



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

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

**RESPUESTA DE UN CULTIVAR DE TRIGO  
CICLO LARGO AL RIEGO Y FERTILIZACION**

Alumno: **Giraudó Javier Alberto**  
DNI: 27293084

Director: Ing. Agr. Carlos A Castillo

Río Cuarto, Córdoba, Argentina  
Diciembre 2005

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

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

**Título del Trabajo Final:**

**Autor:**

**DNI:**

**Director:**

**Co-Director:**

**Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado  
Evaluador:**

\_\_\_\_\_

**(Nombres)**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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

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

\_\_\_\_\_  
**Secretario Académico**

## **DEDICATORIA**

- Dedicada muy especialmente, a mi madre Susana por su esfuerzo compartido, y a mi novia Jimena por su compañía incondicional. A todos mis familiares y amigos por los momentos y alegrías vividas a lo largo de toda la carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

- El mas profundo de los agradecimientos a mi director Ing. Agr. Carlos Castillo perteneciente a la asignatura de Cereales de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto que me brindó sus conocimientos, consejos y dedicación para el logro de ésta tesina.
- A los demás profesores integrantes de dicha asignatura, que participaron activamente ante diversas consultas.
- A la profesora Elena Fernández por su colaboración desinteresada en el presente trabajo.

## INDICE GENERAL

	Pág.
Introducción -----	1
Hipótesis -----	3
Objetivo general -----	3
Objetivos específicos -----	4
Materiales y métodos -----	5
Caracterización climática del sitio experimental -----	7
Análisis del suelo del sitio experimental-----	8
Resultados y Discusión -----	9
Análisis ambiental del sitio experimental-----	9
Producción de biomasa aérea total-----	10
Peso de los 1000 granos-----	12
Número de granos por m <sup>2</sup> -----	14
Rendimiento por Ha -----	15
Conclusión -----	17
Bibliografía -----	18

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1:** Peso seco de biomasa aérea total en  $\text{kg ha}^{-1}$  en los tratamientos con y sin riego, con y sin fertilizante, en seis estadios fonológicos y sus interacciones. **(11)**

**Tabla 2:** Peso de los 1000 granos, en los tratamientos con y sin riego y con y sin fertilizante y sus interacciones. **(12)**

**Tabla 3:** Número de granos por  $\text{m}^2$  en los tratamientos con y sin riego y con y sin fertilizante y sus interacciones. **(14)**

**Tabla 4:** Rendimiento en  $\text{kg ha}^{-1}$ , en los tratamientos con y sin riego y con y sin fertilizante y sus interacciones. **(15)**

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1:** Subregiones trigueras de la Republica Argentina. (2)

**Figura 2:** Evolución de la temperatura media del aire en Río Cuarto. Promedio última década. (7)

**Figura 3:** Precipitaciones anuales de Río Cuarto. Valores últimos 30 años. (7)

**Figura 4:** Precipitaciones medias mensuales de Río Cuarto. Promedio últimos 30 años. (8)

**Figura 5:** Humedad edáfica en los primeros 60 cm del suelo. (11)

**Figura 6:** Precipitaciones, temperaturas máximas, y mínimas a lo largo del desarrollo del cultivo. (13)

**Figura 7:** Relación entre Número de granos y Rendimiento. (16)

**Figura 8:** Relación entre Peso de los 1000 granos y Rendimiento. (16)

## **RESUMEN**

### **RESPUESTA DE UN CULTIVAR DE TRIGO CICLO LARGO AL RIEGO Y FERTILIZACION**

La importancia mundial del trigo se debe a que su producción representa poco más de un tercio del volumen total de cereales. Esta se distribuye en 225.000.000 hectáreas de las cuales 6.457.142 se encuentran en Argentina. Ante la falta de información y experiencia zonal a la respuesta de fertilizantes en secano y bajo riego, 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 Guapo de ciclo largo, bajo 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 por tratamiento. Los tratamientos en que se basó el ensayo fueron los siguientes, “riego fertilizado”, “riego sin fertilizar”, “sin riego fertilizado” y “sin riego sin fertilizar”. Los resultados obtenidos en biomasa aérea total, rendimiento en grano, número y peso de los 1000 granos, mostraron interacción significativa riego\*fertilizante. El tratamiento de riego y fertilización superó estadísticamente a los restantes, 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 secano.



## **SUMARY**

### **RESPONSE OF LONG CYCLE WHEAT TO FERTILIZATION AND IRRIGATION**

The world-wide importance of the wheat must that its production represents little more of a third of the total volume of cereals. This is distributed in 225.000.000 hectares of which 6,457,142 are in Argentina. Before the lack of information and zonal experience to the fertilizer answer in dry land and low irrigation, it was carried out in the experimental field of the National University of Rio Cuarto, during year 2003, a work of investigation in which the answer to the fertilization in cultivating Buck Guapo of long cycle was determined, under irrigation and in dry land. The test had a design in blocks, with an adjustment at random of parcels subdivided of 12 meters in length by 4.8 meters wide and with three repetitions by treatment. The treatments on which the test was based were following, "fertilized and irrigated", "irrigated without fertilize", "fertilized without irrigation" and "no fertilized no irrigated". The results obtained in total aerial biomass, grain yield, number and weight of 1000 grains, showed irrigation\*fertilizante significant interaction. The treatment of irrigation and fertilization surpassed statistically to the rest, the treatment with irrigation and without fertilization surpassed to not watered and were not significant differences due to the fertilization in the treatments in dry land.

## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El trigo (*Triticum aestivum*) es la planta más ampliamente cultivada del mundo. Comenzó a ser utilizado por el hombre en el 7500 a.C. Las antiguas culturas de Babilonia, Egipto, Roma y Grecia, y más tarde las del norte y oeste de Europa, se basaron todas en el cultivo del trigo, la cebada, el centeno y la avena. (Langer y Hill, 1987).

El trigo es adaptable a condiciones diversas, desde las xerofíticas hasta las de la costa.

Esta especie se adapta a condiciones de clima templado a templado frío, sembrándose en otoño-invierno-primavera y su ciclo oscila entre 130 y 210 días, según variedad y época de siembra (Brugnoni, 1981).

En Argentina la primera siembra se realizó en el 1527, hace 476 años. La superficie sembrada actualmente alcanza las 5.3 millones de hectáreas.

