

Determinantes fisiológicos del rendimiento, en condiciones de baja densidad de siembra, en cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) obtenidos en la Argentina en el período 1942-1992

CECILIA RIVAS, MARISA MATURANO*, A CAAMAÑO* Y DO CALDIZ**

Instituto de Fisiología Vegetal, INFIVE, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.
CC 327, 1900 La Plata, Argentina

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos del mejoramiento genético sobre diversos componentes fisiológicos del rendimiento en cultivares de trigo obtenidos en la subregión IV triguera Argentina entre 1942 y 1992. Los estudios comprendieron el análisis de variables ya estudiadas en los cultivares argentinos, e incluyeron otras como: la arquitectura del canopeo, el área foliar y la tasa fotosintética de la hoja bandera, las cuales no han recibido mayor atención hasta el momento. La experiencia se condujo con los cultivares Buck Quequén (1942), B. Manantial (1965), B. Pucará (1980) y B. Catriel (1992) en macetas de 15 l de capacidad, con amplia disponibilidad de agua y nutrientes a una densidad de 20 pl.m⁻². En condiciones de baja densidad de siembra, a los 87 días después de la emergencia (DDE) (32), el ángulo de inserción del primer y segundo macollos resultó significativamente menor en los cultivares más modernos. Estas diferencias en el ángulo de inserción de los macollos podría afectar la distribución de la radiación, particularmente en los estadios tempranos del cultivo. El número de macollos totales por planta no difirió entre cultivares en las etapas previas a la espigazón; en tanto que el número de macollos fértiles a la madurez fue mayor para B. Catriel debido a una mayor tasa de supervivencia de los mismos. Este cultivar fue el que mostró una mayor tasa fotosintética de la hoja bandera, tanto en antesis como al estado de grano pastoso. B. Catriel acumuló porcentualmente mayor cantidad de materia seca a la madurez, si bien no difirió significativamente de B. Quequén. Los cultivares más modernos, como B. Pucará y B. Catriel distribuyeron un mayor porcentaje de materia seca a las espigas, respecto de B. Quequén y B. Manantial. Esto determinó modificaciones en el índice de cosecha, que fue de 31, 39, 40 y 43% para B. Quequén, B. Manantial, B. Pucará y B. Catriel, respectivamente. Estos resultados, obtenidos en condiciones de baja densidad de siembra, demuestran que el proceso de selección realizado en la subregión IV triguera Argentina, se ha traducido en mejoras en la supervivencia de los macollos y la partición de materia seca hacia las espigas, con los consiguientes aumentos en el rendimiento. Probablemente, bajo las condiciones de esta experiencia, las variables que pueden haber contribuido positivamente para alcanzar este logro serían, el ángulo de inserción de los macollos en pre-antesis y una mayor tasa fotosintética alcanzada por el cultivar más moderno a partir de antesis.

Palabras clave. *Triticum aestivum* L., mejoramiento genético, tasa fotosintética, ángulo de inserción de los macollos, índice de cosecha.

Recibido el 17 de febrero de 1996. Aceptado el 18 de julio de 1996

* Pasantes de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP en el período: Marzo 1993 - Marzo 1994. Actualmente en la EEA INTA Pergamino.

** Investigador del CONICET. Dirigir la correspondencia a DOC. E-mail: dscaldiz@isis.unlp.edu.ar

Physiological yield determinants in four wheat cultivars, sown at low densities, released in Argentina in the period 1942-1992

SUMMARY

The purpose of this work was to analyze the effect of genetic improvement on various physiological characteristics of Argentinian wheat cultivars obtained in the period 1942-1992. Several yield determinants were analyzed, besides canopy architecture, plant leaf area and photosynthetic rate of the flag leaf were also studied. The experiment was conducted with cvs. B. Quequén (1942), B. Manantial (1965), B. Pucará (1980) and B. Catriel (1992) sown at low density in pots of 15 l with ample water and nutrient supply. Under these conditions, 87 days after sowing, tiller insertion angle of first and second tiller was lower in modern than in old cultivars. These differences could affect irradiance distribution within the canopy, particularly during early crop growth. The number of total tillers did not differ between cultivars, but B. Catriel showed greater tiller survival than the rest of the cultivars. This cultivar also showed a higher photosynthetic rate and produced a larger amount of total dry matter at harvest. Dry matter allocation to the ears was higher in modern cultivars, regarding B. Quequén. As a consequence harvest indexes were: 31, 39, 40 and 43% for B. Quequén, B. Manantial, B. Pucará and B. Catriel, respectively. These results, obtained under low densities, showed that yield improvement were a consequence of a higher tiller survival and better dry matter allocation to the ear. Probably, under the conditions of this experiment, tiller insertion angle in pre-anthesis and the photosynthetic rate of the flag leaf were responsables of such achievement.

