



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

**RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVAR DE
TRIGO “BUCK ARRIERO”, DE CICLO LARGO, BAJO RIEGO
Y SECANO**

TRABAJO FINAL

Para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

Autor: Gabriel Luis Gariglio

DNI: 27.896.428

Director: Ing. Agr. Carlos A. Castillo

Río Cuarto-Córdoba-Argentina

2006

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **Respuesta a la fertilización en el cultivar de trigo “Buck Arriero”, de ciclo largo, bajo riego y seco.**

Autor: Gabriel Luis Gariglio

DNI: 27.896.428

Director: Carlos A. Castillo

Aprobado y corregido de acuerdo a las sugerencias del Jurado Evaluador:

(Nombres)

Fecha de Presentación: ____/____/____

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____

Secretario Académico

Agradecimientos

- *Quiero agradecer principalmente a mi familia por todo su apoyo durante la carrera.*
- *A mi director de tesis, por haberme guiado en la realización de este trabajo.*
- *A mis amigos y compañeros de la carrera por todo su apoyo.*
- *A todos los profesores que participaron en mi formación como profesional.*

INDICE GENERAL

Pág.

Resumen.....	VI
Summary.....	VII
1. RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVAR DE TRIGO BUCK ARRIERO, CICLO LARGO, BAJO RIEGO Y SECANO.	1
1.1. Introducción.	1
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Hipótesis.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivos Generales.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
2. Materiales y métodos.....	5
2.1. Características generales del área donde se realizó el estudio.....	5
2.2. Descripción del sistema de siembra.....	5
2.3. Cultivar utilizado.....	5
2.4. Descripción del ensayo experimental.....	7
2.5. Descripción del equipo de riego.....	8
2.6. Descripción de las determinaciones realizadas sobre la producción del cultivo de trigo.....	8
2.6.1. Fenología del cultivo.....	8
2.6.2. Materia seca total aérea.....	8
2.6.3. Rendimiento y componentes.....	8
3. Resultados.....	9
3.1. Determinación de la materia seca.....	9
3.2. Número de granos por m ²	10
3.3. Peso de los 1000 granos.....	11
3.4. Determinación del rendimiento.....	12
4. Discusión.....	15
5. Conclusión.....	17

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1: Análisis del Suelo Experimental.....	5
Figura 1: Precipitaciones anuales de Río Cuarto. Valores últimos 30 años.....	6
Figura 2: Evolución de la temperatura del aire en Río Cuarto. Promedio última década.....	7
Figura 3: Temperaturas y Precipitaciones durante el ciclo del cultivo.....	7
Cuadro 2: Peso seco de biomasa, en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, en los 4 tratamientos y en los distintos estados fenológicos.....	10
Cuadro 3: Número de granos por m^2 , en los 4 tratamientos.....	11
Cuadro 4: Peso de los 1000 granos, en los 4 tratamientos.....	12
Cuadro 5: Rendimiento, en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, en los 4 tratamientos.....	13
Figura 4: Análisis de regresión lineal del rendimiento y número de granos.....	13
Figura 5: Análisis de regresión lineal del rendimiento y peso de los 1000 granos.....	14

RESUMEN

RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVAR DE TRIGO BUCK ARRIERO, DE CICLO LARGO, BAJO RIEGO Y SECANO.

La producción mundial de trigo representa poco más de un tercio del volumen total de los cereales con un total de 225.000.000 de hectáreas aproximadamente de las cuales 5.830.000 se encuentran en la Argentina siendo este uno de los principales productores. Ante una falta de información y experiencia en esta área a la respuesta de fertilizantes bajo riego y en seco se llevó a cabo, en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, durante el año 2003, un trabajo de investigación en el cual se determinó la respuesta a la fertilización en el cultivar Buck Arriero de ciclo largo, bajo riego y seco. Los ensayos tuvieron 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 por tratamiento y fueron los siguientes, “riego fertilizado”, “riego sin fertilizar”, “sin riego fertilizado” y “sin riego sin fertilizar”. Los resultados obtenidos en materia seca, rendimiento, número de granos y peso de los 1000 granos mostraron interacción significativa riego*fertilizante. El tratamiento de riego y fertilización superó estadísticamente a los restantes salvo en el peso de los 1000 granos. El tratamiento con riego y sin fertilización superó a los no regados y no se encontraron diferencias significativas debidas a la fertilización en los tratamientos en seco.

Palabras claves: Trigo, Fertilización, Riego, Cultivar.

SUMMARY

RESPONSE TO THE FERTILIZATION OF THE “BUCK ARRIERO”, LONG CICLE, TYPE OF IRRIGATED AND UNIRRIGATED GRAINS.

The wheat's world production represents a little more than a third part of the total production of cereals with a total of 225.000.000 hectares approximately, which 5.830.000 are located in Argentina, making this county one of the most important productor. After having considered the lack of information and experience in the field related to the nitrogenous and phosphoretted fertilization under irrigation and unirrigation, a research work had been carried out during the year 2003, in which an answer was found to the nitrogenous and phosphoretted fertilization of the “Buck Arriero” type of the in long cycle under irrigation and unirrigation.