El trigo es el cereal de invierno más importante de la Republica Argentina. En la última campaña produjo en promedio 16.3 millones de toneladas. Entre 4.5 y 5 millones de éstas se destinan al consumo humano, representando el 30% de la producción.

Nuestro país es uno de los cinco mayores exportadores de trigo del mundo. Su participación en el comercio mundial se mantiene entre el 4.7 y el 5% del total comercializado (Estimaciones Agropecuarias, [www.sagpya.gov.ar](http://www.sagpya.gov.ar))

La región triguera propiamente dicha, se extiende aproximadamente, mil kilómetros de norte a sur y seiscientos kilómetros de este a oeste, dividiéndose en cinco subregiones agroecológicas (Figura N° 1) identificadas como:

Subregión I: con una superficie total de 11887300 has y comprende el norte de Santa Fe y el extremo noreste de Córdoba.

Subregión II Norte: con una superficie de 5984100 has, ubicada al sur de Santa Fe, extremo este de Córdoba y al extremo norte de Buenos Aires.

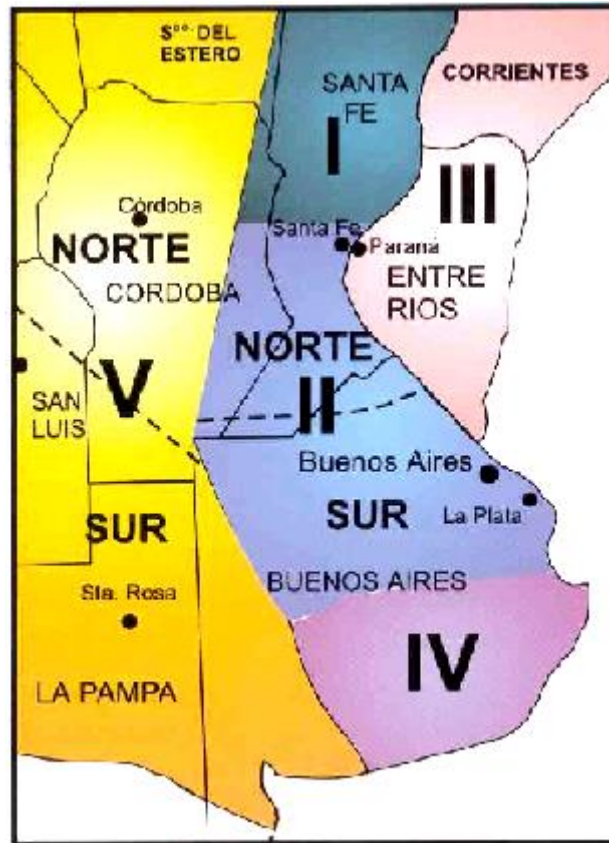
Subregión II Sur: tiene una superficie de 12047400 has y esta ubicada al norte de Buenos Aires.

Subregión III: cuenta con 7667800 has y abarca la provincia de Entre Ríos.

Subregión IV: se ubica hacia el sureste de Buenos Aires y abarca una superficie de 10604619 has.

Subregión V Norte: la cual cuenta con una superficie de 6750900 has 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, (Brugnoni, 1981).



**Figura N°1:** Subregiones agroecologicas de trigo en la Republica Argentina.

El área de influencia de la UNRC, se encuentra dentro de la subregión V-norte, el clima de la misma es poco favorable para el cultivo de trigo, debido a que el período de mayores precipitaciones se extiende de octubre a marzo y las menores lluvias se ubican entre junio-septiembre, época en que el cultivo cumple la mayor parte de su ciclo. (Magrin y Travasso, 1997).

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 taxonómica Haplustoles en la mayoría de los casos, siendo el nivel nutricional muy variable ya que el mismo depende del tipo de actividad y la técnica de manejo que se adopte (Brugnoni, 1981).

El rendimiento del cultivo depende del crecimiento diario en los treinta días previos a la floración y en los siete días posteriores dependiendo de la cantidad y disponibilidad de nutrientes y agua en el suelo para crecer y desarrollarse. (Espósito, *et al*, 2002).

Gesumaria, (2002) plantea que las deficiencias hídricas durante gran parte del crecimiento del cultivo son la principal causa de bajos rendimientos; mientras que en otras zonas ecológicas Darwich, (2001) indica que los bajos rendimientos se deben al escaso uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados

Si bien, el cultivo de trigo puede producir granos con una muy baja disponibilidad de agua, el mismo necesita elevadas tasas de transpiración para obtener buenos rendimientos. (Evans, 1983).

Las limitaciones hídricas reducen la intercepción de la radiación solar por una menor expansión foliar ante la falta de la presión de turgencia en las hojas (Andrade *et al.*, 1996).

El mayor consumo de agua se produce durante el período de emergencia de la última hoja y comienzo de llenado de grano (4-5 mm día<sup>-1</sup>), en segundo lugar el mayor consumo de agua ocurre hacia el periodo de encañazón (2-3 mm día<sup>-1</sup>). Siendo por último, la menor demanda en la etapa de macollaje (1 mm día<sup>-1</sup>), (Abbate, 1996).

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, *et. al.* 1994). Una buena disponibilidad de este nutriente permite al cultivo tolerar mejor el déficit hídrico, dentro de ciertos límites; a su vez la disponibilidad hídrica permite una mayor absorción de fósforo y ante una falta de agua la única vía de absorción del fósforo es mediante la fertilización (Flavio, *et. al.* 1999).

Para alcanzar niveles potenciales de producción debe optimizarse tanto el manejo de nutrientes, agua, y el control de malezas, plagas y enfermedades. (Magrín y Travasso, 1997)

Entre los factores meteorológicos las variables intervinientes más importantes que afectan la evapotranspiración son la radiación solar, temperatura, velocidad del viento, presión barométrica y duración del día, (Seiller, *et. al.* 1999).

En la zona de Río Cuarto, hay carencia de información y experiencias, que muestren la respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados en secano y bajo riego en un cultivar de trigo de ciclo largo, es por ello que adquiere importancia la realización de esta experiencia con la finalidad de aportar información.

## HIPOTESIS

- Un cultivar de trigo de ciclo largo tendrá una respuesta diferencial en biomasa y en rendimiento en grano, a la aplicación de fertilizantes bajo riego y en secano.

## OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la respuesta de un cultivar de trigo de ciclo largo a la fertilización bajo condiciones de riego y secano.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la respuesta de biomasa de un cultivar de trigo de ciclo largo a la fertilización bajo condiciones de riego y secano.
- Evaluar la respuesta del rendimiento en grano y componentes directos de un cultivar de trigo de ciclo largo a la fertilización bajo condiciones de riego y secano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante la campaña 2003, en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, situado sobre Ruta Nacional N° 36, km 601, Las Higueras, Córdoba (33° 07' Latitud Sur, 64° 14' Longitud Oeste, 421 msnm).

El sitio cuenta con una estación meteorológica automática, ubicada a 60 metros del lugar del ensayo de donde se obtuvieron los registros meteorológicos de lluvia, temperatura y radiación (Figuras 2, 3 y 4).

El suelo sobre el cual se realizó el ensayo está clasificado como Hapludol típico, franco arenoso muy fino (Cantero *et al*, 1986).

El cultivo se sembró el 3 de julio del 2003, a una densidad de 250 plantas m<sup>-2</sup>. Se aplicó 2 lt ha<sup>-2</sup> de glifosato el 7 de julio, para el control temprano de malezas de hoja ancha.

Al momento de la siembra se aplicaron, en todas las parcelas fertilizadas, una combinación de 90 Kg. de fosfato diamónico (18-46-0) y 100 kg de urea (46-0-0) ubicándolos en la línea de siembra. La dosis de fertilizante es la más comúnmente utilizada en el sector privado.

El ensayo tuvo un diseño en bloques completos aleatorios, con un arreglo en parcelas subdivididas con tres repeticiones por tratamiento. El tamaño de la parcela de cada Unidad Experimental fue de 4.8 m de ancho por 12 m de largo, haciendo una superficie de, 57.6 m<sup>2</sup> cada una y 691.2 m<sup>2</sup> la totalidad del ensayo. El factor principal fue el tratamiento con riego y sin riego, y como factor secundario los tratamientos con y sin fertilizantes.

En la condición bajo riego se usó un equipo autopropulsado de avance lateral, el mismo presenta tres torres separadas a 45 metros cada una en donde la primera torre tiene una unidad de mando que determina el ritmo de funcionamiento del equipo. El equipo de riego cubre un ancho de 100 metros, además presenta difusores espaciados a 3 metros con tubería de bajada, los cuales se abren o cierran de acuerdo a la parcela a regar o no respectivamente. El equipo se programó con un ritmo de funcionamiento de, cada 50 segundos parado se hacia marchar 10 segundos arrojando 30 milímetros en cada aplicación realizándose en lo estadíos de macollaje, primer nudo y tercer nudo. En floración, no se pudo regar debido a un desperfecto mecánico en el equipo.

Otro aspecto importante es que el agua llega al lote a través de una tubería subterránea, la cual posee hidrantes cada 200 m, conectándose con el equipo de riego por medio de una tubería flexible.

Se instalaron sensores de humedad a lo largo del ensayo, a una profundidad de 0-20, 20-40 y 40-60 cm., para determinar el momento de aplicar el riego. Las mediciones se realizaron entre 10 y 15 días, utilizando el Time Domain Reflectometry (T.D.R.).

El aporte de agua fue manejado con el objetivo de mantener una oferta hídrica superior al 60% del agua útil (diferencia entre los contenidos hídricos a 0,3 bares y 15 bares de succión) a la profundidad de raíz (60 cm.), aplicando láminas que permitan reestablecer el 100 % de la capacidad de almacenaje, ya que éste valor de agua útil a la profundidad de extracción del cultivo es crítico, dado que contenidos inferiores limitan la tasa de consumo (Villar, 2000).

Los momentos de extracción de muestras de biomasa aérea se establecieron siguiendo el código de Zadoks (1994), donde se determinaron seis momentos o fases:

Fase de macollaje (código Z 22), 1 de septiembre.

Fase primer nudo (código Z 31), 24 de septiembre.

Fase tercer nudo (código Z 33), 5 de octubre.

Fase de encañazón-floración (código Z 64), 28 de octubre.

Fase de grano lechoso (código Z 75), 5 de noviembre.

Fase de madurez fisiológica (código Z 90), 4 de diciembre.

Estas fases señalan cambios fisiológicos importantes en el cultivo donde se va modificando la curva de crecimiento. Se realizaron tres muestras de 0.25 m<sup>2</sup> cada una, en cada repetición de los tratamientos, dejando un remanente de 2 cm. de altura en el cultivo y secándolas en estufa a 105° C de temperatura, 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 el control de los mismos.

La determinación del rendimiento en kg ha<sup>-1</sup> se realizó el día 18 de diciembre mediante la cosecha de las parcelas con una máquina cosechadora de parcelas Wintersteiger (Nurserymaster Elite), se cosechó 1.4 m de ancho y 10 m de largo en cada repetición de los tratamientos, luego se determinó el número de granos por m<sup>2</sup> y el peso de los mil granos.

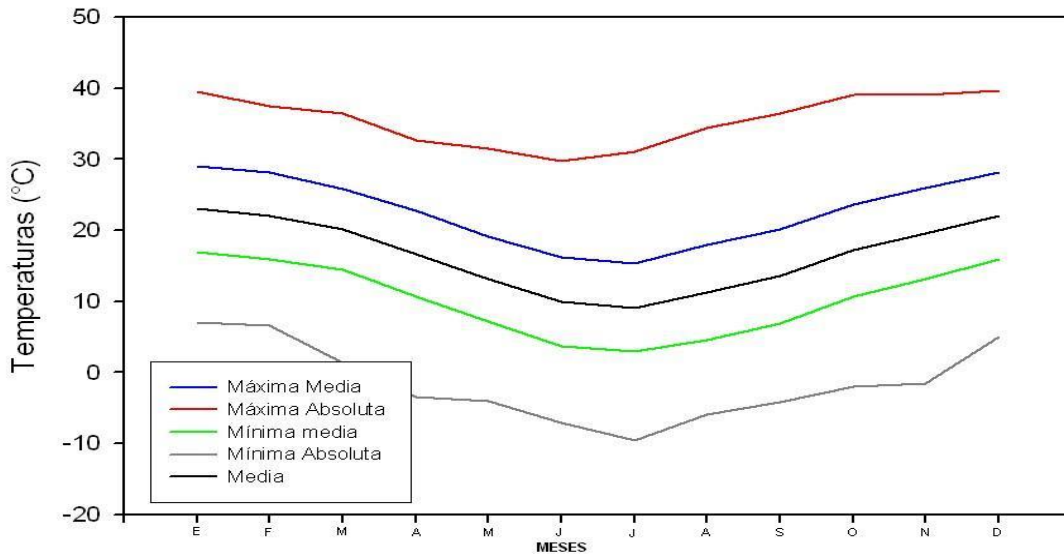
El cultivar que se utilizó fue Buck Guapo.