Key words. *Triticum aestivum* L., genetic improvement, photosynthetic rate, tiller insertion angle, harvest index.

INTRODUCCIÓN

En la Argentina se cultivan aproximadamente 5.10⁶ ha de trigo, en diferentes sub-regiones ecológicas y en los últimos 10 años la producción total ha aumentado un 12%, y los rendimientos un 17 % (Bolsa de Cereales de Buenos Aires, 1994). Estos incrementos han sido consecuencia del mayor aporte de subsidios de energía, de mejoras en las maquinarias utilizadas y del mejoramiento genético de los cultivares (Slafer y Andrade, 1990).

El análisis comparativo de cultivares obtenidos en diferentes periodos no sólo permite establecer cuáles han sido los efectos del

mejoramiento genético sobre los componentes fisiológicos del rendimiento, sino también establecer estrategias apropiadas para la obtención de cultivares con mayor potencial de producción de grano. En este aspecto, Austin *et al.* (1980), encontraron que en los cultivares más modernos la producción de biomasa total era levemente superior a la de los cultivares antiguos. En tanto que Walsh (1984), al comparar cultivares antiguos y modernos, demostró que la capacidad fotosintética de las hojas individuales y del cultivo no ha sido prácticamente alterada por el mejoramiento. A pesar de ello, la distribución de fotoasimilados a la espiga ha aumentado, representando incrementos del 30-50% en el índice de cose-

cha de las variedades modernas en comparación con las antiguas (Walsh, 1984; Slafer *et al.*, 1994). Entre otros aspectos la arquitectura del canopeo, el área foliar y la supervivencia de macollos también han sido estudiadas comparativamente en cultivares antiguos y modernos (Innes y Blackwell, 1983; Alkman, 1989).

El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos del mejoramiento genético sobre diversos componentes fisiológicos del rendimiento, en cultivares obtenidos en la subregión IV triguera Argentina, entre 1942 y 1992. El estudio analiza no sólo variables frecuentemente estudiadas en cultivares argentinos, sino también aquellas que, como la arquitectura del canopeo, el área foliar y la tasa fotosintética no han recibido mayor atención hasta el momento.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto de Fisiología Vegetal, dependiente de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (34° 54' S). Se utilizaron cuatro cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.), obtenidos por el Criadero Buck S.A. en la subregión ecológica IV de la Argentina, con las características que se presentan en la Tabla 1.

Las semillas se hicieron germinar en ca-

jas de Petri a 20± 1° C y el 18 de junio 1993 se transplantaron, a razón de 1 planta por recipiente, a macetas de 15 litros de capacidad y de 0,25 m de diámetro, ubicadas en hileras, sin espacio entre ellas, a una densidad de aproximada de 20 pl.m². Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con tres repeticiones por cultivar y doce plantas por repetición. El suelo poseía las siguientes características: P: 5,9 ppm, N total: 0,21 % y Materia Orgánica: 3,5%. La experiencia se condujo a cielo abierto y el suelo se mantuvo a capacidad de campo mediante riegos periódicos. Las plantas se regaron semanalmente con una solución de N-P-K-MgO (15-15-6-4) al 1%.

A partir de los 4 DDE, (días desde la emergencia; Código Decimal 13; Tottman *et al.*, 1979) se realizaron muestreos semanales para determinar el número de macollos totales por planta. El ángulo de inserción del primer y segundo macollo con respecto al suelo se midió mediante el uso de un transportador a los 87 DDE (32). A los 136 y a los 167 DDE, correspondientes a antesis (67) y a grano pastoso (85), respectivamente, se midió el número de macollos fértiles, el área foliar verde por planta mediante el uso de un integrador de área foliar LICOR Li 3000 y la tasa fotosintética mediante un analizador infrarrojo de gases (IRGA, LICOR Li 6200). En este último caso se efectuaron 5 mediciones por repetición en la porción central de la hoja bandera, manteniendo el ángulo de inclinación natural

Tabla 1. Características de los cultivares utilizados.

