

Identificación de características forrajeras deseables para un ideotipo de trigo doble propósito

Identification of desirable forage characteristics for a double purpose wheat ideotype

Morant¹, A.E., Merchán, H.D. y Lutz, E.E.
Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur

Resumen

Se compararon diez cultivares de trigo por su producción de pasto con el propósito de identificar características forrajeras deseables en un ideotipo de trigo doble propósito. Las variables evaluadas fueron días a inducción en unidades de tiempo térmico, número de macollos, hojas vivas, muertas y totales, peso seco total por planta, tasa de aparición de hojas, tasa relativa de aparición de hojas, velocidad de crecimiento, tasa de crecimiento, tasa relativa de crecimiento y tasa de senescencia. Las variedades ProINTA Pincén y ProINTA Super presentaron mayor producción de materia seca y requerimientos de frío. El número de hojas vivas y la tasa de crecimiento de PROINTA Pincén fueron mayores que los de PROINTA Super. Se infiere que la diferencia entre ambos cultivares se debió al número de hojas que se mantuvieron fotosintéticamente activas como resultado del balance entre hojas totales y hojas muertas, y a una velocidad diferencial en la producción de materia seca. Ambas características serían deseables para sumar al ideotipo de trigos doble propósito, y para ambas puede encontrarse variabilidad en cultivares disponibles.

Palabras clave: trigo doble propósito, *Triticum aestivum*, Componentes Principales, producción de forraje.

Summary

The grass production of ten wheat cultivars was compared in order to identify forage characteristics desirable in a dual-purpose wheat ideotype. Variables evaluated were days to induction of the apex in thermal time units, tiller number, alive, dead and total leaves, total dry weight by plant, leaves appearance rate, relative leaves appearance rate, growth speed, growth rate, relative growth rate and senescence rate. Two varieties, Super ProINTA Pincén and ProINTA, had higher dry matter production, and cold requirements. Alive leaves number and growth rate of ProINTA Pincén were greater than ProINTA Super. In agreement with these results, it is possible to be inferred that the fundamental difference between both cultivars was due to photosynthetically active leaves number resulting from the balance between total leaves and falling leaves, and also at a differential dry matter speed production. Both characteristics would be desirable to add to the ideotype of double purpose wheat, and for both, variability can be found in available cultivars.

Key words: double purpose wheat, *Triticum aestivum*, Principals Components, forage production.

Recibido: diciembre de 2008

Aceptado: diciembre de 2009

1. Docentes del Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. Altos de Palihue (8000) Bahía Blanca. e-mail: amorant@criba.edu.ar; dmerchan@criba.edu.ar; eelutz@criba.edu.ar.

Introducción

El cultivo de trigo con doble propósito (TDP) es una práctica común en Australia, Estados Unidos de América, Islas Británicas, Nueva Zelanda, Sud África y Uruguay (Redmond et al., 1995). También lo fue en Argentina, aunque cayó en desuso, reemplazado por los verdeos invernales cuando el auge de la agricultura dirigió el mejoramiento de trigo hacia el logro de mayores índices de cosecha. Sin embargo, vuelve ahora a ser tenido en cuenta en virtud a sus posibles ventajas económicas (Arzadún, 1999; del Luca y Fontanelli, 1995; Krenzer, 1995; Lutz et al., 2000; Redmon et al., 1996; Mellado Zambrano, 1995; Tavella et al., 1995).

Para la ejecución de este cultivo es indispensable contar con variedades adecuadas para tal fin, cuyas características más importantes serían poseer ciclo largo y estar adaptadas a las siembras tempranas, lo cual permitiría disponer de una larga fase vegetativa (Tavella et al., 1995). La escasez de variedades disponibles en el mercado es un inconveniente (Morant et al., 2007; Merchán et al., 2007), ya que los genotipos existentes han sido seleccionados por su mayor rendimiento de grano y no suelen ser los de mayor producción forrajera (Calderini et al., 1997; Krenzer et al. 1996; Redmon et al., 1995).

Si bien algunos genotipos son recomendados para doble propósito por presentar ciclo intermedio a largo, los mismos son facultativos, es decir al ser sembrados temprano, se diferencian anticipadamente en función de las condiciones de longitud del día, acortándose así el periodo vegetativo (Merchán et al., 2007).

Por lo tanto, para disponer de variedades de TDP sería prioritario seleccionar plantas que respondan de manera predecible a las condiciones ambientales de siembra temprana, y que reúnan características morfofisiológicas

compatibles con la defoliación y producción de pasto.