Los análisis estadísticos fueron realizados por medio del análisis de la varianza y se utilizó el test de LSD (Diferencia Mínima Significativa) Fisher Alfa al 5 % de probabilidad para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos, empleando el paquete estadístico INFOSTAT, (2002).

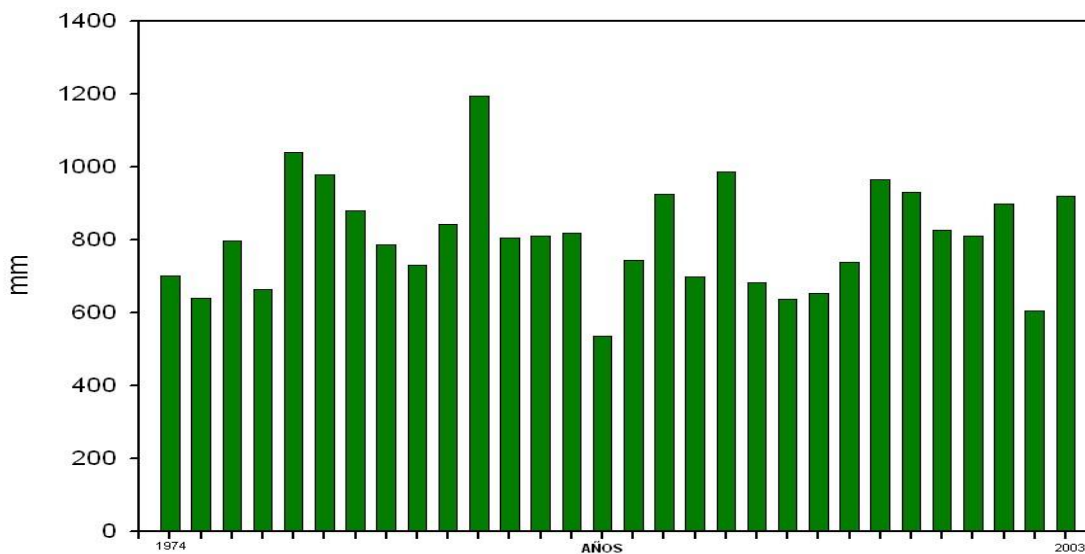
## CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL SITIO EXPERIMENTAL

La región presenta un clima templado sub húmedo, (Figuras 2 y 3) con precipitaciones que suelen exceder a la evapotranspiración en los meses de otoño y primavera, con déficit puntuales en verano e invierno.

Durante la época de crecimiento del cultivo de trigo se pueden esperar en término medio precipitaciones de alrededor de 300 mm (meses de mayo a diciembre), Figura 4.

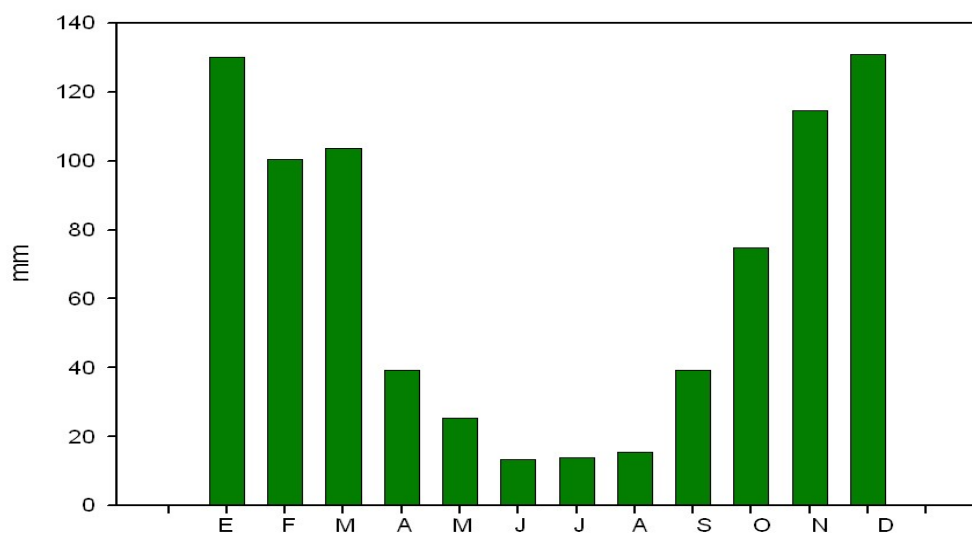


**Figura 2:** Evolución de la temperatura media del aire en Río Cuarto (1994-2003).





**Figura 3:** Precipitaciones anuales de Río Cuarto. Valores últimos 30 años (1974-2003)



**Figura 4:** Precipitaciones medias mensuales de Río Cuarto. Promedio últimos 30 años.

#### ANÁLISIS DE SUELO DEL SITIO EXPERIMENTAL

La muestra de suelo para el análisis, se realizó el día 18 de abril del 2003. Se extrajeron alrededor de 10 submuestras en el lugar del ensayo, empleando para ello un barreno.

- Materia orgánica 2.6 %
- PEA (0 a 20) cm 1.30
- (20 a 40) cm 1.32
- Fósforo disponible ppm (0 a 20) cm 26
- pH 6.7
- N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, (0 a 20) cm 8.34
- (20 a 40) cm 5.44
- Contenido de humedad a 1 m de profundidad 110 mm

**Referencia:** *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 calorimétrico del fenol disulfónico, (Page et al., 1982). Contenido de humedad, por método gravimétrico, (Klute A., 1986).*

Fuente: Laboratorio de suelo y agua del Instituto Pablo A. Pizzurno, Hernando.