Characteristics of the cultivars used.

Cultivar	Año de Liberación	Ciclo	Germoplasma
Buck Quequén	1942	Largo	Tradicional
Buck Manantial	1965	Largo	Tradicional
Buck Pucará	1980	Intermedio-largo	Mexicano
Buck Catriel	1992	Largo	Mexicano

de la hoja durante la medición. Se realizaron, además, tres cosechas: en antesis a los 136 DDE (67), a los 160 DDE (85) en estado de grano pastoso y a los 176 DDE (91), en madurez, a fin de determinar la materia seca acumulada en tallos, láminas, vainas y espigas. Para estas determinaciones se cosecharon tres plantas por repetición en las primeras dos fechas y cinco plantas por repetición en la última cosecha. Después de cada cosecha las macetas se acomodaban a fin de mantener la distribución original y la competencia correspondiente entre las plantas. El peso seco se obtuvo luego de secar el material en estufa a 60°C hasta peso constante. En el momento de la última cosecha, a los 176 DDE, se determinó además: el número de espigas por planta, número de espiguillas fértiles por espiga, número de granos por espiga, número de granos por planta, peso de grano por espiga, peso de grano por planta y peso de 1000 granos (PMG). De los datos de peso seco se derivó el índice de cosecha (peso seco de grano por planta/peso seco total de la planta). La tasa de supervivencia de los macollos se calculó como: número de macollos fértiles.planta⁻¹/número de macollos totales.planta⁻¹ x 100. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza y los valores medios se compararon mediante el Test de Tukey (P < 0,05) utilizando el programa Statgraphics v. 2.0. En la Fig. 1 se presentan los datos meteorológicos correspondientes al período que duró la experiencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Arquitectura del Canopeo

Los cultivares más modernos, como B. Pucará y B. Catriel, alcanzaron menor altura que aquellos cultivares antiguos, como B. Quequén y B. Manantial (Datos no presentados). La obtención de cultivares con menor

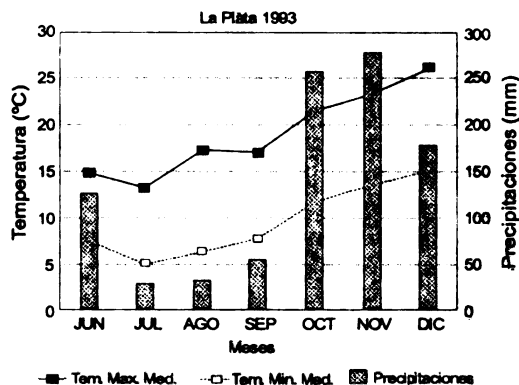


Figura 1. Datos meteorológicos durante el ciclo de cultivo. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Estación La Plata.

Meteorological data during crop growing. Source: National Meteorological Service, Station: La Plata.

altura se ha generalizado a partir de la inclusión en los planes de mejoramiento de germoplasma con el gen de enanismo Norin 10 (Hanson *et al.*, 1982), y está asociada con el mayor potencial de rendimiento de estos cultivares (Dalrymple, 1986).

Bajo la densidad de siembra utilizada el ángulo de inserción del primer y segundo macollo, a los 87 DDE (32), fue significativamente mayor en los cultivares antiguos, B. Quequén y B. Manantial, que en los más modernos, B. Pucará y B. Catriel (Tabla 2). Un menor ángulo de inserción de los macollos, al estado de preantesis, tal como se encontró en B. Pucará y B. Catriel, favorecería una mayor intercepción de la radiación fotosintéticamente activa, particularmente en una etapa del cultivo en la cual la radiación es limitante para alcanzar un mayor número de espiguillas y de primordios florales por espiguillas, tal como lo han demostrado Caldiz y Sarandón (1988). De todos modos, es necesario reconocer que, bajo altas densidades de siembra un mayor ángulo de inserción de los

Tabla 2. Ángulo de inserción del primer y segundo macollo, con respecto a la horizontal, a los 87 DDE (32) para los cultivares B. Quequén, B. Manantial, B. Pucará y B. Catriel.

Tiller insertion angle with respect to an horizontal line, for the cultivars B. Quequén, B. Manantial, B. Pucará y B. Catriel.