En función de lo expuesto los objetivos de este trabajo fueron:

- ▶ caracterizar cultivares de trigo por su producción forrajera en siembras tempranas
- ▶ establecer las variables más relevantes para ser usadas como criterio de selección
- ▶ identificar los cultivares con características favorables para producción de pasto.

Materiales y Métodos

El ensayo comparativo se realizó en el campo experimental del Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (38° 11' 10" Lat. S; 62° 10' 11" Long. W; 83 m snm). La experiencia se realizó en condiciones de secano con parcelas de 7 surcos a 0,20 m por 2 m de longitud dispuestas según un diseño experimental de bloques completos aleatorizados (n=5), ubicadas en un lote con suelo caracterizado como uniformemente arenoso y con tosca en profundidad, de alta susceptibilidad a la erosión, baja capacidad de retención de agua y escaso contenido de materia orgánica (Sánchez, L. F.; Kruger, H. R., datos inéditos).

La siembra se realizó el 9 de abril y se utilizaron diez variedades comerciales de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) consideradas de ciclo largo o facultativas (Morant et al., 2007): Buck Charrúa, Cooperación Nanihué, Buck Cacique, Cooperación Maipún, Buck Catriel, ProINTA Pigüé, Buck Poncho, ProINTA Pin-cén, ProINTA Super, Cooperación Liquén.

Las condiciones ambientales durante el período de ensayo se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Parámetros meteorológicos correspondientes al año 1996.**Table 1:** Meteorological parameters for the year 1996.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
TªMedia (°C)	22,3	21,2	21	14,8	12,3	7,5	7,6	11,7	12,1	15,8	20,7	20,6
Pptación (mm)	46,4	50,6	19,8	64,0	48,4	9,4	12,6	66,8	6,6	43,8	22	145,2
∑temp.(°Cd) ¹	900	773	770	526	507	281	287	435	435	648	778	968
Horas de frío ²	3	6,5	1,5	80,5	172	372	366,5	206,5	193,5	53	22,5	0

¹Método de Lindsey y Newman, $T_b=0^{\circ}\text{C}$; ² $\leq 7^{\circ}\text{C}$

Fuente: Estación Agrometeorológica Altos de Palihue

Mediciones realizadas:

Semanalmente se registró el desarrollo del ápice sobre 5 plantas de cada variedad, para establecer el número de días hasta su pasaje a estado reproductivo (días a inducción, expresados en unidades de tiempo térmico (°Cd), momento considerado como el límite para efectuar el último pastoreo (Krenzer, 1995; Lutz et al., 2000). Los registros se extendieron hasta el 3 de agosto, momento en el cual la variedad con fase vegetativa más larga manifestó el primer signo visible del pasaje al estado reproductivo (doble arruga = estado 3-4 en la escala de Nerson et al., 1980).

En cada planta, simultáneamente, se midieron el número de macollos (N°M), hojas vivas (HV) y muertas (HM) (cuya suma permite calcular las hojas totales (HT) y el peso seco (PS) total por planta. El peso seco por planta se obtuvo colocando el material vegetal (sin raíces) en estufa de aire forzado a 65 °C hasta peso constante.

Con los valores obtenidos se calcularon: tasa de aparición de hojas (TAH), tasa relativa de aparición de hojas (TRAH), velocidad de crecimiento (VC), tasa de crecimiento (TC), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de senescencia (TS), (Hunt, 1978). Las tasas de crecimiento fueron calculadas como la regresión de peso seco sobre tiempo térmico.

Análisis de la información:

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), para evaluar la variabilidad y relación entre la longitud del período vegetativo y la producción de forraje (Morant et al., 2007).

Los datos fueron sometidos a un análisis de Componentes Principales (CP), (Cuadras, 1981; Peña, 2002; Winzer y Camina, 2004). Este permite definir nuevas variables en función de las originales, para obtener similar información en menos dimensiones, perdiendo la menor cantidad de la varianza total y manteniendo de la mejor manera posible las distancias euclídeas entre los puntos o individuos. Si las correlaciones entre las variables originales son altas, unas pocas CP son suficientes para recuperar un alto porcentaje de la varianza total. Si las correlaciones son bajas, aumenta el número de dimensiones necesarias, y poco se logra simplificar el espectro inicial.

Las tasas de crecimiento se compararon según el método descripto por Snedecor y Cochran (1978).