*PEA, por método del cilindro, (Klute A., 1986). Area de Cereales.*

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **ANALISIS AMBIENTAL DEL SITIO EXPERIMENTAL**

Desde el punto de vista climático, básicamente las precipitaciones, la campaña triguera 2003 se caracterizó por la falta de lluvias. Si comparamos las precipitaciones medias mensuales comprendidas entre los meses de mayo a diciembre en un periodo de 30 años (Figura 4) con respecto al año 2003, observamos que en términos medios podemos esperar precipitaciones en el orden de los 300 milímetros, en el año de realización del ensayo, las precipitaciones alcanzaron los 210 milímetros 90 se manifestaron hasta el momento de madurez fisiológica y 120 aproximadamente se manifestaron en lluvias posteriores a dicho momento (Figura 6), lo que se considera fuera del periodo de llenado del grano por lo que no se vio incrementado el rendimiento.

En base a los resultados obtenidos, mediante el análisis del suelo, se calculó la cantidad de nitrógeno (N) aportado por mineralización en base al contenido de materia orgánica (MO), y el N aportado a partir de la concentración de N-NO<sub>3</sub>. Partiendo de un contenido de MO de 2.6 %, con un coeficiente de mineralización de 1.2 %, el aporte de N mediante esta vía pudo alcanzar los 40 kg ha<sup>-1</sup>. Cuando calculamos la cantidad de N aportado por el suelo mediante N-NO<sub>3</sub>, se obtiene la cantidad de 20 kg ha<sup>-1</sup>, lo que hace un total de 60 kg ha<sup>-1</sup> suficientes para obtener los 1978 kg ha<sup>-1</sup> (tratamiento C/R S/F) ya que el cultivo utiliza 30 kg ha<sup>-1</sup> de N por tonelada de grano producido (García, 1994).

## PRODUCCIÓN DE BIOMASA AEREA TOTAL

El análisis de la varianza realizado para las variables riego y fertilizante en la producción de biomasa aérea total en diferentes estadios fenológicos ( $Z_{22}$ ,  $Z_{31}$ ,  $Z_{33}$ ,  $Z_{64}$ ,  $Z_{75}$ ,  $Z_{90}$ ) mostraron un efecto interactivo significativo riego\*fertilizante (Tabla 1). Es decir, que la fertilización presentó un comportamiento diferencial ante las distintas condiciones de humedad Espósito *et al.*, (2002 a) indica que la fertilización nitrogenada incide favorablemente sobre el rendimiento de trigo, cuando la disponibilidad hídrica luego de la aplicación y durante sus etapas de crecimiento, no son limitantes.

Por otro lado, Jenner (1979), señala que la interceptación de la radiación es lo más importante en la producción de la biomasa cuando los factores agua y nutrientes no son limitantes y que una deficiencia de nitrógeno (N) afecta la acumulación de materia seca del cultivo. En este sentido, Sinclair (1989), señala que el N afecta la eficiencia en el uso de la radiación y por ende la producción de biomasa.

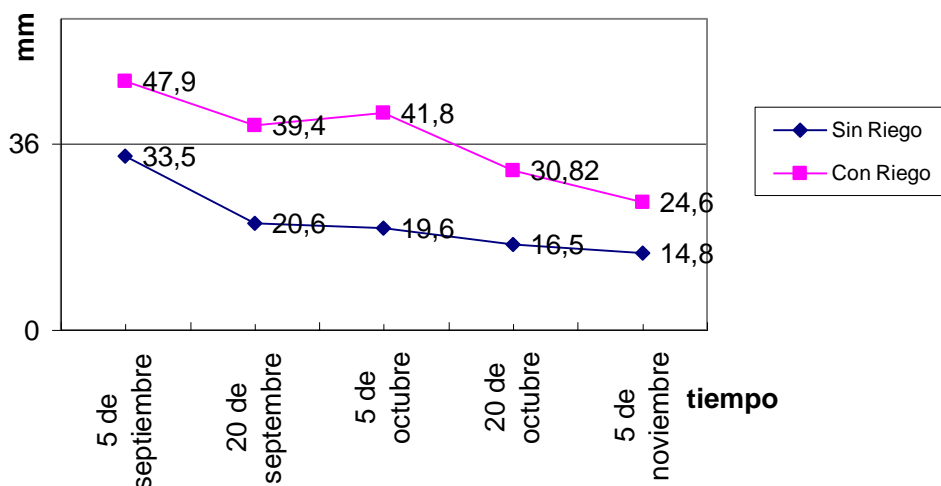
El análisis de la interacción riego\*fertilizante, realizado para cada una de las etapas fenológicas evaluadas mostró idéntico tipo de comportamiento. El tratamiento de riego y fertilización superó estadísticamente a los restantes, el tratamiento con riego y sin fertilización superó a los no regados y no se encontraron diferencias significativas debidas a la fertilización en los tratamientos en secano (Tabla 1).

Esta situación evidencia la importancia de la aplicación de agua extra mediante el riego, debido a la falta de precipitaciones, que en esta campaña agrícola ocurrió, lo cual quedó evidenciado en la Figura N° 5 dado que la situación en secano presentó valores muy inferiores al 60% (36 mm) de la capacidad de campo en los primeros 60 cm del suelo.

Estos resultados coinciden con lo obtenido por Abbate (1996), dado que este autor señala que a partir de macollaje el consumo de agua por parte del cultivo aumenta, requiriendo 2-3 mm

día<sup>-1</sup> en la fase de encañazón y 4-5 mm día<sup>-1</sup> durante el llenado de granos, periodo en el cual las precipitaciones no alcanzaron a cubrir los requerimientos hídricos.

Es valido aclarar que próximo a floración del cultivo, la rotura del equipo de riego no permitió la aplicación de agua como estaba previsto, si esto no hubiese ocurrido probablemente el potencial de riego habría sido mayor y lo expresado en el párrafo anterior seria mas consistente.



**Figura 5:** Humedad edáfica en los primeros 60 cm. del suelo (lamina de agua) durante el ciclo del cultivo de trigo en Río Cuarto, año 2003.

**Tabla 1:** Peso seco de biomasa aérea total (kg ha<sup>-1</sup>) de un cultivo de trigo fertilizado y no fertilizado bajo riego y en secano, en seis estadios fenológicos.

