

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

*Trabajo Final presentado para optar al Grado de
Ingeniero Agrónomo*

***RESPUESTA DEL CULTIVO DE TRIGO A
DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZACIÓN
SOBRE EL RENDIMIENTO Y EL CONTENIDO
PROTEICO DEL GRANO***

Alumno:

Enrique Caballero

DNI: 26.015.642

Director:

Ing. Agr. Carlos Alberto Castillo

Río Cuarto, Córdoba

Octubre de 2009

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título Del Trabajo Final:

“Respuesta del cultivo de trigo a diferentes fuentes de fertilización sobre el rendimiento y el contenido proteico del grano”

Autor:

Enrique Caballero

DNI: 26.015.642

Director:

Ing. Agr. Carlos Castillo

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

(Nombres)

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

ÍNDICE TEMÁTICO

	PÁGINA
I- INTRODUCCIÓN-----	PAG. 1
II-ANTECEDENTES-----	PAG. 3
III-HIPÓTESIS Y OBJETIVOS-----	PAG. 5
III.1- Hipótesis-----	PAG. 5
III.2- Objetivo General-----	PAG. 5
III.3- Objetivos Específicos-----	PAG. 5
IV-MATERIALES Y MÉTODOS-----	PAG. 6
V-RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	PAG. 8
V.1- Análisis Climático del Sitio Experimental -----	PAG. 8
V.2- Análisis Edáfico del Sitio Experimental -----	PAG. 11
V.3- Análisis de Biomasa -----	PAG. 12
V.4- Análisis de Rendimiento y sus Componentes -----	PAG. 16
V.5- Análisis de Contenido de Proteína -----	PAG. 22
VI-CONCLUSIÓN-----	PAG. 24
VII-BIBLIOGRAFÍA-----	PAG. 25

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Página

<i>Figura 1:</i> Evolución de la temperatura del aire en Río Cuarto.-----	Pag. 9
<i>Figura 2:</i> Precipitaciones anuales de Río Cuarto. Valores últimos 30 años.-----	Pag. 9
<i>Figura 3:</i> Precipitaciones mensuales de Río Cuarto. Promedio últimos 30 años.-----	Pag. 10
<i>Figura 4:</i> Precipitaciones mensuales del ensayo.-----	Pag. 10
<i>Cuadro 1:</i> Kg Ha ⁻¹ de Biomasa en Período Crítico de Trigo.-----	Pag. 12
<i>Figura 5:</i> Kg Ha ⁻¹ de Materia Seca en Tercer Nudo para los diferentes Tratamientos.-----	Pag.13
<i>Figura 6:</i> Kg Ha ⁻¹ de Materia Seca en Floración para los diferentes Tratamientos.-----	Pag. 14
<i>Figura 7:</i> Kg Ha ⁻¹ de Materia Seca en Grano Lechoso para los diferentes Tratamientos.-----	Pag. 14
<i>Figura 8:</i> Kg Ha ⁻¹ de Materia Seca en Madurez Fisiológica para los diferentes Tratamientos.-	Pag. 15
<i>Cuadro 2:</i> Kg Ha ⁻¹ de Biomasa en Rendimiento y Componentes de Rendimiento.-----	Pag. 16
<i>Figura 9:</i> Número de Espigas en los diferentes Tratamientos-----	Pag. 17
<i>Figura 10:</i> Número de Granos por Espiga en los diferentes Tratamientos-----	Pag. 18
<i>Figura 11:</i> Número de Granos por Metro Cuadrado en los diferentes Tratamientos-----	Pag. 19
<i>Figura 12:</i> Número de Granos por Metro Cuadrado vs. Rendimiento-----	Pag. 20
<i>Figura 13:</i> Peso de Mil Granos en los diferentes Tratamientos-----	Pag. 21
<i>Figura 14:</i> Rendimiento en Kg Ha ⁻¹ en los diferentes Tratamientos-----	Pag. 22
<i>Figura 15:</i> Contenido de Proteína en Grano en los diferentes Tratamientos.-----	Pag. 23

RESUMEN

El trigo (*Triticum aestivum*) es una de las primeras plantas domesticadas por el hombre, su cultivo comenzó con certeza al menos en el 7500 a. de C. Actualmente, el trigo, el arroz y el maíz constituyen los tres granos básicos de la alimentación de la humanidad. La producción de trigo es de suma importancia en todo el mundo ya que representa poco más de un tercio del volumen de cereales producidos. Esa producción se distribuye en 400 millones de hectáreas, de las cuales 6 millones se encuentran en Argentina. Ante la necesidad de aportar mayor información en lo concerniente a la respuesta del cultivo de trigo a diferentes fuentes de fertilización sobre el rendimiento y el contenido proteico del grano, se llevó a cabo, en el campo experimental de la UNRC durante el año 2004, un trabajo de investigación cuyo objetivo principal fue evaluar el efecto de distintas fuentes de fertilización nitrogenada (urea sólida y urea líquida), aplicada en distintos estadios fenológicos, sobre el rendimiento y contenido proteico en grano. El ensayo se realizó bajo un diseño en bloques al azar con tres repeticiones. Se realizaron los siguientes tratamientos: 1) Testigo sin tratar, 2) Urea granulada en macollaje (sin incorporar), 3) Urea líquida en macollaje, 4) Urea líquida en hoja bandera y 5) Urea líquida en macollaje y hoja bandera. Para rendimiento en grano se observó diferencia significativa entre los tratamientos donde se aplicó, tanto urea granulada como líquida, en los momentos de macollaje y la doble aplicación de urea líquida en macollaje y hoja bandera, con respecto al testigo y hoja bandera. La adición de nitrógeno en el estadio fin de macollaje produjo una diferencia significativa a favor de la urea líquida —posiblemente debido a la incorporación tardía por falta de lluvia— con la urea granulada. Al respecto de los resultados obtenidos con el porcentaje de proteína en grano, se puede apreciar que el tratamiento de mayor impacto en su calidad fue el de doble fertilización con urea líquida (macollaje más hoja bandera).

Palabras Claves: Trigo, Fertilización, Nitrógeno, Rendimiento, Proteína.

SUMMARY

The wheat (*Triticum aestivum*) was one of the first plants domesticated by man. The wheat growing most certainly began, at least, in AC 7.500. Nowadays wheat, rice and corn constitute the three basic grains of human nourishment. The production of wheat has supreme importance in the whole world, representing more than a third of the volume of produced cereals. The above mentioned production is distributed in 400 million of hectares, 6 millions of which are produced in Argentina. In 2004, due to the current lack of information about the growing wheat response to different sources of fertilization, referring to the wheat yield and the protein content of the grain, an experimental investigation was developed, at the Experimental Field of UNRC. The main goal of this research was to evaluate the wheat yield and the protein content at different sources of nitrogenous fertilization (solid and liquid urea), applied in different phenological stages. The test was realized in a design of blocks randomly chosen, with three repetitions. The treatments that were applied in this test are the following: 1) Witness without treating; 2) Granulated urea in tillering —without incorporating—; 3) Liquid urea in tillering; 4) Liquid urea in flag leaf and 5) Liquid urea in tillering and flag leaf. About yield in grain, significant differences were observed between treatments in which liquid or granulated urea was applied, at tillering, or in the double application of liquid urea at tillering and flag leaf, and witness and flag leaf. The addition of nitrogen in the last stadium of blooming produced a significant difference in favour of the liquid urea, possibly due to its late incorporation for the lack of rain, about the granulated urea. In relation to the results obtained with the percentage of protein in grain, it is possible to estimate that the treatment with stronger impact over its quality was the double fertilization with liquid urea (tillering plus flag leaf).

Key word: Wheat, Fertilization, Nitrogen, Output, Protein.

I - INTRODUCCIÓN

El trigo es una de las primeras plantas domesticadas por el hombre, su cultivo comenzó con certeza al menos en el 7500 a. de C. (Langer y Hill, 1987).

Actualmente, el trigo, el arroz y el maíz constituyen los tres granos básicos de la alimentación de la humanidad (Brugnoni, 1981). Aproximadamente el 37% de la población cuenta con el trigo como su principal cereal; aporta alrededor del 20% de las calorías consumidas por el hombre y su producción mundial ha ascendido por encima de los 600 millones de toneladas, más de un tercio del volumen total de cereales producido (Langer y Hill, 1987) SAGPYA 2006.

Los principales países productores son China, Estados Unidos, Unión Europea, Australia y Argentina. Entre los países exportadores se destacan Canadá, Argentina, Unión Europea y Estados Unidos (Ingramo, 2000).

El trigo es una planta anual de crecimiento invierno-primaveral. Debido a su gran diversidad genética está capacitado para crecer y producir en ambientes muy diferentes entre sí; esta es la razón principal de la amplia difusión que tiene el cultivo de trigo en el orden mundial y en nuestro país en particular. Las distintas combinaciones de clima y suelo, a través de la acción e interacción de sus elementos constitutivos, producen modificaciones en el funcionamiento de la planta (Baumer, 1996).

En nuestro país, el cultivo de trigo se siembra en otoño-invierno y su ciclo oscila entre 130 y 210 días, según su variedad y la época de siembra. La región triguera nacional propiamente dicha se extiende, aproximadamente, 1.000 km de norte a sur (31° lat N - 40° lat S) y 600 km de este a oeste (57° long E - 65° long O), y se encuentra subdividida en cinco subregiones ecológicas (Berardo, 1994).

Subregión I: con una superficie total de 11.887.300 has, comprende el norte de Santa Fe y el extremo noreste de Córdoba.

Subregión II Norte: con una superficie de 5.984.100 has, se ubica al sur de Santa Fe, al extremo este de Córdoba y al extremo norte de Buenos Aires.

Subregión II Sur: tiene una superficie de 12.047.400 has y está ubicada al norte de Buenos Aires.

Subregión III: cuenta con 7.667.800 has y abarca la provincia de Entre Ríos.

Subregión IV: se ubica hacia el sureste de Buenos Aires y abarca una superficie de 10.604.619 has.