The test were designed in blocks and they were arranged at random in plots subdivided in 12 meters of length by 4,8 meters wide with three repetitions each treatment. The processing treatment in which the tests were based were the following: “fertilized irrigation”, “irrigation without fertilization”, “without fertilized irrigation” and “no irrigation no fertilization”. The results obtained in dry matter, performance, number of grains and weight of the 1000 grains showed important differences among the treatments that were irrigated and the ones which were not, obtaining better results in the former ones. Like the irrigated grains, a difference between the fertilized and the non-fertilized grains was found, being the fist ones better in every parameter except in the weight of the 1000 grains. It did not happen the same in the non-irrigated treatments since it was not found any difference among fertilized and non-fertilized grains.

Key words: Wheat, Fertilization, Irrigation, Cultivar.

1. RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN EN UN CULTIVAR DE TRIGO BUCK ARRIERO, CICLO LARGO, BAJO RIEGO Y SECANO

1.1. INTRODUCCIÓN

Se estima que la domesticación del trigo (*Triticum aestivum*) se inició alrededor del año 7500 A. C. (Langer and Hill, 1987). Su origen fue en las montañas del suroeste asiático (Brugnoni, 1981).

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

Los principales países productores son, Unión Europea, China, Estados Unidos, Australia y Argentina; mientras que en el rubro exportador de este cultivo se destacan, Estados Unidos, Canadá, Argentina y Unión Europea (Ingramo, 2000).

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, oscilando 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 misma unos 1000 kilómetros de norte a sur y unos 600 kilómetros de este a oeste (Sagpya, 2003).

La región triguera se subdivide en 5 sub-regiones agroecológicas,

Subregión I: con una superficie total de 11.887.300 ha de las cuales el 5 % se destina a la siembra de trigo, aproximadamente. Comprende el norte de Santa Fe y el extremo noreste de Córdoba.

Subregión II Norte: con una superficie de 5.984.100 ha (el 19 % de las mismas ocupadas por trigo), ubicada al sur de Santa Fe, extremo este de Córdoba y al extremo norte de Buenos Aires.

Subregión II Sur: tiene una superficie de 12.047.400 ha siendo el 11,3 % utilizada para la producción de trigo y esta ubicada al norte de Buenos Aires.

Subregión III: cuenta con 7.667.800 ha con el 3 % destinado a trigo 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 ha con un 18 % para trigo.

Subregión V Norte: la cual cuenta con una superficie de 6.750.900 ha de las cuales el 5 % es para trigo y esta localizada en la provincia de Córdoba.

Subregión V Sur: abarcando el sector oeste de Buenos Aires, La Pampa y el extremo sur de Córdoba, con una superficie total de 5.500.000 ha y el 36,4 % para trigo (Brugnoni, 1981).

El área donde se llevó a cabo este ensayo se ubica en la región V-Norte presentando un clima templado semiárido, con precipitaciones media anuales de aproximadamente 800 mm, siendo escasas en los meses de junio, julio y agosto. Durante el ciclo del cultivo las precipitaciones totalizan alrededor de los 260 mm. (Seiler, *et. al.* 1995). Lo dicho anteriormente es una importante limitante para este cultivo, ya que coincide con el crecimiento y desarrollo del mismo y su período crítico (Abbate, 1996).

Los tipos de suelos predominantes son franco limosos, con un mayor contenido de arena hacia el extremo sur del departamento Río Cuarto. Los mismos pertenecen a la categoría de Hapludoles en la mayoría de los casos, el nivel nutricional es muy variable dependiendo exclusivamente de dos factores como lo son el tipo de actividad y la técnica de manejo (Brugnoni, 1981).

Los rendimientos en general en el área no superan los 3000 kg/ha, siendo inferior a los registrados en otras zonas. Esto se debe en gran parte a los bajos niveles de fertilización empleados, especialmente con nitrógeno y fósforo (Darwich, 2001). Otros autores afirman que el rendimiento potencial de trigo en la región está 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). López Bellido *et. al.* (1996) señalan que la respuesta a la fertilización es muy dependiente de la disponibilidad de agua en el perfil del suelo.

1.2. ANTECEDENTES

El cultivo de trigo necesita de un gran volumen de agua, debido a que gran parte de ésta es utilizada en la evaporación directa del suelo y en la transpiración del cultivo, el agua es requerida para el crecimiento y desarrollo del cultivo (Evans, 1983).

El mayor consumo de agua se produce durante el periodo de emergencia de la última hoja y comienzo de llenado de granos (4-5 mm/día), luego lo sigue el periodo de encañazón (2-3 mm/día) y el menor consumo se da en 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).

El surgimiento de un estrés hídrico durante el período emergencia-floración afecta el área foliar y si este no llega al IAF crítico se afecta la eficiencia de interceptación de la radiación y la eficiencia de conversión de la materia seca. Todo esto disminuye la tasa de crecimiento del cultivo.

Si durante el período de crecimiento de la espiga se produce el estrés hídrico lo que disminuye es el número de granos por superficie, mientras que si se produce durante el período de llenado de granos lo que disminuye es el peso de los mismos (Abbate, *et. al.* 1994).

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).

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

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 tanto el manejo de nutrientes y agua como también el control de malezas, plagas y enfermedades. (Abbate *et. al.* 1994, Magrín y Travasso, 1997).

Ante la falta de información y experiencia en esta área a la respuesta de fertilizantes nitrogenados y fosforados en el cultivar Buck Arriero de ciclo largo en secano y bajo riego, es muy importante llevar a cabo esta experiencia para determinar los diferentes resultados.

