

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

TÍTULO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS PROGRAMACIONES DE RIEGO
SOBRE EL RENDIMIENTO DE UN CULTIVO DE TRIGO**

Nombre del Alumno: Esteban Viotto

DNI: 30640928

Nombre del Director: Ing. Agr. M.Sc. Ana Rosa Rivetti

Nombre del Co-Director: Ing. Agr. M. Sc. Gabriel Espósito

Río Cuarto - Córdoba

Agosto 2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS PROGRAMACIONES DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DE UN CULTIVO DE TRIGO

Autor: Esteban Viotto

DNI: 30640928

Director: Ing. Agr. M.Sc. Ana Rosa Rivetti

Co-Director: Ing. Agr. M. Sc. Gabriel Espósito

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

(Nombres)

Fecha de Presentación: ____ / ____ / ____

Aprobado por Secretaría Académica: ____ / ____ / ____

Secretario Académico

Agradecimientos

A mis padres por su apoyo durante la carrera.

Al director y co-director de tesis por guiarme en la confección de la misma.

A los docentes de la universidad que intervinieron en mi formación profesional.

A compañeros por el apoyo brindado a lo largo de la carrera.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. Resumen	6
2. Abstract.....	7
3. Introducción.....	8
4. Hipótesis.....	11
5. Objetivos.....	11
6. Materiales y Métodos.....	12
6.1. Ubicación del ensayo	12
6.2. Caracterización del clima.....	12
6.3. Caracterización del suelo	13
6.4. Descripción del diseño experimental.....	14
6.5. Cultivares utilizados.....	14
6.6. Metodología para determinar el balance hídrico.....	16
6.7. Descripción de determinaciones realizadas en el cultivo.....	20
7. Resultados y Discusión.....	22
7.1. Balance Hidrológico y Calendario de riego.....	22
7.2. Rendimiento en grano del cultivo y sus componentes.....	30
7.3. Número de granos.....	31
7.4. Peso de los granos.....	33
7.5. Intercepción de la radiación.....	35
7.6. Eficiencia de utilización del agua.....	38
5. Conclusión.....	41
6. Anexos.....	42
6. Bibliografía.....	49

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.

	Pág.
1. Gráfico 1: Precipitación media mensual y precipitación mensual.....	12
2. Tabla 1: Resultados de análisis químico.....	13
3. Tabla 2: Parámetros físicos del suelo.....	13
4. Figura 1: Diseño del experimento.....	15
5. Tabla 3: Análisis Físico-Químico de agua.....	16
6. Figura 2: Balance de agua en la zona radicular (Allen <i>et al.</i> , 1998).....	17
7. Tabla 4: Balance semanal en SR.....	23
8. Gráfico 2: Evolución del agotamiento del agua en SR.....	24
9. Tabla 5: Balance semanal en RTC.....	25
10. Gráfico 3: Evolución del agotamiento del agua en RTC.....	26
11. Tabla 6: Balance semanal en RPC.....	27
12. Gráfico 4: Evolución del agotamiento del agua en RPC.....	28
Tabla 7: $T + E_s$ versus FAO Penman-Monteih.....	29
Gráfico 5: Rendimiento medio en los distintos tratamientos.....	30
Tabla 8: Rendimiento, NG y PG en los diferentes tratamientos.....	31
Gráfico 6: Rendimiento vs número de granos.....	32
Gráfico 7: Rendimiento vs PG (peso de los mil granos).....	34
Gráfico 8: Número de granos vs peso de 1000 granos.....	35
Tabla 9: Intercepción de radiación y rendimiento en los distintos tratamientos.....	36
Gráfico 9: Rendimiento (kg ha^{-1}) vs intercepción (%).....	37
Gráfico 10: Eficiencia de utilización de agua.....	38
Tabla 10: Eficiencia de utilización del agua.....	39
Gráfico 11: Eficiencia de utilización del agua de riego (EUA_r).....	39
Tabla 11: Eficiencia de utilización del agua de riego.....	40
Anexos Tabla 1: Rendimiento y componentes en SR.....	42
Anexos Tabla 2: Rendimiento y componentes en RTC.....	43
Anexos Tabla 3: Rendimiento y componentes en RPC.....	44
Anexos Tabla 4: Análisis de la varianza para la variable rendimiento.....	45
Anexos Tabla 5: Diferencia de medias entre tratamientos para la variable rendimiento.....	45
Anexos Tabla 6: Análisis de la varianza para la variable g m^{-2}	45
Anexos Tabla 7: Diferencia de medias entre tratamientos para la variable g m^{-2}	46
Anexos Tabla 8: Análisis de la varianza para la variable PG.....	46
Anexos Tabla 9: Diferencia de medias entre tratamientos para la variable PG.....	46
Anexos Tabla 10: Análisis de la varianza para la variable IR.....	47
Anexos Tabla 11: Diferencia de medias entre tratamientos para la variable IR.....	47
Anexos Tabla 12: Análisis de la varianza para la variable rendimiento en los bloques donde se midió IR.....	47
Anexos Tabla 13: Diferencia de medias entre tratamientos para la variable rendimiento en los bloques donde se midió IR.....	48

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes programaciones de riego complementario sobre el rendimiento en grano de trigo. La experiencia se desarrolló en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, empleando dos variedades: ACA303 (ciclo largo) y Baguette 9 (ciclo intermedio), sembrados el 11 de junio del 2008 con una densidad de siembra de 300 plantas m^{-2} . Se utilizó un diseño de franjas en bloques con dos factores: Factor 1: Riego con 3 niveles y Factor 2: variedad con 2 niveles. Se realizaron 7 repeticiones (bloques). Los tratamientos de riego fueron los siguientes: **SR:** testigo, no se regó durante todo el ciclo. **RTC:** se regó durante todo el ciclo aplicando la lámina necesaria para llevar la humedad del suelo por encima del umbral de agua que el cultivo puede extraer sin sufrir estrés (p). **RPC:** al momento de la siembra se regó para asegurar la implantación y desde el inicio de encañazón hasta grano lechoso la lámina necesaria para llevar la humedad del suelo por encima del umbral de agua que el cultivo puede extraer sin sufrir estrés (p). Los momentos de riego se establecieron mediante un balance hídrico, utilizándose un equipo de riego presurizado de lateral de avance frontal. Los rendimientos de grano promedios obtenidos fueron para Baguette 9 RTC: 61,88 qq ha^{-1} , Baguette 9 RPC: 43,27 qq ha^{-1} , Baguette 9 SR: 21,9 qq ha^{-1} , ACA303 RTC: 39,39 qq ha^{-1} , ACA303 RPC: 31,43 qq ha^{-1} y ACA303 SR 16,14 qq ha^{-1} . Encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los rendimientos medios. La cantidad de agua aplicada fue de 18 mm (SR), 362 mm (RTC), 307 mm (RPC). La eficiencia del uso de agua para rendimiento en grano presentó diferencias entre tratamientos, siendo para Baguette 9 RTC: 12,5 $kg\ mm^{-1}$, Baguette 9 RPC: 10,1 $kg\ mm^{-1}$, Baguette 9 SR: 16,4 $kg\ mm^{-1}$, ACA303 RTC: 8 $kg\ mm^{-1}$, ACA303 RPC: 7,3 $kg\ mm^{-1}$ y ACA303 SR 12,1 $kg\ mm^{-1}$.

ABSTRACT

The objective of this paper was to evaluate the effect of different schedule of complementary irrigation on wheat grain yield. The experience developed in the experimental field of the Universidad Nacional Rio Cuarto, using two varieties: ACA303 (long cycle) and Baguette 9 (intermediate cycle), sowed on June 11, 2008 with a density of sowing of 300 plants m^{-2} . The used design was strips in blocks with two factors: Factor 1: irrigation with 3 levels and Factor 2: variety with 2 levels. There were realized 7 replications (blocks). The treatments of irrigation were the following: SR: the control treatment, without irrigation during the whole cycle. RTC: watered during the whole cycle applying the necessary irrigation to take the soil-water over the water threshold that the crop can extract without suffer stress (p). RPC: to the moment of the sowing this treatment was irrigated to assure the implantation and from the beginning of stem elongation up to early milk the necessary water to take the damp of the soil over the water threshold that the crop can extract without suffer stress (p). Irrigation scheduling was based on a water balance calculated from weather data furnished by the meteorological station at the experimental field site. Irrigation was performed using lateral move pressurized systems.

The average grain yields obtained were for Baguette 9 RTC: 61,88 qq ha^{-1} , Baguette 9 RPC: 43,27 qq ha^{-1} , Baguette 9 SR: 21,9 qq ha^{-1} , ACA303 RTC: 39,39 qq ha^{-1} , ACA303 RPC: 31,43 qq ha^{-1} and ACA303 SR: 16,14 qq ha^{-1} . The average grain yields obtained showed significant differences between treatments. The amount of water applied was 18 mm (SR), 362 mm (RTC), 307 mm (RPC). Yield grain water use efficiency showed differences between treatments, were for Baguette 9 RTC: 12,5 $kg\ mm^{-1}$, Baguette 9 RPC: 10,1 $kg\ mm^{-1}$, Baguette 9 SR: 16,4 $kg\ mm^{-1}$, ACA303 RTC: 8 $kg\ mm^{-1}$, ACA303 RPC: 7,3 $kg\ mm^{-1}$ and ACA303 SR 12,1 $kg\ mm^{-1}$.