Cultivar	1° Macollo	2° Macollo
B. Quequén	79,58 b	79,17 b
B. Manantial	85,68 b	85,00 b
B. Pucará	57,92 a	59,58 a
B. Catriel	53,33 a	61,25 a

Los promedios de cada columna, seguidos por letras en común no difieren entre si ($P < 0,05$)

Means of the same column, followed by the same letter do not differ between them ($P < 0,05$)

macollos sería ventajoso (Law *et al.*, 1978).

Evolución del número de macollos

Dada la baja densidad de siembra utilizada y que la experiencia se llevó a cabo en condiciones controladas, sin limitantes en cuanto al suministro de agua y nutrientes, los valores registrados para el número de macollos no coinciden con los frecuentemente obtenidos en ensayos a campo. En las etapas previas a la espigazón el número de macollos

totales por planta no difirió entre los distintos cultivares. En tanto que el número de macollos fértiles sólo fue mayor para B. Catriel al momento de la cosecha (Fig. 2), debido a una mayor tasa de supervivencia de los macollos (Tabla 3). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Bingham (1971), quien estudió la supervivencia de los macollos para la variedad antigua Professeur Marchal y para Maris Beacon, de liberación más reciente, observando en esta última una mayor supervivencia de macollos asociada a valores de

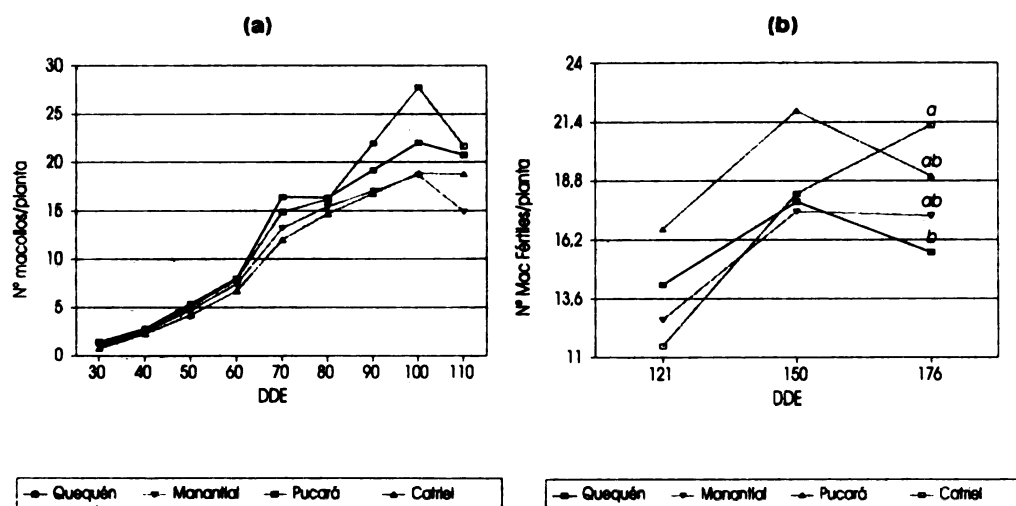


Figura 2. Número de (a) macollos totales y (b) macollos fértiles por planta. Los promedios seguidos de letras diferentes difieren entre si ($P < 0,05$).

Total (a) and fertile tiller (b) number per plant. Means followed by different letters differ between them ($P < 0,05$).

Tabla 3. Número de macollos totales por planta, número de macollos fértiles por planta y tasa de supervivencia de los macollos a la madurez (91), en los cultivares B. Quequén, B. Manantial, B. Pucará y B. Catriel.

Total tiller number per plant, fertile tiller number per plant and tiller survival at harvest in cvs. cultivares B. Quequén, B. Manantial, B. Pucará y B. Catriel.

Cultivar	Macollos totales planta ⁻¹	Macollos Fértiles planta ⁻¹	Tasa de supervivencia (%) (Mac. Fértiles/Mac. Totales x 100)
B. Quequén	17,61 a	15,64 b	88,81 b
B. Manantial	17,66 a	17,26 ab	97,73 ab
B. Pucará	19,93 a	19,00 ab	95,33 ab
B. Catriel	21,46 a	21,26 a	99,06 a

Los promedios de cada columna, seguidos por letras en común, no difieren entre sí ($P < 0,05$)

Means of the same column, followed by the same letter do not differ between them ($P < 0,05$)

rendimiento relativo más elevados.