Subregión V Norte: cuenta con una superficie de 6.750.900 has y está localizada en la provincia de Córdoba.

Subregión V Sur: abarca el sector oeste de Buenos Aires, La Pampa y el extremo sur de Córdoba (Brugnoni, 1981).

El área de influencia de la UNRC se encuentra emplazada dentro de la subregión V Norte. El clima es poco favorable para el cultivo trigo. Si bien el régimen pluviométrico anual oscila entre 700 y 800 milímetros, es normal que falten precipitaciones invierno-primaverales, época en que el cultivo cumple la mayor parte de su ciclo (Brugnoni, 1981), y que abarca también el período crítico del cultivo (30 días antes a 7 días después de la floración) (Abbate et ál. 1994), puesto que éste se da entre mediados de septiembre y mediados de octubre, mientras que el período de mayores precipitaciones comienza en la tercera semana de octubre (Seiler et ál. 1995).

Los tipos de suelos predominantes del departamento Río Cuarto son Hapludoles Típicos de familia textural franco arenosos, con un mayor contenido de arena hacia el extremo sur. Pertenecen a la categoría taxonómica Hapludoles en la mayoría de los casos, siendo el nivel nutricional muy variable ya que éste depende del tipo de actividad y la técnica de manejo que se adopte (Brugnoni, 1981).

En varias regiones trigueras de la República Argentina, se obtienen rendimientos muy superiores a los logrados en la región que abarca la Universidad Nacional de Río Cuarto. Existen varias referencias que tratan de explicar este menor rendimiento del cultivo. Algunos autores plantean que deficiencias hídricas durante gran parte de su crecimiento son la principal causa de un menor rendimiento (Gesumaría et ál. 1994). No obstante, la precipitación media durante el ciclo del cultivo de los últimos 20 años en la UNRC es de 200 mm, a los que debieran sumarse otros 100 mm que pueden acumularse durante el período de barbecho (Seiler et ál. 1995).

El trigo es considerado como una especie exigente en Nitrógeno (N) y Fósforo (P) y habitualmente se debe recurrir a la fertilización para suplir las necesidades de estos nutrientes (Echeverría et ál. 2001).

Darwich (2001), explica que los bajos rendimientos de casi todas las regiones trigueras del país se deben al escaso empleo de fertilizantes nitrogenados y fosforados. Mientras que Gesumaría et ál. (1994), señalan que la respuesta a la fertilización en Río Cuarto es dependiente de la disponibilidad hídrica del cultivo.

Una buena condición nutricional asegura tasas de crecimiento elevadas durante la floración y post floración y la permanencia por más tiempo del área foliar fotosintéticamente activa (Slafer et ál. 2003). Siddique et ál. (1989), consideran este factor como de suma importancia para la determinación de los rendimientos del trigo. La disponibilidad de macronutrientes provenientes del suelo o de los fertilizantes aplicados al momento de la siembra afecta la condición nutricional de los cultivos. Sin embargo, este estado nutricional también puede ser mejorado por el agregado de macro o micronutrientes por vía foliar en el momento en que el cultivo está definiendo su rendimiento (Loewy, 2004).

II- ANTECEDENTES

El rendimiento en grano de un cultivo de trigo puede expresarse como el producto entre dos componentes: el número de granos m^{-2} y el peso medio del grano. El número se define alrededor de anthesis y el peso durante el período de llenado. El número de granos m^{-2} es el componente del rendimiento más afectado cuando el nitrógeno es limitante. Solamente en situaciones con deficiencias severas se observan caídas en el peso de mil granos. Ante deficiencias de nitrógeno, disminuye la eficiencia de conversión, el cultivo presenta área foliar (AF) deficiente y una menor tasa de crecimiento durante el desarrollo de la espiga. Como consecuencia de esto, decae la tasa de crecimiento de la espiga, disminuye el número de granos m^{-2} y el peso seco de la espiga, traduciéndose en un menor rendimiento por hectárea (Abbate et ál. 1994).

Es necesario notar que para maximizar la eficiencia del fertilizante nitrogenado debe sincronizarse la disponibilidad del N aplicado con la demanda del cultivo. Esta sincronización implica distintos momentos de aplicación, desde aquellos más tempranos, cuando el horizonte de tiempo es más largo e incierto y por ende las decisiones sobre dosis son más riesgosas, hasta los momentos finales de definición de la calidad del grano, cuando se tiene bastante certeza del potencial de rinde del cultivo, del precio del grano, y por lo tanto las decisiones de fertilización son más seguras y mejores. La dosis y el momento de la fertilización nitrogenada son las mejores herramientas disponibles para producir un alto rinde por hectárea. El N afecta los tres mencionados componentes del rendimiento: espigas por hectáreas, granos por espiga y peso de grano, así como un importante componente de la calidad que es el porcentaje de proteína (Quinteros, 2006).

En general, se propone que el aporte de nitrógeno desde el comienzo del ciclo hasta el estado de encañado en tercer nudo actúa sobre el rendimiento. A partir de allí, y hasta comienzos de llenado de grano, una mayor proporción del nutriente se destina a modificar el porcentaje de proteína y la consiguiente calidad industrial de la harina. (Fraschina et ál. 2000).

Una de las alternativas de adicionar nutrientes en postemergencia del trigo es la aplicación foliar mediante la pulverización del cultivo, siendo una forma fácil, rápida y segura para realizar una nutrición nitrogenada suplementaria, con efectos sobre el porcentaje de proteína. Las ventajas comparativas de la absorción foliar respecto a la aplicación de los formulados sólidos son: independizarse de las necesidades de lluvias, combinar su aplicación con la de los herbicidas y/o fungicidas para el correspondiente control de malezas y enfermedades presentes, y disminuir el tiempo operativo (Keller y Fontanetto, 2002).

La fertilización foliar consiste en la aplicación de una solución nutritiva al follaje de las plantas con el fin de complementar la fertilización realizada en el suelo, o bien para corregir deficiencias específicas en el mismo período de desarrollo del cultivo. La eficiencia de la fertilización foliar es superior a la de la fertilización en el suelo y permite la aplicación de cualquiera de los nutrientes que las plantas necesitan para lograr un óptimo crecimiento (Díaz Zorita y Duarte, 1998).

La fertilización foliar aporta tanto macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y otros) como micronutrientes (cobalto, boro, zinc, manganeso, etc.). Es una práctica usual en la agricultura intensiva cuya utilización no se ha difundido lo suficiente en los cultivos extensivos, a pesar de que existen resultados positivos en ensayos realizados sobre trigo, maíz, girasol y soja (Ferraris y Couretot, 2005).

La calidad final de los granos es más que la simple suma de los componentes: proteínas, carbohidratos y lípidos. No es la presencia de un compuesto en particular, sino la interacción entre los distintos componentes lo que determina, en definitiva, la calidad para el uso final que se le quiere dar a los granos (Satorre et. ál. 2003).

Existe una relación general entre productividad y calidad, que lleva a un fenómeno de dilución del N aplicado en una mayor biomasa, y consecuentemente el mayor rendimiento se logra a expensas de la calidad. No obstante, ello no implica ser determinante en absoluto, ya que es posible perfectamente, por el manejo, obtener buenos rendimientos y buen nivel de proteína (Fowler, 1998).

III- HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

III.1- HIPÓTESIS

La aplicación de diferentes fuentes de fertilizantes nitrogenados, urea y urea líquida, en las etapas fenológicas de macollaje y hoja bandera del cultivo de trigo, bajo condiciones de secano, aumenta el rendimiento y el contenido de proteína en grano.

III.2- OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de distintas fuentes de fertilización nitrogenada (urea sólida y urea líquida) aplicada en distintos estadios fenológicos sobre el rendimiento y contenido proteico en grano.

III.3- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada con urea sólida y urea líquida sobre la biomasa aérea del cultivo, en tercer nudo, floración, grano lechoso y madurez fisiológica.
- Evaluación del peso y número de granos m^{-2} con la aplicación de distintas fuentes de nitrógeno en distintos estadios fenológicos.

IV- MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, de la Universidad Nacional de Río Cuarto, situado sobre Ruta 36, Km 601, en Río Cuarto, Córdoba. Su ubicación geográfica es 33° 07' Latitud Sur, 64° 14' Longitud Oeste, a 421 msnm.

El cultivo fue sembrado el 7 de julio de 2004. La implantación se realizó empleando una sembradora neumática Bertini de 25 surcos a una distancia entre líneas de 17,5 cm, a una densidad de 250 plantas m⁻².

El cultivar utilizado fue el trigo de ciclo corto, Cóndor, de la firma Relmó.

El cultivo antecesor al trigo evaluado durante el ensayo, fue soja, con un rendimiento de 19 qq ha⁻¹.

El cultivo se desarrolló bajo condiciones de secano.

Los tratamientos realizados fueron cinco, con tres repeticiones en bloques aleatorios. Las dimensiones de las parcelas fueron de 4,25 m de ancho por 20 m de largo.

Al momento de la siembra se aplicaron, en todos los tratamientos por igual, 60 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (18-46-0) y 23 kg ha⁻¹ de urea granulada (46-0-0), ubicándolos por debajo y al costado de la semilla.

En los momentos de macollaje (Z2) y hoja bandera (Z4.3) (Zadoks et ál. 1974) se realizaron los siguientes tratamientos:

- testigo sin tratar;
- urea granulada en macollaje (sin incorporar);
- urea líquida en macollaje;
- urea líquida en hoja bandera;
- urea líquida en macollaje y hoja bandera.

En todas las parcelas se aplicó el equivalente a 22 kg N ha⁻¹ (100 l/ha⁻¹ de urea líquida), con excepción del tratamiento macollaje más hoja bandera que recibió doble dosis.

La aplicación de urea líquida (Foliarsol de Petrobras, 100% urea de bajo biuret 0,03%) se realizó con equipo pulverizador de parcelas provisto de una fuente de presión con CO₂.