INTRODUCCIÓN

El trigo es uno de los cultivos más viejos sembrados por el hombre, los primeros pasos de su evolución como planta cultivada se dieron hace unos 10000 años en la Media Luna Fértil de Medio Oriente. En toda esta extensa zona aún es posible encontrar poblaciones de los probables progenitores silvestres y las investigaciones arqueológicas realizadas han llegado a dar evidencia de los cambios ocurridos desde la recolección de plantas silvestres hasta el cultivo. (Evans, 1975).

El trigo pertenece a la familia *Poaceae*, género *Triticum*. Los más importantes para el comercio son el *Triticum aestivum* (utilizado para elaborar pan) y el *Triticum turgidum ssp durum* (Trigo candeal, utilizado principalmente para pastas) diferenciándose por el número de cromosomas, 28 y 42 cromosomas respectivamente (Evans, 1975).

El trigo crece en ambientes con las siguientes características (Evans, 1975; Guerrero Garcia, 1999; Slafer *et al.*, 2006):

- Clima: temperatura mínima de 0°C y máxima de 37 °C (varían con el cultivar y para las distintas fases), siendo una temperatura óptima entre 20 y 25 °C, pero lo más importante es la cantidad de días que transcurren para alcanzar una cantidad de temperatura denominada tiempo térmico, que varía entre 1.850 °C y 2.375 °C dependiendo de la variedad.
- Humedad: requiere una humedad relativa entre 40 y 70%;
- Agua: requiere entre 375 y 800 mm en su ciclo. La cantidad óptima es de 400-500 mm.
- Suelo: los mejores suelos para su crecimiento deben ser sueltos, profundos, fértiles y libres de inundaciones, y deben tener un pH entre 6,0 y 7,5.

El trigo es uno de los tres cereales más producidos mundialmente, junto al maíz y el arroz, y el más ampliamente consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. El grano del trigo es utilizado para hacer harina, sémola, almidón, alcohol y como forraje (Passarella y Savin, 2006).

La producción mundial en la campaña 2008/09 alcanzó las 682,65 millones de toneladas. El ranking de productores lo encabezó la Unión Europea (UE) con 151 millones de toneladas, seguido por China, India, USA, Rusia, Canadá, Ucrania, Pakistán, Australia y Kazajistán. Argentina se ubicó en el 10º lugar con 9 millones de toneladas, que representan el 1,32 % de la producción mundial. Es uno de los principales países exportadores junto con Australia, Canadá, Estados Unidos, Rusia, Kazajistán y U.E., ubicándose en el quinto lugar (4,7% de participación) (USDA, 2010).

En el decenio 1996-2006, la superficie total sembrada en Argentina osciló entre 4,9 y 7,3 millones de hectáreas, ocupando principalmente las provincias de Buenos Aires y Santa Fe. El rendimiento por hectárea se ha mantenido entre 1.900 y 2.600 kilos, mientras que la

producción total varió de 9,4 a 16,0 millones de toneladas anuales (Yalungo, 2006). En la campaña 2009 se implantaron 3,2 millones de ha y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) calculó la cosecha de trigo de Argentina en 9 millones de toneladas (USDA, 2010).

El mercado interno absorbe 6 millones de toneladas, cuyo principal destino son las harinas para panificación (70,0%) (Yalungo, 2006). Por lo que para la campaña 2009 el escaso saldo exportable se calculó en 3 millones de toneladas (USDA, 2010).

La superficie sembrada en Córdoba en el decenio 1998-2008 osciló entre 0,56 y 1,07 millones de hectáreas con rendimientos entre 2000 y 2700 kg.ha⁻¹, mientras que la producción total varió de 1,015 a 2,84 millones de toneladas anuales (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos, 2008). El área implantada en el 2009 fue de 125000 ha, cayendo un 90% respecto al ciclo 2008 donde se implantaron 640000 has (Campodiario, 2009).

El cultivo de trigo, especialmente en el centro y norte de la provincia de Córdoba, tiene dos grandes limitantes ambientales para expresar su potencial de rendimiento: disponibilidad de agua y altas temperaturas durante el período de espigazón y llenado de granos. Por lo tanto, para alcanzar rendimientos económicamente satisfactorios, es muy importante ajustar variables como el almacenamiento de agua en el suelo, la fecha y densidad de siembra, la elección de cultivares de alto potencial de rendimiento, estabilidad y de buen comportamiento sanitario, la fertilización y el manejo integrado de plagas (Ustarroz y Salinas, 2007).

El rendimiento del cultivo de trigo depende del número de granos por unidad de superficie y el peso por grano, siendo el primero el que mejor explica las variaciones en el rendimiento, el cual queda determinado en una ventana crítica que tiene una duración aproximada de 30 días centrados alrededor de la anthesis (20 días prefloración hasta 10 días posfloración). Durante esta etapa la magnitud del crecimiento de la espiga, depende directamente de la cantidad de energía lumínica interceptada por el follaje e indirectamente de la temperatura, la que regula la duración de la etapa (Slafer *et al.*, 2006).

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, 1975). Las limitaciones hídricas reducen la interceptación de la radiación solar por una menor expansión foliar ante la falta de la presión de turgencia en las hojas. El mayor consumo de agua se produce durante el período de emergencia de la última hoja (hoja bandera) y comienzo de llenado de grano (4-5 mm día⁻¹), en segundo lugar el mayor consumo de agua ocurre hacia el período de encañazón (2-3 mm día⁻¹). Siendo por último, la menor demanda en la etapa de macollaje (1 mm día⁻¹), (Pergolini *et al.*, 2004).

En la región, la probabilidad de ocurrencia de lluvias adecuadas en el momento en que transcurre el período crítico septiembre-octubre es baja y con marcada variabilidad interanual de las lluvias, ocasionando fuertes variaciones del rendimiento entre campañas (Servicio de Agrometeorología, 2008). Una alternativa de manejo para aumentar y estabilizar los rendimientos, sería la incorporación de la tecnología de riego suplementario. Resultados de rendimiento, de una serie de 10 años, del INTA Manfredi fueron para trigo con riego 4900 kg ha^{-1} y en seco 2100 kg ha^{-1} , por lo tanto, el riego suplementario otorga seguridad y estabilidad en la producción (Salinas *et al.*, 2007). Sin embargo, el riego es un insumo de alta incidencia en los costos de producción. En trigo, puede significar desde un 15% a un 27 % del costo total de producción, variando fundamentalmente según la fuente energética que utiliza la bomba. Por lo tanto, es particularmente importante obtener la mayor eficiencia posible en el uso del agua de riego (Giubergia *et al.*, 2007).

El propósito del siguiente trabajo es evaluar la variación del rendimiento en la producción de granos y sus componentes mediante la aplicación de dos programaciones diferentes de riego complementario en el cultivo de trigo.

HIPOTESIS

El mantenimiento de óptimas condiciones hídricas en el período de determinación del rendimiento del trigo, permite obtener similar producción de granos que la situación de riego permanente.

OBJETIVOS

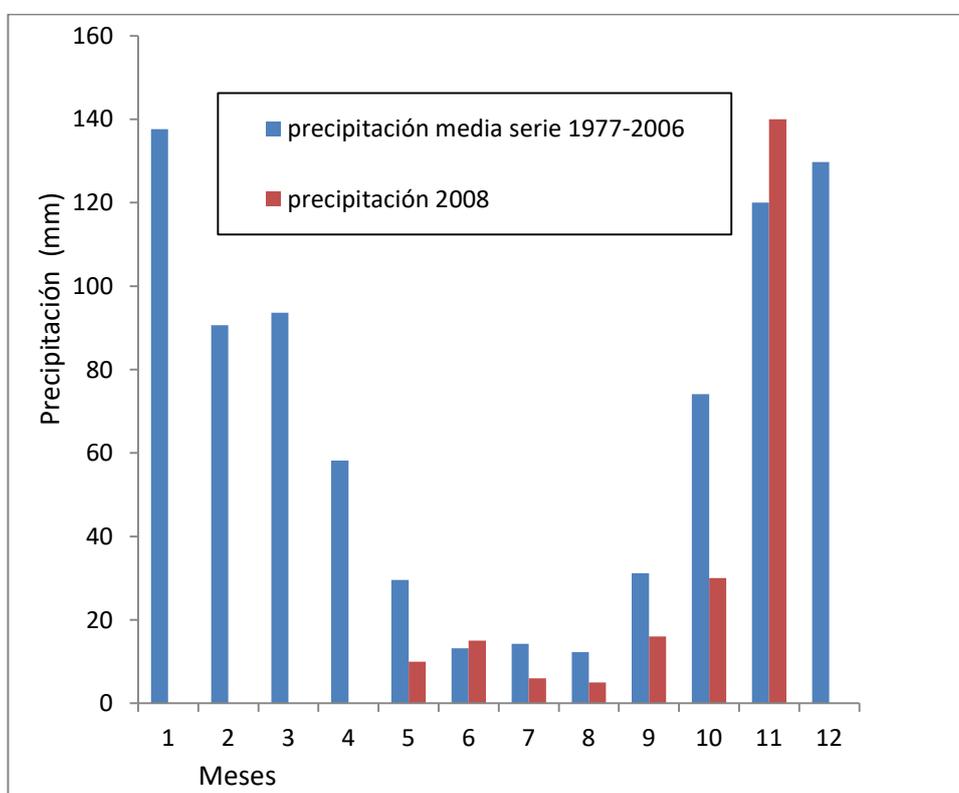
Evaluar el efecto del riego sobre la producción de grano en el cultivo de trigo en las diferentes programaciones de riego y para cada una determinar la eficiencia de uso del agua.

