rol importante.

Respecto al comportamiento del trigo semienano B2 cuya altura de planta fluctuó entre 85 y 92 cm, en los Cuadros 2 y 3 se observa que en ambas tempora-

das su rendimiento fue significativamente superior a su trigo hermano B1 de mayor altura (118 a 125 cm). Este resultado podría ser interpretado como que los trigos semienanos, definidos en este trabajo como aquellos cuya altura de planta oscila entre 80 y 105 cm, hacen posible el desarrollo de una planta más equilibrada en los diversos componentes que inciden en el rendimiento, que aquellos trigos hermanos de mayor o de menor altura.

### Producción de paja

El rendimiento de paja osciló entre 13,9 y 29,1 ton/ha, y superó ampliamente a la producción de grano en todos los genotipos (Cuadros 2 y 3). De acuerdo con Singh y Stoskopf (1971), los tallos contribuyen con la mayor cantidad de peso seco, al rendimiento de paja. Si bien en rendimiento de grano hubo diferencias entre los trigos hermanos, en el caso de la producción de paja, estas diferencias no existieron, salvo en un caso. Esto significa que la cantidad de rastrojo que queda en el suelo después de la cosecha del grano, es elevada, tanto en los trigos de altura standard, como en los semienanos y enanos. Lo anterior desvirtúa la creencia que al sembrar un trigo de baja altura no existirían problemas con el residuo al tratar de establecer el siguiente cultivo bajo el sistema de siembra directa, es decir, sin retirar ni quemar la paja.

A diferencia de lo señalado por Ehdaie y Waines (1994), quienes afirman que en los trigos enanos se reduce más la paja que el grano, en esta investigación se obtuvo lo contrario.

### Índice de cosecha

El Índice de Cosecha (IC) no mostró diferencias significativas entre los trigos altos y bajos, a pesar que los rendimientos de grano de los trigos enanos fueron estadísticamente inferiores al de los trigos hermanos de altura standard. Por lo tanto, si bien el IC está definido como un factor de eficiencia productiva, de acuerdo a estos resultados, no sería adecuado usar el IC como criterio de selección de trigos por rendimiento de grano. Esta afirmación difiere de la de Kertész (1983), quien señala que el IC puede ser considerado un criterio de selección promisorio para rendimiento de grano.

El IC promedio de los trigos enanos fue de 0,33, superior en sólo 1,8% al IC de los trigos de altura standard. Este valor se compara desfavorablemente con un promedio de 0,39 señalado por Mellado (1987) para los cultivares semienanos Onda-INIA y Andifen, y 0,38 indicado por Kertész (1983) para un total de 22 trigos europeos.

**CUADRO 2. Rendimiento de grano y paja e índice de cosecha de trigos hermanos de diferente altura de planta. Temporada 1995-96****TABLE 2. Grain and straw yield and harvest index of sibling wheats of different plant height. Season 1995-96**

| Genotipo | Altura (cm) | Rendimiento grano (kg/ha) | Producción de paja (kg/ha) | Índice cosecha |
|----------|-------------|---------------------------|----------------------------|----------------|
| A1       | 120 a*      | 9.000 a*                  | 19.229 a*                  | 0,318 a*       |
| A2       | 68 b        | 7.604 b                   | 14.583 b                   | 0,345 a        |
| B1       | 118 a       | 8.562 b                   | 16.958 a                   | 0,390 a        |
| B2       | 85 b        | 9.854 a                   | 16.708 a                   | 0,371 a        |
| C1       | 112 a       | 9.021 a                   | 17.021 a                   | 0,345 a        |
| C2       | 68 b        | 7.562 b                   | 14.521 a                   | 0,346 a        |
| D1       | 100 a       | 9.469 a                   | 16.990 a                   | 0,358 a        |
| D2       | 65 b        | 8.148 b                   | 13.948 a                   | 0,368 a        |
| DMS 5%   | 20,48       | 1.261                     | 4.316                      | 0,034          |
| CV, %    | 3,72        | 13,54                     | 15,17                      | 5,47           |

\*Letras iguales entre genotipos hermanos significan ausencia de diferencias significativas según los valores DMS.

**CUADRO 3. Rendimiento de grano y paja e índice de cosecha de trigos hermanos de diferente altura de planta. Temporada 1996-97****TABLE 3. Grain and straw yield and harvest index of sibling wheats of different plant height. Season 1996-97**

| Genotipo | Altura (cm) | Rendimiento grano (kg/ha) | Producción de paja (kg/ha) | Índice cosecha |
|----------|-------------|---------------------------|----------------------------|----------------|
| A1       | 127 a*      | 11.479 a*                 | 29.145 a*                  | 0,283a*        |
| A2       | 70 b        | 8.833 b                   | 25.229 a                   | 0,260a         |
| B1       | 125 a       | 10.187 a                  | 27.833 a                   | 0,270a         |
| B2       | 92 b        | 11.614 b                  | 27.760 a                   | 0,297a         |
| C1       | 113 a       | 11.666 a                  | 27.812 a                   | 0,299a         |
| C2       | 70 b        | 10.552 b                  | 25.489 a                   | 0,294a         |
| D1       | 103 a       | 12.750 a                  | 24.229 a                   | 0,345a         |
| D2       | 70 b        | 11.083 b                  | 17.979 a                   | 0,381a         |
| DMS 5%   | 23,45       | 889                       | 4.785                      | 0,039          |
| CV, %    | 5,80        | 4,60                      | 10,64                      | 7,32           |

\*Letras iguales entre genotipos hermanos significan ausencia de diferencias significativas según los valores DMS.

A diferencia de los resultados de este ensayo, Singh y Stoskopf (1971) encontraron que el índice de cosecha estuvo positivamente correlacionado con el rendimiento de grano.

#### Componentes de rendimiento

Respecto al efecto de la altura de planta sobre los componentes de rendimiento, en los Cuadros 4 y 5 es posible observar lo siguiente: el peso del hectolitro (PH) fue significativamente inferior en los trigos de menor altura, salvo en dos casos en que los valores fueron iguales al de los trigos de altura standard. El número de espigas por metro cuadrado no fue afectado por la altura de planta, excepto en una de las ocho comparaciones efectuadas, en que el trigo

alto presentó menos espiga que el trigo hermano de menor altura.

Con la excepción de un solo genotipo enano en que el número de granos por espiga fue inferior al trigo hermano de altura standard, en el resto del germoplasma no hubo efecto de la altura sobre este componente de rendimiento. Esto concuerda con los resultados de Pepe y Heiner (1975), quienes encontraron que en los trigos con genes de enanismo no se observa un aumento en la fertilidad de las espigas. Al contrario de la afirmación anterior, Gale y Youssefian (1985), señalan que el aumento en la fertilidad de las espigas en los trigos semienanos ha sido el factor más consistentemente informado como causante de los elevados rendimientos.

**CUADRO 4. Peso del hectolitro y componentes de rendimiento de trigos hermanos de diferente altura. Temporada 1995-96**

**TABLE 4. Hectoliter weight and yield components of sibling wheats of different plant height. Season 1995-96**

| Genotipo | Altura (cm) | Peso hectolitro (kg/hl) | Nº espigas x m <sup>2</sup> | Nº granos x espiga | Peso 1.000 semillas (g) |
|----------|-------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|
| A1       | 120 a*      | 84,53 a*                | 698,67 a*                   | 55,63 a*           | 48,60 a*                |
| A2       | 68 b        | 79,70 b                 | 700,00 a                    | 47,10 b            | 42,40 b                 |
| B1       | 118 a       | 83,20 a                 | 740,33 a                    | 39,90 a            | 56,50 a                 |
| B2       | 85 b        | 83,48 a                 | 671,00 a                    | 41,83 a            | 53,03 a                 |
| C1       | 112 a       | 84,16 a                 | 738,33 a                    | 49,90 a            | 47,40 a                 |
| C2       | 68 b        | 83,05 a                 | 715,33 a                    | 52,46 a            | 41,17 b                 |
| D1       | 100 a       | 85,58 a                 | 801,67 a                    | 53,46 a            | 44,97 a                 |
| D2       | 65 b        | 82,98 b                 | 829,33 a                    | 52,93 a            | 44,93 a                 |
| DMS 5%   | 20,48       | 1,12                    | 193,45                      | 8,15               | 5,26                    |
| CV, %    | 3,72        | 0,77                    | 14,99                       | 9,47               | 6,35                    |

\*Letras iguales entre genotipos hermanos significan ausencia de diferencias significativas según los valores DMS.

**CUADRO 5. Peso del hectolitro y componentes de rendimiento de trigos hermanos de diferente altura. Temporada 1996-97**

**TABLE 5. Hectoliter weight and yield components of sibling wheats of different plant height. Season 1996-97**

| Genotipo | Altura (cm) | Peso hectolitro (kg/hl) | Nº espigas x m <sup>2</sup> | Nº granos x espiga | Peso 1.000 semillas (g) |
|----------|-------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|
| A1       | 127 a*      | 82,83 a*                | 574,67 b*                   | 47,63 a*           | 47,60 a*                |
| A2       | 70 b        | 77,86 b                 | 726,67 a                    | 46,97 a            | 41,17 b                 |
| B1       | 125 a       | 83,43 a                 | 703,00 a                    | 39,40 a            | 49,53 a                 |
| B2       | 92 b        | 79,55 b                 | 707,00 a                    | 39,03 a            | 49,90 a                 |
| C1       | 113 ab      | 82,98 a                 | 674,67 a                    | 48,80 a            | 42,60 a                 |
| C2       | 70 b        | 80,88 b                 | 807,33 a                    | 51,20 a            | 36,23 b                 |
| D1       | 103 a       | 84,46 a                 | 639,67 a                    | 48,40 a            | 41,36 a                 |
| D2       | 70 b        | 80,63 b                 | 660,00 a                    | 55,90 a            | 41,10 a                 |
| DMS 5%   | 23,45       | 1,34                    | 141,00                      | 9,92               | 3,35                    |
| CV, %    | 5,80        | 0,93                    | 11,72                       | 11,17              | 4,37                    |

\*Letras iguales entre genotipos hermanos significan ausencia de diferencias significativas según los valores DMS.