La cosecha se realizó recolectando la parte central de las parcelas en forma mecánica, con una cosechadora de parcela Wintersteiger®. Los rendimientos se expresaron en kg ha⁻¹, corregido por humedad. Al momento de la cosecha se tomó una alícuota para establecer el nivel de proteína en granos; luego, las alícuotas fueron remitidas al laboratorio específico del INTA Marcos Juárez.

Se realizó la medición y análisis de datos de rendimiento y sus componentes: número de espigas m⁻², número granos/planta⁻¹ y pesos de 1000 granos.

Los datos de producción de granos y su contenido proteico se analizaron mediante aplicación de ANAVA, comparación de medias con el test LSD ($p \leq 0.05$) y análisis de regresión lineal, empleando para ello el paquete estadístico INFOSTAT.

El registro de las variables meteorológicas (precipitaciones, granizo) se obtuvo de la Estación Meteorológica Automática, ubicada en el mismo campo experimental de la UNRC.

V- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V.1- Análisis Climático del Sitio Experimental:

La región presenta un clima templado sub húmedo, con precipitaciones que suelen exceder a la evapotranspiración en los meses de primavera y otoño y con déficit puntuales en verano e invierno.

El régimen térmico es mesotermal. La temperatura media del mes más cálido (enero) es de 23 °C con una máxima absoluta de 39,5 °C . La T° media del mes más frío (julio) es 9,1 °C, con una mínima absoluta de – 9,6 °C, (Figura 1). La amplitud térmica media anual es de 13,9 ° C. (Seiler et.ál. 1995).

El régimen de precipitaciones es de tipo monzónico (Seiler et ál. 1995). La precipitación media anual (Figura 2) es de 801,2 mm con valores extremos mínimos de 451,1 mm en 1989 y máximos de 1.195,2 mm en 1984, para la serie 1974-2004.

Durante los meses de diciembre y enero se registran las mayores precipitaciones, mientras que durante junio, julio y agosto es la etapa de menor cantidad de lluvias considerando el período 1974-2004 (Figura 3).

Como se observa en la Figura 4, al analizar las precipitaciones caídas durante los meses que se llevó a cabo el ensayo, se puede apreciar que durante los meses previos a la siembra (marzo-abril), las precipitaciones fueron normales, mientras que en mayo excedieron significativamente al valor medio, lo cual permitió una adecuada recarga del perfil. Esta condición hídrica facilitó la siembra del ensayo y un normal crecimiento del trigo hasta fines de macollaje. El mes de septiembre, coincidente con las dos terceras partes del período crítico, fue extremadamente seco. Así mismo, durante el mes de octubre la condición de humedad se recuperó debido a las precipitaciones.

La fecha media de la primera helada es el 25 de mayo y la fecha media de la última helada es el 12 de septiembre, siendo el período libre de heladas en promedio de 255,7 días. (Seiler et ál.1995).

Los vientos predominantes de la región son del sector NE-SO y los de mayor intensidad se dan de julio a noviembre. (Cantero et ál., 1986).

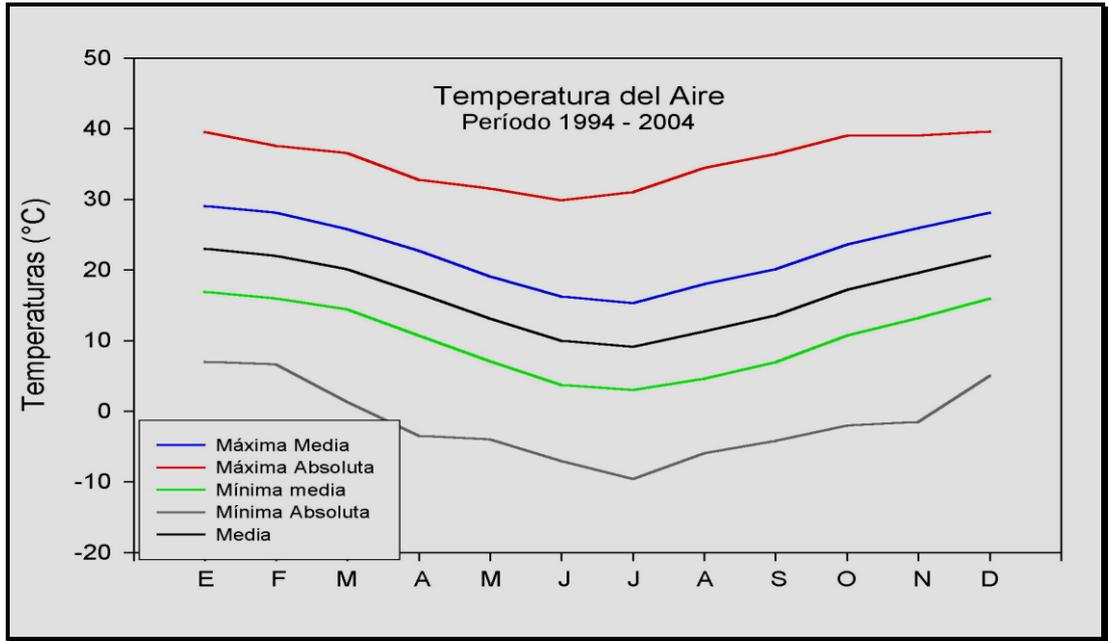


Figura 1: Evolución de la temperatura del aire en Río Cuarto.

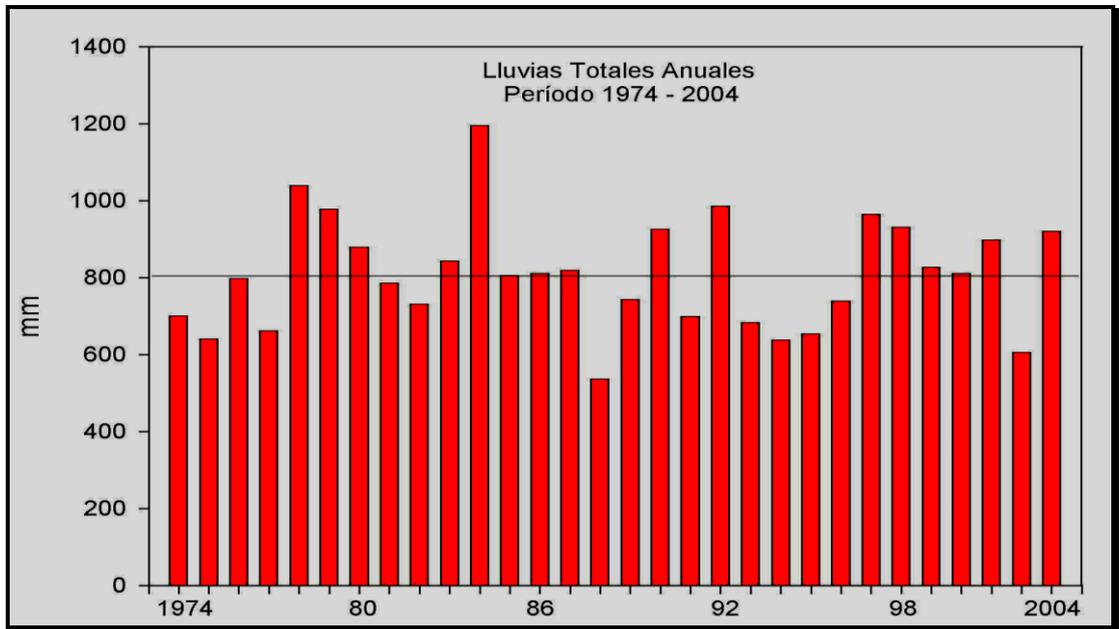


Figura 2: Precipitaciones anuales de Río Cuarto. Valores últimos 30 años.

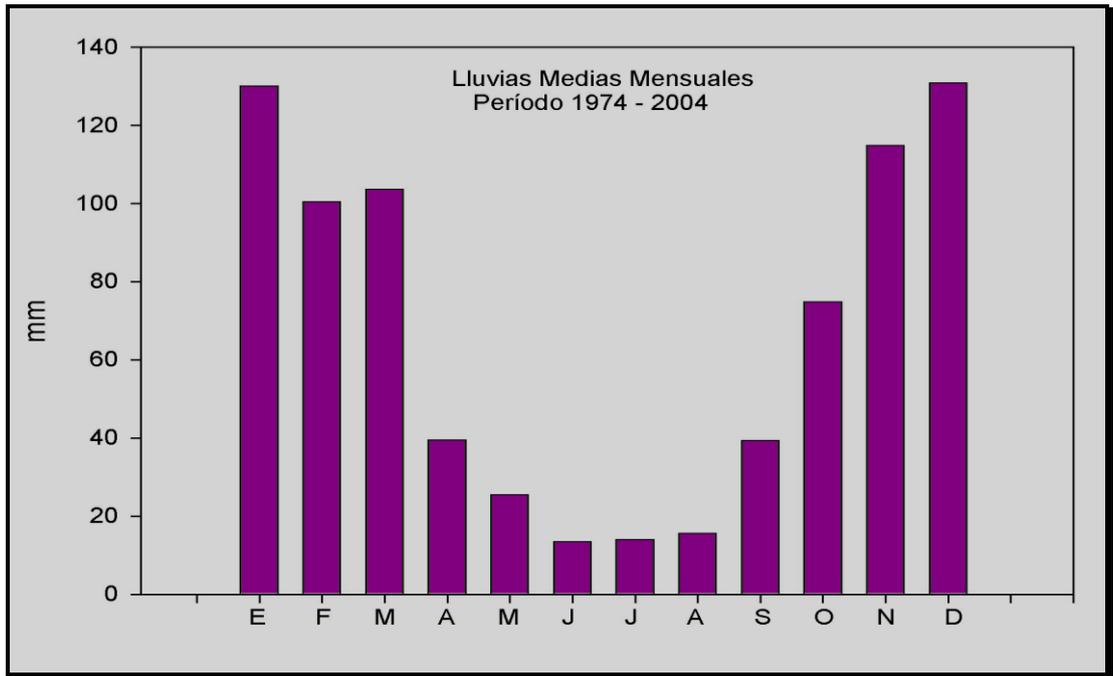


Figura 3: Precipitaciones mensuales de Río Cuarto. Promedio últimos 30 años.