MATERIAL Y MÉTODOS

La experiencia se desarrollo en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto (33°07' Latitud Sur, 64°14' Longitud Oeste, 421m.s.n.m), que se encuentra ubicada sobre la Ruta Nacional N° 36, Km 601, Río Cuarto, Córdoba.

El clima del sitio experimental, tomando como referencia la serie de datos registrados en dicha estación durante el período 1977-2006, está caracterizado por un régimen de precipitaciones monzónico, que concentra el 80% de las lluvias en el período de octubre a abril. La precipitación media anual es de 801 mm con valores extremos mínimos de 451 mm en 1988 y máximos de 1195 mm en 1984, para la serie 1977-2006 (Servicio de Agrometereología, 2008). 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 temperatura 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. La fecha media de la primera helada es el 25 de mayo y la fecha media de la última helada es el 12 de septiembre, siendo el período libre de heladas en promedio de 255.7 días (Seiler *et al.*, 1995). En la campaña 2008 durante el ciclo del cultivo se registraron escasas precipitaciones (222 mm), 33 % menor a la media del lugar (295 mm) y los mayores aportes llegaron a fines del ciclo con el cultivo cercano a madurez fisiológica (Servicio de Agrometereología, 2008) (Gráfico 1).

Gráfico 1: Precipitación media mensual y precipitación mensual 2008



El suelo sobre el cual se realizó el ensayo está clasificado como Hapludol típico, franco arenoso muy fino (Cantero *et al.*, 1986). Para establecer los requerimientos de fertilización se realizó un análisis químico de suelo, determinando antes de la siembra, fósforo (P), nitrógeno (N), materia orgánica (M.O.) y pH (Tabla 1).

Tabla 1: Resultados de análisis químico

Horizonte	Prof. cm	P ppm	N-NO ₃ ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	M.O. %	pH
1	0-14	19	13,5	59,81	1,87	6,54
2	14-35	10,5	11,3	50,06	1,56	6,13
3	35-49	6	7,45	33	0,9	6,17

P: Fósforo disponible en el suelo, como fósforo elemento en partes por millón de suelo, determinado por el método Kurtz y Bray I.

N-NO₃⁻: Nitrógeno, como nitratos en partes por millón de suelo, determinado por el método de reducción de cadmio.

M.O: Materia orgánica, como porcentaje del suelo, determinado por el método Walkley-Black.

pH: Potencial hidrogeno, como un indicador de la concentración de los iones hidrógeno en el suelo, determinado por Potenciometría 1/2,5.

Los parámetros edáficos relacionados con el agua del suelo, capacidad de campo (Wc), punto de marchitez permanente (Wm) y densidad aparente (Dap) son los que se presentan en el cuadro siguiente (Tabla 2):

Tabla 2: Parámetros físicos del suelo

H	Prof	Dap tn/m ³	Wc %	Lám Wc mm	Wm %	Lám Wm mm
1	140	1,31	20,88	38,29	9,15	16,78
2	80	1,4	19,05	21,34	9,15	10,25
3	130	1,39	19,7	35,6	9,14	16,52
4	140	1,28	18,15	32,52	9,09	16,29
5	170	1,3	16,77	37,06	8,21	18,14
6	160	1,29	16,52	34,1	7,42	15,31
7	180	1,3	16,65	38,96	7,48	17,5
				AU	127,08	mm

Fuente: Alzugaray, 2009.

Dap: Densidad aparente, en toneladas métricas por metro cubico.

Wc: Capacidad de campo, como % de agua en el suelo saturado después de 48 horas de drenaje.

Lám Wc: Lámina de agua retenida por el suelo a capacidad de campo en mm.

Wm: Punto de marchitez permanente, como % de agua en el suelo después de una succión de 15 bares.

Lám Wc: Lámina de agua retenida por el suelo en el punto de marchitez permanente en mm.

Los cultivos antecesores fueron centeno en el invierno anterior y soja de primera en el verano. Como labor previa a la siembra el 3 de junio se realizó una aplicación de 2 l ha⁻¹ de glifosato, 8 g ha⁻¹ de metsulfuron-metil y 0,2 l ha⁻¹ de dicamba.

La siembra del cultivo se realizó el 11 de junio, con una dosis de 186 kg ha⁻¹ en Baguette 9 (48 gramos el peso de mil granos) y 145 kg ha⁻¹ en ACA303 (34 gramos el peso de mil granos), de modo de lograr una densidad de 300 plantas m⁻² y un distanciamiento entre hileras de 0,175 m.

En base a un análisis previo del nivel nutricional del suelo y teniendo en cuenta que los nutrientes no fueran una limitante del rendimiento, la estrategia de fertilización del cultivo en todos los tratamientos fue la misma, consistió en aplicar 120 kg ha⁻¹ de MicroEssentials S10 (12% N, 40% P₂O₅ y 10% S) a la siembra aplicados en la línea y una re fertilización con 322 kg de urea aplicados al voleo con posterior lámina de 18 mm de riego para su incorporación.

Con posterior a la siembra, se determinó la humedad inicial del perfil hasta un metro de profundidad que fue de 156 mm (45 mm de agua útil), la cual se utilizó para realizar el balance del agua para la determinación del momento del riego.

El diseño experimental utilizado fue de franjas en bloques con dos factores (Figura 1):

Factor 1: Riego con 3 niveles

Factor 2: Variedades con 2 niveles

Se realizaron 7 repeticiones (bloques)

Los niveles de riego fueron:

- 1- SR: Sin riego. Salvo el de re fertilización.
- 2- RTC: Riego todo el ciclo. Partiendo de las condiciones hídricas al momento de la siembra, se regó durante todo el ciclo. En un primer riego se dejó el suelo en capacidad de campo hasta un metro y posteriormente se debió regar cuando se agotaba el AFA (agua fácilmente aprovechable) en un metro de suelo, siendo imposible por problemas de logística, por lo que se regó por debajo del nivel de agotamiento permisible (p).
- 3- RPC: Riego período crítico. Partiendo de las condiciones hídricas al momento de la siembra se regó para asegurar la implantación y desde inicio de encañazón hasta grano lechoso. En el primer riego desde inicio de encañazon se debió dejar el suelo en capacidad de campo y posteriormente regar cuando se agotaba el AFA en un metro de suelo, siendo imposible por problemas de logística, por lo que se regó por debajo del nivel de agotamiento permisible (p).

Los niveles variedades fueron:

- 1- variedad ACA 303.
- 2- variedad Baguette 9.

Las variedades utilizadas fueron de dos ciclos distintos: ACA 303, material de ciclo largo y Baguette 9 un material de ciclo intermedio corto, a los fines de contrastar el comportamiento de ambas en el ensayo.

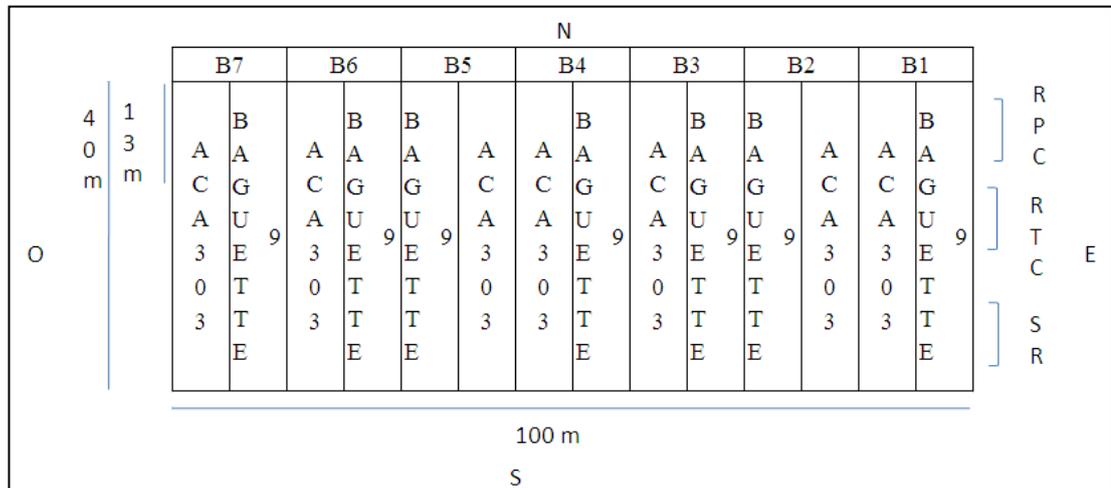


Figura 1: Diseño del experimento.

N: Norte.

S: Sur.

E: Este.

O: Oeste.

B: Bloque

T1: Tratamiento sin riego (SR).

T2: Tratamiento regado en todo el ciclo (RTC).

T3: Tratamiento regado en el período crítico (RPC).

El riego se realizó con un equipo lateral de avance frontal, de 87,6 m de longitud de trabajo, con sistema de distribución del agua con tuberías de bajada y emisión mediante difusores con reguladores de presión. El agua es provista por una perforación de una caudal de 90000 litros hora⁻¹, con muy buena calidad para riego (Tabla 3).

Tabla 3: Análisis Físico-Químico de agua.

Determinaciones	
Conductividad a 25 C	334 $\mu\text{S/cm}$
pH	7,84
Sólidos disueltos totales	234 mg/l
Carbonato	0 mg/l
Bicarbonato	150 mg/l
Sulfatos	35,71 mg/l
Cloruros	10,36 mg/l
Sodio	16,28 mg/l
Potasio	5,20 mg/l
Calcio	44,80 mg/l
Magnesio	4,39 mg/l
Nitratos	10 mg/l
Arsénico	0 mg/l
Fluoruros	0,36 mg/l
Dureza total	130 mg/l
RAS	0,61

$\mu\text{S/cm}$: microsiemens/cm.

pH: potencial hidrogeno.

Dureza total: mg/l de CO_3Ca .

RAS: Relación de absorción de sodio.

Fuente: Departamento de Geología 1996. Universidad Nacional de Rio Cuarto.

Para determinar E_{t_0} se utilizó la ecuación FAO Penman-Monteith [1] para períodos de un día. Dicha ecuación determina la evapotranspiración de la superficie hipotética de referencia y proporciona un valor estándar con el cual se puede comparar la evapotranspiración de distintos períodos del año o regiones (Allen *et al.*, 1998).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad [1]$$

donde:

E_{T_0} : evapotranspiración de referencia (mm día^{-1})

R_n : radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

R_a : radiación extraterrestre (mm día^{-1})

G : flujo del calor de suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

T : temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$)

u_2 : velocidad del viento a 2 m de altura (m s^{-1})

e_s : presión de vapor de saturación (kPa)

e_a : presión real de vapor (kPa)

$e_s - e_a$: déficit de presión de vapor (kPa)

Δ : pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

γ : constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

La determinación del momento de riego se realizó mediante un balance diario del agua en el suelo expresado en términos de agotamiento al final del día (Figura 2) [2], debiéndose regar cuando el mismo alcance el umbral de agotamiento permisible (p), pero con frecuencia se regó a destiempo, por lo que se aportaba los mm necesarios para que se llevara el contenido de humedad dentro del nivel de AFA (agua fácilmente aprovechable).

Para realizar el balance hídrico se asumió que toda el agua de lluvia se infiltró y que la eficiencia del riego fue del 100%. Este criterio determina una sobre estimación de los valores hasta tanto no se cuente con resultados experimentales para ajustarlos (Villar, 2001).

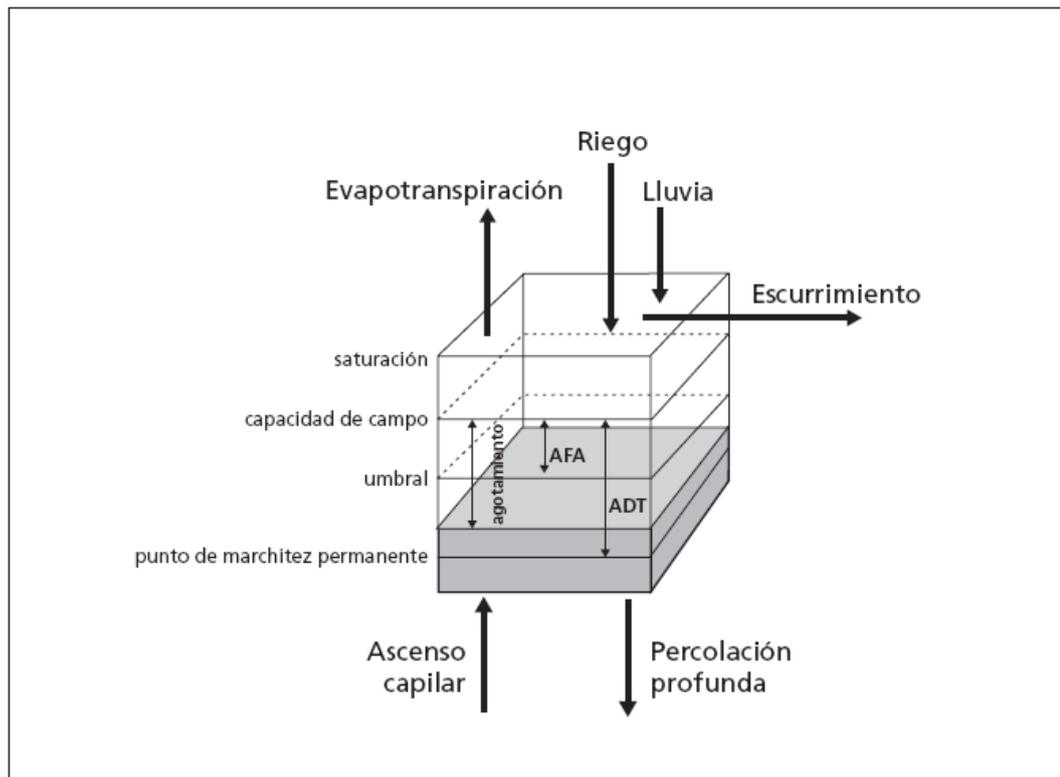


Figura 2: Balance de agua en la zona radicular (Allen *et al.*, 1998).

La ecuación de balance [2] (Allen *et al.*, 1998) empleada fue:

$$D_{r,i} = D_{r,i-1} - P_i - I_i + Et_c + Dp_i \quad [2]$$

donde:

$D_{r,i}$: agotamiento de humedad en la zona radicular del suelo al final del día i (mm).

$D_{r,i-1}$: lámina de agua en el suelo al final del día anterior (mm).

P_i : precipitación efectiva (mm) en el día i .

I : lámina de riego (mm) en el día i .

Et_c : evapotranspiración real del cultivo (mm día⁻¹).

Dp : percolación profunda (mm) en el día i .

En cultivos que crecen bajo condiciones no estándar, como limitación de agua y menor desarrollo de área foliar (IAF), la evapotranspiración real del cultivo puede desviarse de Et_c debido a condiciones no óptimas. Esto puede resultar en un reducido crecimiento de las plantas y así reducir la tasa de evapotranspiración por debajo de los valores de Et_c . Por lo cual en el cálculo de Et_c se utilizó el coeficiente de estrés hídrico (K_s) en todos los tratamientos y coeficiente de cultivo de mediados de temporada ajustado (K_c med aj) por cobertura en los tratamiento sin riego (Allen *et al.*, 1998).

El coeficiente de estrés hídrico (K_s) [3]: refleja los efectos del estrés hídrico sobre la Et_0 mediante la reducción del K_c , al multiplicar a este último por el K_s . Se iniciaron las situaciones de estrés cuando el valor de Dr (agotamiento de agua en la zona radical), era igual a AFA (agua fácilmente aprovechable). Después de que el agotamiento excedía a AFA, el mismo limitaba Et_0 a valores menores de su potencial, por lo que Et_c comenzó a disminuir en proporción a la cantidad de agua remanente en la zona radicular (Allen *et al.*, 1998).

$$K_s = \frac{ADT - DR}{ADT - AFA} \quad [3]$$

donde:

K_s : es un factor adimensional de reducción de la transpiración que depende de la cantidad de agua disponible en el suelo.

DR : agotamiento de humedad en la zona radical (mm).

ADT : agua disponible total en la zona radicular del suelo (mm).

AFA : $p * ADT$

p: fracción de la ADT que un cultivo puede extraer de la zona radicular sin sufrir estrés hídrico.

Se utiliza un valor constante de p para cada período específico de desarrollo (las etapas del Kc), en lugar de variar su valor para cada día. Una aproximación numérica para ajustar el valor de p de acuerdo a la tasa de ETc es $p = 0,55 + 0,04 (5 - ETc)$.

Etapas 1 (Inicial): $p = 0,69$

Etapas 2 (Desarrollo): $p = 0,66$

Etapas 3 (Mediados de período): $p = 0,55$

Etapas 4 (Finales de período): $p = 0,55$

El Kc med aj (Kc de mediados de temporada ajustado), se utiliza donde la cobertura es reducida debido a enfermedades, plagas, baja densidad y estrés hídrico. La reducción del valor del Kc med es mediante un factor de ajuste (Acm) que depende del desarrollo real de la vegetación [4] (Allen *et al.*, 1998):

$$Kcaj = Kc - Acm$$

$$Acm = 1 - \left(\frac{fc}{fcdenso} \right) \times 0,5 \quad [4]$$

donde:

fc: porcentaje de cobertura del suelo en SR.

fc denso: porcentaje de cobertura en RTC.

Ambos fueron obtenidos, por medio del programa CobCal v1.0.

En el balance no se consideró ascenso capilar debido a que el agua freática se encuentra por debajo de los 10 m de profundidad.

La información climática utilizada fue: temperatura: máxima, media y mínima, velocidad del viento, precipitación, radiación solar, humedad relativa máxima y mínima y datos de presión atmosférica. La misma fue proporcionada por la Estación Agrometeorológica del Servicio Agrometeorológico de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC (Servicio de Agrometeorología, 2008), instalada en el campo experimental de la misma, lugar donde se realizó el ensayo.

Debido a problemas de logística para realizar el riego, no se pudo aplicar las láminas correspondientes en los momentos oportunos, siendo necesario para suplir el problema aplicar láminas mayores a lo originalmente previsto y en los momentos que el equipo estuvo disponible.

La suma de los valores de E_t al final del ciclo obtenidos en el balance fueron comparados con el consumo total calculado a partir de muestreos de suelo por encontrarse diferencias entre el balance y las muestras de humedad a campo. Para el cálculo del consumo de agua se usó la fórmula [5] (Dardanelli *et al.*, 2006):

$$T + E_s = P_p + R + N_f \pm E_{sc} \pm \Delta Alm - D \quad [5]$$

donde:

$T + E_s$: evapotranspiración real del cultivo al final del ciclo (mm).

T: transpiración del cultivo.

E_s : evaporación desde el suelo.

P_p : precipitación

R: riego.

N_f : aporte de la napa freática.

E_{sc} : escorrentías.

ΔAlm : variación de almacenaje (agua total inicial – agua total final).

D: drenaje de agua fuera de la zona radical.

Se realizó un seguimiento fenológico semanalmente según la escala Zadocks (Zadocks *et al.*, 1974), en 6 microparcels de 1 m² cada una, ubicadas en los distintos tratamientos, las cuáles fueron elegidas por correcta implantación y marcadas al momento de la emergencia del cultivo.

Se determinó la intercepción de la radiación solar (IR), en los estadíos Z3.3 en Baguette 9 y Z3.2 en ACA303 (Zadocks *et al.*, 1974), utilizando el LI-COR LI-1400 Datalogger conjuntamente con el sensor lineal LI-191SA quantum. Lincoln. NE. USA. En cada tratamiento y sus repeticiones se realizó una medición a cielo abierto (I_0) y tres debajo del dosel del cultivo en forma transversal a las líneas de siembra (I).

La intercepción de la radiación fue determinada según [6]:

$$IR(\%) = \left(1 - \frac{I}{I_0}\right) * 100 \quad [6]$$

donde:

IR: intercepción de radiación solar como porcentaje.

I_0 : medición de la radiación solar incidente a cielo abierto.

I: medición de la radiación solar debajo del dosel del cultivo.

Los valores de *IR* fueron utilizados para comparar la intercepción de radiación al inicio del período crítico.

Se determinó el rendimiento y los componentes directos del mismo. La cuantificación de la producción de granos se realizó manualmente desde el 2 al 7 de diciembre de 2009 cuando el cultivo se encontraba en madurez fisiológica. Se cosecharon 0,7 m² (dos muestras de 0,35 m²) por cada repetición y la trilla se realizó con la cosechadora de parcelas Wintersteiger NM Elite1400. Los componentes directos del rendimiento evaluados fueron: N° de granos m⁻² (NG) y peso de los 1000 granos (PG). El número de granos por m² (NG) se estableció mediante la siguiente ecuación [8]:

$$\text{N}^\circ \text{ granos m}^{-2} = \text{Rendimiento (kg m}^{-2}\text{)} * 1000 / \text{Peso de 1000 granos (kg)} \quad [8]$$

Se evaluó la eficiencia de uso del agua de riego para la producción de grano (EUA_r), mediante la siguiente ecuación [9] (Kirda *et al.*, 2005):

$$EUA_r = \frac{\text{Rendimiento}}{\text{Riego}} \quad [9]$$

donde:

Rendimiento: es la producción de granos en kg ha¹

Riego: es la lámina total de riego aplicada.

También se evaluó la eficiencia de uso del agua (EUA) (Dardanelli *et al.*, 2006) [10].

$$EUA = \frac{\text{Rendimiento}}{Et_c} \quad [10]$$

donde:

Et_c : milímetros de agua evapotranspirados a lo largo del ciclo del cultivo

La evaluación de los datos se realizó empleando el software estadístico *Infostat* (Di Rienzo *et al.*, 2002) se realizó el análisis de varianza y prueba LSD de Fisher para comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

BALANCE HIDROLÓGICO Y CALENDARIO DE RIEGO

A continuación se presentan los balances hidrológicos y calendarios de riego de los diferentes tratamientos de riego SR (sin riego) (Gráfico 2 y Tabla 4), RTC (regado todo el ciclo) (Gráfico 3 y Tabla 5) y RPC (regado en el período crítico) (Gráfico 4 y Tabla 6). Las precipitaciones en el ciclo del cultivo para SR fueron de 75 mm, ocurriendo el 24% de lo precipitado después del período crítico de ambos cultivares. Mientras que en el ciclo del cultivo para RTC y RPC fueron de 197 mm, ocurriendo el 71% de lo precipitado después del período crítico de ambos cultivares. Las diferencias en las precipitaciones acumuladas entre los tratamientos sin riego y con riego se debieron a las distintas duraciones de ciclo. El período crítico del cultivar Baguette 9 se extendió desde la semana 14 a la 18 (15 septiembre-17 de octubre) y el de el ACA303 desde la semana 16 a la 20 (5 de octubre- 4 de noviembre).

Tabla 4: Balance semanal en SR

Semanas	Et _o	SR							
		Etc	Ks	Kc	Pe	R	Pp	Drii	Drif
1	9,41	3,01	1,00	0,32	0,00	0,00	0,00	81,5	84,51
2	7,35	2,35	1,00	0,32	0,00	0,00	0,00	84,51	86,87
3	9,08	2,91	1,00	0,32	6,00	0,00	0,00	86,87	83,77
4	11,73	3,76	1,00	0,32	0,00	0,00	0,00	83,77	87,53
5	9,04	2,79	0,95	0,33	0,00	0,00	0,00	87,53	90,32
6	7,55	2,82	0,86	0,44	5,00	0,00	0,00	90,32	88,14
7	14,70	7,25	0,86	0,57	0,00	0,00	0,00	88,14	95,38
8	17,53	7,72	0,67	0,66	0,00	0,00	0,00	95,38	103,10
9	17,83	6,51	0,50	0,73	0,00	0,00	0,00	103,10	109,61
10	29,26	7,75	0,33	0,80	0,00	0,00	0,00	109,61	117,35
11	22,09	6,48	0,37	0,84	0,00	18,00	0,00	117,35	105,84
12	25,50	7,12	0,33	0,85	1,00	0,00	0,00	105,84	111,95
13	25,08	5,12	0,24	0,85	2,00	0,00	0,00	111,95	115,08
14	29,31	4,47	0,18	0,85	10,00	0,00	0,00	115,08	109,55
15	24,11	6,99	0,34	0,85	6,00	0,00	0,00	109,55	110,54
16	31,72	6,53	0,24	0,85	16,00	0,00	0,00	110,54	101,07
17	23,44	10,71	0,53	0,85	10,00	0,00	0,00	101,07	101,78
18	38,44	11,60	0,35	0,85	1,00	0,00	0,00	101,78	112,38
19	41,48	16,38	0,11	0,85	0,00	0,00	0,00	112,38	128,76
20	43,15	4,86	0,13	0,85	14,00	0,00	0,00	128,76	119,61
21	40,56	4,71	0,14	0,85	4,00	0,00	0,00	119,61	120,33
22	13,85	1,38	0,12	0,85	0,00	0,00	0,00	120,33	121,71
23									
24									
Σ	492,23	133,21			75,00	18,00			

Et_o: Evapotranspiración del cultivo de referencia.

Etc: Evapotranspiración del cultivo.

Ks: Coeficiente de estrés hídrico.

Kc: Coeficiente de cultivo.

Pe: Precipitación efectiva.

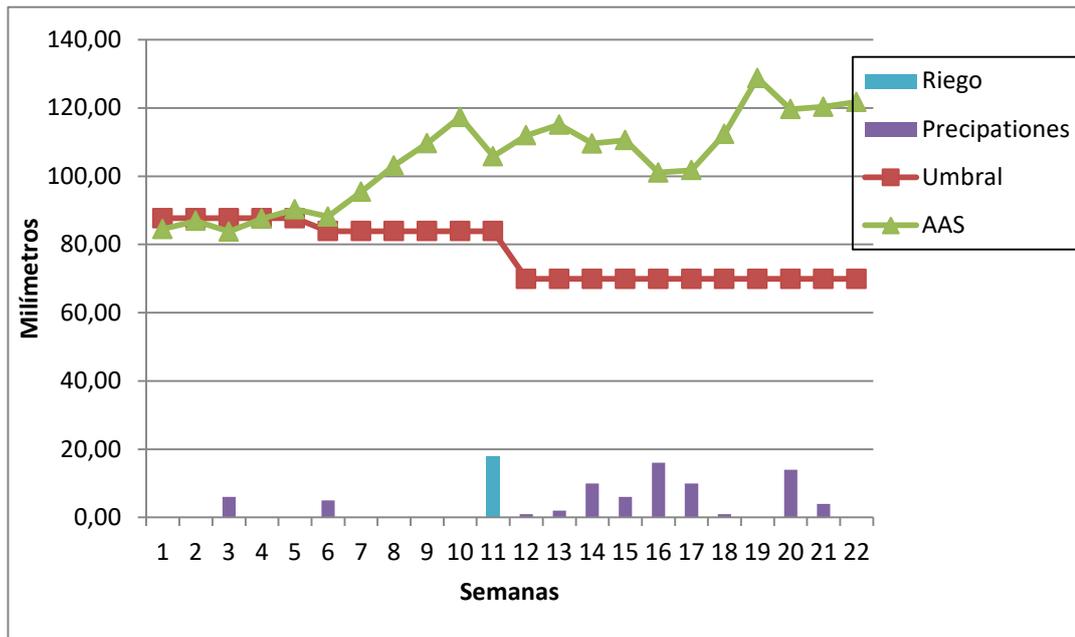
R: Riego.

Pp: Percolación Profunda.

Drii: Agotamiento de agua al final del día anterior.

Drif: Agotamiento de agua al final del día.

Gráfico 2: Evolución del agotamiento del agua, las precipitaciones y los riegos en SR



AAS: Agotamiento del agua del suelo.

Tabla 5: Balance semanal en RTC

Semanas	Eto	RTC							
		Etc	Ks	Kc	Pe	R	Pp	Drii	Drif
1	9,41	5,55	1,00	0,59	0,00	0,00	0,00	81,5	87,05
2	7,35	4,34	1,00	0,59	0,00	61,00	0,00	87,05	30,39
3	9,08	5,36	1,00	0,59	6,00	0,00	0,00	30,39	29,75
4	11,73	6,92	1,00	0,59	0,00	0,00	0,00	29,75	36,67
5	9,04	5,38	1,00	0,59	0,00	0,00	0,00	36,67	42,05
6	7,55	4,90	1,00	0,65	5,00	0,00	0,00	42,05	41,95
7	14,70	10,92	1,00	0,74	0,00	0,00	0,00	41,95	52,87
8	17,53	14,27	1,00	0,82	0,00	0,00	0,00	52,87	67,14
9	17,83	15,88	1,00	0,89	0,00	25,00	0,00	67,14	58,02
10	29,26	28,91	1,00	0,99	0,00	25,00	0,00	58,02	61,92
11	22,09	25,97	1,10	1,09	0,00	18,00	0,00	61,92	69,89
12	25,50	23,23	0,83	1,10	1,00	0,00	0,00	69,89	92,12
13	25,08	25,58	0,95	1,10	2,00	61,00	0,00	92,12	54,70
14	29,31	33,93	1,06	1,10	10,00	25,00	0,00	54,70	53,63
15	24,11	30,14	1,15	1,10	6,00	0,00	0,00	53,63	77,76
16	31,72	34,11	0,98	1,10	16,00	61,00	0,00	77,76	34,88
17	23,44	25,79	1,00	1,10	10,00	0,00	0,00	34,88	50,67
18	38,44	40,95	0,96	1,10	1,00	0,00	0,00	50,67	90,61
19	41,48	43,77	0,95	1,10	0,00	86,00	0,00	90,61	48,38
20	43,15	51,93	1,10	1,10	14,00	0,00	0,00	48,38	86,31
21	40,56	24,67	0,57	1,10	4,00	0,00	0,00	86,31	106,99
22	56,33	13,61	0,24	1,02	21,00	0,00	0,00	106,99	99,60
23	26,40	16,00	0,90	0,64	101,00	0,00	0,00	99,60	14,60
24	10,69	2,62	1,00	0,25	0,00	0,00	0,00	14,60	17,22
Σ	571,80	494,72			197,00	362,00			

Eto: Evapotranspiración del cultivo de referencia.

Etc: Evapotranspiración del cultivo.

Ks: Coeficiente de estrés hídrico.

Kc: Coeficiente de cultivo.

Pe: Precipitación efectiva.

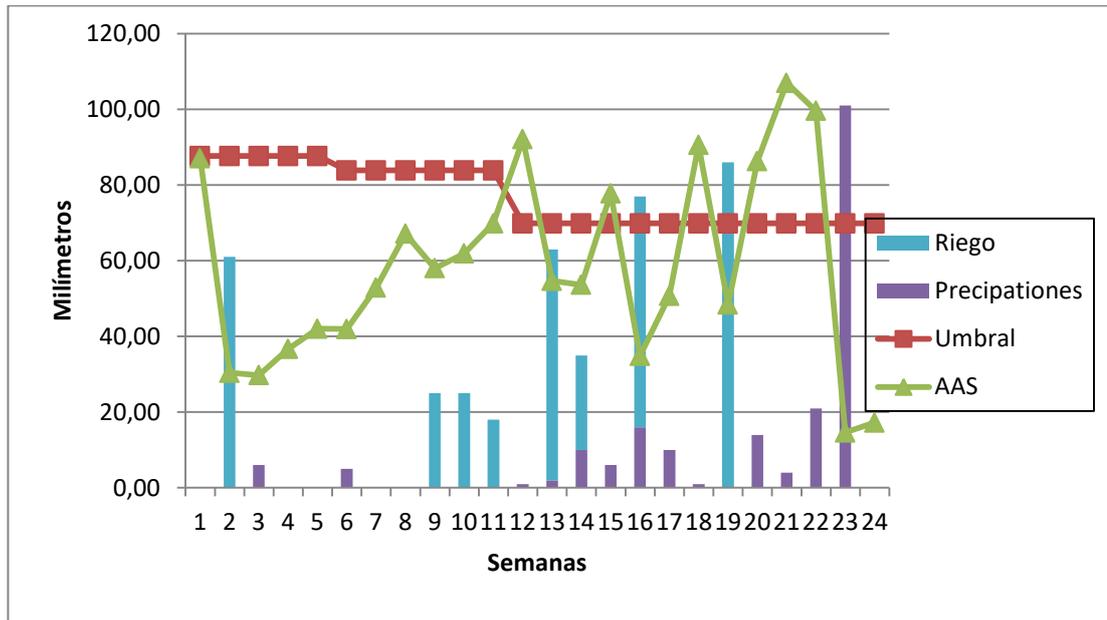
R: Riego.

Pp: Percolación Profunda.

Drii: Agotamiento de agua al final del día anterior.

Drif: Agotamiento de agua al final del día.

Gráfico 3: Evolución del agotamiento del agua, las precipitaciones y los riegos en RTC



AAS: Agotamiento del agua del suelo.

Tabla 6: Balance semanal en RPC

Semanas	Eto	RPC							
		Etc	Ks	Kc	Pe	R	Pp	Drii	Drif
1	9,41	5,55	1,00	0,59	0,00	0,00	0,00	81,5	87,05
2	7,35	4,34	1,00	0,59	0,00	20,00	0,00	87,05	71,39
3	9,08	5,36	1,00	0,59	6,00	0,00	0,00	71,39	70,75
4	11,73	6,92	1,00	0,59	0,00	0,00	0,00	70,75	77,67
5	9,04	5,38	1,00	0,59	0,00	0,00	0,00	77,67	83,05
6	7,55	4,85	0,99	0,65	5,00	0,00	0,00	83,05	82,91
7	14,70	10,21	0,95	0,74	0,00	0,00	0,00	82,91	93,12
8	17,53	10,02	0,70	0,82	0,00	0,00	0,00	93,12	103,13
9	17,83	7,79	0,49	0,89	0,00	0,00	0,00	103,13	110,92
10	29,26	8,54	0,29	0,99	0,00	0,00	0,00	110,92	119,46
11	22,09	7,37	0,33	1,09	0,00	18,00	0,00	119,46	108,82
12	25,50	7,71	0,28	1,10	1,00	0,00	0,00	108,82	115,53
13	25,08	19,19	0,77	1,10	2,00	61,00	0,00	115,53	71,72
14	29,31	31,72	0,98	1,10	10,00	61,00	0,00	71,72	32,44
15	24,11	26,52	1,00	1,10	6,00	0,00	0,00	32,44	52,96
16	31,72	34,89	1,00	1,10	16,00	61,00	0,00	52,96	10,85
17	23,44	25,79	1,00	1,10	10,00	0,00	0,00	10,85	26,64
18	38,44	42,28	1,00	1,10	1,00	0,00	0,00	26,64	67,92
19	41,48	45,63	1,00	1,10	0,00	86,00	0,00	67,92	27,55
20	43,15	47,47	1,00	1,10	14,00	0,00	0,00	27,55	61,02
21	40,56	33,70	0,78	1,10	4,00	0,00	0,00	61,02	90,72
22	56,33	18,19	0,32	1,02	21,00	0,00	0,00	90,72	87,90
23	26,40	16,33	0,92	0,64	101,00	0,00	0,00	87,90	3,24
24	10,69	2,62	1,00	0,25	0,00	0,00	0,00	3,24	5,85
Σ	571,80	428,35			197,00	307,00			

Eto: Evapotranspiración del cultivo de referencia.

Etc: Evapotranspiración del cultivo.

Ks: Coeficiente de estrés hídrico.

Kc: Coeficiente de cultivo.

Pe: Precipitación efectiva.

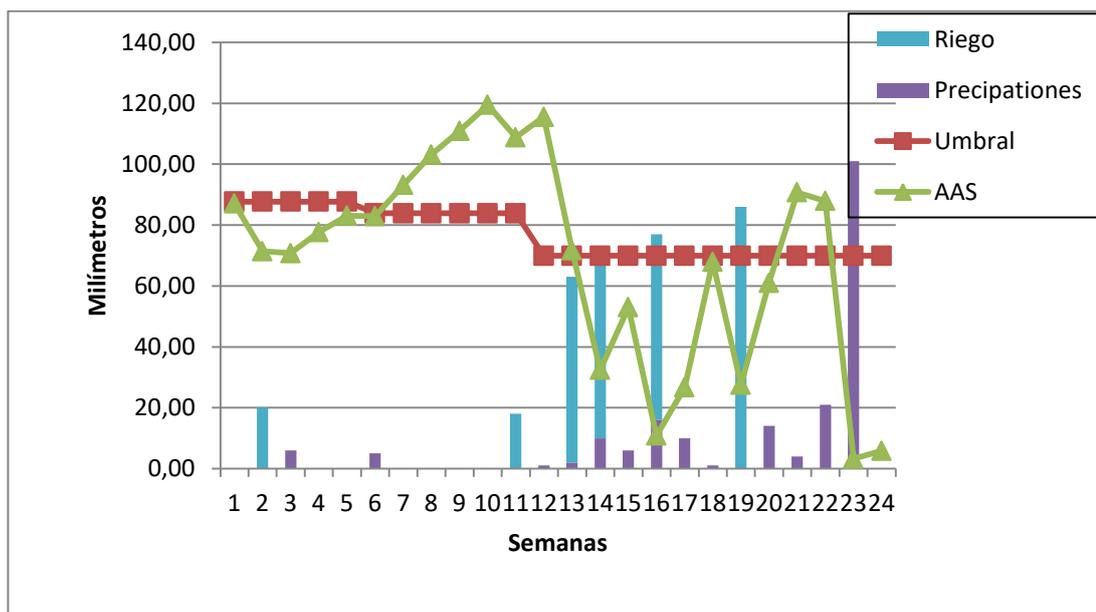
R: Riego.