Producción y Distribución de la Materia Seca

Al momento de antesis (67) el área foliar fue significativamente mayor en B. Catriel (Tabla 4), lo cual implicaría, en condiciones de baja densidad de siembra, contar con una mayor disponibilidad de fotoasimilados al momento del cuajado de los granos. En estado de grano pastoso (85) B. Catriel experimentó una considerable disminución del área

foliar, probablemente debido a una mayor senescencia de las hojas más viejas.

En este trabajo, el cultivar más moderno, B. Catriel, presentó una tasa fotosintética de la hoja bandera significativamente mayor que la del resto de los cultivares, tanto en antesis (67) como al estado de grano pastoso (85). En este último estadio la tasa fotosintética de la hoja bandera del resto de los cultivares disminuyó significativamente respecto de B. Catriel (Tabla 4). Estos resultados no concuerdan con los de Moss y Muirgrave (1971), discutidos por Walsh (1984), quienes no encuen-

Tabla 4. Área foliar por planta y tasa fotosintética de la hoja bandera, en antesis (67) y al estado de grano pastoso (85) en los cultivares B. Quequén, B. Manantial, B. Pucará y B. Catriel.

Plant leaf area and photosynthetic rate of the flag leaf, at anthesis (67) and during grain filling (85) in cvs. B. Quequén, B. Manantial, B. Pucará and B. Catriel.

Cultivar	Antesis		Grano pastoso	
	Área Foliar (cm ²)	T. Fotosintética ($\mu\text{M CO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \text{seg}^{-1}$)	Área Foliar (cm ²)	T. Fotosintética ($\mu\text{M CO}_2 \cdot \text{cm}^{-2} \text{seg}^{-1}$)
B. Quequén	1909,72 b	21,89 b	769,12 ab	12,62 ab
B. Manantial	2024,49 b	23,63 b	1132,35 ab	11,86 bc
B. Pucará	2103,90 ab	23,18 b	1280,38 a	9,22 c
B. Catriel	2890,89 a	29,78 a	742,28 b	15,39 a

Los promedios de cada columna, seguidos por letras en común, no difieren entre sí ($P < 0,05$)

Means of the same column, followed by the same letter do not differ between them ($P < 0,05$)