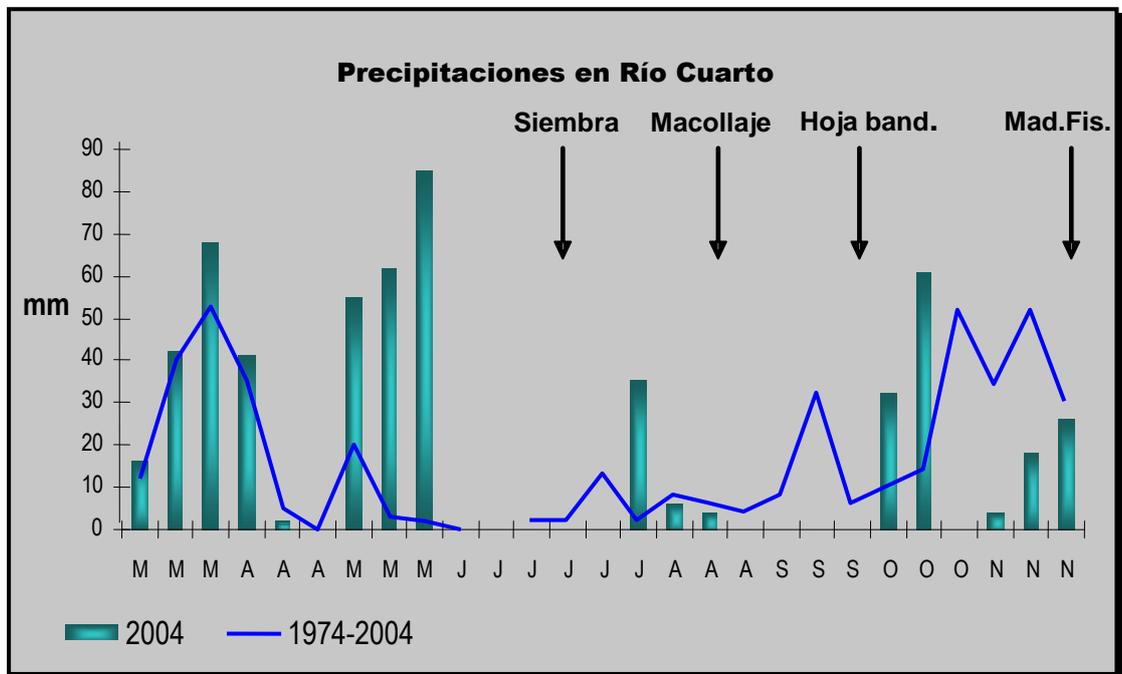


Figura 4: Precipitaciones mensuales del ensayo.

V.2- Análisis Edáfico del Sitio Experimental:

El campo de experimentación de la UNRC se caracteriza por presentar un suelo Hapludol típico, de textura franco arenosa muy fina (Cantero et ál. 1984).

Al momento de la siembra, los valores hallados en los muestreos de suelo fueron:

- Materia orgánica (0-20 cm): 2,60 %
- N-NO₃⁻ (0-20 cm): 8,12 ppm
- PEA (0-20 cm): 1,28 tn m⁻³
- Fósforo disponible (0-15 cm): 23,20 ppm
- PH: 6,7
- Agua disponible (1 m de prof.): 90,00 mm

Referencias de los métodos para la determinación de las características del sitio:

- ✓ *Materia Orgánica, por método de Walkley-Black modificado, (Page et ál. 1982).*
- ✓ *Fósforo disponible, por Bray y Kurtz I , (Page , et al. 1982)*
- ✓ *PH, Potenciometría 2,5/1, (Page, et al. 1982).*
- ✓ *Nitrógeno de nitratos por método colorimétrico del fenol disul-fónico, (Page et ál. 1982).*

Al observar los resultados de los muestreos de suelo, podemos decir que el suelo del ensayo contenía niveles considerados de buena disponibilidad en cuanto al fósforo, la materia orgánica y PH. Los niveles de nitratos se encontraron entre los valores normales para este tipo de suelo, manejado en siembra directa y para esta época del año. No obstante, para una buena producción de trigo y teniendo en cuenta a García (2004) se puede decir que este nivel de nitrógeno es insuficiente, razón por la cual se esperaba respuesta a la fertilización.

Para métodos de diagnóstico de la fertilización nitrogenada, como la disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos, 0-60 cm + N fertilizante), es importante tener en cuenta que los umbrales zonales dependen del nivel de rendimiento objetivo. En la región CREA Sur de Santa Fe, se determinó un umbral crítico de 160 kg ha⁻¹ de N a la siembra (suelo + fertilizante) para un rendimiento de 4500 kg ha⁻¹ (Blanco et ál. 2004).

V.3- Análisis de Biomasa (Kg ha⁻¹):

En el Cuadro 1 podemos observar la Biomasa (Kg ha⁻¹) del cultivo de trigo en distintos estadios fenológicos (Tercer Nudo, Floración, Grano Lechoso y Madurez Fisiológica) para los diferentes tratamientos evaluados.

CUADRO 1: BIOMASA (Kg ha⁻¹) en TERCER NUDO, FLORACIÓN, GRANO LECHOSO Y MADUREZ FISIOLÓGICA DE TRIGO

Tratamientos	Tercer Nudo	Floración	Grano Lechoso	Madurez Fisiológica
Urea Líquida en Macollaje y Hoja Bandera	2112.50a	3667.50a	4560.50a	6158.75a
Urea Líquida en Macollaje	2082.50a	3367.50 b	4320.00 b	5800.00 b
Urea Granulada en Macollaje	1837.50 b	3027.50 c	4136.75 c	5467.50 c
Urea líquida en Hoja Bandera	1642.50 c	2932.50 c	4089.25 c	5358.75 c
Testigo	1542.50 d	2605.00 d	3780.00 d	5006.25 d
CV	2.41	5.79	3.67	3.51
DMS	68.5	278.21	156.23	300.78

Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0.05$).

Al analizar los resultados de Kg ha⁻¹ de Materia Seca durante la etapa fonológica de Tercer Nudo, en los diferentes Tratamientos (Figura 5), podemos decir que se observan diferencias significativas entre sí, excepto los tratamientos de Urea líquida en macollaje y hoja bandera con Urea líquida en macollaje, en donde no se encuentran diferencias significativas entre ellos.

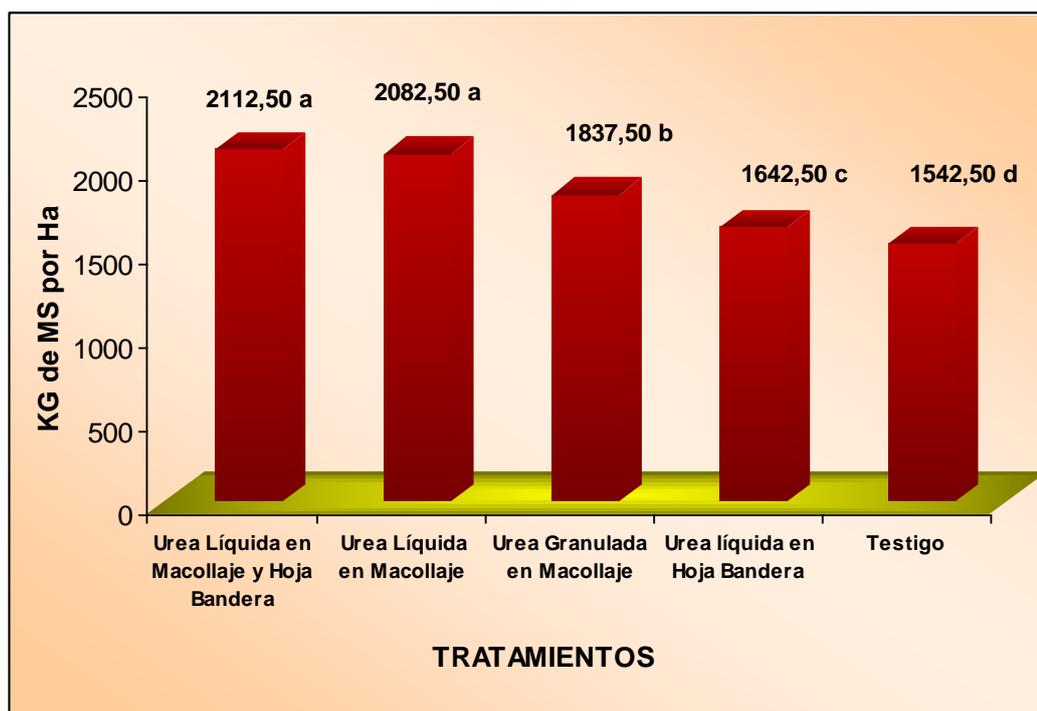


Figura 5: Kg ha⁻¹ de Materia Seca en Tercer Nudo en los diferentes Tratamientos.
Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD (p<=0.05).

En la Figura 6, 7 y 8, al comparar Materia Seca (Kg ha⁻¹) en las etapas de Floración, Grano lechoso y Madurez Fisiológica respectivamente, para los distintos tratamientos se observan diferencias estadísticamente significativas de Materia Seca (Kg ha⁻¹) entre Urea líquida en macollaje y hoja bandera y el resto de los participantes; además, entre los tratamientos con Urea líquida en macollaje y los restantes (Urea granulada en macollaje, Urea líquida en hoja bandera y el Testigo) también se observan diferencias significativas. No se observan diferencias significativas entre Urea granulada en macollaje y Urea líquida en hoja bandera, pero sí entre éstos y el testigo.

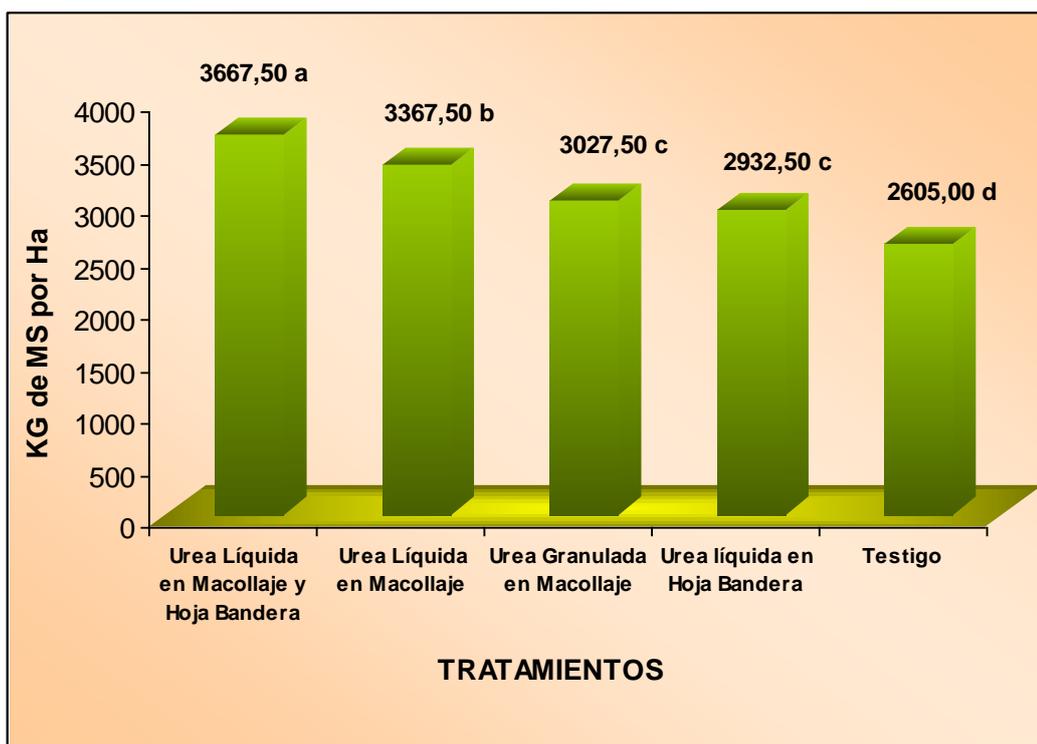


Figura 6: Kg ha⁻¹ de Materia Seca en Floración para los diferentes Tratamientos.
Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p <= 0.05$).

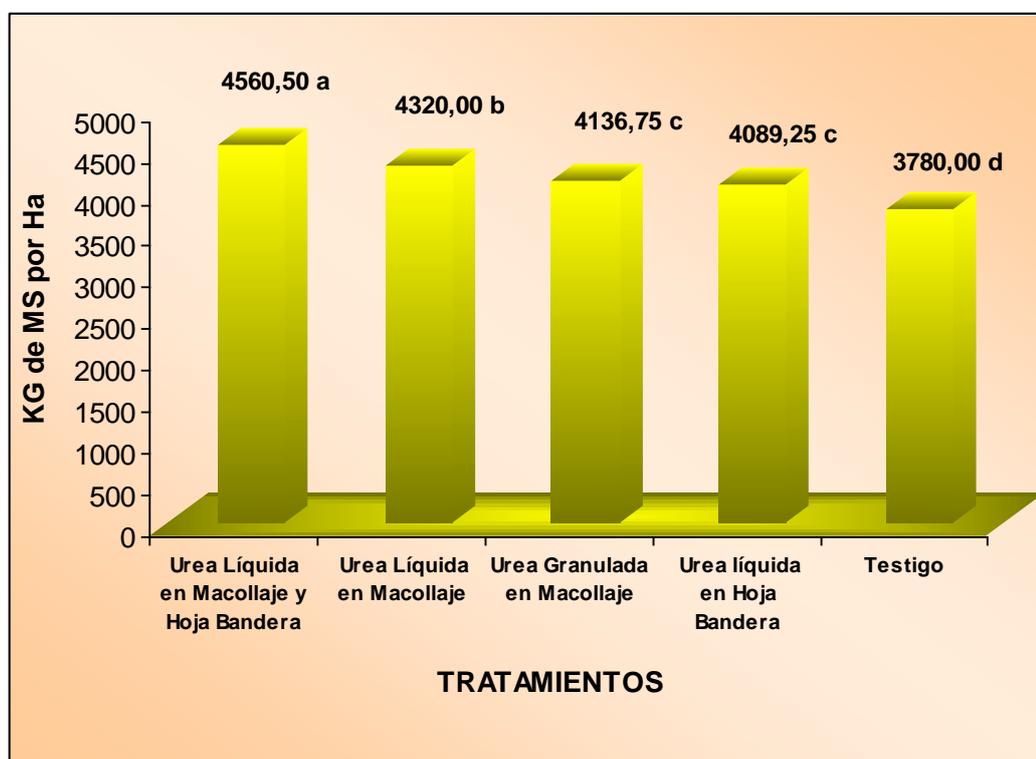


Figura 7: Kg ha⁻¹ de Materia Seca en Grano Lechoso para los diferentes Tratamientos.
Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p <= 0.05$).

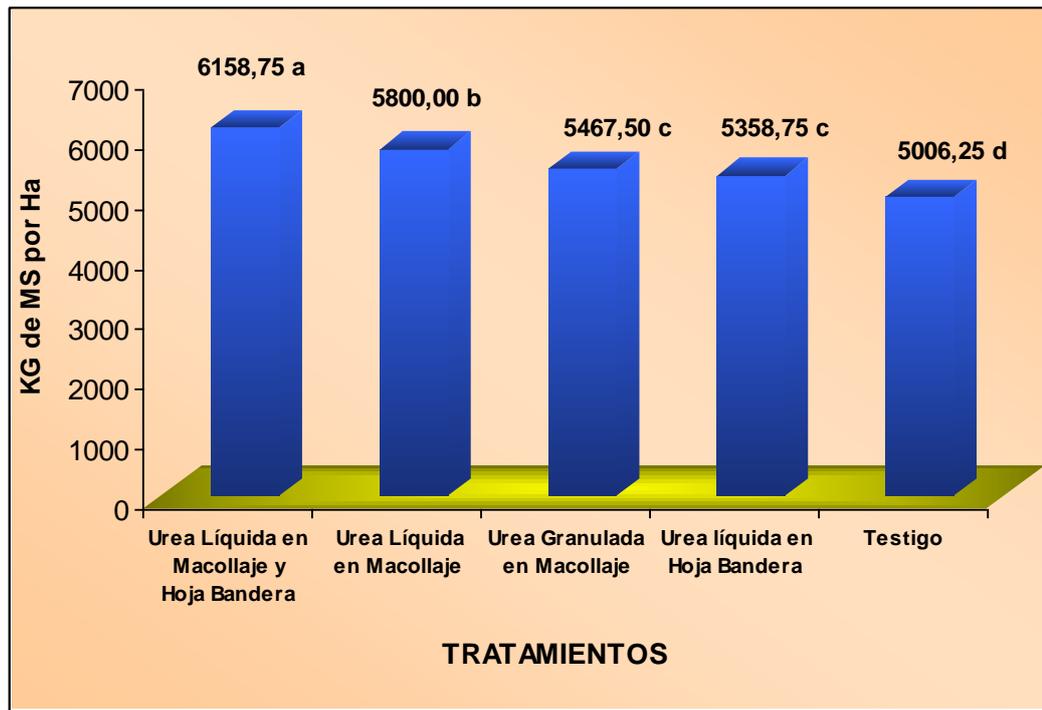


Figura 8: Kg ha⁻¹ de Materia Seca en Madurez Fisiológica para los diferentes Tratamientos. *Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p < 0.05$).*

La cantidad de Materia Seca producida depende de los recursos disponibles (agua, luz, nutrientes) y de la eficiencia con que el cultivo los captura y utiliza. La acumulación de biomasa es variable a lo largo del ciclo del cultivo, observándose un período de máximo crecimiento durante encañazón (Miralles y Slafer, 2001).

Ruiz (2001), indica que la Materia Seca producida por unidad de superficie se incrementa linealmente con el aumento de N aplicado en un amplio rango, hasta un nivel donde se alcanza un plateau. El incremento de biomasa se explica por un aumento del número de hojas y un mayor tamaño de ellas. Durante las etapas tempranas (instalación y principios de macollaje del cultivo), la cantidad acumulada de nitrógeno es reducida y refleja una demanda limitada por el crecimiento del cultivo. A partir de fines de macollaje/principios de encañazón, la cobertura alcanzada por el cultivo determina una elevada tasa de crecimiento, que se traduce en un aumento marcado en la absorción de N. Al final del período de floración, la acumulación de N en el cultivo alcanza aproximadamente el 80% del total absorbido hasta la madurez. Desde floración en adelante, la demanda de nitrógeno es mucho menos marcada.

V.4- Análisis de Rendimiento y sus Componentes:

En el Cuadro 2 se muestra el rendimiento y sus componentes. Los resultados indican que hay diferencias estadísticas significativas para las variables estudiadas (Número de Espiga m⁻², Número de Granos por Espiga, Número de Granos m⁻² y Peso de 1000 Granos) según los distintos tratamientos de fertilización.

CUADRO 2: RENDIMIENTO EN GRANO Y SUS COMPONENTES

Tratamientos	Nº de Espiga m ⁻²	Nº de Granos por Espiga	Nº de Granos m ⁻²	Peso de 1000 Granos	Rendimiento kg ha ⁻¹
Urea Líquida en Macollaje y Hoja Bandera	77.75 a	19.25 a	5402 a	39.75 a	2124 a
Urea Líquida en Macollaje	80.00 a	19.25 a	5538 a	39.30 a	2139 a
Urea Granulada en Macollaje	68.00 b	18.00 b	4856 b c	39.47 a	2033 b
Urea Líquida en Hoja Bandera	69.25 b	18.25 b	4674 c	39.62 a	1921 c
Testigo	65.00 b	18.00 b	4652 c	39.67 a	1946 c
CV	11.70	13.02	7.88	1.51	1.64
DMS	8.38	3.55	509.91	0.92	51.34

Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0.05$).

Al analizar el Número de Espigas m⁻² para los diferentes tratamientos (Figura 9), no se observan diferencias significativas entre los tratamientos de Urea líquida en macollaje más hoja bandera y Urea líquida en macollaje, pero sí entre éstos y los tratamientos restantes. Tampoco vemos diferencias significativas entre sí en los restantes tratamientos (Urea granulada en macollaje, Urea líquida en hoja bandera y el Testigo).

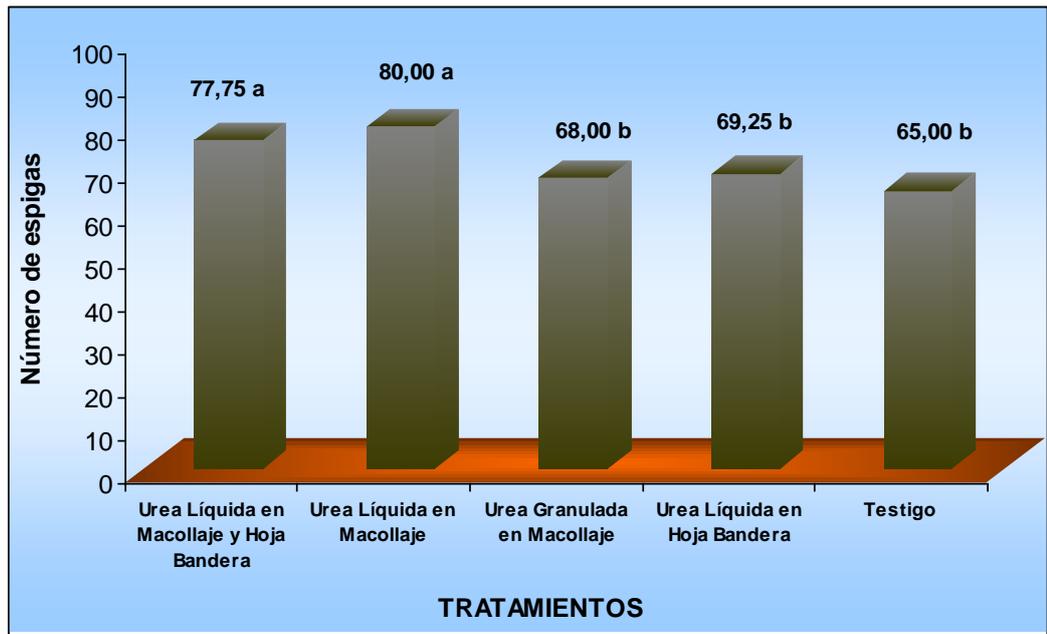


Figura 9: Número de Espigas m^{-2} en los diferentes Tratamientos.

Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p < 0.05$).

Por su parte, en la Figura 10, se observa que el Número de Granos por Espiga presenta diferencias significativas en los distintos tratamientos. Es decir, Urea líquida en macollaje más hoja bandera y Urea líquida en macollaje presentan diferencias con el resto de los tratamientos, pero no presentan diferencias significativas entre sí. Los restantes tratamientos no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí.

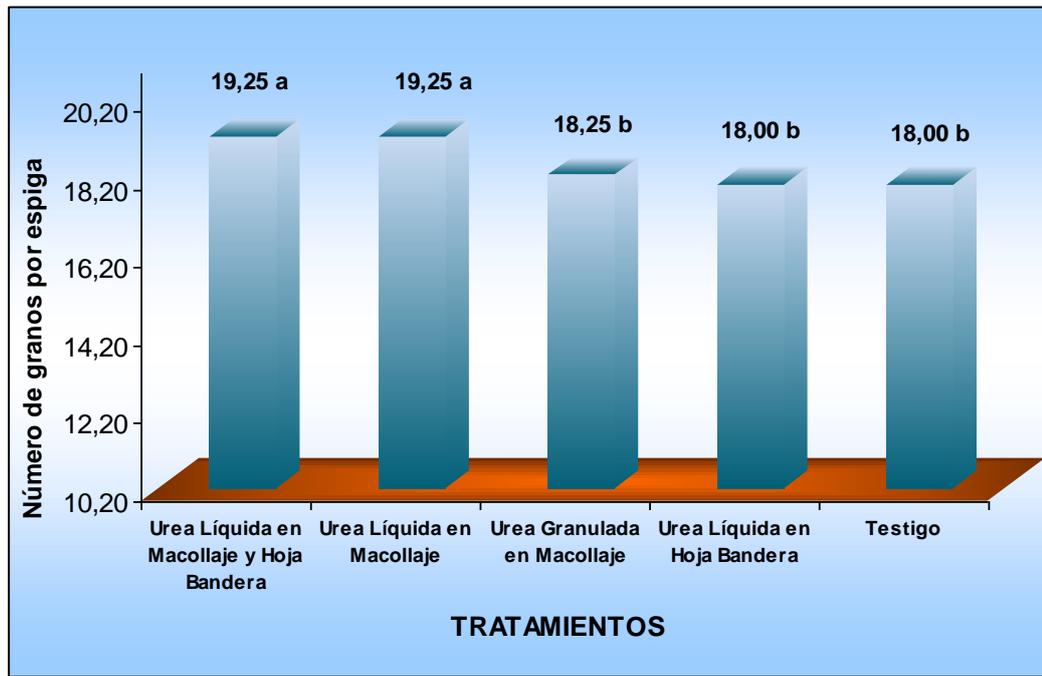


Figura 10: Número de Granos por Espiga en los diferentes Tratamientos.

Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p < 0.05$).

Con respecto a Número de Granos m^{-2} , como se aprecia en la Figura 11, se observan diferencias significativas entre los tratamientos de Urea líquida en macollaje y hoja bandera y Urea líquida en macollaje, con respecto a los restantes tratamientos, pero no hay diferencias entre ellos. Además, entre los tratamientos de Urea granulada en macollaje, Urea líquida en hoja bandera y Testigo, no se observan diferencias estadísticamente significativas.

Estos resultados de la Figura 11 coinciden con Melaj et ál. (1999): el número de granos m^{-2} se incrementó con el agregado de nitrógeno, reflejándose esto principalmente en los tratamientos de Urea líquida en macollaje más hoja bandera y Urea líquida en macollaje —siendo el número de granos m^{-2} , el componente del rendimiento que mejor refleja la respuesta del cultivo al nitrógeno (Ruiz, 2001)—.

Espósito et ál. (2002) también hallaron mayor respuesta a los rendimientos en trigo, que se explica a través de un mayor número de espigas m^{-2} ; es decir, un mayor número de granos m^{-2} se debió a la aplicación de nitrógeno.

Estos resultados concuerdan con Lázaro et ál. (2004), cuando señalan que en los tratamientos sin fertilización, el número de granos m^{-2} obtenido fue significativamente menor. Además, Lázaro et ál. (2004) determinaron que el estrés de nutrientes tuvo un efecto depresor del número de granos.

Cuando la nutrición del cultivo es deficiente previo a la antesis, genera una disminución del número de granos m^{-2} (Darwinkel, 1983).

Abbate (2005) señala que la baja disponibilidad de nutrientes reduce la intercepción de radiación y su eficiencia de uso, afectando la capacidad fotosintética del cultivo. Si esta situación se mantiene durante el período de crecimiento de las espigas, el número de granos m^{-2} se verá afectado debido a la disminución de la tasa de crecimiento del cultivo.

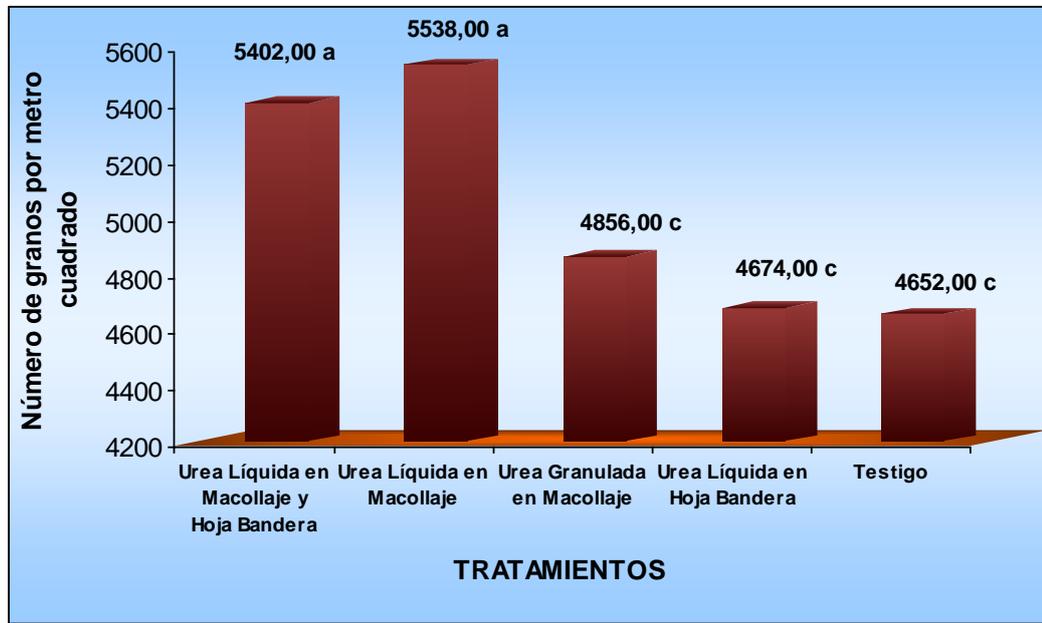


Figura 11: Número de Granos m^{-2} en los diferentes Tratamientos.

Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p < 0.05$).

Abbate et al. (1995) indican que existe una relación lineal significativa entre el rendimiento y el número de granos, concordando de este modo con el análisis de regresión realizado para rendimiento y número de granos que determinó un $R^2 = 0,9331$ (Figura 12). También Melgar (2006) y Calderini et ál. (1999) afirman que existe correlación entre el rendimiento y el número de granos.

