

CONSIDERACIONES SOBRE EL DESARROLLO DEL APICE CAULINAR PARA DECIDIR EL MOMENTO DE FERTILIZAR TRIGOS EN LA REGION SEMIARIDA PAMPEANA (I)

Héctor PACCAPELO * y Alberto QUIROGA **

Resumen

Se tomó en consideración el desarrollo del ápice caulinar para la aplicación de fertilizantes nitrogenados. El ensayo se realizó con los cultivares Pima 77, Las Rosas INTA y Marcos Juarez INTA, fertilizando a 5, 12 y 22 cm de altura del ápice. Se midió consumo de agua en el primer y tercer momento de fertilización. No se observó interacción entre cultivares y momento de aplicación; Pima 77 y Las Rosas superaron significativamente en rendimiento a Marcos Juarez INTA, con una producción de 1887, 1976 y 1316 kg/ha respectivamente. Respecto al momento de aplicación no se registraron diferencias significativas en los rendimientos, sin embargo la producción se incrementó cuando el nitrógeno se aplicó a plantas con el ápice caulinar a 5 cm de altura. Los consumos hídricos resultaron equivalentes para los momentos de fertilización estudiados y no se halló correlación significativa entre rendimiento de grano y consumo de agua ($r: 0,23$).

Summary

The development of the culm apex was considered in order to apply nitrogen fertilizer. The trial was carried out with Pima 77, Las Rosas INTA and Marcos Juarez INTA fertilizing to 5, 12 and 22 cm of the apex height. It has not been observed interaction between cultivars and application moment. Pima and Las Rosas INTA overcame significantly Marcos Juarez INTA's yield with a production of 1887, 1976 and 1316 kg/ha respectively. About the application moment has not been recorded significant differences among cultivar's yield although the production increased as nitrogen was applied to plants with culm apex 5 cm height. Water consumption resulted equivalent throughout the fertilization moments studied without significant correlation between grain yield and water consumption ($r= 0,23$).

(1) F.A. de la UNLPam. C.C. 159 (6300) SANTA ROSA.

* Cátedra de Cerealicultura.

** Cátedra de Hidrología Agrícola.

INTRODUCCION

Son escasos los trabajos que mencionan el estado del ápice caulinar para determinar los momentos óptimos de realización de ciertas prácticas culturales en trigo.

La doble arruga es la manifestación visible del paso del estado vegetativo al estado reproductivo. Determinar ese momento a través de lupas resulta poco práctico. LOZANO et al. (1984) encontraron que se podía determinar por la observación de una característica morfológica muy correlacionada y ella fue la altura del eje principal, medida desde la base de la planta, donde cambia de color blanco al verde, hasta la última lígula.

La fertilización nitrogenada aconsejada en esta región semiárida, según FAGIOLI et al. (1975; 1982), es durante el período macollaje-encañazón, es decir cuando la planta pasa del estado vegetativo al reproductivo.

La fertilización a 5 cm de altura del eje principal coincidiría con el estado de iniciación de espiguillas en el ápice de crecimiento, según TOTTMAN (1977); mientras que otros autores señalan que se alcanza a los 6 cm de altura, LOZANO et al. (1984). Desde el momento de la fertilización hasta que el nitrógeno es utilizado pueden transcurrir algunos días, por ello se eligió fertilizar a los 5 cm. [SING (1964); LANGER and LIEW (1973, cit. por EVANS, 1975); MILTHORPE (1974); WHINGHIRI and KEMP (1980)] consideran que la fertilización en ese momento incrementa el número de espiguillas por espiga. Otros autores consideran que se vería afectada la cantidad potencial de espigas por unidad de superficie antes de la iniciación floral, EVANS (1975).

Cuando el eje principal tiene entre 15 y 20 cm los estambres y pistilos aparecen en las primeras flores (estado VIII de BARNARD, 1955), por ello se considera que fertilizar unos días antes (12 cm de altura) pondría más nutrientes a disponibilidad de la planta en momentos que desarrollan las flores de cada espiguilla, SINGLE (1964), LANGER and LIEW, 1973 (cit. por EVANS, (1975).

Por otra parte, la fertilización nitrogenada cuando la planta tiene el ápice de crecimiento a 22 cm de altura puede afectar número y tamaño de granos. De acuerdo a MANEIRO y DARWICH (1982) ciertas prácticas culturales realizadas durante antesis efectaría el número de granos mientras que entre antesis y madurez se afectaría el tamaño de granos.

FAGIOLI et al. (1977, 1982, 1984 y 1985) expresan que la fertilidad nitrogenada limita los rendimientos sólo con buenas condiciones de humedad, pudiendo ser un medio adecuado para lograr una mayor eficiencia de la humedad disponible y aumentar los rendimientos sin un incremento proporcional de los consumos hídricos. Concluyen que el almacenamiento del agua en el suelo durante la presiembra, el estudio de las características morfo y fisiológicas de los cultivares, el conocimiento de la dinámica del agua, son investigaciones prioritarias en la región.

Dada la importancia del tema y su relación con la posible respuesta a los tratamientos de fertilización se consideró oportuno medir el consumo y la eficiencia del uso del agua.