1.3. HIPOTESIS

* El cultivar de trigo de ciclo largo “Buck Arriero” tiene una respuesta importante sobre la producción de biomasa y el rendimiento en granos a la fertilización bajo condiciones de riego y secano.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

* Evaluar en el cultivar “Buck Arriero”, de ciclo largo, la respuesta a la fertilización bajo condiciones de riego y secano.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

* Determinar en el cultivar de ciclo largo la respuesta a la fertilización en biomasa aérea total en condiciones de riego y secano.

* Determinar la respuesta a la fertilización en el rendimiento en grano y en los componentes directos de rendimiento (número de granos por metro cuadrado y peso de 1000 semillas) en el cultivar de ciclo largo, en condiciones de riego y secano.

2. MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2003, en el campo experimental de la U.N.R.C. a la altura del kilómetro 601 de la ruta nacional 36, Las Higueras, Córdoba, latitud sur 33° 7', longitud oeste 64° 14' y a 421 m.s.n.m.

La muestra de suelo para el análisis del mismo se efectuó el 18 de abril del año 2003, la misma se realizó a través de un barreno sacando muestras tanto de los primeros 20 cm del suelo como de los segundos 20 cm.

Cuadro 1: Analisis del Suelo del Sitio Experimental

Materia orgánica	2,60%
PEA (0 a 20 cm)	1,3
PEA (20 a 40 cm)	1,32
Fósforo Disponible ppm (0 a 20 cm)	26
pH	6,7
N-NO ₃ ⁻ , (0 a 20 cm)	8,34
N-NO ₃ ⁻ , (0 a 40 cm)	5,44

Referencia: Materia Organica, por método de Wakley-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). PEA, por método del cilindro, (Klute A., 1986.).

Se sembró el cultivar de trigo ciclo largo Buck Arriero el día 3 de julio del 2003, sobre un Hapludol típico, franco arenoso muy fino, la misma se realizó bajo el sistema de siembra directa, utilizando una sembradora Bertini de 24 surcos a una distancia de 17,5 cm con una densidad de 120 kg/ha de semilla.

Al momento de efectuar la siembra, se aplicó conjuntamente 90 kg/ha de fosfato diamónico (PDA) y 100 kg/ha de urea, justificado en este último caso por el análisis de suelo (Cuadro 1), ubicando tanto el fosfato diamónico como la Urea por debajo y al costado de la línea de siembra

El día 7 de julio del año 2003 se llevó a cabo una aplicación de glifosato con una dosis de 2 litros/ha debido a la presencia de malezas como *Brassica camprestis*, *Avena fatua*, *Poligonum aviculare* y *Cirsium vulgare*.

El registro de las variables meteorológicas, se obtuvo de la estación meteorológica automática, ubicada en el campo experimental de la UNRC perteneciente a la cátedra de Climatología.

El clima del sitio experimental, tomando como referencia la serie de datos registrados en dicha estación durante el período 1974-2004, está caracterizado por un régimen de precipitaciones Monzónico, que concentra el 80% de las lluvias en el periodo de octubre a abril.

La precipitación media anual (Figura 1) es de 801.2 mm con valores extremos mínimos de 451.1 mm en 1988 y máximos de 1195.2 mm en 1984, para la serie 1974-2004, (Cátedra de Climatología Agrícola, 2005)

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. La amplitud térmica media anual es de 13.9 ° C. (Seiler *et.al.*, 1995) (Figura 2).

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.

Para este año en particular, 2003, el total de mm fue de 605. Desde la siembra hasta fines de noviembre la precipitación acumulada fue de 70 mm, de los cuales 37 mm se produjeron en julio, 1 mm. en Agosto, en septiembre no llovió, 10 en octubre y 24 en noviembre en donde 16 mm llovieron al final del mes. Las máximas precipitaciones (214 mm) se registraron en el mes de Diciembre cuando el cultivo ya había llegado a MF (Figura 3).