Tratamientos	Estados Fenológicos					
	Z 22	Z 31	Z 33	Z 64	Z 75	Z 90
C/R F	528,67 a	1694,33 a	5606,67 a	11423,33 a	11740,00 a	12051,00 a
C/R S/F	322,00 b	1179,67 b	2578,67 b	5734,33 b	6306,67 b	6738,67 b
S/R F	221,33 c	589,00 c	1415,33 c	3353,33 c	3000,00 c	3353,33 c
S/R S/F	132,00 c	538,67 c	1262,00 c	2323,33 c	2556,67 c	2763,00 c
Riego*Fert.	<b>0,0001</b>	<b>0,0010</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>
CV%	2,45	6,78	4,14	9,19	8,14	7,58
LSD	14,75	135,47	224,39	1047,00	960,00	942,00

C/R F: Con riego fertilizado C/R S/F: Con riego sin fertilizar; S/R F: Sin riego fertilizado; S/R S/F: Sin riego sin fertilizar.

CV: coeficiente de variación. LSD: diferencia mínima significativa.

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

## PESO DE LOS 1000 GRANOS.

A pesar de que el número de granos es la variable que explica de un mejor modo el rendimiento en grano, el cambio en el peso de los mismos podría afectar el rendimiento final del cultivo. Durante la etapa de definición del peso del grano (entre la floración y la madurez fisiológica) el ritmo de acumulación de biomasa guarda una estrecha relación con el peso final de los granos (Miralles *et al.*, 2001).

En lo que respecta al análisis del peso de los 1000 granos, se obtuvo diferencia ( $p < 0.05$ ) en la interacción riego\*fertilizante (Tabla 2).

En este sentido, Abbate *et al.*, (1998), determinaron que el rendimiento está más relacionado con el número de granos por metro cuadrado ( $r = 0,9$ ) que al peso de los granos ( $r = 0,11$ ) y encontró una tendencia a disminuir el peso de los granos con el aumento en el números de granos por  $m^2$  producidos.

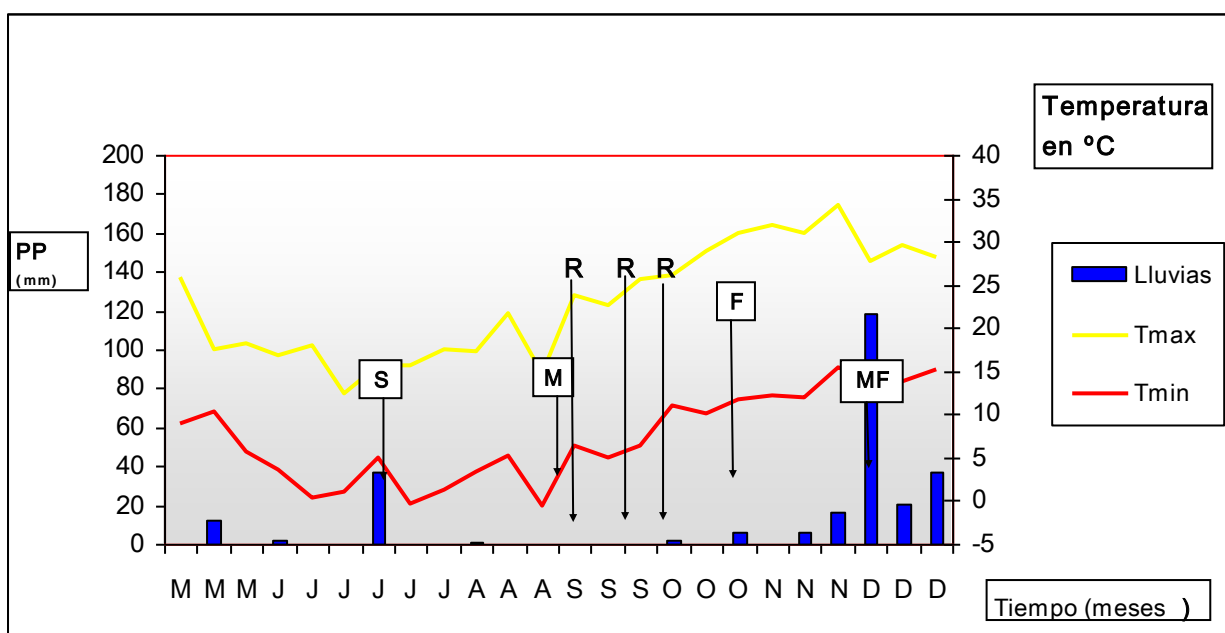
En la Tabla 2, se aprecia que la situación bajo riego sin fertilización obtuvo mayor peso de los granos, seguida estadísticamente por la condición de riego y fertilización, siendo menor el peso de los 1000 granos en las situaciones de secano.

**Tabla 2:** Peso de los 1000 granos, de un cultivo de trigo fertilizado y no fertilizado bajo riego y en secano.

<i>Tratamientos</i>	<i>Peso 1000 granos</i>
C/R F	29,67 b
C/R S/F	33,80 a
S/R F	26,67 c
S/R S/F	26,80 c
Riego * fertilizante	<b>0,0001</b>
CV %	0,42
LSD	0,17

*C/R F: Con riego fertilizado; C/R S/F: Con riego sin fertilizar; S/R F: Sin riego fertilizado; S/R S/F: Sin riego sin fertilizar. CV: coeficiente de variación. LSD: diferencia mínima significativa. En negritas se observan interacción significativas al 5 % de probabilidad.*

Los resultados presentan concordancia con lo planteado por Abbate *et al.*, (1998), dado que la disminución en el peso de los granos, en el tratamiento sin riego es debido a que durante el periodo de llenado, se manifestó un estrés hídrico (Figura 5) que afectó el llenado de los mismos. Además es coincidente con Andrade *et.al.*, (1996), quienes observaron que ante un estrés hídrico, se reduce la duración del periodo de llenado, con la consecuente disminución de la provisión de fotoasimilados, lo que determina un menor peso de los granos (Tabla 3).



Referencia: S: Siembra; M: Macollaje; F: Floración; MF: Madurez Fisiológica; R: Riegos

**Figura 6:** Precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas decadales a lo largo del desarrollo del cultivo de trigo en Río Cuarto, año 2003.

## NÚMERO DE GRANOS POR m<sup>2</sup>

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).

Numerosos trabajos han demostrado que de los componentes que contribuyen al rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>), 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.

El riego y la fertilización presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) respecto al componente número de granos, además se presentó interacción entre ambos factores (Tabla 3). Es decir, que el riego empleado tuvo un efecto diferencial en relación al fertilizante. En los tratamientos sin riego no se observaron diferencias significativas entre ellos.

**Tabla 3:** Número de granos por m<sup>2</sup> de un cultivo de trigo fertilizado y no fertilizado bajo riego y en seco.