Este trabajo tiene por objeto determinar el momento adecuado para realizar un fertilización postergada a través de tres observaciones orientativas; ellas son, cuando la altura del eje principal alcanza 5, 12 y 22 cm desde el cambio de coloración hasta la última lígula.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa durante el año 1985. El 2 de agosto se sembraron los cultivares Marcos Juárez INTA (M.J.), Las Rosas INTA (L.R.) y Pima 77 (P.) Este último cultivar mejicano se incluyó por su buen comportamiento en experiencias de fertilización nitrogenada, QUIROGA et al. (1984).

Las fertilizaciones se realizaron cuando el eje caulinar principal alcanzó los 5 cm de altura (momento 1), los 12 cm (momento 2) y 22 cm (momento 3); la dosis de urea utilizada fue de 70 kg de nitrógeno por ha.

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones y una densidad de siembra de 300 granos/m². Las parcelas comprendían 8 surcos de 5,5 m de largo y separados a 0,20 m.

El cultivo se estableció en un suelo *Haplustol éntico* con secuencia de horizontes A, A/C y C cálcico presentando una capa de tosca a profundidad variable (90 a 110 cm). El cuadro 1 resume las principales características del mismo.

La Figura 1, a fin de caracterizar la precipitación total y su distribución a lo largo del ciclo del cultivo, presenta los valores mensuales para la campaña 1985 y los correspondientes al período 1921-1985.

Profundidad (cm)	Textura	Humedad Equivalente. % Peso Seco	Peso Específico Aparente (gr/cm ³)	Agua Util (mm)
0 - 30	(Franco Arenoso)	13,9	1,20(0a15cm.) 1,24(15-30cm)	27
30 - 60	(Fr. Ar.)	13	1,22	25
60 - 90	(Fr. Ar.)	12	1,29	23

Cuadro 1 - característica del suelo.

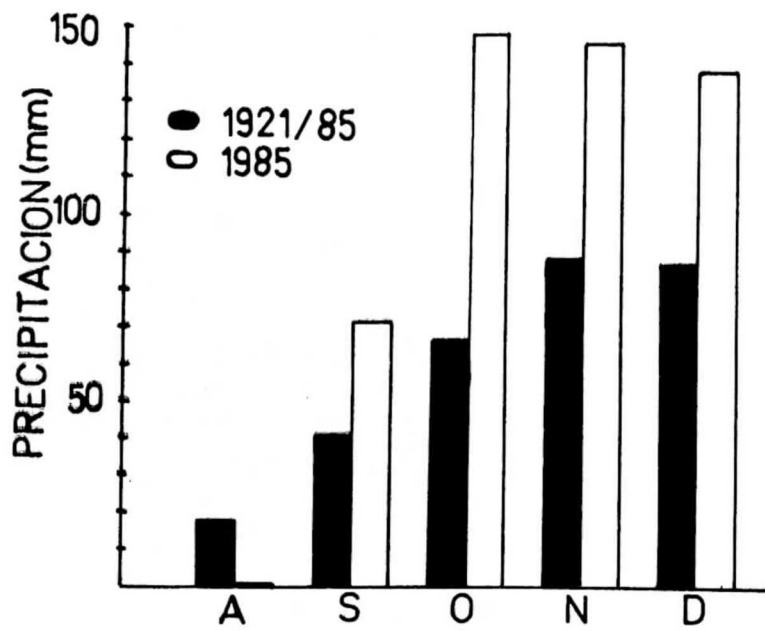


Figura 1 Distribución mensual de las precipitaciones

A partir de los 30 días de realizada la siembra se practicaron muestreos semanales a fin de determinar el estado de desarrollo del ápice en crecimiento; al alcanzar la altura prevista para cada tratamiento se muestrearon diez plantas por repetición. Se tomó la altura de cada planta y se contabilizó el número de hojas y macollos; los ápices de crecimiento se observaron con lupa binocular clasificándolos de acuerdo a BARNARD (1955) quien establece ocho estados de desarrollo (Cuadro 2) y a ZADOK et al. (1974).

Estados de desarrollo del meristema apical de trigo	
I	- Apice vegetativo con primordio foliar.
II	- Elongación del meristema apical.
III	- Doble arruga.
IV	- Arruga superior con primordios de espiguillas.
V	- Primordio de glumas.
VI	- Primordio de lemmas.
VII	- Primordio de flores.
VIII	- Iniciación de anteras y carpelos en las primeras flores.

Cuadro 2 - Clasificación de BARNARD (1955).

El cuadro 3 presenta las fechas en que fueron realizados los tratamientos y la caracterización del ápice de crecimiento en las diferentes variedades utilizadas. En la Figura 2 se muestra el estado del cultivo con los datos obtenidos en la variedad Las Rosas INTA.

Variedad	Fecha de fer- tilización	Apice de cre- cimiento (A) * (cm)	Fecha de fer- tilización	Apice de cre- cimiento (A) * (cm)	Fecha de fer- tilización	Apice de cre- cimiento (A) ** (cm)
M.J.	1º octubre	5,0 IV	16 octubre	11,7 VIII	22 octubre	22,7 43
P.	25 setiembre	4,7 IV	10 octubre	11,5 VIII	21 octubre	22,5 43
L.R.	25 setiembre	4,8 IV	10 octubre	11,6 VIII	21 octubre	21,5 43

Cuadro 3 - fecha de realización de tratamientos, altura (A) y estado de desarrollo del ápice para Marcos Juárez INTA (M.J.), Las Rosas INTA (L.R.) y Pima 77 (P.). Valores promedio de 40 observaciones; * según BARNARD; ** según código decimal de ZADOK.