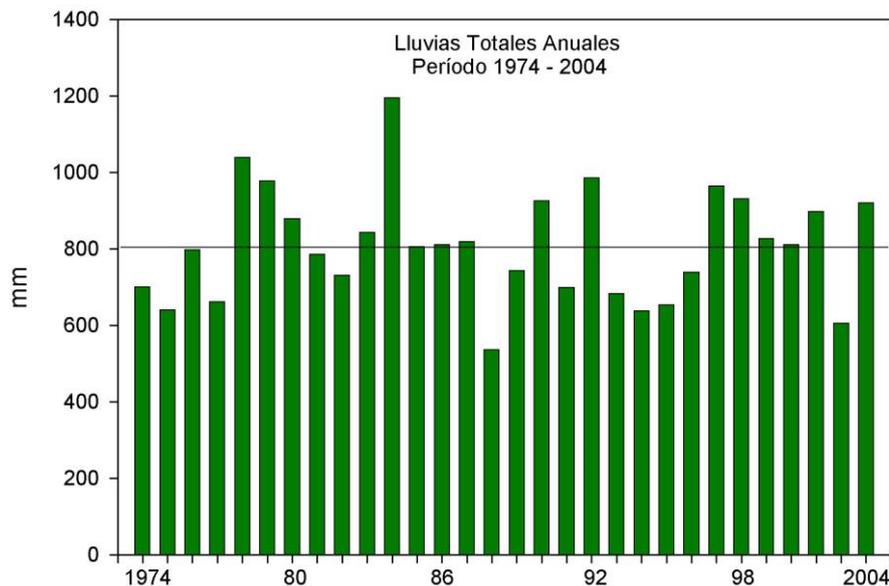


Figura 1: Precipitaciones anuales de Río Cuarto. Valores últimos 30 años

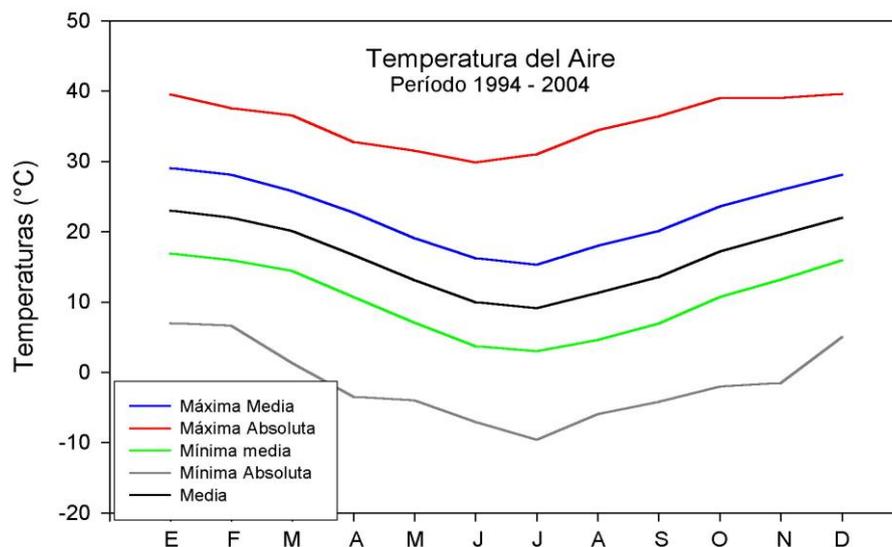


Figura 2: Evolución de la temperatura del aire en Río Cuarto. Promedio última década.

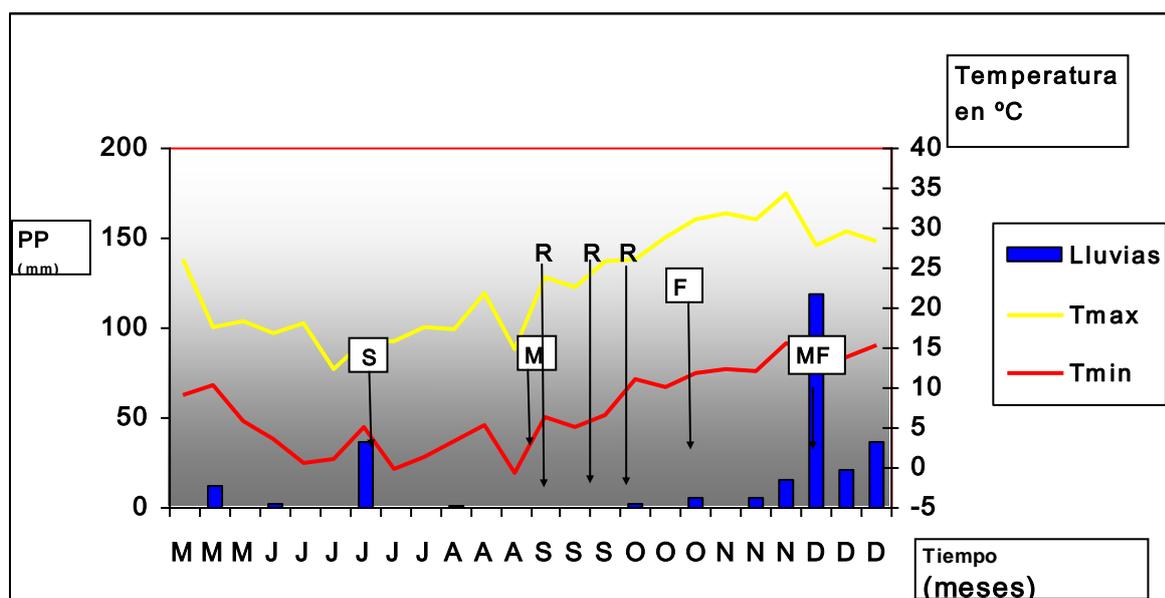


Figura 3: Temperaturas y Precipitaciones durante el ciclo del cultivo.

S: Siembra **M:** Macollaje **E:** Encañazón **F:** Floración **MF:** Madurez Fisiológica
R: Riego

Los ensayos tuvieron 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. Los tratamientos en que

se basó el ensayo fueron los siguientes: “riego fertilizado”, “riego sin fertilizar”, “secano fertilizado” y “secano sin fertilizar”.

Para el riego se utilizó una máquina autopropulsada de avance frontal, la misma presenta dos torres de 45 metros cada una, en donde la primera tiene una unidad de mando que determina el ritmo de funcionamiento del equipo, además cuenta con un voladizo de 10 metros de largo, cubriendo en total un ancho de riego de 100 metros, presentando difusores espaciados a 3 metros con tubería de bajada que varía según el desarrollo del cultivo.

El agua llega a la máquina por una tubería subterránea conectándose al equipo por medio de hidrantes y a través de una tubería flexible.