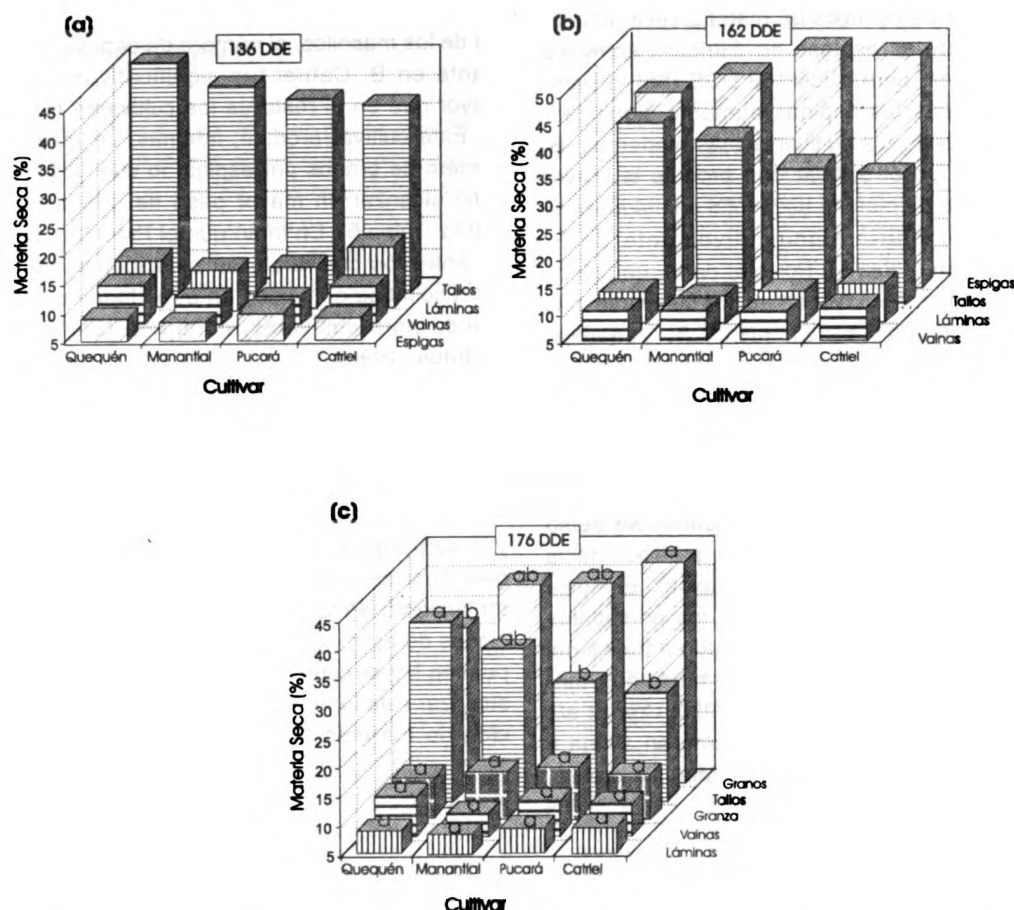


Figura 3. Distribución porcentual de la materia seca por planta a partir de antesis. Para cada porción de la planta, las barras seguidas por letras iguales no difieren entre sí.

Dry matter distribution (in %) per plant since anthesis. For each plant part, bars followed by the same letter do not differ between them.

tran que modificaciones en la tasa foto-sintética máxima de cultivares obtenidos en diferentes épocas estén asociados a aumentos en el rendimiento; si bien, es de destacar que existe, como lo demuestran los resultados de este trabajo, variabilidad genética con respec-

to a la tasa fotosintética.

En antesis, a los 136 DDE (67), la acumulación porcentual de materia seca en las láminas de las hojas fue similar para todos los cultivares, a excepción de B. Catriel, que acumuló más que el resto (Fig. 3a). En tanto que,

no se registraron diferencias entre culti-vares en cuanto a los porcentajes de materia seca acumulada en las vainas para ninguna de las fechas evaluadas (Fig. 3a-c). A los 136 DDE (67) los porcentajes de materia seca acumulados en las espigas no difirieron entre los cultivares, pero a los 162 DDE (85) la partición hacia las espigas aumentó significativamente en los cultivares más modernos. B. Catriel fue el cultivar que produjo la mayor cantidad de materia seca total en madurez, si bien no difirió significativamente de B. Quequén (Tabla 5). Por otra parte, en coincidencia con su mayor altura, los cultivares más antiguos como B. Quequén y B. Manantial, distribuyeron un mayor porcentaje de materia seca a los tallos, con respecto a B. Pucará y B. Catriel. Esto se vio reflejado además en el índice de cosecha, que fue 31% para B. Quequén y 43,4% para B. Catriel (Tabla 5). La diferencia a favor de B. Catriel se debió fundamentalmente a la menor partición hacia los tallos y mayor hacia las espigas. El índice de cosecha ha sido uno de los principales caracteres que se ha modificado a través del mejoramiento en los cultivares modernos, tanto en el trigo (Austin *et al.*, 1980; Cox *et al.*, 1988; Slafer *et al.*, 1994); como en avena y arroz (Peltonen-Sainio, 1991; Martiniello *et al.*, 1987; Akita, 1989).

Componentes del Rendimiento y Rendimiento

Entre los componentes del rendimiento, y como consecuencia de la mayor supervivencia de los macollos, el número de espigas por planta en B. Catriel fue significativamente mayor que en el resto de los cultivares (Fig. 3). Este cultivar produjo, además, un mayor número de granos por espiga, lo cual le permitió alcanzar un mayor peso de grano por planta (Tabla 5). En tanto que el PMG no difirió entre los cultivares, en coincidencia con los resultados obtenidos en otros lugares del mundo para cultivares modernos (Slafer y Andrade, 1990).

Los resultados obtenidos en condiciones de baja densidad de siembra, demuestran que el proceso de selección realizado en la sub-región IV triguera Argentina, se ha traducido en mejoras en la supervivencia de los macollos y la partición de materia seca hacia las espigas, con los consiguientes aumentos en el rendimiento. Probablemente, bajo las condiciones de esta experiencia, las variables que pueden haber contribuido positivamente para alcanzar este logro serían, el ángulo de inserción de los macollos en pre-antésis y una

Tabla 5. Componentes del rendimiento a la cosecha, para los cultivares B. Quequén, B. Manantial, B. Pucará y B. Catriel.

Yield components, at harvest, for the cultivars B. Quequén, B. Manantial, B. Pucará and B. Catriel.