A madurez comercial se cosecharon 3 m² para determinar rendimiento de granos; sobre 10 plantas de cada parcela experimental se analizaron los componentes de rendimiento.

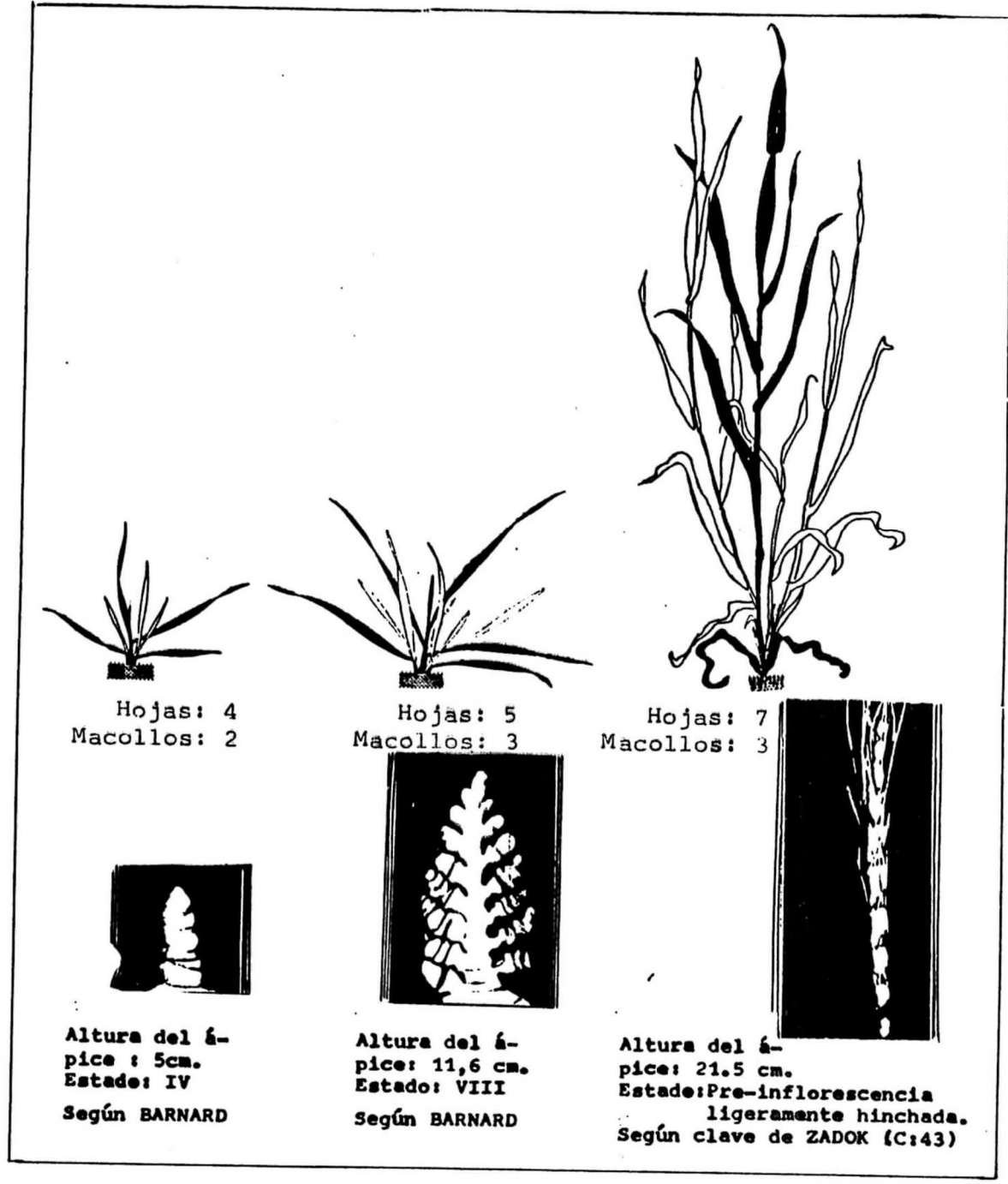


Figura 2 Caracterización del estado de crecimiento de la planta y ápice de crecimiento con datos de la variedad Las Rosas INTA (L.P.)x40

Las determinaciones de consumo de agua se efectuaron empleando el método gravimétrico, dividiendo el perfil del suelo en espesores de 30 cm hasta alcanzar la tosca. Para cada tratamiento se tomaron muestras por triplicado a la siembra, fines de macollaje, madurez lechosa y cosecha.

El balance de humedad del suelo y las precipitaciones en muestreos sucesivos determinaron la lámina de agua consumida. De la relación entre rendimiento de granos y lámina total se obtuvo la eficiencia en el uso del agua (kg/ha/mm).

RESULTADOS Y DISCUSION

- Rendimiento biológico e índice de cosecha

La aplicación de nitrógeno en los cereales puede incrementar el rendimiento biológico y disminuir el índice de cosecha, según DONALD and HAMBLIM (1976).

El Cuadro 4 indica la interacción entre cultivares y momento de aplicación de nitrógeno. L.R. superó en rendimiento biológico a M.J. en los momentos 1, 2 y 3 ya P. en los momentos 2 y 3; esta última superó a M.J. en los momentos 1 y 2.

	Cv	<u>Momento de fertilización</u>			Cv	Momento	Interacción	C.V.
		1	2	3				
Rendimiento biológico	M.J.	(b) 6273 a	(c) 4587 b	(b) 5033 b				
	P.	(a) 7037 a	(b) 5683 b	(b) 4667 c	**	**	*	11,8
	L.R.	(a) 7166 a	(a) 7158 a	(a) 5842 b				

** y *: significativo al 0,05 y 0,01, respectivamente.

Cuadro 4 - Rendimiento biológico para 3 cultivares de trigo fertilizados en diferentes momentos. Letras distintas en círculos indican diferencias entre cultivares; letras distintas a la derecha de cada cifra indican diferencias entre momentos de fertilización.

El momento 1 produjo mayor cantidad de materia seca por unidad de superficie. A excepción de L.R. se observa una disminución significativa de la misma cuando se fertiliza a 12 cm de altura de ápice con respecto al momento 1. El momento 3 muestra un comportamiento diferencial entre cultivares; mientras M.J. mantiene la producción respecto al momento 2 se observó una disminución significativa en los otros cultivares.

Respecto al índice de cosecha no se observó interacción entre tratamientos. El Cuadro 5 y la Figura 3 permiten apreciar la superioridad de P. y L.R. respecto a M.J. como así también el incremento en

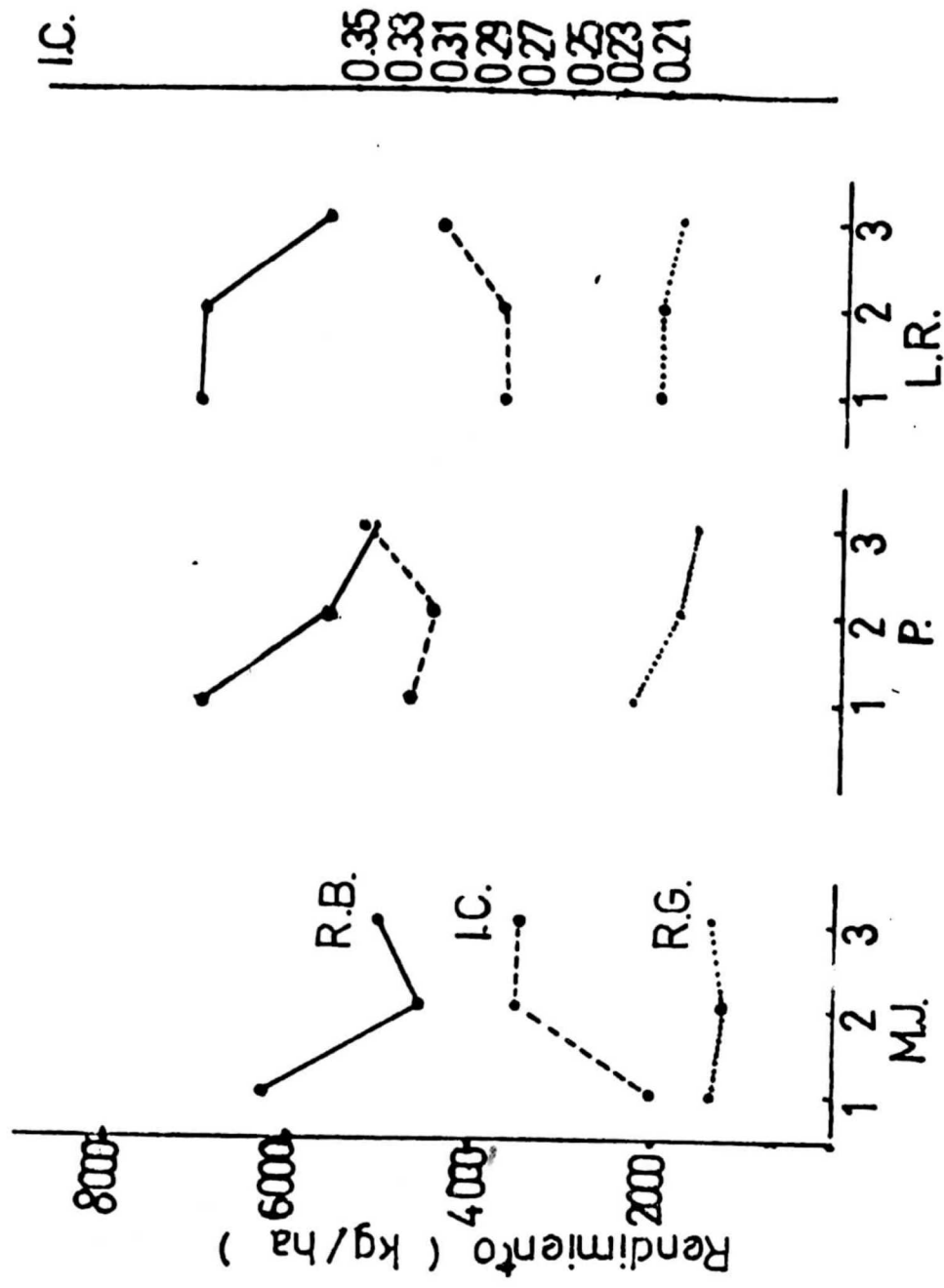


Figura 3 : Rendimiento biológico (R.B.), Índice de cosecha (I.C.)
y Rendimiento de granos (R.G.)

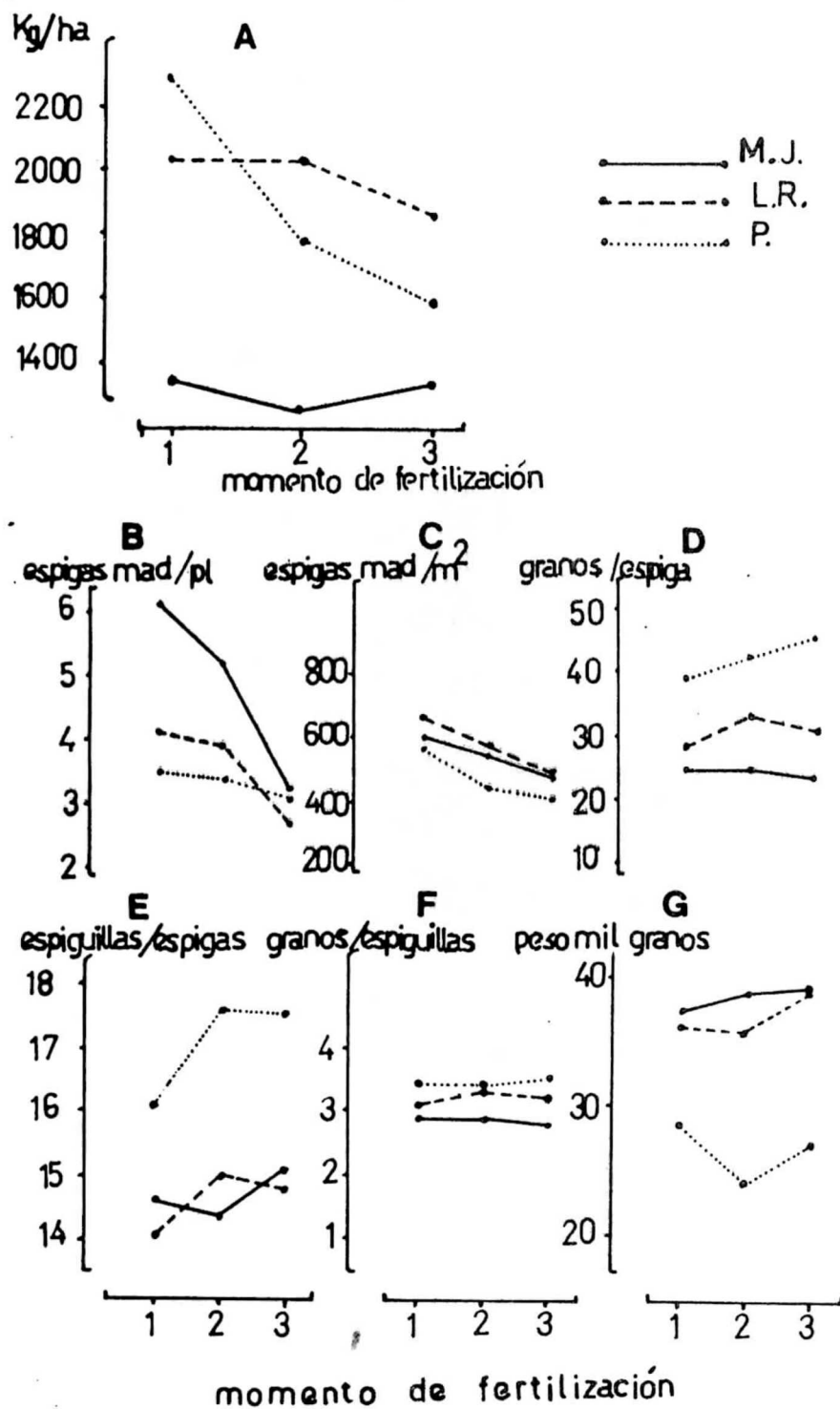


Figura 4 Rendimiento de grano (kg/ha) por cultivar y momento de fertilización nitrogenada. Componentes del rendimiento (1B,C,D,E,F G).

el índice de cosecha cuando se atrazó la fertilización. Este comportamiento podría deberse a que la disminución significativa del rendimiento biológico no estuvo asociada a disminuciones en la producción de granos.

Cv.	Momentos de fertilización			\bar{x}
	1	2	3	
P.	0,325	0,312	0,345	0,327 a
L.R.	0,280	0,285	0,317	0,294 a
M.J.	0,212	0,272	0,272	0,252 b
\bar{X}	0,272	0,290	0,311	
	b	ab	a	

Cuadro 5: Índices de Cosecha de 3 cultivares de trigo fertilizados en diferentes momentos.

Duncan: 0,05

- Rendimiento de grano y sus componentes

Laude (1938) considera que las características de la planta que ejercen su influencia sobre el rendimiento varían año a año; especialmente el nivel de humedad edáfica y las condiciones nutritivas repercuten en el patrón de comportamiento de este carácter.

El Cuadro 6 presenta los rendimientos de grano para los distintos tratamientos.