El equipo se programó con un ritmo de funcionamiento de riego de cada 60 segundos, 50 parado y 10 segundos marchando. Las aplicaciones efectuadas durante el ensayo fueron de 30 milímetros cada una, realizándose en los estadios de pre-macollaje, macollaje y primer nudo, manteniendo la disponibilidad hídrica del suelo por encima del 50% de agua útil (considerando este porcentaje como el umbral crítico que limita la tasa de consumo para el cultivo (Villar, 2001)) recordando que el 50 % de Agua Útil en un suelo Hapludol Típico es igual a 115 milímetros en los primeros 1,3 metros de suelo (Pergolini *et. al.* 2003) Por rotura de la tubería flexible, no se pudo llevar a cabo la aplicación correspondiente al estado de floración, ya que en ese momento la disponibilidad hídrica se encontraba por debajo del 50 % de agua útil.

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

La extracción de las muestras para obtener materia seca se efectuaron en los siguientes estadios fenológicos según el código de Zadoks *et. al.* (1974):

- *Macollaje, 10 de septiembre. Z 29
- *Encañazón, primer nudo, 24 de septiembre. Z31
- *Encañazón, tercer nudo, 5 de octubre. Z 33
- *Floración, 28 de octubre. Z 64
- *Grano lechoso, 5 de noviembre. Z 75
- *Madurez fisiológica, primeros días de diciembre. Z 90

Se realizaron dos submuestras de 0,25 m² por parcela, secándola a estufa a una temperatura de 105 °C, hasta lograr peso constante.

Al momento de cosecha, 18/12/03, se determinó el rendimiento (kg.ha⁻¹) y componentes del mismo (número de granos por metro cuadrado y peso de los 1000 granos).

Los resultados obtenidos fueron evaluados mediante ANAVA (Análisis de la Varianza) y se utilizó el test de LSD Fisher Alfa al 5 % de probabilidad para determinar diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos, empleando el paquete estadístico INFOSAT.

3. RESULTADOS

3.1. Determinación de la materia seca

El análisis estadístico de la varianza realizado para los factores (riego y fertilidad) en la producción de biomasa aérea total en diferentes estadios fenológicos de macollaje, primer nudo, tercer nudo, floración, grano lechoso y madurez fisiológica, mostraron un efecto interactivo significativo riego*fertilizante (Cuadro 2). Es decir, que el riego empleado tuvo un efecto diferencial al fertilizante.

El incremento producido por el riego en la producción de materia seca, considerando los tratamientos con y sin fertilización, fue de 94,54 % en Macollaje, 90 % en Primer Nudo, 164,86 % en tercer Nudo, 410,89 % en Floración, 351,04 % en Grano Lechoso y 269,96 % en Madurez Fisiológica, con respecto a los tratamientos en secano.

En Macollaje, dentro de los tratamientos con riego, el fertilizado se incrementó en un 61,88 % en relación al tratamiento sin fertilizar, en Primer Nudo en un 47,93 %, en Tercer Nudo en un 70,82 %, en Floración en un 69,45 %, en Grano Lechoso en un 65,90 % y en Madurez Fisiológica en un 59,40 %.

Dentro de los tratamientos no regados, el fertilizado obtuvo solamente un incremento del 16,29 % con el no fertilizado en Macollaje, un 10,30 % en Primer Nudo, un 19,76 % en Tercer Nudo, un 10,21 % en Floración, un 17,25 % en Grano Lechoso y un 14,58 % en Madurez Fisiológica. Todo esto que ocurrió en los diferentes estadios es debido a la escasa precipitación durante la campaña agrícola en la que se desarrollo el estudio (Figura 3).

Cuadro2: **Peso seco de biomasa, en kg.ha⁻¹, en los 4 tratamientos y en los distintos estados fenológicos.**

Tratamiento	ESTADO FENOLÓGICO					
	Macollaje	Primer nudo	Tercer nudo	Floración	Grano Lechoso	Mad. Fis.
C/R C/F	463 a	1321 a	3789 a	10381 a	10950 a	11078 a
C/R S/F	286 b	893 b	2218 b	6126 b	6600 b	6950 b
S/R C/F	207 c	610 c	1236 c	1694 c	2100 c	2602 c
S/R S/F	178 c	553 c	1032 c	1537 c	1791 c	2271 c
CV %	9,73	12,15	11,23	2,88	2,15	4,91
DMS	55,13	205	464,33	283,84	229,97	561,16
Riego*Fert	0,0036	0,0201	0,0022	0,0001	0,0001	0,0001

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

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

CV: Coeficiente de Variación. LSD: Diferencia mínima significativa.

3.2. Número de granos

El rendimiento es considerado como el producto del número de granos por unidad de superficie y el peso medio de los granos (Abbate *et. al.* 1994).

Cuantiosos trabajos han demostrado que de los componentes que forman el rendimiento (kg.ha⁻¹), el número de granos producidos es el que mejor explica las variaciones en el rendimiento final más que cualquier cambio en el peso individual de los mismos.

Con referencia al número de granos se observa que hubo interacción significativa Riego*Fertilizante, siendo mayor el número de granos en el tratamiento regado y fertilizado sobre los otros tratamientos. Es decir, que el riego empleado tuvo un efecto diferencial al fertilizante. (Cuadro 3).

El incremento producido por el riego, considerando los tratamientos con y sin fertilización, es del 474 % con respecto a los tratamientos en secano. Es de hacer notar nuevamente la incidencia de las condiciones climáticas reinantes durante el desarrollo del cultivo (Figura 3).

En el tratamiento bajo riego fertilizado se observa un incremento del 50.71 % con respecto al no fertilizado

Mientras a lo que hace a los tratamientos en secano se visualiza un aumento en el número de granos de alrededor del 9 % del tratamiento fertilizado con respecto al no fertilizado, mostrando una tendencia a que el número de granos tendría un incremento con la fertilización.

Cuadro 3: **Número de granos por metro cuadrado, en los 4 tratamientos**

Tratamiento	Número de granos
C/R C/F	10256 a
C/R S/F	6805 b
S/R C/F	1551 c
S/R S/F	1421 c
Riego*Fert	0,0018
CV %	10,76
DMS	1076,61

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

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

CV: Coeficiente de Variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

3.3. Peso de 1000 granos

A pesar de que el número de granos es la variable que explica de un mejor modo el rendimiento en grano, un cambio en el peso de los mismos podría afectar el rendimiento final del cultivo, comprendiendo la etapa de definición del peso de los 1000 granos está entre floración y madurez fisiológica. El crecimiento de los granos está más fuertemente restringido por características propias del mismo 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).

La interacción entre el factor riego*fertilizante fue significativa también en el peso de los 1000 granos. Es decir, que el riego empleado tuvo un efecto diferencial al fertilizante (Cuadro 4).

El incremento producido por el riego es del 28,14 %, considerando los tratamientos con y sin fertilización versus los tratamientos en secano.

En los tratamientos bajo riego se observa un incremento del 13,80 % del no fertilizado con referencia al fertilizado.

Con respecto a los tratamientos en secano se observa un incremento en el peso de los 1000 granos de alrededor del 6,01 % del fertilizado con respecto al no fertilizado.

Cuadro 4: **Peso de los 1000 granos, en los 4 tratamientos.**

Tratamiento	PESO DE 1000 GRANOS (gramos)
C/R C/F	29.35 b
C/R S/F	33.40 a
S/R C/F	25.20 c
S/R S/F	23.77 c
Riego*Fert	0.0286
CV %	5.94
DMS	3.31

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

En negritas se observan interacción significativas al 5 % de probabilidad según test LSD

CV: Coeficiente de Variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

3.4. Determinación del rendimiento

Por último en la parte de resultados se analiza el rendimiento, en donde se puede visualizar en el cuadro 5 el análisis estadístico de la varianza realizado para las variables (riego y fertilidad) en el rendimiento en grano, mostrando un efecto interactivo significativo riego*fertilizante, donde la variable riego empleado tuvo un efecto diferencial con respecto al fertilizante.

El incremento producido por el riego, considerando los tratamientos con y sin fertilización versus los tratamientos en secano, es del 624,59 %. Esto que ocurrió es debido a las condiciones climáticas reinantes durante el desarrollo del cultivo (Figura 3) y que el riego tomó una gran importancia sobre los resultados obtenidos.

En los tratamientos bajo riego se observa un incremento del 32,58 % del fertilizado con referencia al no fertilizado.

Con respecto a los tratamientos en secano se observa un incremento en el rendimiento de alrededor del 15,38 %, mostrando una tendencia a que el rendimiento aumenta con la fertilización.

Cuadro5: Rendimiento, en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, en los 4 tratamientos.

Tratamiento	RENDIMIENTO
C/R C/F	3007 a
C/R S/F	2268 b
S/R C/F	390 c
S/R S/F	338 c
Riego*Fert	0.0077
CV %	10.06
DMS	301.55

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

En negritas se observan interacción significativas al 5 % de probabilidad según test LSD

CV: Coeficiente de Variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

Como se observa en las figuras 4 y 5 el rendimiento está en estrecha relación con el número de granos obtenidos por m^2 (R^2 0.9832) y no guarda relación con el peso de los mismos (R^2 0, 5947). Ello coincide con los resultados obtenidos por Abbate. (1995) que indican que existe una relación lineal significativa entre el rendimiento y el número de granos. m^{-2} , pero no hay correlación entre el rendimiento y peso de los 1000 granos.

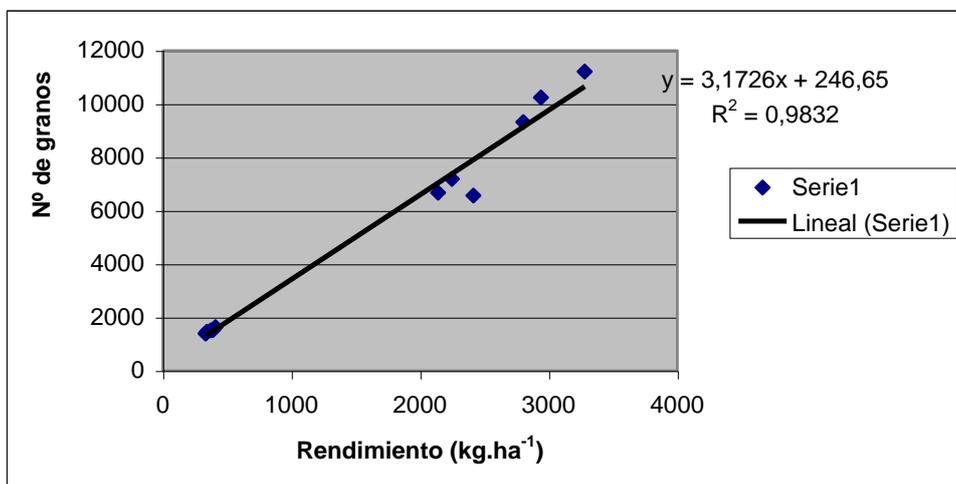


Figura 4: Análisis de regresión lineal del rendimiento y número de granos

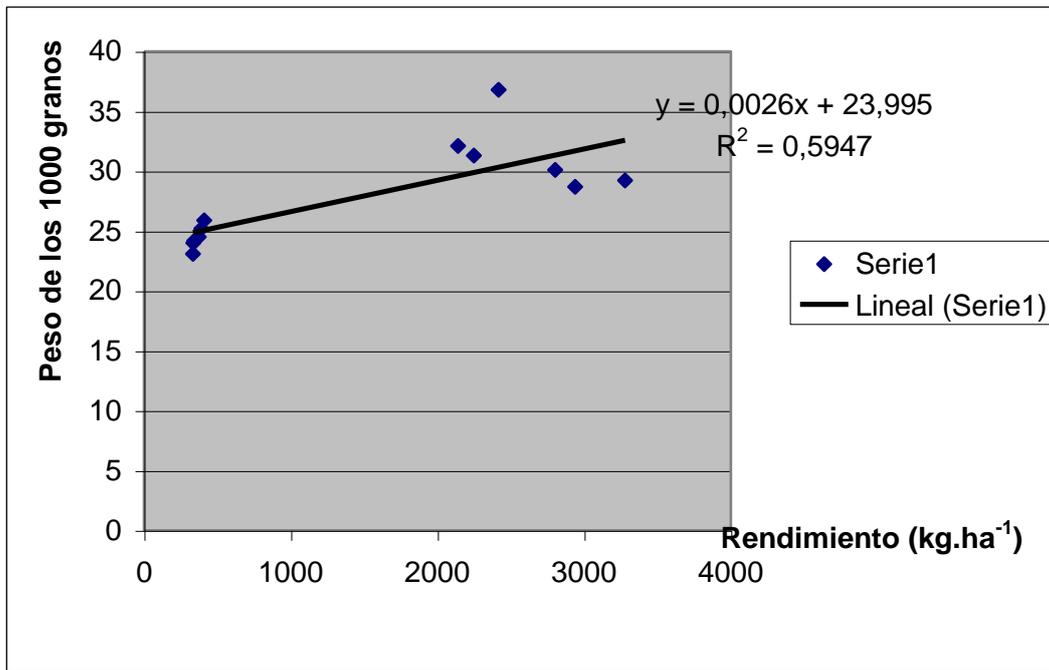


Figura 5: Análisis de regresión lineal del rendimiento y peso de los mil granos

4. DISCUSIÓN

Se observa interacción significativa con respecto a los kilogramos de materia seca entre el riego y la fertilización en todos los estados fenológicos, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos con y sin riego, y dentro de los que se regaron se diferenciaron el fertilizado y el no fertilizado, no ocurriendo lo mismo entre los tratamientos que no se efectuó el riego (Cuadro 2).

En concordancia con Evans (1983) que comprueba la necesidad del gran volumen de agua que demanda el cultivo de trigo para su crecimiento y desarrollo y con López Bellido *et al.* (1996) que midieron que la respuesta a la fertilización depende en gran medida de la disponibilidad de agua que está presente en el perfil.

Coincidiendo con Abbate *et al.* (1994), que observaron que un estrés hídrico, como ocurrió en los tratamientos sin riego durante el período emergencia-floración, afecta el crecimiento de la biomasa aérea siendo la planta más chica, afectando la eficiencia de interceptación de la radiación, ocasionando una menor cantidad de materia seca comparándola con los tratamientos regados.

En referencia a los tratamientos regados, el fertilizado obtuvo mejores resultados sobre el tratamiento sin fertilizar, concuerda con López Bellido *et al.* (1996) que observaron que la respuesta a la fertilización en materia seca depende de la disponibilidad hídrica en el perfil. (Cuadro 2)

Es importante remarcar que hubo precipitaciones importantes seguidas a la siembra, lo que haría pensar que tendría que haber una diferencia significativa entre el tratamiento sin riego y sin fertilizar y el tratamiento sin riego y con fertilizante, pero esto no ocurrió ya que las muestras se extrajeron a fin de macollaje y el tiempo transcurrido entre las precipitaciones y la fecha de las muestras fue de más de 2 meses, acompañado esto por altas temperaturas ocurridas en este periodo (Figura 3).

Coincidiendo con Fraschina *et al.* (2001), que observaron, como ocurrió en los tratamientos con riego, que a partir del tercer nudo hasta madurez fisiológica, en referencia a la materia seca, la respuesta a la fertilización en los tratamientos con riego comenzó a tener mayor importancia (Cuadro 2).

La disminución del número de granos de los tratamientos no regados con respecto a los tratamientos regados (Cuadro 3) se debe a un estrés hídrico producido durante el crecimiento de la espiga, lo mismo ocurrió con el peso de los 1000 granos (Cuadro 4) ya que hubo un estrés hídrico en el periodo de llenado de granos coincidiendo plenamente con lo que dijeron Abbate *et al.* (1994) (Figura 3).

En concordancia con Abbate *et. al.* (1996), una menor disponibilidad de nitrógeno como ocurrió en el tratamiento con riego sin fertilizante con respecto al tratamiento con riego y con fertilizante provocó una menor cantidad de materia seca (Cuadro 2), un menor número de granos (Cuadro 3) y por ende un menor rendimiento (Cuadro 5).

Coincidiendo con Abbate *et. al.* (1998), el rendimiento está más relacionado con el número de granos por metro cuadrado que al peso de los mismos.

Como ya se dijo anteriormente en la determinación del número de granos, varios autores han demostrado que de los componentes que forman el rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), el número de granos producidos es el que mejor explica las variaciones en el rendimiento final más que cualquier cambio en el peso individual de los mismos.

Cabe aclarar que las precipitaciones en todo el ciclo del cultivo fueron muy escasas (70 mm hasta fines de noviembre) por lo que los tratamientos sin riego, en todos los parámetros medidos, presentaron resultados excesivamente menores a los tratamientos con riego.

Es de hacer notar que por problemas insalvables en el equipo de riego (se rompió la manguera flexible) no se aplicaron los mm que correspondían previo a floración para que la disponibilidad hídrica no este por debajo del 50 % de agua útil (115 milímetros en los primeros 1,3 metros de suelo (Pergolini *et. al.*, 2003)), lo cual afectó el número de granos ocasionando una disminución en el rendimiento en granos. (Cuadro 3 y 5).

5. CONCLUSIÓN

- * Se encontró en la producción de biomasa, rendimiento y número de granos por m² respuesta a la fertilización solamente en la situación bajo riego.
- * Debido a las escasas precipitaciones, ocurridas durante el ciclo del cultivo, no hubo respuesta a la fertilización entre los tratamientos en Secano.
- * La respuesta al riego fue significativa en relación a todos los parámetros medidos.
- * Debido a las condiciones particulares en las que se llevó a cabo este ensayo y ser solamente una campaña agrícola la evaluada, se debería continuar con dicha línea de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

ABBATE, P. E., F. ANDRADE y J. P. CULOT. 1994 "Determinación del rendimiento en trigo". **Boletín técnico N° 133**. EEA. Balcarce.

ABBATE, P. 1995 Effects of radiation during spike growth period. **Field Crops Res.** 54:245-257.

ABBATE, P. E. 1996 "Ecofisiología del cultivo de trigo". INTA de Balcarce. Disponible en: www.aapresid.org.ar.

ABBATE P. E, F. H. ANDRADE, L. LAZARO, J. H. BARIFFI, H. J. BERARDOCCO, V. H. INZA Y F. MARTURANO. 1998 Grain yield increase in recent Argentine wheat cultivars. **Crop Sci.** 38:1209.

BERARDO, A., F. D. GRATTOE y G. BORRAJO. 1999 Fertilización fosfatada de trigo: Respuesta y forma de aplicación. **Informaciones agronómicas N°2**. Disponible en: www.ppi-far.org.

BRUGNONI, L. F. 1981 "**El cultivo de trigo**". Colección principales cultivos de la Argentina.

CATEDRA DE CLIMATOLOGÍA AGRICOLA, 2005 Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.

DARWICH, N. 2001 Conferencia "**Fertilización nitrogenada y fosforada del cultivo de trigo**". Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.

EVANS, L. T. 1983 "**Fisiología de los cultivos**". Ed. Hemisferio Sur. S.A. Pág.:113 a 196.

FAO. 2002 Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FRASCHINA, J.; A. N. GALICH y M. T. V. DE GALICH. 2001 **Proyecto IPG**. EEA. INTA Marcos Juárez. Disponible en agromail.net.

INGRAMO, J. 2000 "**Producción y comercio mundial de trigo. Evolución y tendencias**". Revista de la bolsa de cereales. Publicación N° 30022: 19-26.

KLUTE, A. 1986 Methods of soil analysis. **Physical and mineralogical methods**. Part I, second edition.

LANGER, R.H.M. Y G.D. HILL. 1987 "**Plantas de interés agrícola**". Acribia S.A. Zaragoza

LÓPEZ BELLIDO, L.; M. FUENTES; J. E. CASTILLO; F. J. LÓPEZ GARRIDO y E. FERNÁNDEZ. 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 M. I. TRAVASSO. 1997 Potencial de producción del cultivo trigo en la región Pampeana Argentina. **Reunión de planificación Estratégica de Trigo INTA-CIMN YT**. Mar del Plata

MIRALLES D. Y G. SLAFER, 2001 Desarrollo, crecimiento y determinación de los componentes del rendimiento. Trigo: **Cuaderno de Actualización técnica N° 63**. CREA. Pág.: 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.

PERGOLINI S., C. CASTILLO Y G. ESPÓSITO 2003 **Efecto de la fertilización sobre consumo y la eficiencia de uso del agua del cultivo de trigo**. Tesis. Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC.

SAGPYA. 2003 Fyo.com-Granos-Seguros.

SEILER, R. A., V. H. OTONDO, R. A. FABRICIUS, M. G. VINOCUR, y A. LLAMES. 1999 "**Guía de trabajos prácticos**". Introducción a la meteorología agrícola. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.

SEILER, R. A., V. H. ROTONDO, R. A. FEBRICIUS, M. G. VINOCUR, y BONACCI. 1995 "**Agroclimatología de Río Cuarto- 1974/93**". Volumen I: 60-61.

VILLAR, J. 2001 Dinámica del consume de Agua de Trigo en Siembra Directa. En: **Información técnica**. Campaña 2001. Publicación miscelánea N° 94. Área de Agronomía de EEA Rafaela.

ZADOKS, J. C.; Y. GHANG y C. F. KONZAK. 1974 A decimal code for the growth stages of cereals. Disponible en:

www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/006/X82345/X8234500