Cultivar	N° espiguillas fértiles . espiga ⁻¹	N° granos . espiguilla ⁻¹	N° granos . espiga ⁻¹	Peso granos . planta ⁻¹ (g)	PMG (g)	IC (%)	Mat. Sec. Tot. pt ⁻¹ (g)
B. Quequén	21,7 a	2,04 a	44,35 ab	25,93 b	36,56 a	31,40 b	82,56 a
B. Manantial	20,33 b	2,33 a	47,18 ab	28,29 ab	34,71 a	39,00 ab	72,53 ab
B. Pucará	20,46 b	1,91 a	39,08 b	26,96 ab	35,82 a	39,55 ab	68,17 ab
B. Catriel	21,37 a	2,26 a	48,3 a	38,75 a	37,72 a	43,40 a	89,28 a

Los promedios de cada columna, seguidos por letras en común, no difieren entre sí ($P < 0,05$).

Means of the same column, followed by the same letter do not differ between them ($P < 0,05$).

mayor tasa fotosintética alcanzada por el cultivar más moderno a partir de antesis.

AGRADECIMIENTOS

A la Sra. Laura Wahnán por la asistencia prestada durante la ejecución de este trabajo y al Ing. Agr. Carlos Favoretti del Criadero Buck S.A. por la provisión de las semillas utilizadas y la lectura crítica del manuscrito. Al Ing. Agr. S. Sarandón y al Dr. E. Satorre por sus valiosos comentarios a la versión original.

BIBLIOGRAFÍA

- Alkman DP** (1989) Potential increase in photosynthetic efficiency from the redistribution of solar radiation in a crop. *Journal of Experimental Botany* 40: 855-864.
- Akita S** (1989) Improving yield potential in tropical rice. *Progress in Irrigated Rice Research*, IRRI, Manila, Philippines: 41-73.
- Austin RB, J Bingham, RD Blackwell, LT Evans, MA Ford, CL Morgan and M Taylor** (1980) Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *Journal Agricultural Science Cambridge* 94: 675-689.
- Bingham J** (1971) Plant breeding: arable crops. En: *Potential Crops Production. A case Study*. PF Wareing and JP Cooper, Eds. Heinemann Educational Books Ltd., London: 273-294.
- Bolsa de Cereales de Buenos Aires** (1994). Número Estadístico 1993/94. Bolsa de Cereales de Buenos Aires, Argentina.
- Caldiz DO and SJ Sarandón** (1988) Influence of shading in different periods upon ear develop-

- ment, grain yield and its components in two wheat cultivars. *Agronomie* 8: 327-332.
- Cox TS, JP Shroyer, L Ben-Hlu, RG Sears and TJ Martin** (1988) Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1897. *Crop Science* 28: 756-760.
- Dalrymple DG** (1986) Development and spread of high-yielding wheat varieties in developing countries. Agency for International Development, Washington DC. 99 pp.
- Hanson H, EN Bourlag y RG Anderson** (1982) Trigo en el tercer mundo. CIMMYT, México. 166 pp.
- Innes P and RD Blackwell** (1983) Some effects of leaf posture on the yield and water economy of winter wheat. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 101: 367-376.
- Law CN, JW Snape and AJ Worland** (1978) The genetical relationship between height and yield in wheat. *Heredity* 40: 133-151.
- Martiniello P, G Delogu, M Odoardi, G Boggini and AM Stanca** (1987) Breeding progress in grain yield and selected agronomic characters of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) over the last quarter of a century. *Plant Breeding* 99: 289-294.
- Moss DN and RB Musgrave** (1971) Photosynthesis and crop production. *Advances in Agronomy* 23: 317-336.
- Peltonen-Sainio P** (1991) High phytomass producing oats for cultivation in northern growing conditions. *Journal Agronomy Crop Science*. 166: 90-95.
- Slafer GA and FH Andrade** (1990) Análisis fisiológico del mejoramiento genético del trigo. Una revisión de lo ocurrido en diferentes partes del mundo. *Actas 2do Congreso Nacional de Trigo*. AIANBA, Pergamino, Argentina: 1-27.
- Slafer GA, E Satorre and FH Andrade** (1994) Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. En: *Genetic Improvement in Field Crops*. Slafer GA, Ed. Marcel Dekker, New York: 1-68.
- Tottman DR, RJ Makepeace and Hilary Broad** (1979) An explanation of the decimal code for the growth stages of cereals. *Annals Applied Biology* 93: 221-234.
- Walsh EJ** (1984) Developing yield potential of cereals. En: *Cereal Production*. EJ Gallagher, Ed. Butterworths, London: 69-93.