<i>Tratamiento</i>	<i>Nº granos m<sup>-2</sup></i>
C/R F	11167,33 a
C/R S/F	5830,00 b
S/R F	1579,67 c
S/R S/F	1257,33 c
Riego * fertilizante	<b>&lt;0,0001</b>
CV%	6.58
LSD	652.12

*C/R F: Con riego fertilizado; C/R S/F: Con riego sin fertilizar; S/R F: Sin riego fertilizado; S/R S/F: Sin riego sin fertilizar. CV: coeficiente de variación. LSD: diferencia mínima significativa. En negritas se observan interacción significativas al 5 % de probabilidad.*

Coincidiendo con Darwinkel, (1983) y Singh y Uttam (1997) quienes observaron que, cuando la nutrición nitrogenada del cultivo es deficiente previo a antesis genera una disminución en el número de granos por metro cuadrado, esto se observa claramente en la Tabla 3, donde el tratamiento regado y fertilizado tuvo un mayor número de granos por superficie en comparación con el tratamiento regado y sin fertilizante. Cuando se interpretan los

resultados obtenidos en la condición de secano se observa una marcada disminución del número de granos por superficie sin diferencias entre la fertilización, dado que el agua fue la principal determinante de este componente del rendimiento.

#### RENDIMIENTO POR Ha.

En la tabla 4 se observa el análisis de la varianza realizado para las variables riego y fertilización 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 tratamiento de mayor nivel de producción fue el regado y fertilizado, cuyo valor fue de 3313 kg ha<sup>-1</sup>, el cual es un valor relativamente bajo para la región en situación de riego y fertilización (alrededor de 6000 kg ha<sup>-1</sup>) (Miguez, 2004). Esta situación se puede explicar debido a que alrededor de floración la rotura del equipo de riego no permitió la aplicación de agua correspondientes a los estadios posteriores, determinados por la baja del 60% del agua útil (Figura 5), y que hubiese sido conveniente mantener el suelo por encima de este valor umbral.

Por otro lado el tratamiento que tuvo el segundo orden de producción fue el regado sin fertilizar (1978 kg ha<sup>-1</sup>) el cual fue estadísticamente inferior al fertilizado (bajo riego) y superior a los dos no regados.

Es importante destacar la bajísima producción de granos obtenida en la situación de secano, la cual está dada por las bajas precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo (Figura 5) y ello es coincidente con lo encontrado por Espósito *et al.*, (2002 b) en un ambiente similar y con similares niveles de precipitación. Tampoco estos autores encontraron respuesta a la fertilización nitrogenada en estas circunstancias tan deficitarias desde el punto de vista hídrico

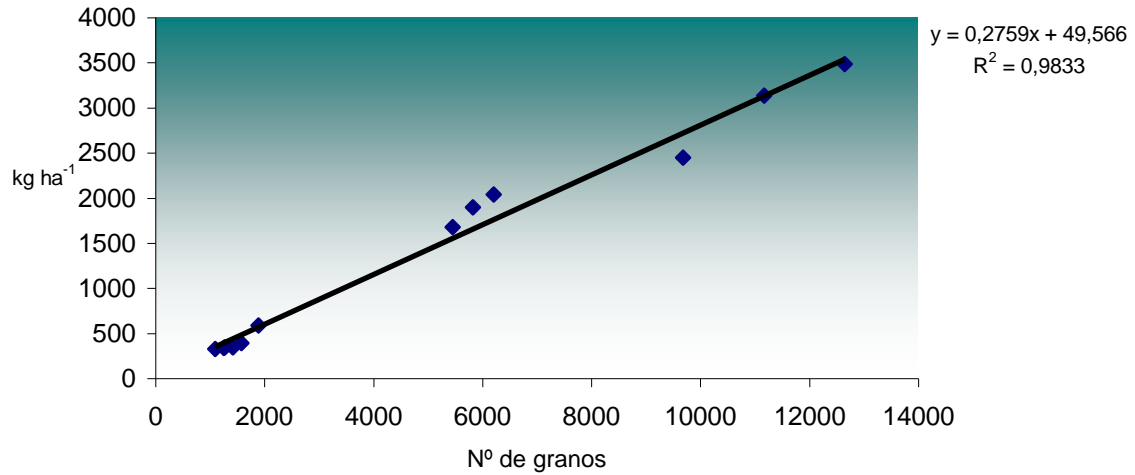
**Tabla 4:** Rendimiento en kg ha<sup>-1</sup>, de un cultivo de trigo fertilizado y no fertilizado bajo riego y en secano.

<i>Tratamiento</i>	<i>Rinde kg ha<sup>-1</sup></i>
C/R F	3313,67 a
C/R S/F	1978.00 b
S/R F	415.00 c
S/R S/F	337.00 c
Riego * fertilizante	<b>&lt;0,0001</b>

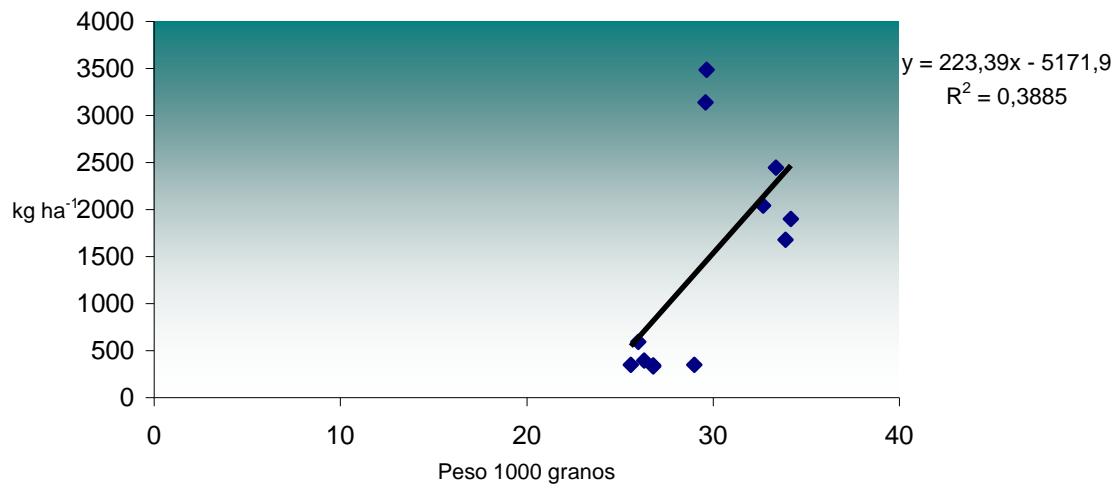


CV %	6,63
LSD	200,18

*C/R F: Con riego fertilizado; C/R S/F: Con riego sin fertilizar; S/R F: Sin riego fertilizado; S/R S/F: Sin riego sin fertilizar. CV: coeficiente de variación. LSD: diferencia mínima significativa. En negritas se observan interacción significativas al 5 % de probabilidad.*