Resultados y Discusión

El análisis de las variables determinó que utilizando las primeras cuatro componentes principales (CP), el porcentaje de varianza asociado con cada componente concentró más del 92% de la varianza total. Aunque matemáticamente esto sea entendible, las

representaciones gráficas solo pueden hacerse en dos o, a lo sumo tres dimensiones, razón por la cual estas cuatro CP se trabajaron de a pares en las distintas combinaciones que permiten reconstruir a todas o a la mayor parte de las variables de importancia. Así, la interpretación de los ejes se hace agrupando variables que muestran mayor asociación en las direcciones que ellos establecen:

- 1CP: representó fundamentalmente mayor biomasa vegetativa y mayores requerimientos de frío hacia el lado positivo.
- 2CP: representó mayor número de HV y mayor TC hacia arriba.
- 3CP: discriminó según si la TRAH fuese mayor (eje positivo) o menor (eje negativo).
- 4CP: solo representó en forma conveniente a la variable TS a lo largo de este eje.

Cuando como en este caso, se trabaja con correlaciones entre variables, la longitud del vector, que interpreta la distancia entre un punto (dato) y el centro de coordenadas, representa la mejor o peor reconstrucción de las variables.

Considerando las cuatro CP (Cuadro 2), el menor porcentaje de reconstrucción (77,12%) corresponde a TRC, alcanzando un valor máximo de 99,70 para HM. Cuando se considera el plano de las dos primeras componentes, se debe excluir del análisis a las variables TS, TRAH y TAH, las cuales se resuelven en los planos 1-3 y 1-4.

Del análisis gráfico (Figura 1) surgió que, en el plano de las dos primeras CP, las variables N°M, HT y HM tuvieron alta correlación (la cercanía de los vectores que representan a cada variable, o un menor ángulo entre ellos, indicando mayor asociación) con PS considerada como medida de rendimiento de forraje, de manera que la selección por cualquiera de ellas conduciría en la misma dirección. Lo mismo ocurrió con °Cd, ya que los materiales con mayores requerimientos de frío prolongaron su período vegetativo, aumentando su producción de pasto.

Sobre la segunda CP, la variable HV se presentó como prácticamente no correlacionada con TRC y VC. Esto es entendible ya que mientras el peso seco de la planta aumenta con el tiempo, el número de hojas vivas de una gramínea alcanza un valor constante cuando la tasa de aparición de hojas iguala a la tasa de senescencia. Las demás variables no tuvieron un porcentaje de reconstrucción que permita interpretarlas en ese plano.

El análisis gráfico de los cultivares en las dos primeras CP (Figura 2) mostró que los mismos no se distribuyeron uniformemente en los distintos cuadrantes. Así es que las distintas variedades se agruparon cercanas o por debajo de los valores promedio de las variables, representados por los ejes, revelando los efectos de la selección para producción de grano de los cultivares utilizados, que evidentemente estuvo orientada hacia mayor precocidad por menores requerimientos de frío

Cuadro 2: Porcentaje de reconstrucción de las variables medidas en el plano de las cuatro y de las dos primeras Componentes Principales.

Table 2: Percentage of reconstruction of the variables measured in terms of the four and two first Principal Component.

	HV	HM	HT	°Cd	N°M	PS	TAH	TRAH	VC	TC	TRC	TS
4 CP	92,3	99,7	98,1	92,9	986	97,9	89,1	89,0	93,3	93,4	77,1	90,3
1-2CP	87,9	96,8	96,5	91,7	88,6	96,0	39,7	9,8	89,5	93,0	55,9	2,9

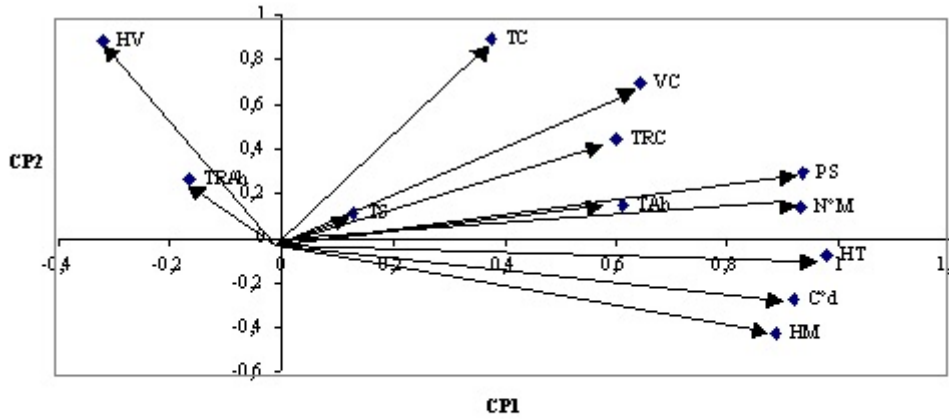


Figura 1: Relación entre las variables utilizadas, representadas en el plano de las dos primeras Componentes Principales.
Figure 1: Relationship between the variables used, represented in the first two Principal Components plane.