Pp: Percolación Profunda.

Drii: Agotamiento de agua al final del día anterior.

Drif: Agotamiento de agua al final del día.

Gráfico 4: Evolución del agotamiento del agua, las precipitaciones y los riegos en RPC



AAS: Agotamiento del agua del suelo.

En el balance para el nivel SR (Tabla 4), sólo se aplicaron 18mm de riego correspondiente al riego de fertilización y la E_t alcanzó 133,21 mm. En RTC (Tabla 5), se aplicaron 362 mm de riego y la E_t alcanzó 494,72 mm. Mientras en el RPC (Tabla 6), se regaron 307 mm y la E_t alcanzó 428,35 mm.

En SR el balance se terminó dos semanas antes por haber alcanzado la madurez fisiológica en ese momento y haberse efectuado la determinación de humedad del suelo. En RTC y RPC, los balances siguieron hasta la cosecha del cultivo por haberse determinado en ese momento la humedad del suelo.

En RTC y RPC las láminas se aplicaron en varias ocasiones a destiempo y por debajo del umbral de riego debido a problemas de logística (no se encontraba disponible el equipo de riego). Después de aplicar dos láminas de riego en la semana 19, el riego fue interrumpido por un siniestro (robo) acontecido al equipo de riego en el transcurso de esa semana.

A partir de los datos de agua almacenada en el suelo al inicio y al final del ciclo del cultivo, precipitación y riego (el aporte de la napa freática, la escorrentía y el drenaje no son incluidos, este último por que en la simulación marca que no hubo percolación), se puede obtener el consumo de agua del cultivo como $T + E_s$ y compararlo con el consumo calculado como E_{t_c} a partir de FAO Penman-Monteith.

$$T + E_s = P_p + R \pm \Delta \text{ Alm}$$

Para SR:

$$T + E_s = 75 \text{ mm} + 18 \text{ mm} \pm (156,37 \text{ mm} - 80,63 \text{ mm}) = 168,74 \text{ mm.}$$

Para RTC:

$$T + E_s = 197 \text{ mm} + 362 \text{ mm} \pm (156,37 \text{ mm} - 163,45 \text{ mm}) = 551,92 \text{ mm.}$$

Para RPC:

$$T + E_s = 197 \text{ mm} + 307 \text{ mm} \pm (156,37 \text{ mm} - 237,87 \text{ mm}) = 422,5 \text{ mm.}$$

En SR, la fórmula FAO-Penman-Monteith subestimó en 35,33 mm la evapotranspiración del cultivo. En RTC la misma fórmula subestimó en 57,2 mm la evapotranspiración y en RPC la sobrestimó en 5,78 mm (Tabla 7).

Tabla 7: $T + E_s$ versus FAO Penman-Monteith

Tratamiento	$T + E_s$	FAO Penman-Monteith	Δ
SR	168,74	133,21	35,53
RTC	551,92	494,72	57,2
RPC	422,5	428,35	5,85

SR: Sin riego.

RTC: Riego todo el ciclo.

RPC: Riego período crítico.

$T + E_s$: Evapotranspiración real al final del ciclo del cultivo.

FAO Penman-Monteith: Método usado para calcular la evapotranspiración.

Δ : Diferencia entre Evapotranspiración real y FAO Penman-Monteith.

En sintonía con las divergencias observadas, Allen *et al.*, (1998) concluye que no se puede esperar que ninguna fórmula para el cálculo de la evapotranspiración y basada en datos climáticos, determine la evapotranspiración perfectamente bajo diferentes situaciones climáticas específicas. Lo cual fue demostrado por Jonghan *et al.*, (2009) que para el cultivo de trigo en Texas (USA), encontraron que los valores Et_0 calculados a partir de FAO-Penman-Monteith, eran distintos a los de Et_0 medido por un lisímetro en el pasto de referencia. Por ende también eran distintos los valores de Kc medido (relación entre Et_c medida en el cultivo de trigo y la Et_0 medida en el pasto de referencia ambos determinados por medio de lisímetro) y los valores de Kc tabulados en FAO 56 (Allen *et al.*, 1998). Demostrando con esto que en el manejo eficiente del riego es necesario usar valores regionales de Kc , para no incrementar los costos por sobre riego o disminuir los rendimientos por déficit en el riego (Jonghan *et al.*, 2009).

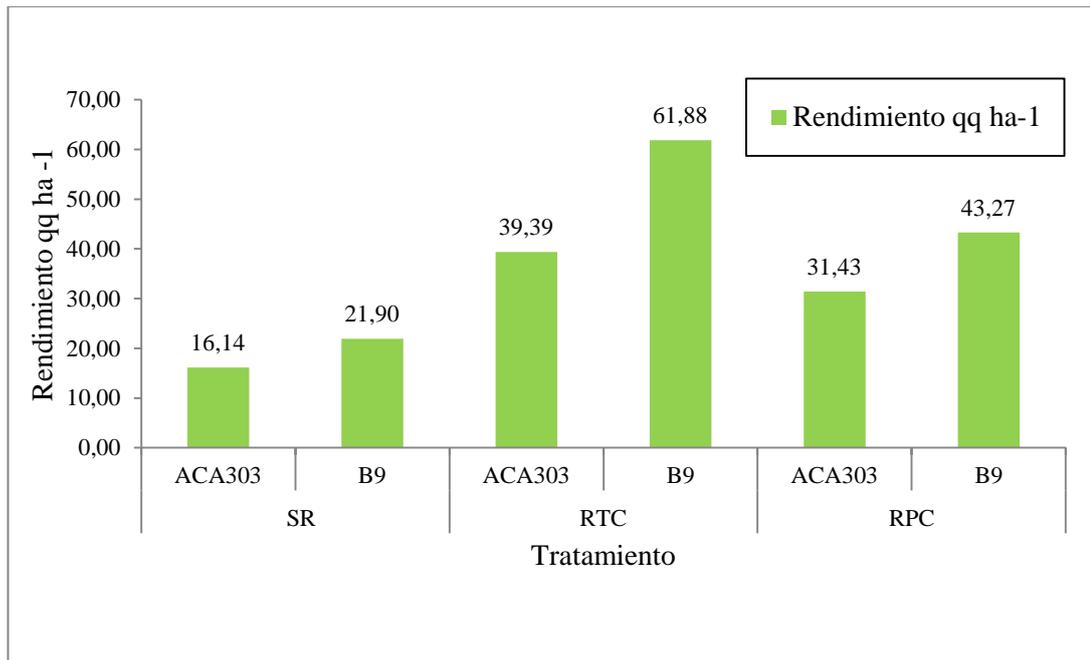
RENDIMIENTO EN GRANO DEL CULTIVO Y SUS COMPONENTES:

A cosecha se evaluó el rendimiento, el componente peso de los granos y el subcomponente espigas m^{-2} . A partir de estos datos se calcularon granos m^{-2} y granos espiga (Tablas 1, 2 y 3 Anexo).

Al comparar los rendimientos medios de ACA303 en los distintos niveles de riego se puede observar que el tratamiento RTC superó en un 25,3% (8 qq ha^{-1} de diferencia) a RPC y en un 144% (23,25 qq ha^{-1} de diferencia) al nivel SR. Al hacer lo mismo para el Baguette 9 el tratamiento RTC presenta un 43 % más (18,6 qq ha^{-1} de diferencia) de rendimiento que el nivel RPC y un 182,6% más que SR (40 qq ha^{-1} de diferencia).

En todos los niveles de riego el cultivar Baguette 9 superó en rendimiento a ACA303, superándolo: un 35,7 % (5,8 qq ha^{-1} de diferencia) en SR, un 57,1% (22,49 qq ha^{-1} de diferencia) más en RTC y un 37,7 % (11,84 qq ha^{-1} de diferencia) en RPC (Gráfico 5).

Gráfico 5: Rendimiento medio en los distintos tratamientos



Al realizar el análisis de varianza para la variable rendimiento en grano, se encontró diferencias estadísticamente significativas a un nivel del 5% para el factor riego y el factor variedad con una confianza del 92% (R^2) y un coeficiente de variación (C.V.) del 12,84%. Se encontró interacción entre los factores riego y variedad (Tabla 4 Anexos y Tabla 8). Siendo Baguette 9 la variedad que mejor respuesta presentó al riego.

En el análisis de comparación de medias con el Test LSD de Fisher, se aprecia que hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias del factor variedad*factor riego, siendo el cultivar Baguette 9 el de mejor performance en todos los niveles de riego (Tabla 5 Anexos y Tabla 8).