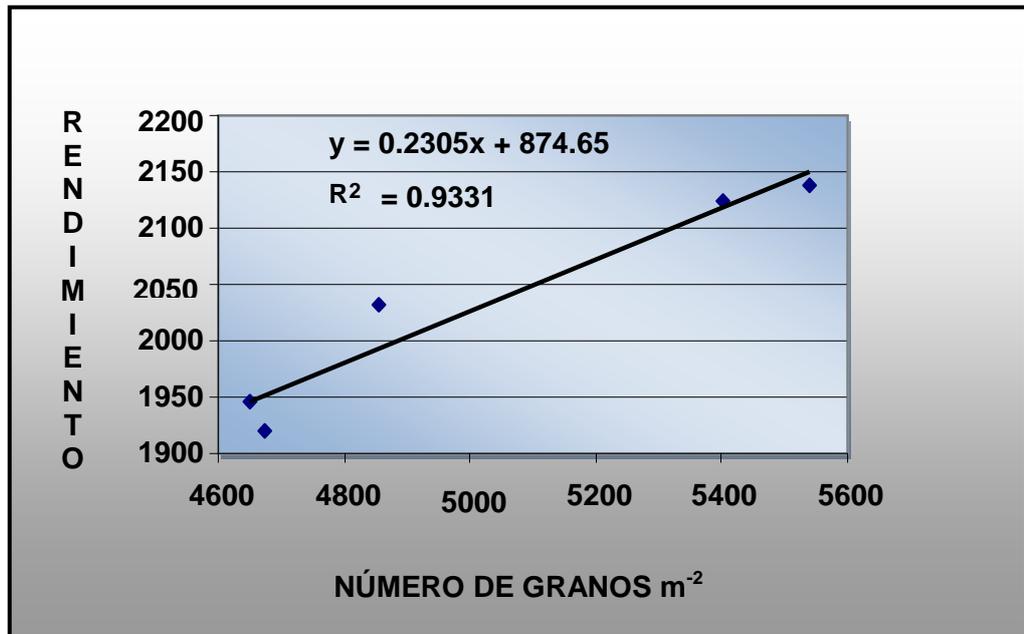


Figura 12: Relación entre Número de Granos m⁻² vs. Rendimiento (kg./ha⁻¹)

A pesar de que el número de granos m⁻² es la variable que mejor explica el rendimiento, cambios en el peso de los granos pueden afectar el rendimiento final del cultivo una vez establecido el número de granos —siendo la etapa de definición del peso de los 1000 granos la comprendida entre la floración y la madurez fisiológica del cultivo—.

Hay evidencias que indican, en la mayoría de los casos, que el crecimiento de los granos está más fuertemente restringido por características propias o por efectos ambientales sobre la capacidad de crecimiento de los granos, que por la provisión de carbohidratos desde el resto del canopeo (Miralles y Slafer, 2001).

El análisis estadístico realizado para la variable peso de 1000 granos no presenta diferencias estadísticamente significativas que evidencien un efecto favorable de la fertilización tanto sólida como líquida (Figura 13). Además no hubo correlación entre el rendimiento y el peso de 1000 granos, coincidiendo con Abbate et ál. (1995), que indican que no existe correlación entre el rendimiento y peso de los 1000 granos ($R^2 = 0.18$).

Caldarini et ál. (1999) señalan que existe baja asociación entre rendimiento y peso de los 1000 granos. En igual sentido, Melgar (2006) señala que no hay gran relación entre el rendimiento y el peso de los granos, ya que esta característica está más bien determinada por la genética de la variedad. Es importante destacar que el peso de los granos está más fuertemente condicionado por características genéticas que ambientales, según Slafer et ál. (1994) y Miralles y Slafer (2001).

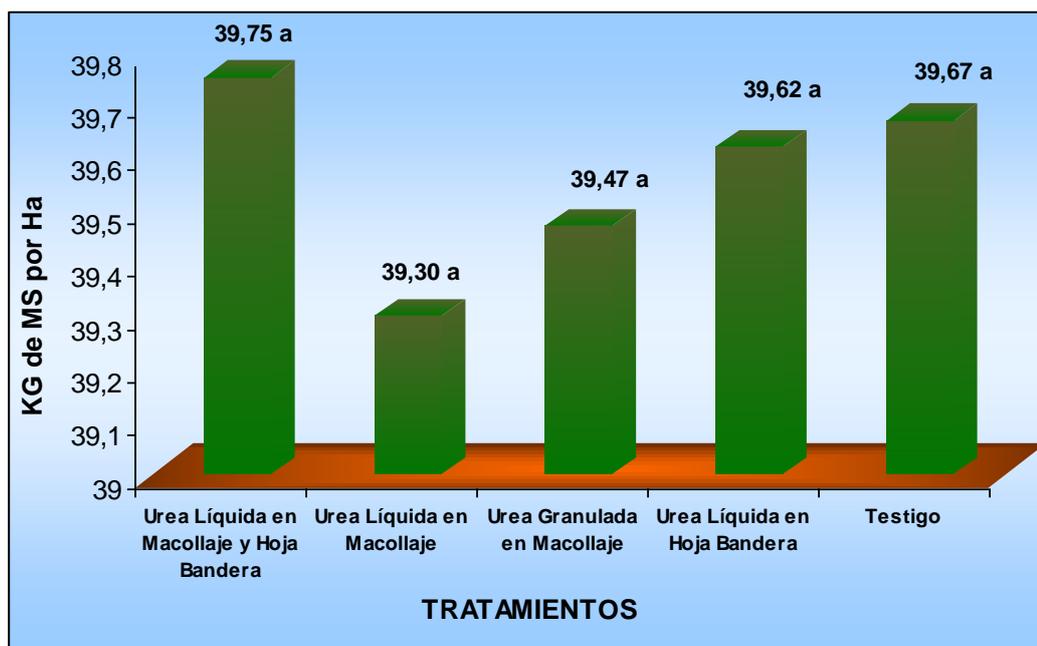


Figura 13: Peso de 1000 Granos en los diferentes Tratamientos.

Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p \leq 0.05$).

Como se observa en la Figura 14, al comparar Rendimiento (kg ha^{-1}) podemos decir que existen diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicó Urea líquida, en los momentos de Macollaje y hoja bandera y Macollaje solamente, con respecto a la Urea granulada en macollaje, Urea líquida en hoja bandera y el Testigo. Se coincide con Míguez (2004), que encontró que la aplicación con nitrógeno líquido facilita la incorporación del nutriente generando efectos positivos sobre el rendimiento (kg ha^{-1}) del cultivo de trigo.

Estos resultados se deben a que el efecto de la fertilización con nitrógeno del cultivo de trigo varía de acuerdo con el momento de fertilización. Se coincide con Díaz-Zorita (2000), que ha evidenciado que las fertilizaciones durante el macollaje favorecen la intercepción de la radiación previo a la encañazón del cultivo y debido a ello se genera una mayor tasa de crecimiento durante el período de determinación del número de granos por superficie (Período Crítico).

Díaz Zorita y Duarte (1998) encontraron, como en este ensayo, que la aplicación de urea líquida en hoja bandera no aporta mayor producción debido a que el número de granos m^{-2} ya se encuentra definido previamente.

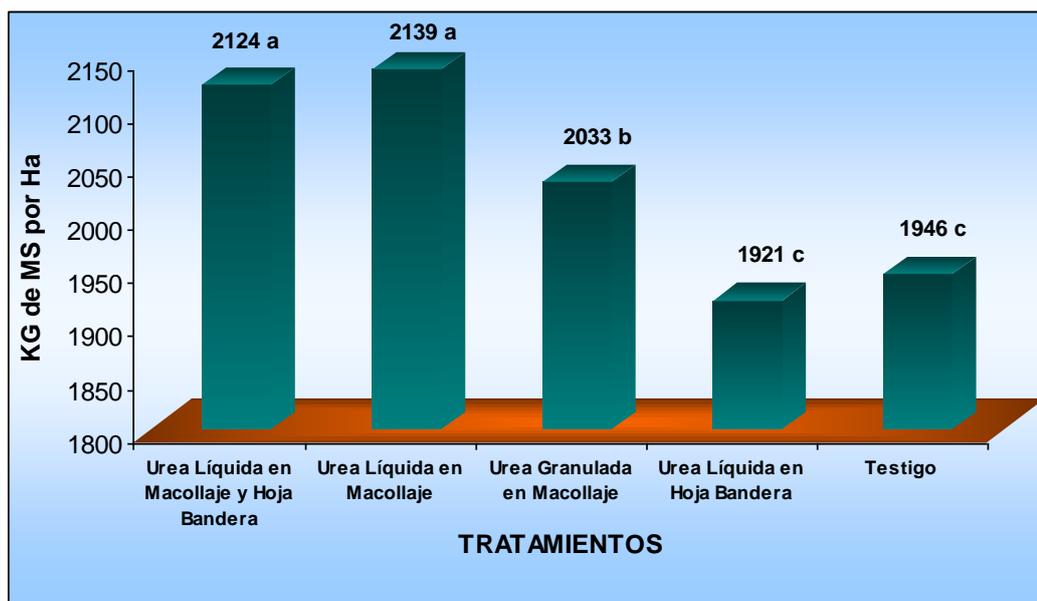


Figura 14: Rendimiento en Kg ha⁻¹ en los diferentes Tratamientos.

Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p < 0.05$).

V.5- Análisis de Contenido de Proteína:

Al respecto de los resultados obtenidos con el porcentaje de proteína en grano, se puede apreciar en la Figura 15 que el tratamiento que tuvo mayor impacto en la calidad del grano fue el de doble fertilización con Urea líquida (macollaje más hoja bandera), el cual a su vez fue el de mayor rendimiento en grano conjuntamente con la aplicación en macollaje del fertilizante líquido. Los bajos contenidos de proteína en grano se presentan, principalmente, cuando existe baja fertilidad del suelo o bajo contenido de nitrógeno en etapas posteriores a la aparición del primer nudo del tallo de la planta (Fowler, 1998). Por esta razón es necesario aplicar el fertilizante nitrogenado, de manera tal que éste permita un desarrollo óptimo de la planta y una adecuada acumulación de proteína en el grano (Darwich, 2005).

La aplicación de Urea granulada tuvo un comportamiento intermedio entre el del testigo y el de las aplicaciones de Urea líquida en macollaje y hoja bandera. Estos resultados pueden explicarse en función de la disponibilidad de nitrógeno durante las etapas posteriores a hoja bandera, dado que se favorece la acumulación proteica a nivel del endosperma durante el llenado de granos, datos que coinciden con lo observado por Darwich (2005).

La obtención de granos con porcentajes de proteínas superiores a 12,5% requiere de aplicaciones fraccionadas de Nitrógeno al suelo y a las plantas. (Rizzalli et ál. 1994).



Figura 15: Contenido de proteína en grano para cada tratamiento de fertilización nitrogenada. *Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD ($p < 0.05$).*

VI- CONCLUSIÓN

- La doble aplicación de fertilizantes en macollaje y hoja bandera es una buena opción para incrementar rendimiento y niveles proteicos en grano.
- El empleo de urea líquida en macollaje y hoja bandera, solamente permitió incrementar los niveles de proteína en grano por encima de los valores del testigo.

VII- BIBLIOGRAFÍA

- ABBATE, P. E., ANDRADE, F. y CULOT, J. P. 1994. "Determinación del rendimiento en trigo." Boletín técnico N°133. SAGYP EEA Balcarce.
- ABBATE, P.; ANDRADE, F. and CULOT J., 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *J. Agric. Sci.* 124:351-360.
- ABBATE, P. E., 2005. Bases fisiológicas para el manejo del cultivo de trigo. 1ª Jornada de trigo 2005 de la región centro.
- BAUMER, R. 1996. Fertilización y sistemas de laboreo e implantación. Tercer Seminario de Actualización Técnica. Fertilización en cultivos extensivos y forrajeras. Buenos Aires. CPIA - SRA.
- BERARDO, A. 1994. Aspectos generales de fertilización y manejo del trigo en el área de influencia de la Estación Experimental INTA-Balcarce. Boletín Técnico No. 128. EEA INTA Balcarce.
- BLANCO H., BOXLER M., MINTEGUIAGA J., HOUSSAY R., DEZA MARIN G., BERARDO A. y GARCIA F., 2004. Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos Región CREA Sur de Santa Fe-Resultados de la campaña 2003/04: Trigo. Simposio Fertilidad 2004. INPOFOS Cono Sur-Fertilizar.
- BRUGNONI, L. F. 1981. "El cultivo de trigo." Colección principales cultivos de la Argentina. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- CALDERINI, D. F., REYNOLDS M. P, and SLAFER G. A., 1999. Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the twentieth century. In: Satorre E. M., and G. A. Slafer (eds). *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Products Press, The Haworth Press, Inc. New York, USA. pp: 351-377.
- CANTERO, A. Y CANTU, E. 1984. "Manejo integrado de los recursos naturales para la optimización de su productividad en el centro sur de la Provincia de Córdoba". *Revista de la U.N.R.C.*; 4 (2) : 173-208.
- CANTERO, A.; BRICCHI, E.; BECERRA, V.; CISNEROS, J. M. y GIL, H.; 1986. Zonificación y descripción de las tierras del departamento Río Cuarto. (Córdoba). U.N.R.C. Facultad de Agronomía y Veterinaria.

- DARWICH, N. 2001 Conferencia “Fertilización nitrogenada y fosfatada del cultivo de trigo”. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.
- DARWICH, N. 2005. Manual de Fertilidad de Suelos y Uso de Fertilizantes. Editorial Arnedinho. I.S.B.N N° 987-43-9313-0
- DARWINKEL, A. 1983. Ear formation and grain yield of winter wheat as affected by time of nitrogen supply Neth. J. Agric. Sci. 31: 211-225.
- DIAZ ZORITA M. 2000. Momento de aplicaciones de urea para aumentar la producción de grano de trigo en el oeste bonaerense. 17 Congreso argentino de la Ciencia del Suelo.
- DÍAZ ZORITA M. y G. DUARTE. 1998. Avances para el diagnóstico y manejo de la fertilización de trigo en el oeste bonaerense. Curso de Actualización para Profesionales en Fertilización de Pasturas y Cereales de Invierno. EEA INTA Gral. Villegas.
- ECHEVERRÍA, H.; P. CALVIÑO y M. REDOLATI. 2001. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada y fosfatada bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. En: Trigo 2001. 18va Jornada de Actualización Profesional en el Cultivo de Trigo. 5p.
- ESPOSITO G., J. GESUMARIA, C. CASTILLO, R. BALBOA y W. ASNAL (2002) “Respuesta del cultivo de trigo bajo siembra directa a la fertilización nitrogenada y fosfatada”. Centro Agrícola. Revista del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba. Año 29 (1): 64:70.
- FERRARIS G. y COURETOT L. 2005. INTA Informa N° 302. EEA INTA Marcos Juárez.
- FRASCHINA J, GALICH M. y GALICH A. N. 2000. Boletín Técnico. EEA INTA Marcos Juárez.
- FOWLER D. B., 1998. The importance of crop management and cultivar genetic potencial in the production of wheat high protein concentration. In: Wheat protein production and marketing. University Extension Press. U. of Saskatchewan, Canada, pag. 285-290.
- GARCIA F. O., 2004. Avances en el manejo nutricional de los cultivos de trigo. Actas Congreso A Todo Trigo, Mar del Plata, 13 y 14 de Mayo 2004. Pagina 55-62.

- GESUMARÍA, J. J., CASTILLO, C. A., ESPÓSITO, G. P., SAYAGO, F. F. y ZORZA, E. J. 1994. "Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre los rendimientos de cultivos de trigo bajo el sistema de siembra directa". Actas del III Congreso Nacional de Trigo y I Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Bahía Blanca: 63.
- INGRAMO, J. 2000. "Producción y comercio mundial de trigo. Evolución y tendencias". Revista de la bolsa de cereales. Publicación N° 30022: 19-26.
- KELLER O.R.; FONTANETTO H.M. 2002. Efecto residual de la fertilización foliar en la soja aplicada en el trigo antecesor. Anuario. EEA INTA Rafaela
- LANGER, R. H. M. y HILL, G. D. 1987. "Plantas de interés agrícola." Ed. Acribia. Zaragoza. España.
- LAZARO L., RESSIA M., MENDIVIL G., AGOSTINI M., DE PABLO C. y R. BALBUENA. 2004. Rendimiento de trigo y sistemas de labranza. Actas VI Congr. Nac. de Trigo. UNS-INTA(Ed.). (p.147). Bahía Blanca.
- LOEWY, T. 2004. Fertilización complementaria en trigo. Presentación Jornadas técnicas para productores sobre fertilización de cereales de invierno. 15 diap.
- MELAJ M. A. , H. E. ECHEVERRÍA, V. VAQUEROS Y S. LÓPEZ. 1999. Efecto del momento de aplicación de urea y del sistema de labranza en la calidad y rendimiento de trigo pan. U. A. Aplicaciones Tecnológicas y Agropecuarias, Comisión Nacional de Energía Atómica, EEA INTA Balcarce y FCA, UNMP.
- MELGAR, R., 2006. Fertilización en trigo. www.fertilizando.com Consultado 18/4/2008.
- MIGUEZ, F. 2004. Estrategias de Fertilización en Trigo. Agromercado, Cuadernillo Trigo: 86 (24): 12-17.
- MIRALLES D. Y G. SLAFER 2001. Desarrollo, crecimiento y determinación de los componentes del rendimiento. Trigo: Cuaderno de Actualización técnica N° 63. CREA. Pag: 10-17. Marzo de 2001.
- PAGE A., R.H. MILLER Y D.R. KEENEY 1982. Methods of soil analysis. Chemical and Microbiological properties. Part 2, second edition.
- QUINTEROS C. 2006. Fertilización en Trigo. <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20en%20Trigo.pdf> Consultado: 18/4/2008.

- RIZZALLI R., GARCIA F. y col., 1994: Unidad Integrada EEA-INTA Balcarce-FCA, UNMdP. Datos no publicados.
- RUIZ R. 2001. Trigo: Requerimientos de nutrientes y fertilización del cultivo. Trigo: Cuaderno de Actualización técnica N° 63. CREA. Pag:24-51. Marzo de 2001.
- SATORRE, E.; BENECH ARNOLD, R.; SLAFER, G.; B de la FUENTE, E.; MIRALLES, D.; OTEGUI, M. y SAVIN, R. 2003. Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad del trigo. pag. 124-125.
- SEILER, R., ROTONDO, V., FABRICIUS, R., y VINOCUR, M. 1995. Agrometeorología de Río Cuarto – 1974/93. Vol. I Cátedra de Agrometeorología FAV. UNRC.
- SIDDIQUE, K.; R. BELFORD; M. PERRY AND D. TENNANT. 1989, Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean environment. Aust. J. Agric. Res. 40:473-487
- SLAFER, G.A., E.H. SATORRE and F.H. ANDRADE, 1994. Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. In: Genetic Improvement of Field Crops. (Slafer G. A. ed) Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 1-68
- SLAFER, G.; D. MIRALLES; R. SAVIN; E. WHITECHURCH y F GONZÁLEZ. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. Pp 99-132. Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía, UBA. 783p.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA y ALIMENTACIÓN DE LA NACIÓN. 2006 En: <http://www.sagpya.gov.ar> Consultado: 24/7/2006
- ZADOKS, CHANG Y KONZAK, (1974). Código Decimal para el estado de crecimiento de los cereales. En: TOTTMAN D. Y R. MAKEPEACE (comp.) Una explicación del Código Decimal para los estados de crecimiento de los cereales, con ilustraciones. ARC Leed Research Organization and Agricultural Chemicals Approval Scheme, Oxford. Traducción: Ing. Agr. Leopoldo Godio. Cátedra de Nutrición. FAV. UNRC.