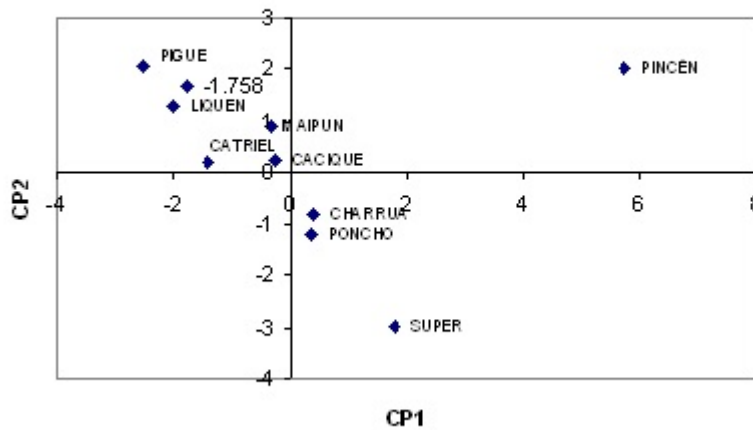


Figura 2: Distribución de los cultivares analizados en el plano de las dos primeras Componentes Principales.
Figure 2: Distribution of the analyzed cultivars in the first two Principal Components plane.

(insensibilidad a vernalización, trigos facultativos) y menor biomasa vegetativa, con índice de cosecha logrado a expensas de mayor velocidad de translocación.

En todos los planos explorados existió alta correlación entre componentes de biomasa vegetativa y requerimientos de frío. Esto diferenció netamente a los trigos facultativos más sensibles a vernalización, con mayor

período de crecimiento vegetativo (ProINTA Super y ProINTA Pincén). La tasa de crecimiento y la cantidad de follaje que permanece verde favorecieron a ProINTA Pincén, mientras que en TS fueron semejantes (ProINTA Super ligeramente por encima de la media, Pincén ligeramente por debajo) y la TRAH fue igualmente baja para ambos.

La variedad ProINTA Pincén tuvo un NHV mayor que la variedad ProINTA Super ($p \leq 0,01$) (Morant et al., 2007) y su tasa de crecimiento, calculada como la regresión de peso seco sobre tiempo térmico, fue significativamente superior (comparación de regresiones, $p < 0,05$) (Figura 3).

De acuerdo con los resultados de este análisis se puede inferir que la diferencia fundamental entre ambos cultivares se debió al número de hojas que se mantuvieron fotosintéticamente activas y también a diferentes velocidades en la producción de materia seca. Ambas características serían deseables para

ideotipos de trigos doble propósito, y para ambas puede encontrarse variabilidad en cultivares disponibles

El comportamiento del resto de las variedades probadas demostraría que carecen de características deseadas para el manejo propuesto.

Agradecimientos

El presente trabajo contó con la financiación de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Sur; Bahía Blanca, Argentina.

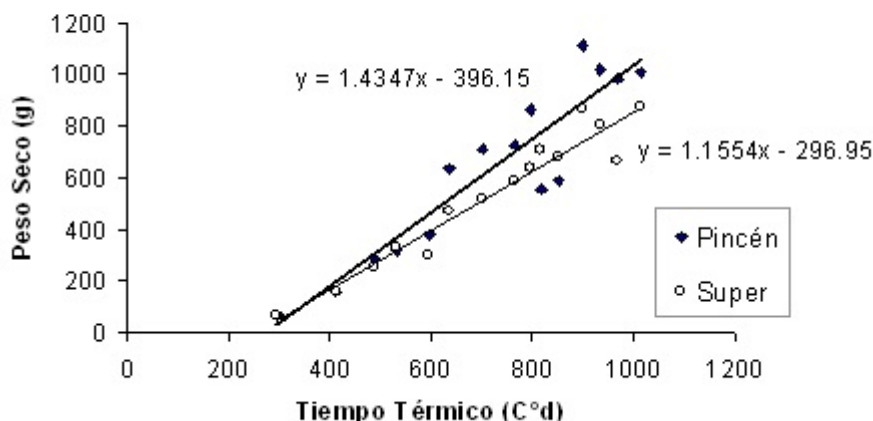


Figura 3: Tasas de crecimiento de las variedades ProINTA Pincén y ProINTA Super.
Figure 3: Growth rates of ProINTA Pincen and ProINTA Super varieties.

Conclusiones

Las variedades ProINTA Pincén y ProINTA Super se destacaron entre las variedades probadas como las de mayor aptitud para ser utilizadas con doble propósito en función de las características de producción medidas.

Las diferencias de estas variedades con los genotipos restantes están basadas en sus requerimientos de frío superiores y en un período vegetativo de mayor duración.

Bibliografía

- Arzadún, M. 1999. Trigo doble propósito. Resultados experimentales en Pasman. *In*: Trigo doble propósito y verdeos invernales en producción bovina. Departamento de Agronomía UNS-CERZOS-MAA, pág. 7-13.
- Calderini, D.F., Dreccer, M.F. and Slafer, G.A. 1997. Consequences of plant breeding on biomass growth, radiation interception and radiation use efficiency in wheat. *Field Crops Res* 52:271-281.

- Cuadras, C.M. 1981. Métodos de análisis multivariante. EUNIBAR, Barcelona, 642 p.
- del Luca, L. and Fontanelli, R.S. 1995. Perspectives for an alternative wheat eco-ideotype to achieve the sustainability of agro-ecosystems in the Southern regions of Brazil. *In*: Kohli, M.M. Ed. International workshop on Facultative and double purpose wheat. INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay, pág. 77-91.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. The Institute of Biology's. Studies in Biology N° 96. Edward Arnold Ltd. 67p.
- Krenzer, G. 1995. Management practices and net returns in a wheat-stocker enterprise. Production Technology - Crops Oklahoma Cooperative Extension Service. Vol. 7, N° 18. pág. 1-5.
- Krenzer, Jr. E.G., Tarrant, A.R., Bernardo, D.J. and Horn, G.W. 1996. An economic evaluation of wheat cultivars based on grain and forage production. *J. Prod. Agric.* 9:66-73.
- Lutz, E.E., Merchán H.D. y Morant A.E. 2000. Carne y grano de un trigo doble propósito en condiciones de semiaridez. *Fyton* 67:195-200.
- Mellado Zambrano, M. 1995. Mechanical cutting or grazing of bread wheat (*Triticum aestivum*) and its association with forage species in the south-central Chile. *In*: Kohli, M.M. Ed. International workshop on Facultative and double purpose wheat. INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay, pág. 53-61.
- Merchán H.D., Lutz, E.E. y Morant, A.E. 2007. Producción de un trigo doble propósito defolia do en distintos estados del ápice. *Fyton* 76:133-142.
- Morant, A.E., Merchán, H.D. y Lutz, E.E. 2007. Características forrajeras de trigos para doble propósito. *Fyton* 76:95-102.
- Nerson, H., Sibony, M. and Pinthus, M.J. 1980. A scale for the assessment of the developmental stages of the wheat (*Triticum aestivum* L.) spike. *Annals of Botany* 45:203-204.
- Peña, D. 2002. Análisis de datos multivariantes. McGraw-Hill (Madrid). 539 p.
- Redmon, L.A. Horn, G.W., Krenzer Jr., E.G. and Bernardo, D.J. 1995. A review of livestock grazing and wheat grain yield: Boom or bust? *Agron. J.* 87: 137-147.
- Redmon, L.A., Krenzer Jr., E.G., Bernardo D.J. and Horn, G.W. 1996. Effect of wheat morphological stage at grazing termination on economic return. *Agron. J.* 88:94-97.
- Snedecor, G.W. y Cochran, W.G. 1978. Métodos estadísticos. SECSA México, pág. 528-532.
- Tavella, C.M., Verge, R.P. and Kholi, M.M. 1995. Progress in development of double purpose wheat in Uruguay. *In*: Kohli, M.M. Ed. International workshop on Facultative and double purpose wheat. INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay, pág. 96- 105.
- Winzer, N. y Camina, R. 2004. Análisis multivariado exploratorio. Curso de Postgrado. Dpto. Matemática. UNS.