Cv.	Momentos de fertilización			\bar{x}
	1	2	3	
M.J.	1344	1258	1345	1316 b
P.	2282	1781	1599	1887 a
L.R.	2033	2029	1865	1976 a
\bar{X}	1886 a	1689 a	1603 a	

Cuadro 6 - Rendimiento de granos (kg/ha). Duncan 0,05

A pesar de la falta de interacción significativa entre los tratamientos se puede observar en la Figura 4 cierto comportamiento diferencial de los cultivares respecto al momento de aplicación del fertilizante.

Los rendimientos de granos de L.R. y P. superaron a los de M.J.; esta diferencia se podría atribuir a mayor número de granos por espiga en L.R. y P. notándose, además, una gran superioridad en el número de espiguillas por espigas en el cultivar mejicano.

Respecto al momento de la fertilización no se observaron diferencias significativas en los rendimientos; no obstante ello, los cultivares manifestaron mejor comportamiento cuando el nitrógeno se aplicó a 5 cm de altura del ápice caulinar. Esta tendencia podría deberse a un mayor número de espigas por unidad de superficie porque se fertiliza antes de la iniciación floral y esto favorecería el macollaje, EVANS (1975).

Cuando se fertilizaron plantas con el ápice a 12 y 22 cm de altura se registraron incrementos en el número de espiguillas por espiga. Sin embargo LANGER and LIEW, 1973 (citados por EVANS, 1975); SINGLE (1964) y WINGHIRI and KEMP (1980) han encontrado mayor cantidad de espiguillas por espiga fertilizando antes de la iniciación floral.

Las aplicaciones de fertilizante nitrogenado a 22 cm de altura del ápice (momento 3) favorecería el peso de mil granos. Posiblemente el nitrógeno aportado se mantenga disponible para ejercer influencia en el llenado de los granos.

- Eficiencia en el uso del agua

El Cuadro 7 muestra el total de agua consumida y la eficiencia en el uso de la misma para los cuatro tratamientos estudiados, Marcos Juárez INTA y Pima 77 para los momentos de aplicación a 5 y 22 cm (M. J. 1, M.J. 3, P. 1 y P. 3).

Los consumos hídricos resultaron equivalentes en ambas variedades y no fueron afectados por momento de fertilización.

Tratamientos	Agua Consumida (mm)	Eficiencia (kg/ha/mm)
M.J. 1	507	2,84
M.J. 3	496	2,78
P. 1	502	4,84
P. 3	504	3,49

Cuadro 7 - Total de agua consumida y eficiencia en el uso del agua.

Resultados similares han sido encontrados por NOVELLO y DIAZ (1984) para la subregión triguera II Norte; observaron que la fertili-

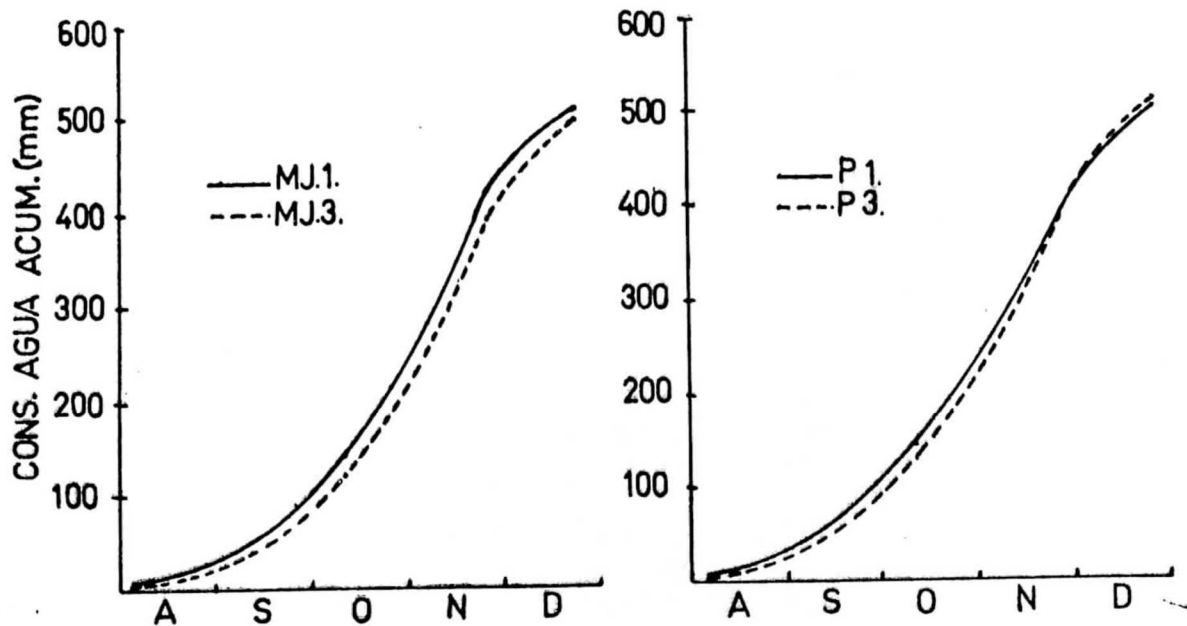


Figura 5 A Consumo de agua acumulada (mm) durante el cultivo de trigo

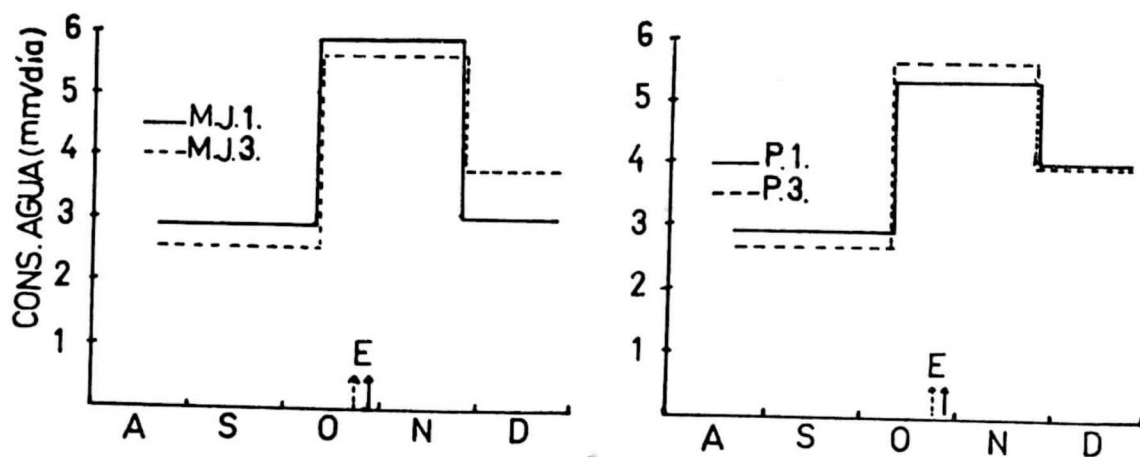


Figura 5 B Consumo de agua (mm por día)
E=espagazón

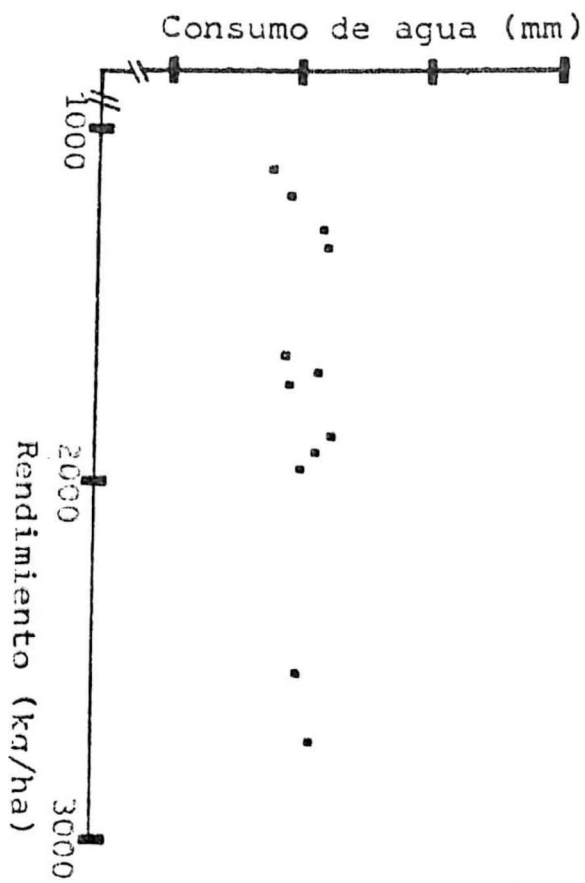


Figura 6 Relación entre consumo hídrico y rendimiento de grano

zación nitrogenada con 100 kg por ha no causó modificaciones en la dinámica del agua del suelo ni en los consumos hídricos respecto a los testigos no fertilizados. JENSEN and SLETTEN, 1959 (cit. por VIETS 1962) tampoco encontraron efectos de la fertilización en trigos invernales en Bushland, Texas, aunque los rendimientos y la eficiencia en el uso del agua se duplicaron.

Las experiencias realizadas en la subregión triguera V Sur por FAGIOLI et al. (1982) durante las campañas 1978/80 muestran valores de eficiencias en el uso del agua muy similares a los obtenidos en éste ensayo.

NOVELLO y DIAZ (1984) concluyen que la eficiencia en el uso del agua del cultivo de trigo en Argentina, es baja teniendo en cuenta los resultados obtenidos en otros países.

En las figuras 5A y 5B se presentan los consumos hídricos. En macollaje-encañazón se registraron valores que fluctuaron entre 2,94 mm por día para M.J. 1 y 2,54 mm por día para M.J. 3; en encañazón-espigazón se obtuvieron valores pico de consumo comprendidos entre 5,93 mm por día para M.J. 1 y 5,27 mm por día para P. 1, mientras que en la etapa final del cultivo los valores extremos correspondieron a M.J. 1 y P. 1 con 3 y 4,04 mm por día respectivamente.

Similares resultados fueron obtenidos por FAGIOLI y BONO (1984) en ésta subregión; encontraron que los picos máximos de consumo de agua si bien variaban ampliamente entre años coincidían con el período encañazón-espigazón.

Al fertilizar en el momento 1 (5 cm) Marcos Juarez INTA y Pima 77 atrasan la espigazón respecto de la fertilización en el momento 3 (22 cm). Esta prolongación del período vegetativo podría favorecer la producción de fitomasa aérea, como se observa en el Cuadro 4, sin afectar los consumos hídricos.

La Figura 6 muestra la relación entre el consumo hídrico total y rendimiento de granos. Aumentos en el rendimiento no se correlacionaron con el consumo hídrico total ($r: 0,23$).

CONCLUSIONES

En la región semiárida pampeana, para el presente año considerado "húmedo" no se observaron diferencias estadísticas significativas en los rendimientos de grano al realizar fertilizaciones nitrogenadas en diferentes momentos de altura del ápice caulinar (5, 12 y 22 cm). Sin embargo existiría una ventaja a favor de las fertilizaciones realizadas en la primera oportunidad mencionada a juzgar por los rendimientos de grano; los tres cultivares utilizados, Marcos Juarez INTA, Las Rosas INTA y Pima 77 presentaron mayor cantidad de espigas maduras por unidad de superficie al fertilizar antes de la iniciación floral (momento 1).

Las Rosas INTA y Pima 77 rindieron más que Marcos Juarez INTA en los tres momentos elegidos para fertilizar. Esta superioridad podría explicarse por un mayor número de granos por espiga en los dos cultivares, notándose además que Pima 77 desarrolló un número de espiguillas por espigas mucho más elevado que los otros cultivares utilizados.

En Pima 77 y Marcos Juarez INTA no se observaron diferencias en los consumos hídricos al fertilizar a 5 y 22 cm de altura de ápice. La eficiencia en el uso del agua en los tratamientos mencionados es baja si se la compara con la obtenida en otros países, pero concordante con la obtenida en otras experiencias nacionales.

BIBLIOGRAFIA

- BARNARD, C., 1955. Histogenesis of the inflorescence and flower of *Triticum aestivum* L. Australian Journal of Botany. 3: 1-20.
- DONALD, C. and J. HAMBLIN, 1976. The biological yield and the harvest of cereals as agronomic and plant breeding criteria. Adv. Agr., 28: 361-405.
- EVANS, L.T., 1975. The physiological basis of crop yield. Crop Physiology, 358 p. L.E. Evans (ed). Cambridge University Press, Cambridge.
- FAGIOLI, M., 1975. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y consumos hídricos del trigo en la región semiárida pampeana. Rev. Inv. Agr.; Serie 3: 1-13.
- FAGIOLI, M. y A. BIANCONI, 1977. Fertilización nitrogenada del trigo de siembra temprana en la región semiárida pampeana. IDIA Nº 349-354.
- FAGIOLI, M.; A. BONO y E. TORROBA, 1982. Productividad de los cultivos de trigo en la región semiárida pampeana. Publicación técnica Nº 24, EERA Anguil (La Pampa), INTA.
- FAGIOLI, M.; A. BONO; R. ALVAREZ y E. TORROBA, 1984. Potencial productivo del cultivo de trigo en las regiones semiárida y subhúmeda pampeanas. Publicación Técnica Nº 29. EERA Anguil.
- FAGIOLI, M. y A. BONO, 1984. Variaciones del uso consuntivo del agua y del contenido de nitrógeno de nitratos en el suelo, en el ciclo vegetativo de los cultivos de trigo y sorgo, en la región semiárida pampeana. Publicación técnica Nº 30, EERA Anguil.
- FAGIOLI, M.; A. BONO y E. TORROBA, 1985. Fertilización del cultivo de trigo en las regiones semiárida y subhúmeda pampeanas. Campaña 1984. Publicación Técnica Nº 32, EERA Anguil.
- LAUDE, H.H., 1938. Relation of some plant characters to yield in winter wheat. J. Amer. Soc. Agron. 30: 610-615.

- LOZANO, C.; J. BODEGA; M. De DIOS; R. BEDOGNI y I. COLOMBO, 1984. Relación entre los estados de desarrollo apical y características morfológicas en plantas de trigo. Rev. Fac. Agr. Bs. As., 5(1-2) 51-63.
- MAGRIN, G.; C. SENIGAGLIESTI y E. FRUTOS, 1983. Análisis de la variación del rendimiento y sus componentes en trigo bajo diferentes densidades de siembra y dosis de fertilizante nitrogenado. Informe Técnico N° 90. EERA Pergamino.
- MANEIRO, J. y N. DERWICH, 1982. Análisis cuantitativo del crecimiento y desarrollo del cultivo de trigo y factores que lo afectan. Publicación Técnica N° 83. EERA Balcarce.
- MILTHORPE, F. y J. MOORBY, 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. Ed. Hemisferio Sur. 259 pp.
- NOVELLO, P. y R. DIAZ, 1984. Uso del agua y productividad del trigo sin y con fertilización nitrogenada-subregión triguera II norte. Publicación Técnica N° 6, EERA Marcos Juárez.
- QUIROGA, A.; J. SCARONE y M. FARALDO, 1984. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el consumo y eficiencia en el uso del agua en trigo. Región semiárida pampeana. Fac. Agr. de la UNLPam.
- SINGLE, W.V., 1964. The influence of nitrogen supply on the fertility of the wheat ear. Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry 4: 165-168.
- TOTTMAN, D.R., 1977. The identification of growth stages in winter wheat with reference to the application of growth regulator herbicides. Annals of Applied Biology. 87: 213-224.
- VIETS, F.G., 1962. Fertilizers and efficient use of water. Advan. Agron. 14, 223-264.
- WHINGHIRI, E. and D. KEMP, 1980. Spikelet development and grain yield of the wheat ear in response to applied nitrogen. Australian Journal of Agricultural Research. 31: 637-647.
- ZADOKS, J.; T. CHANG and KONZAK, 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research. 14: 415-421.