**Figura 7:** Relación entre Número de granos de trigo y Rendimiento obtenidos para Río Cuarto, año 2003.



**Figura 8:** Relación entre Peso de los 1000 granos de trigo y Rendimiento obtenidos para Río Cuarto, año 2003.

Como se observa en las figuras 6 y 7 la producción de grano está en estrecha relación con el número de granos obtenidos por  $m^2$  ( $R^2$  0,9833) y no guarda relación con el peso de los mismos ( $R^2$  0,3885). Ello coincide con los resultados obtenidos por Abbate, (1995) quien indica 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 mil granos.

## CONCLUSION

- Todos los parámetros evaluados presentaron interacción significativa riego\*fertilizante.
- La respuesta en biomasa, rendimiento y número de granos por  $m^2$  debido a la fertilización sólo se encontró en la situación de mayor disponibilidad hídrica.
- Debido a la intensa sequía ocurrida en el año de realización del ensayo, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en la condición de secano.
- En base a las precipitaciones medias en un periodo de treinta años, existe la factibilidad de realizar el cultivo de trigo obteniendo rendimientos de 1500 a 2000  $kg\ ha^{-1}$ .
- Es recomendable como práctica de manejo del cultivo de trigo, la acumulación de agua en el perfil del suelo, siembra en fecha óptima, aplicación de fertilizantes y riego.
- Hay que tener en cuenta que los resultados son solamente válidos para la área de influencia que tiene el campo experimental donde se llevó a cabo el ensayo y en las condiciones ambientales y fitosanitarias presentes en el año en que se realizó dicha investigación.

## BIBLIOGRAFIA

ABBATE P. E., 1996. Ecofisiología del cultivo de trigo. INTA de Balcarce. Disponible en: [www.aapresid.org.ar](http://www.aapresid.org.ar)

ABBATE P. E., ANDRADE F. Y CULOT J.P. 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, 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).

ANDRADE F., CIRILO, A., UHART, S. Y OTEGUI, M. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. 1° Ed. Editorial la Barrosa. Dekalb Press y CERBAS- EEA INTA Balcarce. Cap. 3, 81-96.

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

CANTERO G., A., BRICHI, E. M., BECERRA, V. H., CISNEROS, J. M., y GIL, H. A. 1986. Zonificación y descripción de las tierras del Departamento Río Cuarto. UNRC-FAV.: 1-78

DARWICH N. 2001. Conferencia Fertilización Nitrogenada y Fosfatada del cultivo de trigo. Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC. Comunicación personal.

DARWINKEL A. 1983. Ear formation and grain yield of winter wheat as affected by time nitrogen supply. Agri Sci. 31: 211-225.

ESPOSITO G., GESUMARIA J. y CASTILLO C. 2002 a. Fertilización del cultivo de trigo. Apuntes del curso de cereales.

ESPOSITO, G.; GESUMARIA, J; C.A. CASTILLO, R. BALBOA y W. ASNAL. 2002 b. “Respuesta del trigo en siembra directa a la fertilización nitrogenada y fosfatada.” Centro Agrícola. Revista del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba. 29 (1), 64:70.

EVANS L. T. 1983. Fisiología de los cultivos. Editorial Hemisferio Sur S.A. 402 p.

FLAVIO H., GUTIERRES-BOEM y GRANT W.T. 1999. La nutrición fosfatada afecta la respuesta de trigo al déficit de agua. Informaciones agronómicas del cono sur. N°2.

GARCIA F., 1994. Balance del nitrógeno de los cultivos, calculo y uso para el diagnostico. Unidad integrada INTA-FCA. Balcarce. Adaptado de Meisinger J. y Randall G. 1991.

GESUMARIA J. J. 2002. Comunicación personal.

INFOSTAT (2002). Infostat versión 1.1 Manual del usuario. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Ed. Brujas. 314p.

JENNER, C. 1979. Grain filling in wheat plants shaded for brief periods after anthesis. Australian Journal of Plant physiology 6, 629-641.

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

LANGER R. H. M y HILL G. D. 1987. Plantas de interés agrícola. Editorial Acribia. Cap. I, 1-10.

MAGRIN G. Y TRAVASSO M. I. 1997. Potencial de producción del cultivo de trigo en la Región Pampeana argentina. Reunión de Planificación Estratégica de Trigo. Mar del Plata. Disponible en [www.aapresid.org.ar](http://www.aapresid.org.ar)

MIGUEZ, F. 2004. Estrategias de Fertilización en Trigo. Agromercado, Cuadernillo Trigo: 86 (24): 12-17. Mayo 2004.

MIRALLES D. Y G. SLAFER (2001) Desarrollo, crecimiento y determinación de los componentes del rendimiento. Trigo: Cuaderno de Actualización técnica N° 63. CREA. Pag: 10-17. Marzo de 2001.

PAGE A., R.H. MILLER Y D.R. KEENEY (1982). Methods of soil analysis. Chemical and Microbiological properties. Part 2, second edition.

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 2005 Estimaciones Agrícolas. Cereales Trigo.

En: [www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0/agricultura/otros/estimaciones/comunicado.php](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0/agricultura/otros/estimaciones/comunicado.php)

SINCLAIR, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis and distribution assimilates. Netherlands Journal of Agricultural Science 26, 233-249.

SINGH, V, UTTAM, S. 1997. Response of wheat varieties to nitrogen under late sown condition. Agron. 42:282-284.

VILLAR JL. 2000. Evolución del nitrógeno en el sistema suelo-planta durante el ciclo de crecimiento del trigo en el centro de Santa Fe. XVII. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 11-14 de abril de 2000.

ZADOKS, J.C.; Y. CHANG, y C.F. KONZAK. 1974. A decimal code for de growth stage of cereal. Disponible en: [www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar)