

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**



“Trabajo Final Presentado para Optar al  
Grado de Ingeniero Agrónomo”

**RESPUESTA DE UN CULTIVAR DE TRIGO CICLO  
INTERMEDIO (Buck Mataco) AL RIEGO Y LA  
FERTILIZACION.**

**Autor: Franco Esteban Donadio  
DNI: 26519889**

**Director: Ing. Agrónomo Carlos A. Castillo**

**Co-director: Ing. Agrónomo Gabriel P. Espósito**

**Río Cuarto – Córdoba – Argentina**

**2006**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

**Título Del Trabajo Final:** RESPUESTA DE UN CULTIVAR DE TRIGO  
CICLO INTERMEDIO (Buck Mataco) AL RIEGO Y LA  
FERTILIZACION.

**Autor:** FRANCO ESTEBAN DONADIO  
**DNI:** 26519889

**Director:** ING. AGRÓNOMO CARLOS ALBERTO CASTILLO  
**Co-director:** ING. AGRÓNOMO GABRIEL P. ESPÓSITO

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

**ING. AGRÓNOMO ANA RIVETTI** \_\_\_\_\_

**ING. AGRÓNOMO NOEMÍ MONACO** \_\_\_\_\_

**ING. AGRÓNOMO ALFREDO OHANIAN** \_\_\_\_\_

**Fecha de Presentación:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**Aprobado por Secretaría Académica:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
**Secretario Académico**

### AGRADECIMIENTOS

*Principalmente a mis padres por estar siempre a mi lado con su apoyo y dedicación incondicional.*

*A mis hermanos, por su apoyo brindado a lo largo de la vida y en particular a mi hermanita que a pesar de no haberla podido conocer en esta vida, siempre estará en mi corazón.*

*A mi director, Ing. Agrónomo Carlos Alberto Castillo y Co-director: Ing. Agrónomo Gabriel P. Espósito, por su dedicación y apoyo brindado en la realización del Trabajo Final.*

*Al Tribunal evaluador; Ing. Agrónomo Ana Rivetti, Ing. Agrónomo Noemí Monaco, Ing. Agrónomo Alfredo Ohanian.*

*A todas aquellas personas, que de una manera u otra, contribuyeron a mi formación, en cada una de las etapas educativas de mi vida.*

*A mi novia por el amor, el tiempo y apoyo brindado en la carrera*

*A compañeros y amigos por todo lo compartido a lo largo de la vida universitaria.*

*Sinceramente, GRACIAS*

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
• Resumen .....	VI
• Summary .....	VII
• Introducción .....	1
• Hipótesis .....	7
• Objetivo general .....	7
• Objetivos específicos .....	8
• Materiales y métodos .....	9
• Resultados .....	14
• Determinación de materia seca .....	15
• Determinación del número de granos .....	17
• Determinación del peso de los 1000 granos .....	19
• Determinación del rendimiento .....	20
• Discusión .....	25
• Conclusiones .....	27
• Bibliografía Citada .....	28

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	Pág.
• Figura 1: Precipitaciones mensuales de Río Cuarto .....	10
• Figura 2: Precipitaciones anuales de Río Cuarto .....	10
• Figura 3: Temperatura del aire en Río Cuarto .....	11
• Tabla 1: Características fisicoquímicas del suelo .....	13
• Figura 4: Condiciones meteorológicas (precipitaciones y temperaturas decádicas) durante el ciclo del cultivo .....	14
• Figura 5: Evolución del agua útil (mm.) en el perfil del suelo hasta los 60 cm. de profundidad, para el cultivo de trigo con y sin riego. ....	15
• Tabla 2: Peso seco de biomasa, en kg/ha, en los 4 tratamientos (con riego fertilizado, con riego sin fertilizar, sin riego fertilizado, sin riego sin fertilizar) y sus interacciones.....	16
• Figura 6: Curvas de materia seca de los cuatro tratamientos con y sin riego, con y sin fertilizante en seis estadios fenológicos y sus interacciones.....	17
• Tabla 3: Peso seco de biomasa, en kg/ha, en los tratamientos con y sin riego; con y sin fertilizante para el estadio fenológico de macollaje. ....	17
• Tabla 4: Número de granos por m <sup>2</sup> , en los 4 tratamientos (con riego fertilizado, con riego sin fertilizar, sin riego fertilizado, sin riego sin fertilizar) y sus interacciones.....	18
• Figura 7: Análisis de regresión lineal del N° de granos por m <sup>2</sup> y Kg de N/ha.....	19
• Tabla 5: Peso de los 1000 granos, en los tratamientos con y sin riego; con y sin fertilizante y sus interacciones .....	20
• Tabla 6: Rendimiento, en Kg/ha, en los 4 tratamientos (con riego fertilizado, con riego sin fertilizar, sin riego fertilizado, sin riego sin fertilizar) y sus interacciones .....	21
• Figura 8: Análisis de regresión lineal del N° de granos por m <sup>2</sup> y Kg de N/ha. ....	21
• Figura 9: Rendimiento en Kg/ha, en los tratamientos con y sin riego y con y sin fertilizante .....	22
• Figura 10: Análisis de regresión lineal del rendimiento (Kg/ha.) y N° de granos por m <sup>2</sup> . ...	22
• Figura 11: Análisis de regresión lineal del rendimiento (Kg/ha.) y peso de 1000 granos. ...	23
• Figura 12: Análisis de regresión lineal del N° de granos por m <sup>2</sup> y TCC (3° Nudo - R4) (Kg MS/ ha/día). ....	23
• Figura 13: Análisis de regresión lineal del peso de 1000 granos y TCC (3° Nudo - R4) (Kg de MS/ha/día). ....	24

## RESUMEN

### RESPUESTA DE UN CULTIVAR DE TRIGO CICLO INTERMEDIO (Buck Mataco) AL RIEGO Y LA FERTILIZACION.

La producción de trigo es de suma importancia en todo el mundo ya que representa poco más de un tercio del volumen total de cereales producidos. Dicha producción se disemina en 400 millones de hectáreas de las cuales 6 millones se encuentran en la Argentina. Ante la falta de información y experiencia en esta área a la respuesta de fertilizantes nitrogenados y fosforados en secano y bajo riego, se llevó a cabo, en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, durante el año 2003, el presente trabajo en el cual se determinó la respuesta a la aplicación de nitrógeno y fósforo en el cultivar Buck Mataco, con riego y en secano. El ensayo tuvo un diseño en bloques, con un arreglo al azar de parcelas subdivididas de 12 metros de largo por 4,8 metros de ancho y con tres repeticiones cada tratamiento (con riego con fertilizante; con riego sin fertilizante; sin riego con fertilizante; sin riego sin fertilizante). Se evaluó el peso de la biomasa a lo largo de todo el ciclo del cultivo, en seis estadios fenológicos (macollaje, primer nudo, tercer nudo, floración, fin grano lechoso, madurez fisiológica), incluyendo las parcelas con y sin fertilizante y con y sin riego, extrayendo las muestras y secándolas a estufa a 105° C, hasta lograr peso constante. A la madurez del cultivo se obtuvo el número de granos por m<sup>2</sup>, peso de las mil semillas y el rendimiento final del cultivar. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de la varianza y se utilizó el test de LSD Fisher Alfa al 5 % para determinar diferencias significativas entre medias. Los resultados obtenidos tanto en materia seca, como número de granos por metro cuadrado, peso de los 1000 granos y rendimiento mostraron diferencias significativas entre los tratamientos regados y no regados obteniendo mejores resultados en los tratamientos regados. A su vez dentro de los tratamientos con riego, los mejores fueron los que recibieron riego y a su vez fueron fertilizados.

## SUMMARY

### RESPONSE OF A WHEAT CULTIVATION INTERMEDIATE STAGE (Buck Mataco) TO IRRIGATION AND FERTILIZER.

Wheat's production is of utmost importance in the whole world since it represents a bit more of one third of the total volume of crops produced. That production is spread over 400 million hectares, 6 million of them are in Argentina. Due to lack of information and experience in this area about the response of fertilizers nitrogenized and phosphorated in dry farming and low irrigation, this research work was carried out in the experimental farm of the Universidad Nacional de Río Cuarto, in the year 2003, in which it was determined the response to the application of nitrogen and phosphorus in the cultivation "Buck Mataco" with irrigation and in dry farming. The test had a design divided into blocks, with an arrangement at random of subdivided parcels of 12 metres long and 4,8 metres wide with three repetitions in each treatment. The weight of the biomass was evaluated in the whole cycle of the crop, in six phenological stages (sprout, first knot, third knot, florescence, end of milky grain, physiological ripeness), including the parcels with and without fertilizers, and with and without irrigation, taking the samples and drying them with 105° C stoves, until obtaining constant weight.

When the crop reached its ripeness it was obtained the number of grains per square metres, the weight of the thousand seeds and the final productivity of the cultivation. The data obtained was analyzed statistically by means of the analysis of the variable and the test of LSD Fisher Alfa at 5 % was used to determine significant differences between means. The results obtained in dry matter, number of grains per square metres, weight of the 1000 grains and productivity showed significant differences between the treatments with and without irrigation, obtaining better results in the irrigated treatments. Besides, within the irrigated treatments, the best were the ones which received irrigation and at the same time were fertilized.

## INTRODUCCIÓN.

El trigo es una de las especies domesticadas más antiguas que existen 10.000 años AC (antes de cristo), siendo su origen geográfico la Mesopotámica Asiática, comprendida entre los ríos Tigris y Eufrates, siendo numerosas las gramíneas silvestres existentes en esta área que están emparentadas con el trigo (Infoagro, 2000).

Las primeras formas recolectadas por el hombre hace mas de doce mil años eran del tipo *Triticum monococumm* y *Triticum dicocum*, caracterizadas fuertemente por tener espigas frágiles que se disgregan al madurar (Infoagro, 2000).

El trigo ha constituido parte del desarrollo económico y cultural del hombre, como uno de los cereales más cultivados mundialmente, siendo la principal área de cultivo las zonas templadas, del hemisferio norte (FAO, 2002).

La introducción del trigo a América se produce en el segundo viaje de Colon (Harlan y Zohary, 1966).

La importancia del cultivo radica en que es la especie domesticada que más superficie se cultiva, abarca alrededor de 100 millones de hectáreas en todo el mundo, (Alumnos del ITESM, 2000).

Su producción asciende a 400 millones de toneladas, lo que representa un poco mas de 1/3 del volumen total de cereales producidos, (Langer y Hill, 1987).

Por cuarto año consecutivo se espera una caída en los stocks finales de trigo a nivel mundial, la misma esta muy influenciada por el aumento de la demanda a nivel mundial. La cual rondara 594 millones de toneladas, 6 millones mas que la campaña 2003/04. Con respecto a la producción mundial se proyecta para la campaña 2004/05, una producción mundial de 588.7 millones de toneladas (Adreni, 2005).

*Triticum aestivum* es la especie domesticada que más superficie se cultiva, alrededor de 225.000.000 de hectáreas en todo el mundo (FAO, 2002).

En América del Sur, la producción es de 19 millones de toneladas, de las cuales 14,2 millones toneladas corresponden a Argentina (FAO, 2002).

La producción mundial de trigo se concentra en Estados Unidos, Canadá, Australia, Unión Europea, Argentina, China e India. Los países exportadores son Estados Unidos, Canadá, Australia, Argentina y el continente Europeo (Ingaramo, 2000).

A inicios del año 2000, la población mundial llegó a 6000 millones de seres humanos y se ha proyectado que para el año 2025 la misma llegará a 8000 millones de personas. Durante este periodo de tiempo, se espera poco incremento en la superficie de la tierra disponible para la producción de alimentos, razón por lo cual debe incrementarse el rendimiento de los cultivos (Darst, 2001). Una de las alternativas para aumentar los rendimientos es mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, en este sentido (García *et al.*, 1998) señaló que la nutrición balanceada

de los cultivos es más eficiente por unidad de nutriente para aumentar el rendimiento por unidad de superficie. Por lo que conocer y solucionar las deficiencias nutricionales de los cultivos permite ajustar las prácticas de manejo, específicamente de fertilización, para alcanzar los rendimientos máximos económicos, (Bianchini, *et al.*, 1999).

En la República Argentina, la producción de cereales y oleaginosas creció un 103 % aumentando sólo un 17 % el área sembrada (Formento, 2001). Dicho incremento en la producción se logró básicamente con un uso más intensivo de fertilizantes, fungicidas y herbicidas, combinado con cultivares de mayor potencial genético y el uso de prácticas de manejo como la siembra directa, que alcanzó en la última campaña una superficie de 9.000.000 de hectáreas.

La Argentina esta inserta como uno de los diez mayores productores mundiales de trigo (*Triticum aestivum*), con 14,5 millones de toneladas para el año 2003 y con una participación del 2,6 % en la cosecha global. (Ingaramo, 2000; Capelle, 2004).

El 90 % de la cosecha triguera se produce en la región Pampeana, con rindes promedios de 22,5 quintales por hectárea. De la producción total, Buenos Aires genera el 56 % del volumen total, Córdoba el 17 %, Santa Fe el 13 %, La pampa el 6 % y Entre Ríos el 4 % (FAUBA – Diario Clarín 2004).

Esta especie se adapta a condiciones de clima templado a templado frío, sembrándose en otoño-invierno. Las variedades son de hábito primaveral y su ciclo depende de la variedad y la época de siembra, el ciclo de producción oscila entre los 130 y 210 días (Brugnoni, 1981).

En Argentina la superficie sembrada en la campaña 2003/04 alcanzó los 5,83 millones de ha., frente a los 6.000.000 de hectáreas sembradas en la campaña anterior, extendiéndose la superficie unos 1000 kilómetros de norte a sur y unos 600 kilómetros de este a oeste (Sagpya, 2003).

En Argentina, la región triguera se subdivide en 5 regiones agroecológicas: (FAUBA, 2004).

- Subregión I: con una superficie total de 11.887.300 has y comprende el norte de Santa Fe y el extremo noreste de Córdoba, (las principales características de esta región son: Precipitación media mensual 1018.7 mm; Temperatura media anual 17.8 ° C; Suelos característicos Franco a franco limosos).
- Subregión II Norte: con una superficie de 5.984.100 has, ubicada al sur de Santa Fe, extremo este de Córdoba y al extremo norte de Buenos Aires, (las principales características de esta región son: Precipitación media mensual 933.1 mm; Temperatura media anual 17.3 ° C; Suelos característicos Franco; limitante del suelo es la erosión hídrica).
- Subregión II Sur: tiene una superficie de 12.047.400 has y esta ubicada al norte de Buenos Aires, (las principales características de esta región son: Precipitación

media mensual 1000 mm; Temperatura media anual 17 ° C; Suelos característicos Franco, franco limosos; limitante del suelo es la erosión hídrica).

- Subregión III: cuenta con 7.667.800 has y abarca la provincia de Entre Ríos, (las principales características de esta región son: Precipitación media mensual 1125.6 mm; Temperatura media anual 18.2 ° C; Suelos característicos Arcillosos; limitante del suelo es la erosión hídrica).
- Subregión IV: se ubica hacia el sureste de Buenos Aires y abarca una superficie de 10.604.619 has, (las principales características de esta región son: Precipitación media mensual 910.9 mm; Temperatura media anual 13.5 ° C; Suelos característicos Francos; limitante del suelo es la presencia de toscas ).
- Subregión V Norte: la cual cuenta con una superficie de 6.750.900 has y esta localizada en la provincia de Córdoba, ( las principales características de esta región son: Precipitación media mensual 895.7 mm; Temperatura media anual 17.2 ° C; Suelos característicos Franco arenosos; limitante del suelo es la retención hídrica ).
- Subregión V Sur: abarcando el sector oeste de Buenos Aires, La Pampa y el extremo sur de Córdoba, (las principales características de esta región son: Precipitación media mensual 753.8 mm; Temperatura media anual 14 ° C; Suelos característicos Franco arenosos; limitante del suelo es la erosión eólica).

La zona de influencia de la Universidad Nacional Río Cuarto se encuentra dentro en la región V-Norte y con las siguientes características:

- Los tipos de suelos predominantes son franco limosos, los mismos pertenecen a la categoría taxonómica Haplustoles, los cuales presentan niveles variables de nutrientes (Brugnoni, 1981).
- Las precipitaciones medias anuales van desde los 800 mm (este) hasta los 600 mm (oeste) en dicha región. Durante el ciclo del cultivo las precipitaciones alcanzan los 260 mm. Dicha área presenta una serie de limitaciones ambientales para el desarrollo de este cultivo como la escasez de lluvias en invierno e inicios de la primavera, mientras que las mayores precipitaciones comienzan a mediados o a fines de octubre (Seiler *et al.*, 1995), ésta es una gran limitante para el cultivo de trigo ya que dicho período coincide con el crecimiento y desarrollo del mismo, abarcando también el período crítico que se da entre inicio de septiembre y mediados de octubre (Abbate, 1996). Por lo tanto, el factor clave para alcanzar el mejor resultado en la agricultura de secano es tratar de maximizar el uso del agua por parte de los cultivos (Fraschina *et al.*, 2001).
- La temperatura media anual es de 18° C, la fecha media de últimas heladas es el 5 de septiembre (Seiler *et al.*, 1995).

- Los rendimientos en general en el área no superan los 3000 kg/ha., esto se debe en gran parte a los bajos niveles de fertilización, especialmente con nitrógeno y fósforo (Darwich, 2001), el rendimiento potencial de trigo en la región esta condicionado principalmente por variaciones climáticas, específicamente por la radiación incidente y la temperatura media durante el periodo previo a la floración (Magrín y Travasso, 1997). Además, otros autores señalan que la respuesta a la fertilización es muy dependiente de la disponibilidad de agua en el perfil del suelo (López Bellido *et al.*, 1996).

El cultivo de trigo requiere de un gran volumen de agua (450 milímetros) para su crecimiento y desarrollo, ya que gran parte de la misma es consumida en la transpiración del cultivo y la evaporación directa del suelo (Evans, 1983). Por lo tanto, el rendimiento del cultivo de trigo, como el del resto de las plantas cultivadas, depende de la cantidad y disponibilidad tanto de agua como de nutrientes en el suelo para crecer y desarrollarse, (Espósito *et al.*, 2001).

La acumulación de agua en el perfil del suelo en el momento de la siembra es especialmente importante para el cultivo, por la baja ocurrencia de lluvias durante gran parte de su ciclo. En esta circunstancia, partiendo de adecuados niveles de agua acumulados y con un cultivo bien implantado, el mismo podrá afrontar el periodo invernal normalmente seco, durante el cual trascurren importantes etapas de desarrollo como son el macollaje y gran parte del encañado. Posteriormente durante el periodo de espigazón, la probabilidad de lluvias aumenta y la disponibilidad hídrica resulta suficiente para abastecer el llenado de granos (Fraschina *et al.*, 2001).

El consumo ó necesidad de agua real es el valor de evapotranspiración de cultivo (ET<sub>c</sub>) acumulada a lo largo de su ciclo de crecimiento y desarrollo en las condiciones ambientales imperantes. Los valores que se obtengan van a depender de la demanda atmosférica y del área foliar desarrollada por el cultivo (Adreni, 1997).

El mayor consumo de agua se da entre la emergencia de la última hoja y comienzo de llenado de grano (4-5 mm / día.), durante el periodo de encañazón el consumo es de 2-3 mm / día, y el consumo menor se da durante el periodo de macollaje (Abbate, 1996).

La evapotranspiración es afectada por la radiación solar, temperatura, velocidad del viento, duración del día y presión barométrica (Seiler, *et al.*, 1999).

La manifestación de estrés hídrico durante el periodo emergencia-floración afecta el área foliar (AF) del cultivo, afectándose por tanto la interceptación de la radiación y la eficiencia de conversión de la materia seca, debido a que el mismo no llega al Índice de Área Foliar (IAF) crítico. Todo esto disminuye la tasa de crecimiento del cultivo (TCC). Si el estrés ocurre durante el periodo de crecimiento de la espiga, el efecto inmediato es una reducción del número de granos/m<sup>2</sup> y si el estrés persiste durante el llenado de granos, disminuye el peso de los 1000 granos (Abbate, *et al.*, 1994).

En este sentido la intercepción de la radiación es lo más importante en la determinación del rendimiento cuando los otros factores no son limitantes. El agua y los nutrientes son encontrados frecuentemente como los factores más limitantes. El suministro inadecuado de N afecta la acumulación de materia seca del cultivo (Jenner, 1979).

Un aspecto muy importante a tener presente, es identificar el periodo crítico, por la importancia que tienen los eventos que ocurren dentro del mismo y de sus interacciones con el ambiente, en la generación del rendimiento. El período crítico (PC) comprende desde 20 – 30 días antes del 50 % de floración y hasta 10 días posteriores al 50 % de floración (Fischer, 1985; Abbate, 1996; Miralles, 2003). Justamente es en este periodo donde el cultivo debe llegar con la mayor área fotosintéticamente activa, para que la intercepción de la radiación sea óptima y pueda completarse la formación de las flores y el cuaje de los granos, determinándose el número final de granos por espiga. El rendimiento del cultivo puede explicarse numéricamente por el número de granos por metro cuadrado (NG), y el peso de los granos (PG), el primer componente (NG) es el que mejor explica la variabilidad del rendimiento mas que el segundo componente (PG).

En este sentido durante el período crítico del cultivo condiciones de sombreado, estrés o disminución del área foliar (menor intercepción de radiación) afectará significativamente el número de granos por metro cuadrado, principal componente del rendimiento además del peso de los granos (Carmona, 2004).

En ausencia de limitantes hídricas y nutricionales, hay una asociación positiva entre el número de granos por metro cuadrado y el peso seco de las espigas por metro cuadrado, en el momento de antesis, habiéndose encontrado respuestas fenotípicas y a la variación del medio ambiente (Brooking y Kirby, 1981; Abbate, *et al.*, 1997).

Hay una relación lineal altamente significativa entre el rendimiento en grano y el número de granos por metro cuadrado, por otro lado no hay concordancia entre el rendimiento en grano y el peso de los 1000 granos (Abbate, *et al.*, 1994).

Los altos niveles de radiación interceptados por el cultivo y temperaturas frescas durante los 20-30 días previos a antesis determinan un aumento en el suministro de fotosintatos destinados a la espiga y por lo tanto un mayor número de granos/ metro cuadrado. Las deficiencias de agua y de nitrógeno antes y después de antesis produce como efecto inmediato reducción en el número de granos / metro cuadrado. Esto se produce como consecuencia de la disminución del área foliar y de la intercepción de radiación, o a través de la reducción en la eficiencia de conversión de radiación en materia seca. El rendimiento del cultivo esta dado por el numero de granos /metro cuadrado y el peso de los 1000 granos (Abbate *et al.*, 1994).

La temperatura y el fotoperíodo, son los factores que influyen sobre la duración del llenado de las espigas, en fechas tardías se origina un período de crecimiento menor, ya que se

somete el cultivo a condiciones de mayor temperatura y mayor fotoperíodo. Como consecuencia, el rendimiento disminuye (AAPRESID, 2000).

Una defoliación (helada, granizo, orugas) o pérdida de área foliar por enfermedades foliares anterior al inicio del llenado de los granos, que reduzcan la radiación interceptada, reducirá el rendimiento a través de un menor número de granos / metro cuadrado. Si la pérdida de área foliar afecta la intercepción de radiación durante el llenado los granos, se reducirá el peso por grano y la calidad comercial del mismo. (Abbate, 2005).

Deficiencias nutricionales, así como reducción del área fotosintética debido a enfermedades foliares, reducirán la cantidad de granos que el cultivo puede producir arrastrando inevitablemente a un menor rendimiento ya que la disminución en el número de granos difícilmente pueda ser compensada por aumento en el peso de los mismos (Miralles, 2004).

El rendimiento potencial de trigo en la Región Pampeana está condicionado principalmente por las variaciones climáticas, específicamente por la radiación incidente y la temperatura media durante el período previo a la floración (Magrin y Travasso, 1997). Esta es la razón por la cual, en la región pampeana argentina, se obtienen rendimientos potenciales de 5000-6000 kg/ha en la zona norte y de 7000-8000 kg/ha en la zona sur con los cultivares actuales (Magrin y Travasso, 1997).

El trigo necesita para crecer, entre otros factores, un conjunto de nutrientes cuyo contenido en el suelo varía de acuerdo a su uso y reservas originarias. En condiciones mejoradas de manejo del cultivo de trigo se observan rendimientos que llegan a duplicar los promedios regionales encontrándose a la nutrición balanceada del cultivo como uno de los elementos de manejo que contribuye efectivamente para el mejoramiento de la producción. Los suelos (y ambientes) aptos para la normal producción de trigo son variados, como lo son los resultados de experiencias de fertilización. No obstante, cultivos de alta producción requieren suelos bien drenados, con pH entre 6,0 y 6,5, sin altos contenidos salinos y adecuada provisión de agua y nutrientes, (Díaz Zorita, 2002).

Tanto el fósforo como el nitrógeno son los nutrientes más relevantes en la actualidad, la respuesta a la fertilización depende del nivel de estos nutrientes en el suelo. Por eso, resulta fundamental contar con un buen diagnóstico previo a la aplicación pudiendo determinar la dosis del producto a aplicar. Los fertilizantes pueden incorporarse en distintos momentos del ciclo del cultivo o antes de la siembra. Estos dos nutrientes se diferencian por su movilidad en el suelo. El fósforo tiene poca movilidad y cuando se agrega como fertilizante, hasta un 20 % es aprovechado por el trigo; el resto queda para cultivos posteriores. La alta movilidad del nitrógeno lo hace susceptible a pérdidas por lavado hacia las napas. (FAUBA, 2004).

Cuando el nivel de fósforo es limitante disminuye el área foliar, la radiación interceptada y lo que más se afecta es el factor de fertilidad de la espiga (Abbate, 1996).

Ante deficiencias de nitrógeno, disminuye la eficiencia de conversión, el cultivo presenta área foliar deficiente y una menor tasa de crecimiento durante el estadio de espigazón. Como consecuencia de esto, disminuye la tasa de crecimiento de la espiga, el número de granos por superficie y el peso seco de la espiga, afectando el rendimiento por hectárea (Abbate, 1996).

Para alcanzar niveles potenciales de producción debe optimizarse el manejo de nutrientes, agua, y el control de malezas, plagas y enfermedades (Abbate *et al.*, 1994; Magrín y Travasso, 1997).

En nuestro país, la práctica de fertilización en trigo más común es la aplicación de nitrógeno en el momento de la siembra, con la posibilidad de agregar otra dosis a fin de macollaje. El momento en que el N está disponible para el cultivo de trigo, influye en la acumulación y partición, tanto de la materia seca, como del N en si. Mientras que la disponibilidad temprana de N se traduce normalmente en mejores rendimientos, su aplicación en etapas tardías puede mejorar la cantidad y calidad de las proteínas en grano (Satorre, *et al.*, 2003).

Una buena disponibilidad de fósforo permite a la planta tolerar mejor el déficit hídrico, dentro de ciertos límites, (Berardo, *et al.*, 1999).

Otros autores indican que el nivel de fertilización estará en función de las precipitaciones recibidas en el invierno, el cultivo antecesor y el nivel de nutrientes en el suelo. (López Bellido, *et al.*, 1996).

Ante la falta de información y experiencia que presenta el área Río Cuarto sobre respuestas de dicho cultivar a la fertilización nitrogenada y fosforada en secano y bajo riego, fue muy importante la realización de esta experiencia con el objetivo de brindar información útil.

## **HIPÓTESIS.**

La producción de biomasa y el rendimiento en granos del cultivar de ciclo intermedio “Buck Mataco”, tiene respuesta significativa a la fertilización bajo condiciones de secano y de riego.

## **OBJETIVO GENERAL.**

- Evaluar en el cultivar de ciclo intermedio “Buck Mataco”, la respuesta a la fertilización bajo condiciones de riego y secano.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Evaluar el impacto de la disponibilidad hídrica sobre la producción de grano de un trigo de ciclo intermedio “Buck Mataco”, ante la fertilización.
- Determinar la biomasa total en el cultivar de ciclo intermedio “Buck Mataco”, en “secano y bajo riego”, “fertilizado y no fertilizado”.
- Determinar en el cultivar de ciclo intermedio “Buck Mataco”, el efecto de las diferentes situaciones (secano y bajo riego; fertilizado y no fertilizado) sobre el número de granos por metro cuadrado y peso de mil granos, “componentes rendimiento”.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la campaña 2003, en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, que se encuentra ubicada sobre la Ruta Nacional N° 36 , Km. 601, Las Higueras, Córdoba.( 33° 07' Latitud Sur, 64° 14' Longitud Oeste , 421 metros sobre el nivel del mar).

El cultivo se sembró en la primer semana del mes de julio del 2003 (3 de julio), sobre un suelo Hapludol típico, franco arenoso muy fino el cual presentaba las siguientes características físico químicas (Tabla 1), utilizando un sistema de siembra directa, a una densidad de 120 kg/ha de semilla. La misma se efectuó con una sembradora Bertini de 24 surcos, a una distancia entre líneas de 17,5 cm.

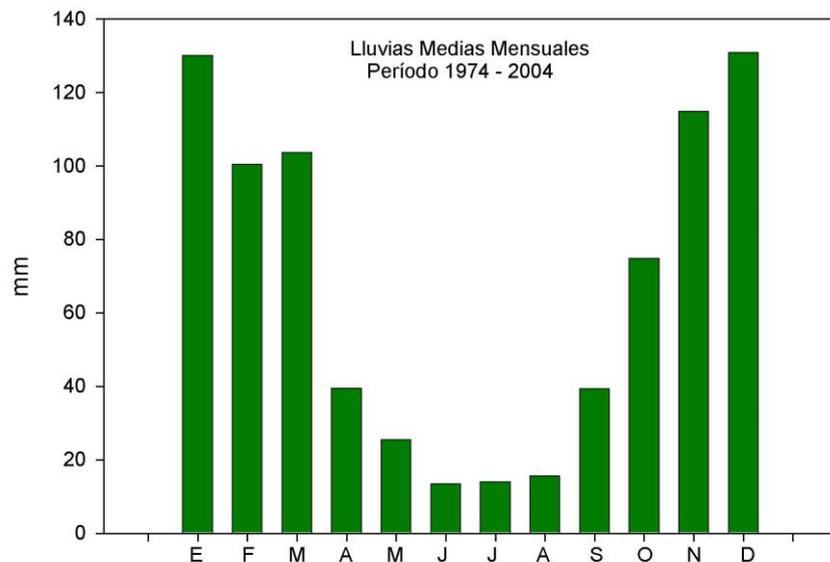
El lote sobre el cual se realizó la siembra tenía como antecesor monocultivo de trigo (tres campañas).

Al momento de la siembra se aplicó 90 Kg de fosfato diamónico (18-46-0) y 100 Kg de urea (46-0-0) por debajo y al costado de la línea de siembra (Ver Tabla 1).

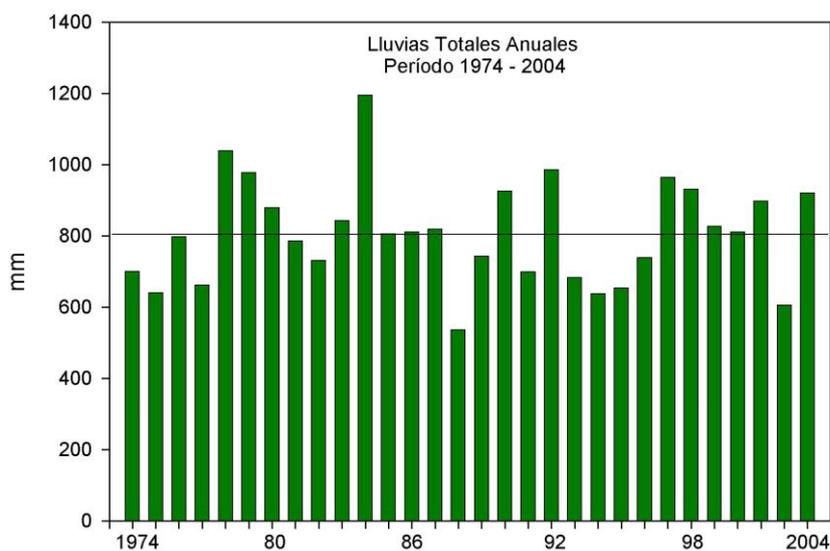
Se realizó un barbecho químico el 7 de julio del año 2003, con una aplicación de glifosato (herbicida de amplio espectro) a una dosis de 2 litros/ha.

En las parcelas bajo riego, se utilizó un equipo de aspersión frontal, con el objetivo de mantener una disponibilidad hídrica por encima del 60 % del agua útil (diferencia entre los contenidos hídricos a 0,3 bares y 15 bares de succión) considerando a dicho valor como el umbral crítico para el cultivo, hasta los 60 cm. de profundidad (profundidad a la que se encuentra la máxima densidad de raíces).

El registro de las variables meteorológicas (precipitaciones, temperatura, radiación, velocidad del viento, etc.) fue obtenido de la estación meteorológica, ubicada en el mismo campo experimental de la U.N.R.C. perteneciente a la cátedra de Climatología. Tomando como referencia la serie de datos registrados durante el período 1974-2004, está caracterizado por un régimen de precipitaciones Monzónico, que concentra el 80 % de las lluvias en el período de octubre a abril (Figura 1). La precipitación media anual (Figura 2) es de 801.2 mm con valores extremos mínimos de 451.1 mm en (1989) y máximos de 1195.2 mm en (1984), para la serie 1974-2004, (Seiler *et al.*, 1995).

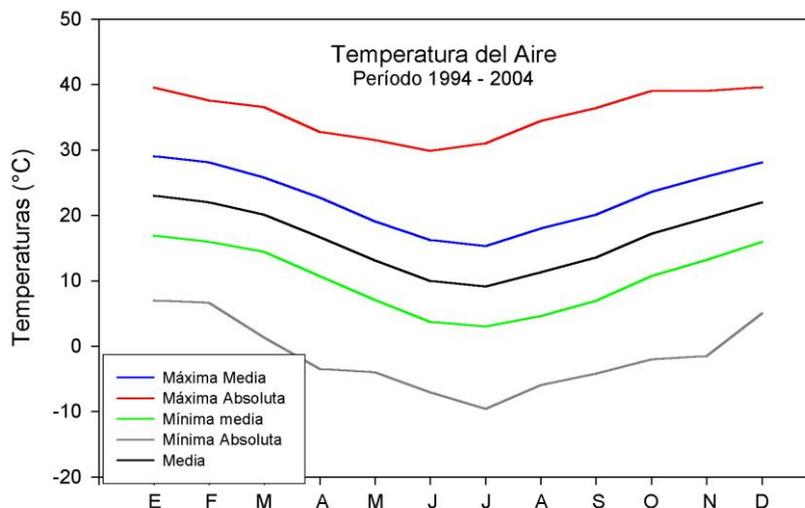


**Figura 1:** Precipitaciones mensuales de Río Cuarto. Promedio últimos 30 años Fuente: Estación meteorológica UNRC.



**Figura 2:** Precipitaciones anuales de Río Cuarto. Últimos 30 años. Fuente: Estación meteorológica UNRC.

El régimen térmico es mesotermal (Figura 3). 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 3). La amplitud térmica media anual es de 13.9 °C. (Seiler *et al.*, 1995).



**Figura 3:** Temperatura del aire en Río Cuarto. Promedio última década. Fuente: Estación meteorológica UNRC.

Los vientos predominantes de la región son del sector NE-SO, ocurriendo los de mayor intensidad, durante los meses de Julio a Noviembre (Cantero *et al.*, 1986).

El ensayo tuvo un diseño en bloques, con un arreglo al azar de parcelas subdivididas de 12 metros de largo por 4,8 metros de ancho y con tres repeticiones cada tratamiento. Los tratamientos que se realizaron fueron los siguientes, “riego fertilizado”, “riego sin fertilizar”, “sin riego fertilizado” y “sin riego sin fertilizar”.

Para determinar el momento de aplicar el riego, se instalaron sensores de humedad a lo largo del ensayo, con un barreno, a una profundidad de 0-20, 20-40 y 40-60 centímetros. Las mediciones se efectuaron cada 15 días utilizando el Time Domain Reflectometry (T.D.R.).

El riego se efectuó con un equipo de avance frontal, el cual presenta dos torres de 45 metros cada una, además cuenta con un voladizo de 10 metros de largo, cubriendo en total un ancho de riego de 100 metros; el mismo esta montado de tubería de bajada (distanciados a 3 metros entre si) que varía según el desarrollo del cultivo y en su extremo se localizan los difusores.

El equipo de riego cuenta con una electro bomba sumergida que arroja un caudal de 80.000 l/h. Dicho equipo de riego se programó con un ritmo de funcionamiento de riego, cada 50 segundos para la marcha 10 segundos. Las aplicaciones efectuadas durante el ensayo fueron de 30 milímetros cada una, realizándose en los estadios de pre-macollaje, macollaje, primer nudo y floración, manteniendo la disponibilidad hídrica del suelo por encima del 60 % de agua útil.

La extracción de las muestras para obtener materia seca se efectuaron en los siguientes estadios (código de Zadoks “1974”):

- Macollaje, (Z 29)  
10 de septiembre.
- Encañazón, primer entrenudo, (Z 31)  
24 de septiembre.
- Encañazón, tercer entrenudo, (Z 33)  
5 de octubre.
- Floración,(Z 64)  
28 de octubre.
- Grano lechoso, (Z 75)  
5 de noviembre.
- Madurez fisiológica, (Z 90)  
Primeros días de diciembre.

La toma de muestras de materia seca aérea se realizó en las fases mencionadas anteriormente, constituidas las mismas de dos submuestras de 0.25 m<sup>2</sup> por parcela, secándolas en estufa de aire forzado a una temperatura de 105 °C, hasta lograr peso constante.

Otras de las actividades que se realizaron fue llevar a cabo un seguimiento fenológico a lo largo de todo el ciclo, como así también la determinación de la presencia de plagas, enfermedades e insectos, no siendo necesario efectuar el control de los mismos.

La cosecha se realizó el 18 de diciembre del 2003, en ese momento se determinó el rendimiento en granos (Kg/ha) y componentes del mismo (número de granos por metro cuadrado y peso de los 1000 granos).

Los resultados del ensayo fueron analizados mediante el análisis de varianza y se utilizó el test de LSD Fisher Alfa al 5 % para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos.

**Tabla 1:** Características fisicoquímicas del suelo al momento de la siembra.

• Materia orgánica,	2.6
• PEA (0 a 20)	1.30
(20 a 40)	1.32
• Fósforo disponible ( 0 a 20 cm)	26
• pH,	6.7
• NO <sub>3</sub> , (0 a 20)	83.40
(20 a 40)	54.46
• Agua disponible 1 m de profundidad	110 mm

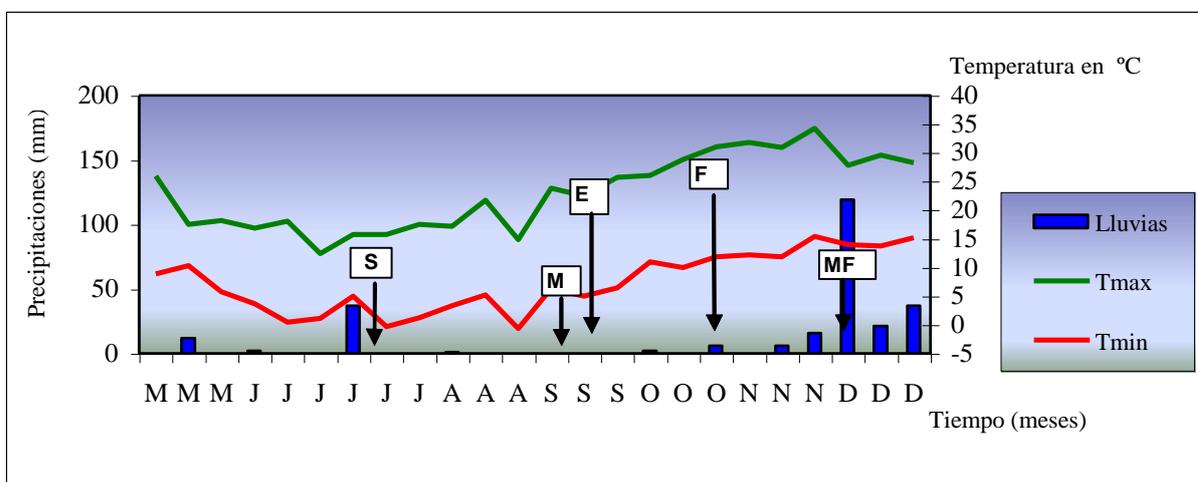
Referencias de los métodos para la determinación de las características del sitio:

- *Materia Orgánica, por método de Walkley-Black modificado, (Page et al., 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 al., 1982).*

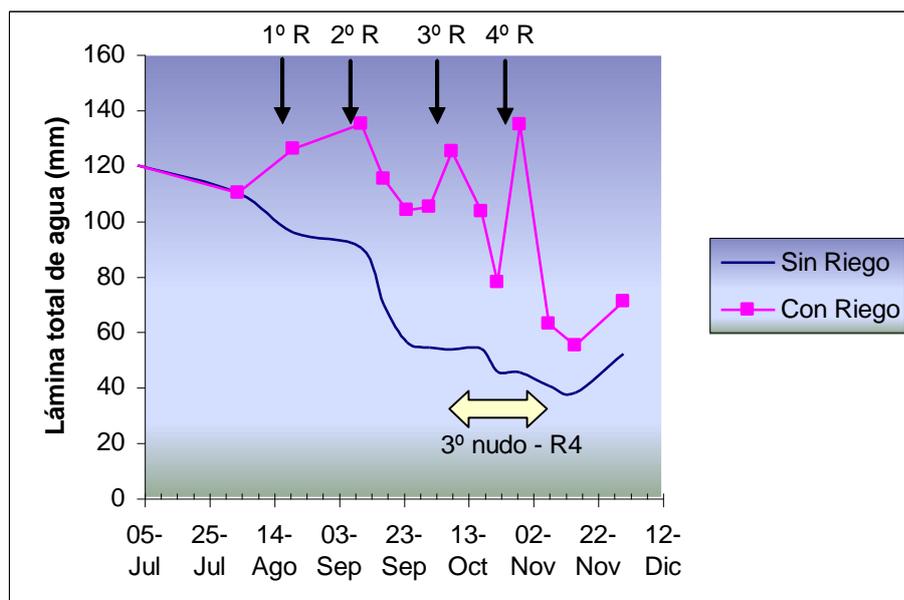
## RESULTADOS

Durante la campaña 2003, el cultivo de trigo creció y se desarrolló bajo condiciones meteorológicas adversas, que generaron un importante estrés hídrico sobre el cultivo de secano. Durante los meses de agosto y octubre se registraron dos precipitaciones de 1 y 8 mm respectivamente, durante el mes de septiembre no se registraron lluvias. La precipitación máxima (214mm) se registró en el mes de diciembre, estando el cultivo en madurez fisiológica, siendo la misma no utilizada por el cultivo. Para este año en particular (2003), el total anual de precipitaciones fue de 604 mm, lo cual nos está indicando la falta de lluvias que se registraron durante el año, siendo las mismas inferiores en aproximadamente 200 mm con respecto a la media anual “801.2 mm”, (Figura 4).

En la (Figura 5) se observa la evolución de la disponibilidad hídrica en el perfil del suelo hasta los 60 cm. de profundidad, para el cultivo de trigo con y sin riego; manifestando una marcada disminución del agua disponible en el perfil, para la situación en secano; debido principalmente al incremento en el consumo de agua por parte del cultivo a partir de macollaje, apreciándose una mayor diferencia en la fase de encañazón y llenado de granos. En el ensayo bajo riego, se puede observar los incrementos de agua útil en el perfil del suelo a través de los cuatro riegos que se efectuaron durante el ciclo del cultivo y la importancia del (tercer – cuarto) riego durante el periodo crítico (3° nudo - R4) del cultivo.



**Figura 4:** Condiciones meteorológicas (precipitaciones y temperaturas decádicas) durante el ciclo del cultivo. Río Cuarto. Referencias: (S) Siembra, (M) Macollaje, (E) encañazón, (F) Floración, (MF) Madurez Fisiológica.



**Figura 5:** Evolución del agua útil (mm.) en el perfil del suelo hasta los 60 cm. de profundidad, para el cultivo de trigo con y sin riego.

(1º R – 2º R – 3º R – 4º R) indica los cuatro riegos que se efectuaron.

↔ Periodo Crítico (3º nudo – grano lechoso).

#### □ Determinación de materia seca.

El análisis estadístico de los resultados de materia seca, presentes en el (Tabla 2), indican que existe interacción significativa entre el riego y el fertilizante para todos los estadios, desde primer nudo hasta madurez fisiológica, a excepción del estado de macollaje en donde no se evidenció interacción significativas entre el factor riego y fertilizante.

En lo que respecta al estado fenológico de macollaje (Tabla 3), para los tratamientos con y sin riego se observan diferencias significativas a favor del tratamiento con riego; existiendo también diferencias significativas entre los tratamientos con y sin fertilizar, siendo mayor el tratamiento fertilizado.

Cabe aclarar que esta marcada diferencia entre los tratamientos con riego respecto a los sin riego se deben principalmente a la falta de precipitaciones que se registraron a lo largo del ciclo de cultivo “208 mm durante el ciclo”, (Figura 4).

Analizando la interacción entre riego\*fertilizante para los estadios (primer nudo hasta madurez fisiológica), se encontró una mayor respuesta al riego con respecto al fertilizante, ello se explica por el elevado estrés hídrico que manifestó el cultivo producto de las bajas precipitaciones.

Con respecto al estados fenológicos, de primer nudo y floración, los tratamientos “con riego y fertilizado” superaron en un 75 % a los sin fertilizar; en tanto que para el estado fenológico de tercer nudo dicho incremento fue del orden de un 88 %. En referencia a este mismo tratamiento “con riego fertilizado”, los estados fenológicos de grano lechoso y madurez fisiológica, se diferenciaron en un 55 % respecto al tratamiento “con riego y sin fertilizar”.

En referencia a los tratamientos “sin riego fertilizado”, se pudo evidenciar que en la mayoría de los estadios fenológicos solamente se obtuvo diferencias significativas de materia seca que rondaron entre un 33 – 43 %, respecto a los tratamientos “sin riego sin fertilizar”. Esta menor diferencia en la producción de biomasa aérea frente a la aplicación de fertilizante, esta dada por la baja disponibilidad hídrica existente en la situación de secano, o sea que frente a las condiciones de déficit hídrico que incidieron sobre el cultivo, disminuyó la respuesta a la fertilización.

**Tabla 2:** Peso seco de biomasa, en kg/ha, en los 4 tratamientos (con riego fertilizado, con riego sin fertilizar, sin riego fertilizado, sin riego sin fertilizar) y sus interacciones.

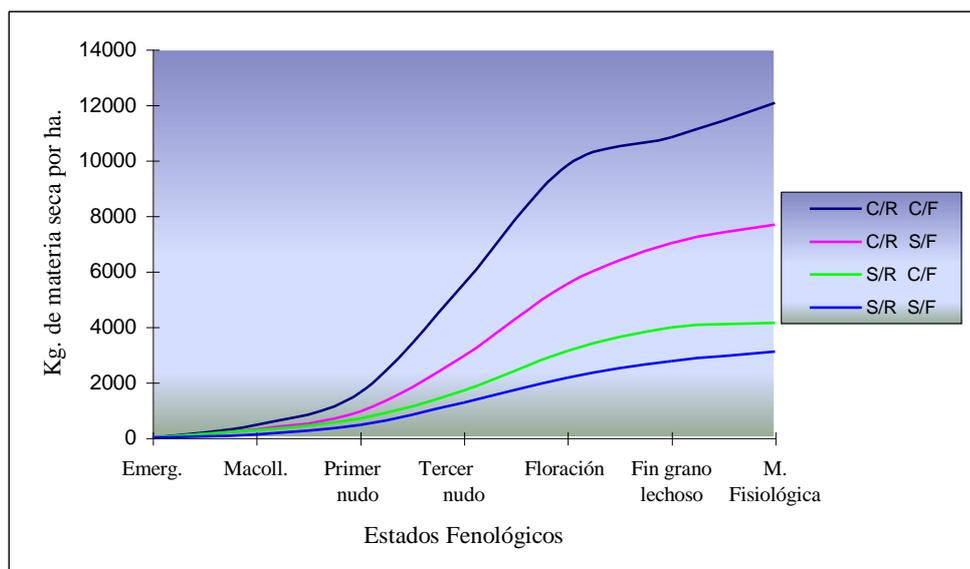
Tratamientos	Macollaje	Primer nudo	Tercer nudo	Floración	Fin grano lechoso	Madurez Fisiológica
C/R C/F	467,67 a	1632,50 a	5545,33 a	9805,50 a	10818,83 a	12061,00 a
C/R S/F	307,83 b	935,97 b	2934 b	5539,67 b	7001,10 b	7670,67 b
S/R C/F	269,83 b	696,33 bc	1700,33 c	3117,33 c	3974,87 c	4147,13 c
S/R S/F	126,83 c	457,83 c	1273,33 c	2168,67 d	2769,50 d	3096,73 d
DMS	46,74	250,17	566,78	789,55	901,02	887,44
Riego* Fert. (Pr>F)	0,556	<b>0.01</b>	<b>0,0006</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,002</b>	<b>0,0006</b>
C.V. (%)	7,98	13,46	9,91	7,66	7,34	6,59

S/R sin riego, C/R con riego, S/F sin fertilizante, C/F con fertilizante.

En negritas: se observan diferencias significativas al 5 % de probabilidad según test LSD.

CV: Coeficiente de Variación. LSD: Valor de la Desviación Estándar.

Esto se observa claramente (Figura 6), al comparar la evolución de la materia seca en función del tiempo para los cuatro tratamientos con y sin riego, con y sin fertilizante en seis estadios fenológicos y sus interacciones, pudiendo apreciarse que a partir del estadio de primer nudo las diferencias entre tratamientos fueron importantes siendo mayores en la condición bajo riego.



**Figura 6:** Curvas de materia seca de los cuatro tratamientos con y sin riego, con y sin fertilizante en seis estadios fenológicos y sus interacciones.

**Tabla 3:** Peso seco de biomasa, en kg/ha, en los tratamientos con y sin riego; con y sin fertilizante para el estadio fenológico de macollaje.

Tratamientos	Macollaje
CR	387,75 a
SR	198,33 b
DMS	33,05
CF	368,75 a
SF	217,33 b
DMS	33,05
Riego* Fert. (Pr>F)	<b>0,556</b>
C.V. (%)	7,98

S/R sin riego, C/R con riego, S/F sin fertilizante, C/F con fertilizante ANAVA. Letras diferentes en columnas señalan diferencias significativas al 5 % de probabilidad según test LSD. CV: Coeficiente de Variación. LSD: Valor de la Desviación Estándar.

#### □ Determinación del número de granos.

En lo que respecta al análisis del número de granos por metro cuadrado, se obtuvieron interacciones estadísticamente significativas riego\*fertilizante (Tabla 4), para este componente

del rendimiento, asimismo es importante remarcar que el número de granos producidos por metro cuadrado, es el mejor parámetro para explicar las variaciones en el rendimiento final del cultivo, más que cualquier cambio en el peso individual de los mismos.

Al analizar los cuatro tratamientos, se puede observar la diferencia porcentual en el número de granos por metro cuadrado, dentro del tratamiento con riego, el fertilizado se diferencio en un 66 % (alrededor de 5425 granos mas por metro cuadrado) respecto al sin fertilizar y dentro de los no regados el fertilizado obtuvo un 42 % de diferencia respecto al no fertilizado. Estas diferencias se atribuyen a la aplicación del riego ya que los dos tratamientos con riego son significativamente mejores con respecto a los tratamientos sin riego. Por tanto el factor “riego” fue muy importante en la determinación del número de granos, componente importante del rendimiento.

No obstante es importante señalar el elevado el grado de sensibilidad de este parámetro (número de granos por metro cuadrado) a la oferta ambiental (agua y nutrientes).

**Tabla 4:** Número de granos por m<sup>2</sup>, en los 4 tratamientos (con riego fertilizado, con riego sin fertilizar, sin riego fertilizado, sin riego sin fertilizar) y sus interacciones.

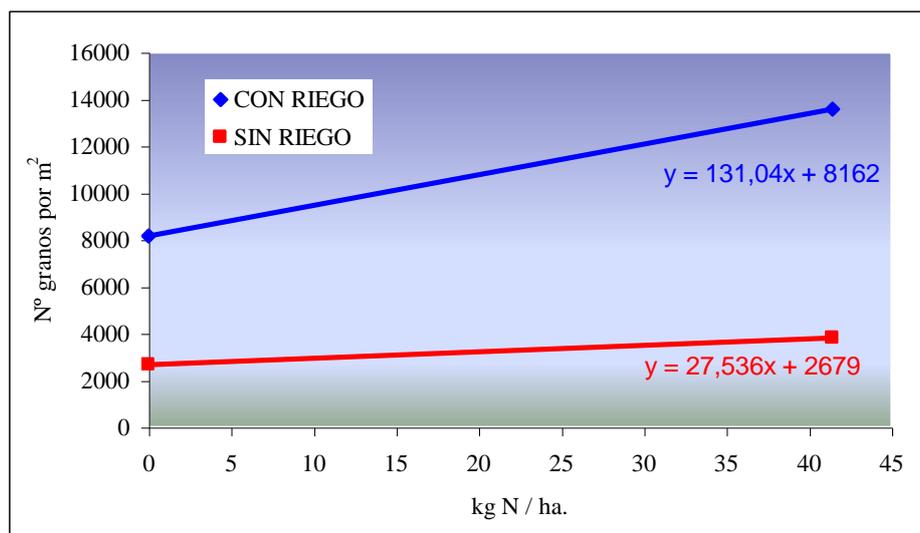
Tratamientos	Número de granos / m <sup>2</sup>
C/R C/F	13587,46 a
C/R S/F	8162,52 b
S/R C/F	3819,65 c
S/R S/F	2679,75 d
DMS	1123,01
Riego* Fert. (Pr>F)	<b>0,0006</b>
C.V. (%)	7,96

S/R sin riego, C/R con riego, S/F sin fertilizante, C/F con fertilizante.

En negritas: se observan diferencias significativas al 5 % de probabilidad según test LSD.

CV: Coeficiente de Variación. LSD: Valor de la Desviación Estándar.

El análisis de regresión lineal del N° de granos por m<sup>2</sup> y Kg de N/ha (Figura 7) indica, que la utilización del riego permitió aumentar la eficiencia del uso del nitrógeno aplicado como fertilizante, dado que bajo condiciones de riego se obtuvo un incremento de 131,04 granos de por m<sup>2</sup> por cada kg de N (nitrógeno) aplicado. En tanto bajo condiciones de secano la eficiencia de uso del nitrógeno fue marcadamente inferior, alcanzando 27,54 granos/m<sup>2</sup> por cada kg de N, lo cual representa un aumento de 4,75 veces en la eficiencia del uso del N.



**Figura 7:** Análisis de regresión lineal del Nº de granos por m<sup>2</sup> y Kg de N/ ha.

□ Determinación del peso de 1000 granos.

En lo que respecta al análisis del peso de los 1000 granos (alcanzándolo entre la floración y la madurez fisiológica), no se obtuvieron interacción estadísticamente significativas entre ambos factores riego\*fertilizante. Por lo tanto se evaluaron los tratamientos con y sin riego; con y sin fertilizante en forma independiente (Tabla 5).

Los tratamientos “regados manifestaron diferencias significativas en el peso de los 1000 granos, con respecto a los tratamientos “sin riego”, del orden del 21,81% de incremento.

Es importante destacar que el factor “riego” es fundamental (Tabla 5) en la determinación del peso de los 1000 granos, al igual que con el número de granos por metro cuadrado. Por consiguiente la disminución en el peso de los 1000 granos, en el tratamiento sin riego fue debido a que durante el periodo de llenado se manifestó un estrés hídrico (Figura 4). A pesar de que el número de granos es la variable que explica de un mejor modo el rendimiento (Kg/ha) en grano, el cambio en el peso de los mismos podrían afectar el rendimiento final del cultivo, según Abbate *et al.* (1998).

Es importante destacar que el peso de los granos está más fuertemente condicionado por características genéticas que ambientales, según Miralles *et al.* (2001).

**Tabla 5:** Peso de los 1000 granos, en los tratamientos con y sin riego; con y sin fertilizante y sus interacciones.

Tratamientos	Peso de los 1000 granos
CR	37,09 a
SR	30,45 b
DMS	1,77
CF	34,53 a
SF	33,01 a
DMS	1,76
Riego* Fert. (Pr>F)	<b>0,573</b>
C.V. (%)	3,70

S/R sin riego, C/R con riego, S/F sin fertilizante, C/F con fertilizante.

ANAVA. Letras diferentes en columnas señalan diferencias significativas al 5 % de probabilidad según test LSD. CV: Coeficiente de Variación. LSD: Valor de la Desviación Estándar.

#### □ Determinación del rendimiento (Kg/ha)

En la (Tabla 6) se observa el análisis estadístico de los resultados de rendimiento (Kg de grano/ha), el cual indica que existe interacción estadísticamente significativas entre el riego y el fertilizante.

Al analizar los cuatro tratamientos, se puede apreciar que el regado y fertilizado manifestó diferencias significativas en el rendimiento (Kg de grano/ha), respecto al sin fertilizar en un 57 %. En tanto, dentro de los tratamientos no regados el fertilizado obtuvo un 34 % de diferencia respecto al no fertilizado. Estas diferencias porcentuales se atribuyen a la aplicación del riego ya que los dos tratamientos con riego son significativamente mayores con respecto a los tratamientos sin riego.

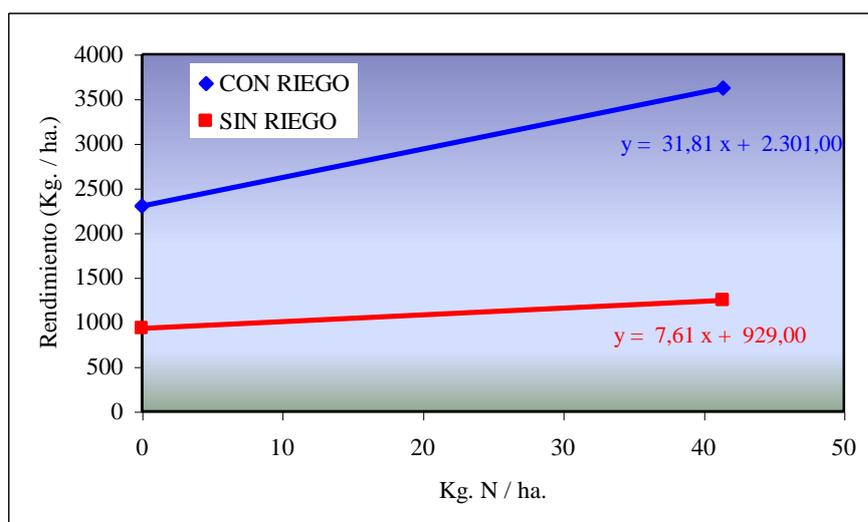
En la (Figura 9) puede observarse las diferencias marcadas en el rendimiento (Kg de grano/ ha), en los tratamientos con y sin riego; con y sin fertilizante, por tal motivo se puede afirmar el efecto diferencial del riego.

**Tabla 6:** Rendimiento, en Kg/ha, en los 4 tratamientos (con riego fertilizado, con riego sin fertilizar, sin riego fertilizado, sin riego sin fertilizar) y sus interacciones.

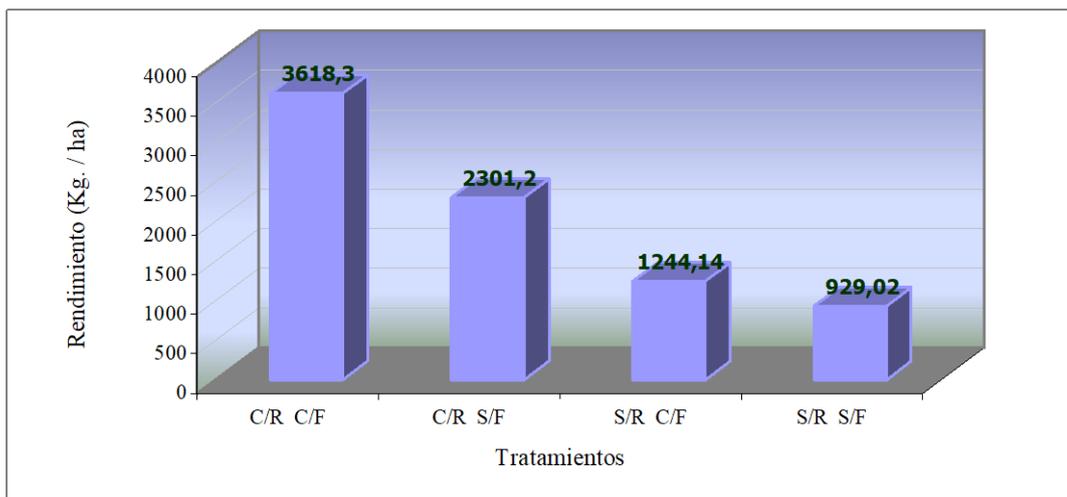
Tratamientos	Rendimiento (kg/ha.)
C/R C/F	3618,30 a
C/R S/F	2301,20 b
S/R C/F	1244,14 c
S/R S/F	929,02 d
DMS	266,23215
Riego* Fert. (Pr>F)	<b>0,0006</b>
C.V. (%)	6,59

S/R sin riego, C/R con riego, S/F sin fertilizante, C/F con fertilizante.  
 En negritas: se observan diferencias significativas al 5 % de probabilidad según test LSD.  
 CV: Coeficiente de Variación. LSD: Valor de la Desviación Estándar.

El análisis de regresión lineal sobre el rendimiento (Kg de grano/ha) y Kg de N/ha. (Figura 8) indica, que el factor riego permitió aumentar la eficiencia del uso del nitrógeno aplicado como fertilizante. Bajo condiciones de riego se obtuvo un incremento de 31,81 Kg de grano/ha por cada kg de N (nitrógeno) aplicado. En tanto bajo condiciones de secano la eficiencia de uso del nitrógeno fue inferior, registrándose por cada kg de N aplicado un incremento de solamente 7,61 Kg de granos/ha, lo cual representa un aumento de 4,18 veces en la eficiencia del uso del N.

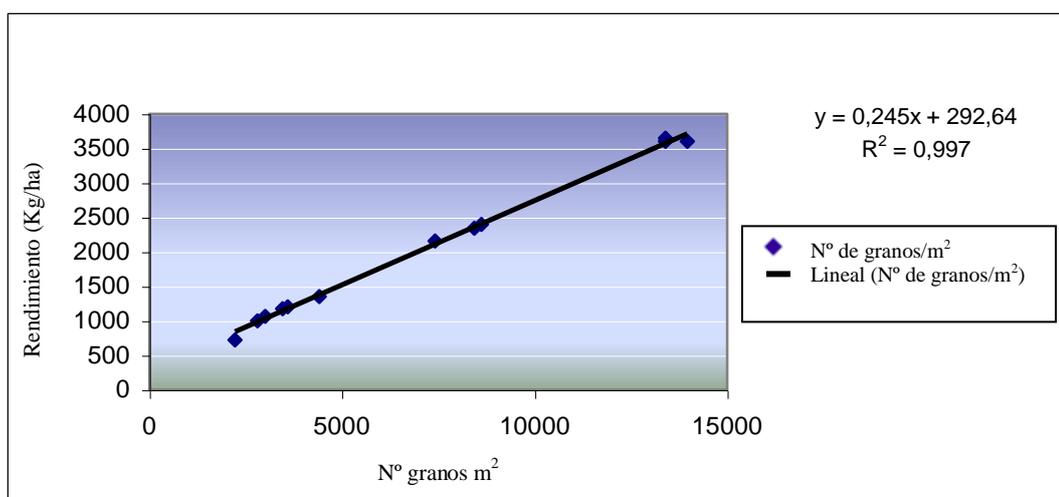


**Figura 8:** Análisis de regresión lineal del N° de granos por m<sup>2</sup> y Kg de N/ha.



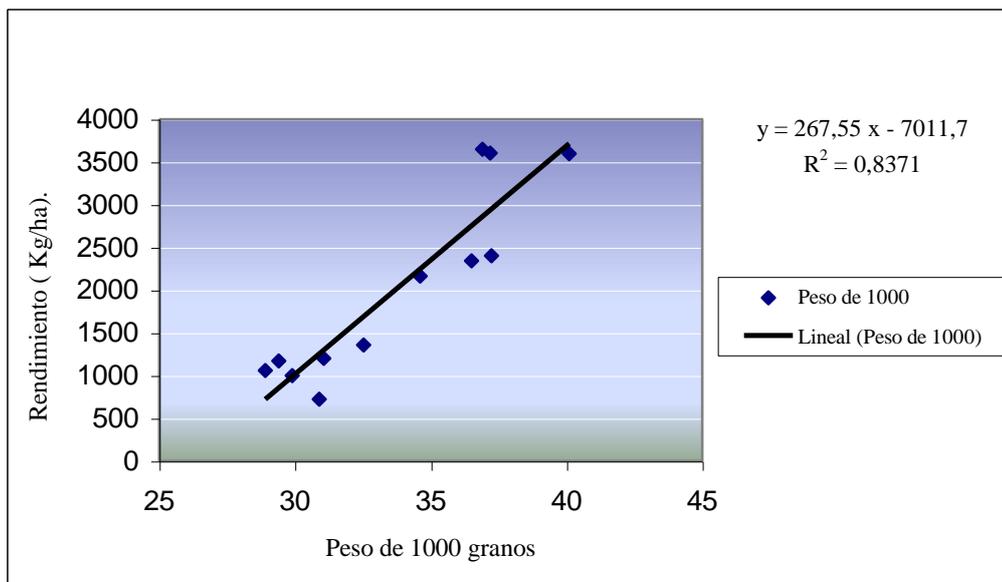
**Figura 9:** Rendimiento en Kg/ha, en los tratamientos con y sin riego y con y sin fertilizante.

## INTEGRACIÓN DE VARIABLES



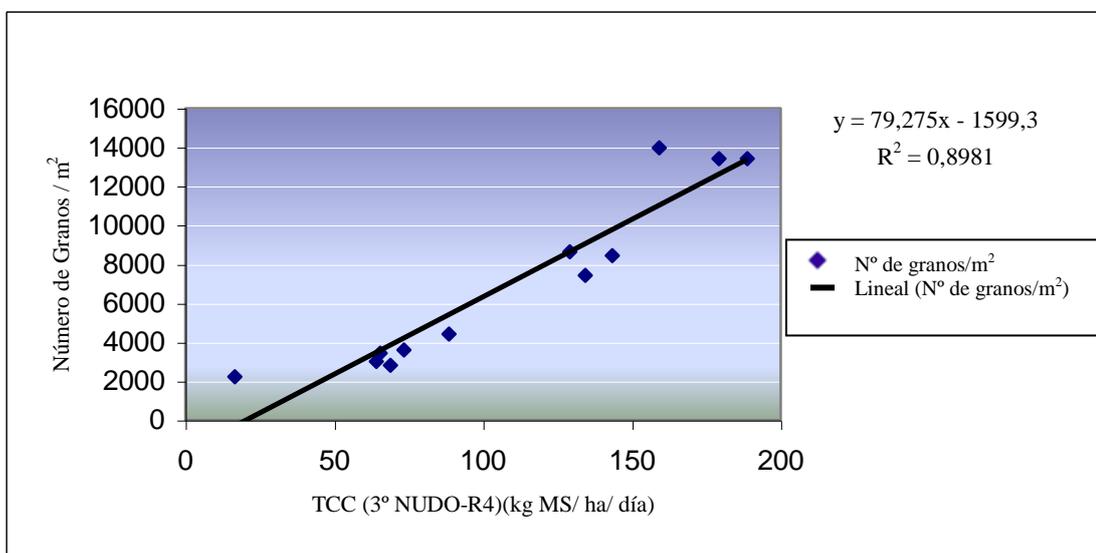
**Figura 10:** Análisis de regresión lineal del rendimiento (Kg/ha) y N° de granos por m<sup>2</sup>.

Se puede observar que existe una relación lineal significativa entre el rendimiento (Kg/ha) y el número de granos por m<sup>2</sup>, con un valor  $R^2$  de 0.997 indicando un buen grado de ajuste lineal de las curvas (Figura 10).



**Figura 11:** Análisis de regresión lineal del rendimiento (Kg/ha) y peso de 1000 granos.

Haciendo el análisis de regresión entre el rendimiento (Kg/ha) y peso de los mil granos (Figura 11), se puede observar que dicha relación no es tan lineal en comparación con lo observado en el (Figura 10), y que hay una mayor dispersión en los valores.

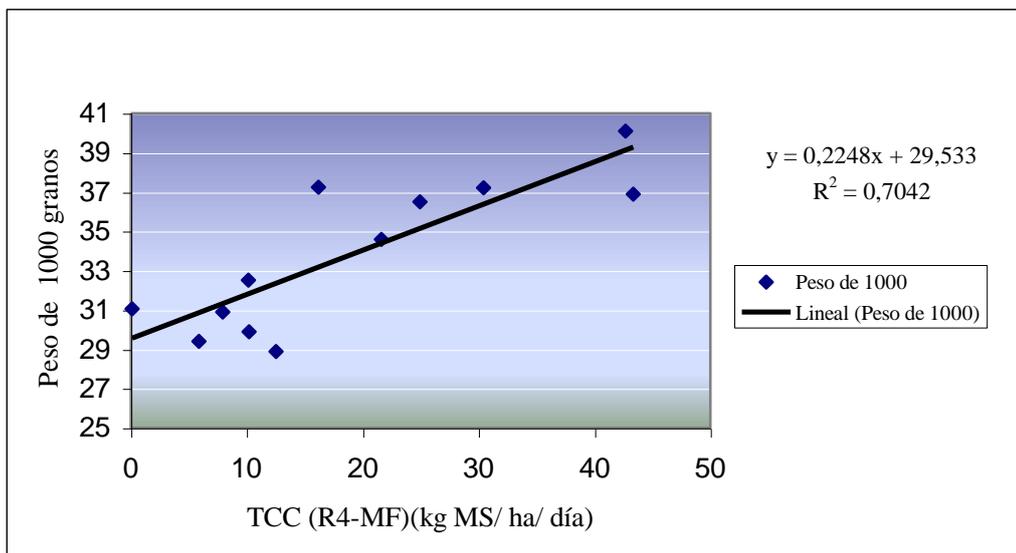


**Figura 12:** Análisis de regresión lineal del N° de granos por m<sup>2</sup> y TCC (3° Nudo - R4) (Kg MS/ ha/ día). TCC: tasa de crecimiento del cultivo. R4: grano lechoso según escala Zadocks (1974), MF: madurez fisiológica del trigo.

Como se observa en la (Figura 12) la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) durante el periodo crítico (3° nudo – R4) tiene una relación lineal del 90 % con el rendimiento del cultivo.

Donde por cada kg de incremento en la TCC entre 3° Nudo y R4, el número de granos/m<sup>2</sup> aumenta a razón de 79,27 granos.

Esta relación permite comprender la importancia del estado de crecimiento del cultivo en este período sobre la determinación del N° de granos, dado que es coincidente esta etapa con el período crítico del trigo tal cual lo propuso Miralles (2004).



**Figura 13:** Análisis de regresión lineal del peso de 1000 granos y TCC (3° Nudo - R4) (Kg MS/ ha/ día). TCC: tasa de crecimiento del cultivo. R4: grano lechoso según escala Zadocks (1975), MF: madurez fisiológica del trigo.

Analizando la (Figura 13), la tasa de crecimiento del cultivo entre (R4) grano lechoso y (MF) madurez fisiológica tuvo una relación del tipo lineal con el peso de 1000 granos, donde el coeficiente de regresión fue del 70,42%. En la misma se aprecia que por cada kg de aumento en la TCC el peso de 1000 granos se incrementó en 0,2248 gramos.

Esta situación se puede comprender dado que el peso de los granos guarda una estrecha relación con las condiciones de crecimiento del trigo en las etapas de llenado de los mismos según lo planteado por Abbate (2005).

## DISCUSIÓN

En lo que respecta a la producción de materia seca, se observa que existe interacción significativa entre el riego y el fertilizante para todos los estadios, a excepción del estado de macollaje. Esto comprueba la necesidad de un gran volumen de agua que demanda el cultivo de trigo para su crecimiento y desarrollo (Evans, 1983), además que la respuesta a la fertilización es muy dependiente de la disponibilidad de agua en el perfil del suelo (López Bellido *et al.*, 1996).

Es importante tener en cuenta las escasas precipitaciones que se produjeron durante el ciclo del cultivo y además que las aplicaciones de agua con el equipo de riego se realizaron en el momento adecuado (pre-macollaje, macollaje, primer nudo y floración) siendo importante remarcar que se debería haber efectuado un riego mas con el motivo de mejorar la disponibilidad hídrica en el perfil pero por razones operativas no se pudo efectuar, en tal sentido se evidencia lo dicho por Seiller *et al.* (1995), que la principal limitante de la zona para el cultivo de trigo es la falta de agua, la cual incide sobre el crecimiento y desarrollo del mismo. Además teniendo en cuenta lo dicho por Abbate (1996), este período de escasez de agua coincide con el periodo crítico, (inicio de septiembre y mediados de octubre). Compartiendo lo establecido por Abbate (1996), señala que a partir de macollaje el consumo de agua por parte del cultivo aumenta, requiriendo 2-3 mm/día en la fase de encañazón y 4-5 mm/día durante el llenado de granos periodo en el cual las precipitaciones no alcanzaron para cubrir los requerimientos hídricos

Comparto la opinión establecida por Frascina *et al.* (2001), en que el factor clave para alcanzar el máximo rendimiento en la agricultura de secano es maximizar el uso del agua por parte del cultivo.

En concordancia con Esposito *et al.* (2002), la menor diferencia en la producción de biomasa aérea, ante la aplicación de fertilizantes esta dada por la menor disponibilidad hídrica en el perfil del suelo, por tanto la respuesta a la fertilización disminuye o se hace nula en comparación con situaciones sin déficit.

Además coincidiendo con Abbate *et al.*, (1994), un estrés hídrico como se manifestó en los tratamientos de secano durante el período emergencia-floración afecto el área foliar (AF) del cultivo, afectándose por tanto la intercepción de la radiación y la eficiencia de conversión de la materia seca, todo esto disminuye la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), en comparación con los tratamientos en los cuales se efectuado el riego. También es importante destacar según, Carmona (2004) que esta disminución del área foliar afectará significativamente el número de granos por metro cuadrado, principal componente del rendimiento además del peso de los granos.

En coincidencia con lo establecido por Abbate *et al.*, (1994), un estrés hídrico producido antes y después de anthesis produce como efecto inmediato reducción en el número de granos por metro cuadrado, esto se produce como consecuencia de la disminución del área foliar y de la intercepción de radiación. La disminución del número de granos en los tratamientos que no fueron regados, respecto a los tratamientos regados se debe a un estrés hídrico producido durante el crecimiento de la espiga. Lo mismo se observó con respecto al peso de los 1000 granos, dado al estrés hídrico durante el periodo de llenado de granos; siendo la etapa de definición del peso de los 1000 granos la comprendida entre la floración y la madurez fisiológica del cultivo. El rendimiento del cultivo está dado por el número de granos/metro cuadrado y el peso de los 1000 granos.

Comparto lo establecido por Abbate *et al.* (1994), en que existe una relación lineal significativa entre el rendimiento y el número de granos/m<sup>2</sup>, en donde se obtuvieron resultados similares a los de del autor en el ensayo.

Los resultados coinciden con lo expresado por Miralles, (2004), en que la falta nutricional como también la reducción del aparato fotosintético, reducirán la cantidad de granos que el cultivo puede producir arrastrando inevitablemente a un menor rendimiento ya que la disminución en el número de granos difícilmente pueda ser compensada por aumento en el peso de los mismos.

Comparto lo establecido por Abbate (1996) pero no lo asevero, dado que en dicho ensayo no se pudieron evidenciar diferencias marcadas entre los tratamientos que fueron fertilizados respecto a los que no lo fueron, dado que el factor fundamental fue el riego y no el fertilizante, pero si fue significativa la interacción entre ambos factores, sobre el número de granos.

Para alcanzar niveles potenciales de producción, estoy totalmente de acuerdo con Abbate *et al.* (1994) y Magrín y Travasso (1997), en que se debe optimizar tanto el manejo de nutrientes, agua, y el control de malezas, plagas y enfermedades. Es importante destacar que el cultivo de trigo fue acompañado por condiciones sanitarias excelentes, tanto por la ausencia de enfermedades e insectos, como en lo que respecta al control de malezas.

## CONCLUSIONES

- ❑ Los resultados de este trabajo permiten determinar que para este suelo y ese año en particular (2003), existen interacciones significativas entre el factor riego y fertilizante en la acumulación de biomasa aérea, número de granos por metro cuadrado y rendimiento.
- ❑ La evolución de la biomasa aérea del cultivo a lo largo de su desarrollo evidenció una mayor respuesta a la aplicación de N bajo riego que en seco.
- ❑ La respuesta al agregado de N en relación con el rendimiento en grano (Kg/ha) fue superior en la condición bajo riego que en seco.
- ❑ La variación de rendimiento en grano (Kg/ha) se debe más a variaciones en el número de granos que a la variación del peso de los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AAPRESID. 2000. En [http://www.aapresid.org.ar/nota.asp?cid=75&ims=a\\_tct](http://www.aapresid.org.ar/nota.asp?cid=75&ims=a_tct). Consultado 21/06/04.
- ABBATE, P.E. INTA de Balcarce. 2005. “Bases fisiológicas para el manejo del cultivo de trigo”. Primer jornada de trigo de la región centro. 64 pág.
- ABBATE. P. E., Andrade. F. Y Culot. J. P. 1994. “Determinación del rendimiento en trigo”. Boletín Técnico N° 113. EEA. Balcarce.
- ABBATE, P. E. 1996. ” Ecofisiología de trigo: recordamos algunos aspectos prácticos para el manejo”. EEA, INTA Balcarce. En <http://www.aapresid.org.ar/ecofisiologia> de trigo. Consultado 20/10/04.
- ABBATE. P. E, ANDRADE. F. H, LAZARO. L, BARIFFI. J. H, BERARDOCCO. H. J, INZA. V. H Y MARTURANO. F.1998. Grain yield increase in recent Argentine wheat cultivars. Published in Crop Sci. 38:1209 (1998).
- ADRENI, P. 2005. “Perspectivas del mercado de trigo 2005”. TRIGO AL DIA, Seminario Crompton 2004.
- ADRENI, J. M. 1997. Uso del agua y riego. En: El cultivo de soja en la Argentina. GIORDA, L. Y BAIGORRI, H.; Ed. EEA Marcos Juárez - INTA.
- ALUMNOS DEL ITESM, 2000. México. Producción de Cultivos Alimenticios. Disponible en “<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.asp>.” Consultado 05/02/05.
- BERARDO, A., GRATTO, F. D., BORRAJO, G. 1999. Fertilización fosfatada de trigo: Respuesta y forma de aplicación.”. Informaciones agronómicas N° 2. Disponible en [www.ppi-far.org](http://www.ppi-far.org). Consultado 23/09/04.
- BIANCHINI, A; AMBROGIO, M; LORENZATTI, S y GARCIA, F 1999. Nutrición en la rotación: Tres años de la red de ensayos de AAPRESID-INPOFOS. Disponible en “[http://www.agriculturadeprecision.org/cursos/IIITallerInternacional/Bianchini,%20Garcia%20\(Aa%20presid-Inpofos\)%20P](http://www.agriculturadeprecision.org/cursos/IIITallerInternacional/Bianchini,%20Garcia%20(Aa%20presid-Inpofos)%20P).” Consultado 20/11/04.
- BRUGNONI, L.F 1981. ” El cultivo de trigo “.Colección principales cultivos de la Argentina. INTA.
- CANTERO, A.; E, BRICCHI; V. BECERRA; J. M. CISNEROS y H. GIL. Zonificación y descripción de las tierras del departamento Río Cuarto. (Córdoba). U.N.R.C. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Noviembre 1986.
- CAPELLE, N. 2004. En Revista Agro propuesta. Año II. N° 24. 62 pág.
- CARMONA, M. A., 2004. “Manejo integrado de las enfermedades del trigo, estrategia para el manejo de funguicidas”. TRIGO AL DIA, Seminario Crompton 2004.

- DARST, B, C. 2001. Una visión sobre la agricultura sustentable en los países desarrollados. Inpofos N° 12. 2001.
- DARWICH, N. 2001. Conferencia "Fertilización nitrogenada y fosforada del cultivo de trigo". Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.
- DÍAZ ZORITA, M 2002. La fertilización de soja y trigo/soja en la región pampeana 2001-2002: Red del Proyecto Fertilizar INTA. Disponible en "[http:// www.ppi-ppic.org](http://www.ppi-ppic.org)". Consultado 10/12/04.
- ESPÓSITO G., J. GESUMARIA y C. CASTILLO (2001) Fertilización del cultivo de trigo. Material didáctico cátedra Producción Vegetal. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.
- 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. N° 1, año 29, enero – marzo 2002.:64-70. Cuba.
- EVANS, L.T. 1983. "Fisiología de los Cultivos". Buenos Aires, Argentina. Editorial Hemisferio Sur.
- FAO 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations Soil. Bull. 48.
- FAUBA – DIARIO CLARIN. 2004. El gran libro de la siembra directa. 232 pág.
- FISCHER, R.A. 1985 Number of kernels in wheat crops and he influence of solar radiation and temperature. Journal of Agricultural Science. 447-461 pág.
- FORMENTO, N. 2001. Alimentando al Mundo. Revista F & G. Agribusiness Journal . Octubre Noviembre. Año 6. n° 69-70.
- FRASCHINA, J.; A. N. GALICH y M. T. V DE GALICH. 2001. Proyecto IPG. EEA INTA Marcos Juárez. Disponible en: [agromail.net](http://agromail.net).
- FRASCHINA, J.; SALINES, J. y BAINOTTI, C. 2001. Caracterizacion de variedades de trigo de distinto ciclo en siembra directa. Resúmenes del V Congreso Nacinal de trigo.Villa Carlos Paz 25 - 28 de septiembre.
- GARCÍA, F. 2000. Rentabilidad de la fertilización: Algunos aspectos a considerar. INPOFOS N° 5, 2000.
- GARCÍA, F.; FABRIZZI, K. P.; BERARDO, A. y JUSTEL, F. 1998. Fertilización nitrogenada en el sudeste bonaerense: Respuesta, fuentes y momentos de aplicación. XVI Congreso argentino ciencia del suelo. Carlos Paz, Córdoba.
- INFOAGRO, 2000. México. Producción de Cultivos Alimenticios. Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.asp>). Consultado 18/01/05.
- INGARAMO, J. 2000. "Producción y comercio mundial de trigo. Evolución y tendencias". Revista de la Bolsa de Cereales. Publicación N° 30022: 19-26.

- JENNER, C.1979. Grain filling in wheat plants shaded for brief periods after anthesis. Australian Journal of Plant physiology 6, 629-641.
- LÓPEZ BELLIDO, L., FUENTES, M., CASTILLO, J.E., LÓPEZ GARRIDO, F.J. y FERNÁNDEZ, E.J. 1996. “El largo periodo de labranza, la rotación de cultivos y los efectos de la fertilización nitrogenada en la producción de trigo bajo condiciones de clima mediterráneo”. Jornada Agronómica. Vol. 88.
- MAGRIN G y TRAVASSO M I. 1997. Potencial de producción del cultivo trigo en la región Pampeana Argentina. Reunión de planificación Estratégica de Trigo INTA-CIMMYT. Mar del Plata.
- MIRALLES, D. J. 2004. “Fisiología de la generación del rendimiento” Congreso a todo trigo 2004. 228 pág.
- MIRALLES, D. J. 2003. “Entender la generación del rendimiento como estrategia para reducir la incertidumbre en el manejo de trigo”. Jornada de actualización técnica del cultivo de trigo. Tres Arroyos, Mayo de 2003.
- PAGE A., R.H. MILLER y D.R. KEENEY. 1982. Methods of soil analysis. Chemical and Microbiological properties. Part 2, second edition.
- SEILER, R. A., ROTONDO, V. H. FABRICIUS, R. A.; VINOCUR, M. G. Y BONACCI, J. C. 1995. “Agroclimatología de Río Cuarto - 1974/93”, Volumen 1: 60-61. Agosto de 1995.
- SEILER, R. A., ROTONDO, V. H. FABRICIUS, R. A.; VINOCUR, M. G. Y LLAMES, A 1999. “Guía de trabajos prácticos”. Introducción a la meteorología agrícola. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.
- SAGPYA, 2003. En <http://www.sagpya.gov.ar>. Consultado 22/06/04.
- SATORRE, E.H., R.L. BENECH ARNOLD, G.A. AFLER, E.B. DE LA FUENTE, D.J. MIRALLES, M.E. OTEGUI y R. SAVIN. 2003. Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 783 pág.
- 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. Weed Research Organisation and Agricultural Chemicals Approval Scheme, Oxford. Traducción: Ing. Agr. Leopoldo Godio. Cátedra de Nutrición.