Respecto al peso de 1.000 semillas, en los cuadros 4 y 5 se observa que hubo dos genotipos enanos con menor peso de los granos que sus trigos hermanos de altura standard, y que en los otros dos casos no hubo diferencias. Sobre este componente de

rendimiento, Geoff y Sorrells (1989), señalan que el efecto negativo de los genes Rht sobre el rendimiento de grano está asociado a una reducción significativa en el peso de los granos, lo que concuerda en parte con los resultados de este trabajo.

## RESUMEN

El efecto de la altura de planta sobre el rendimiento de grano, componentes de rendimiento, rendimiento de paja, y el índice de cosecha, fue evaluado en un ensayo de campo que incluyó ocho genotipos de trigo originados de cuatro cruces, y seleccionados

por alta y baja altura. Ellos fueron sembrados en el Centro Regional de Investigación Quilmapu del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, (lat. 36°31' S, long. 71°55' W y 217 m.s.n.m), durante las temporadas 1995/96 y 1996/97.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar de 8 tratamientos (genotipos) y tres repeticiones.

Los resultados demostraron que los trigos de menor altura tuvieron un rendimiento de grano significativamente inferior al de sus trigos hermanos de mayor altura. Sin embargo, el rendimiento del trigo semi-enano fue mayor que el de su hermano de altura standard.

El rendimiento de paja fue similar en todos los genotipos hermanos, excepto un genotipo enano con menor producción.

Los índices de cosecha entre los trigos hermanos, no mostraron diferencias significativas.

**Palabras claves:** trigo (*Triticum aestivum* L.), altura de planta, rendimiento de grano, rendimiento de paja, índice de cosecha.

#### LITERATURA CITADA

- ALLAN, E.R.; VOGEL, A.O. and CRADDOCK, C.J. Jr. 1959. Comparative response to gibberellic acid of dwarf, semidwarf and standard short and tall winter wheat varieties. *Agronomy Journal* 51: 737-740.
- AUSTIN, R.B.; BINGHAM J.; BLACKWELL R.D.; EVANS L.T.; FORD M.A.; MORGAN, C.L. and TAYLOR, M. 1980. Genetic improvement in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *Journal Agricultural Science (Cambridge)* 94: 675-689.
- CORTÁZAR S., RENÉ. 1981. Influencia de altura de planta, *Erysiphe graminis*, *Helminthosporium tritici repentis* y carácter hoja seca en los rendimientos de líneas de trigo. *Agricultura Técnica (Chile)* 41: 265-268.
- EHDAIE, B. and WAINES, J.G. 1994. Growth and transpiration efficiency of near-isogenic lines for height in a spring wheat. *Crop Science* 34: 1443-1451.
- GALE, M.D. and YOUSSEFIAN, S. 1985. Dwarfing genes in wheat. *Plant Breeding Progress Review* 1: 1-35.
- GEOFF, K. and SORRELLS, E.M. 1989. Rht1 and Rht2 semidwarf genes effect on hybrid vigor and agronomic traits of wheat. *Crop Science* 29: 1442-1447.
- KERTÉSZ, ZOLTAN. 1983. Improvement of harvest index. In: Efficiency in plant breeding. Proceeding of the Congress of the European association for research on Plant breeding. Eucarpia. Wageningen, 12-24 June. The Netherland. p.: 93-104.
- MELLADO, Z. MARIO. 1987. Respuesta al nitrógeno y fósforo de variedades de trigos altos y semienanos. I. Variaciones en el rendimiento de grano y sus componentes. *Agricultura Técnica (Chile)* 47: 152-159.
- MELLADO, Z. MARIO. 1988. Análisis de seis características agronómicas en trigos de primavera (*Triticum aestivum* L.). *Agricultura Técnica (Chile)* 48: 297-301.
- PEPE, F.J. and HEINER, E.R. 1975. Plant height, protein percentage and yield relationships in spring wheat. *Crop Science* 15: 793-797.
- SINGH, I.D. and STOSKOPF, N.C. 1971. Harvest Index in Cereals. *Agronomy Journal* 63. p.: 224-226.
- WORLAND, A.J. 1986. Gibberellic acid insensitive dwarfing genes in southern european wheats. *Euphytica* 35: 857-866.