Tabla 8: Rendimiento, NG y PG en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Rendimiento (qq ha ⁻¹)	NG (g m ⁻²)	PG (gramos)
B9 RTC	61,88 a	13304 b	46,56 a
B9 RPC	43,27 b	10075 d	43,38 b
B9 SR	21,90 e	6157 e	35,7 c
ACA303 RTC	39,39 c	16392 a	23,9 f
ACA303 RPC	31,43 d	12248 c	27,89 d
ACA303 SR	16,14 f	6501 e	24,87 e
Variedad*riego (p)	0,0001	0,003	0,0001
DMS	3,46	1107,48	0,94
C.V. %	12,84	13,77	3,69

En columnas letras distintas indican diferencias significativas del 5% de probabilidad según LSD Fisher.

B9: Baguette 9.

RTC: Riego en todo el ciclo. RTC: Riego período crítico. SR: sin riego.

Variedad*riego: interacción entre el factor variedad y el factor nivel de riego.

DMS: Diferencia mínima significativa.

C.V.: Coeficiente de variación en %.

Al observar los tratamientos regados (RTC y RPC) y la radiación interceptada en el inicio del período crítico se encontró que los mayores porcentajes de interceptación coinciden con los mayores rendimientos (Gráfico 9). En concordancia con lo anteriormente expuesto, Abbate *et al.*, (1994) encontraron que el rendimiento potencial del trigo está directamente relacionado con la radiación fotosintéticamente activa interceptada en torno al período crítico. Mientras que el menor rendimiento en el tratamiento sin condiciones potenciales (SR) está más relacionado con la deficiencia de agua a lo largo del ciclo y por sobre todo en el período crítico, lo que ocasiona una importante reducción en el área foliar, menor número de granos por superficie y un menor peso de los granos, a similares conclusiones arribaron Calviño y Sadras (2002). En situaciones de estrés hídrico Abbate (1998) encontró que se producen: reducciones tempranas en el área foliar, menor eficiencia de uso de la radiación interceptada, menor supervivencia de flores fértiles en torno al período crítico, disminuciones de la taza y duración de llenado de granos.

NÚMERO DE GRANOS

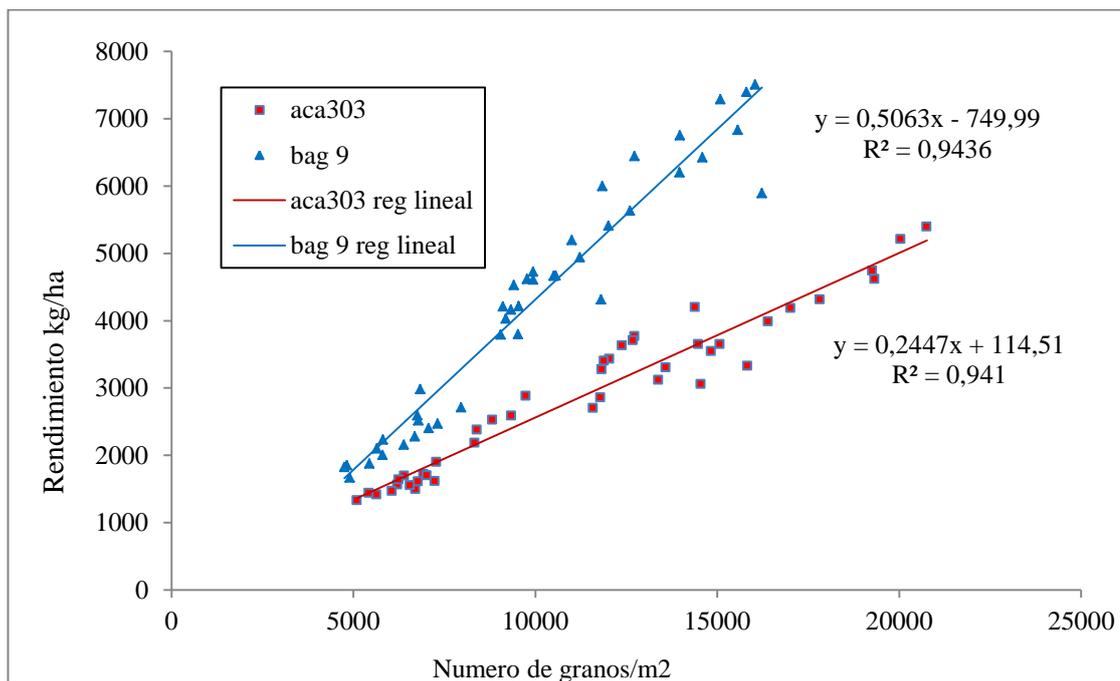
A partir del análisis de varianza para la variable g m⁻², se encontró diferencias estadísticamente significativas a un nivel del 5% para el factor riego y el factor variedad

con una confianza del 87% (R^2) y un coeficiente de variación (C.V.) del 13,77%. Se encontró interacción entre los factores riego*variedad (Tabla 6 Anexos y Tabla 8). Presentando la variedad ACA303 mayor incremento en el NG que Baguette 9 ante aumentos en los milímetros regados (Gráfico 6).

Al comparar las medias del nivel variedad*nivel riego, se encontró que existen diferencias significativas en el número de granos m^{-2} entre ACA303 y Baguette 9 en RTC, presentando el primero 23,2% más número de granos por superficie. En RPC nuevamente se encontró diferencias estadísticamente significativas, donde ACA303 presento mayor número de granos m^{-2} , un 21,56% más que Baguette 9. Mientras que en el nivel SR no existen diferencias estadísticamente significativas, pero si una tendencia de ACA303 a presentar mayor número de granos m^{-2} , un 5,6% más en SR. (Tabla 7 Anexos y Tabla 8).

Las variables rendimiento y número de granos m^{-2} , tuvieron buena correlación para ambas variedades, demostrando que gran parte de la variación en el rendimiento es explicada por la variación en el número de granos (Gráfico 6). Similares resultados fueron obtenidos por Slafer *et al.*, (2006).

Gráfico 6: Rendimiento vs número de granos.



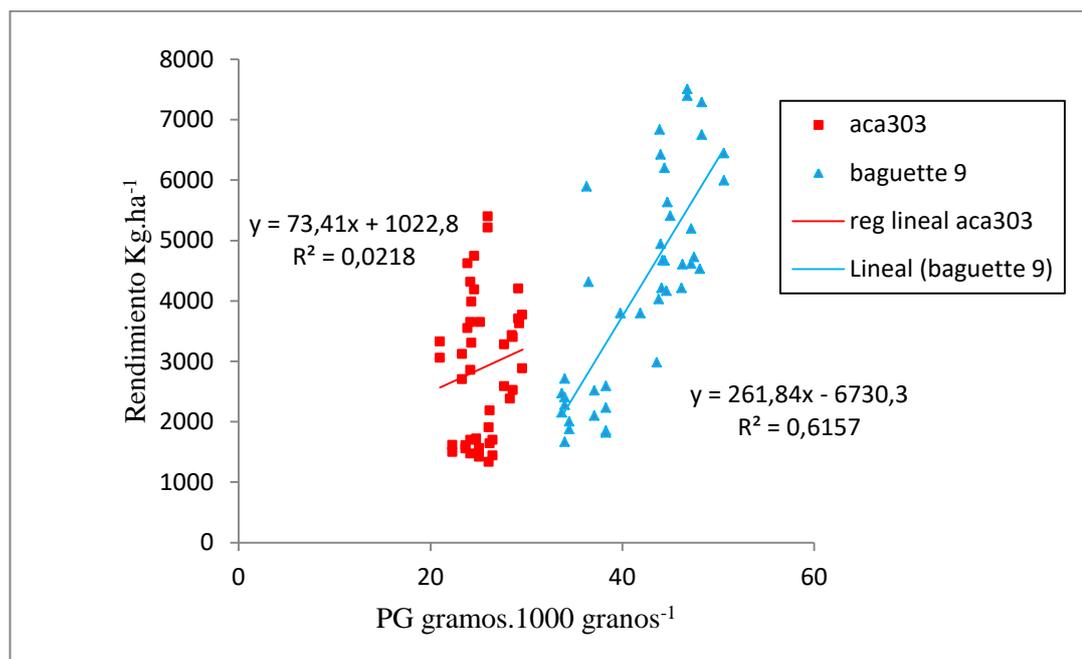
PESO DE LOS GRANOS

En el análisis de varianza para el peso de mil granos, se encontró diferencias estadísticamente significativas a un nivel del 5% para los tratamientos de riego y los tratamientos variedades con una confianza del 98% (R^2) y un coeficiente de variación (C.V.) del 3,69%. Se encontró interacción entre los factores riego y variedad (Tabla 8 Anexos y Tabla 8).

En el análisis de las medias del nivel variedad*nivel riego, se determinó que existen diferencias dentro de la misma variedad en los distintos niveles de riego. Siendo para Baguette 9 mayor el peso de los granos en los niveles más regados, RTC mayor peso de los 1000 granos que en RPC y estos dos mayor que SR. Mientras que para ACA303, RPC presentó mayor PG con diferencias significativas contra SR y RTC, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre SR y RTC, a favor del nivel sin riego (Tabla 9 Anexos y Tabla 8). El mayor PG de los tratamientos regados, se debió a una menor duración de las fases de llenado de grano. Similares resultados encontró Slafer *et al.*, (2006) con relación a la disponibilidad hídrica, una baja disponibilidad durante el período del llenado disminuye el tiempo de acumulación de materia seca, con la consiguiente reducción del peso del grano.

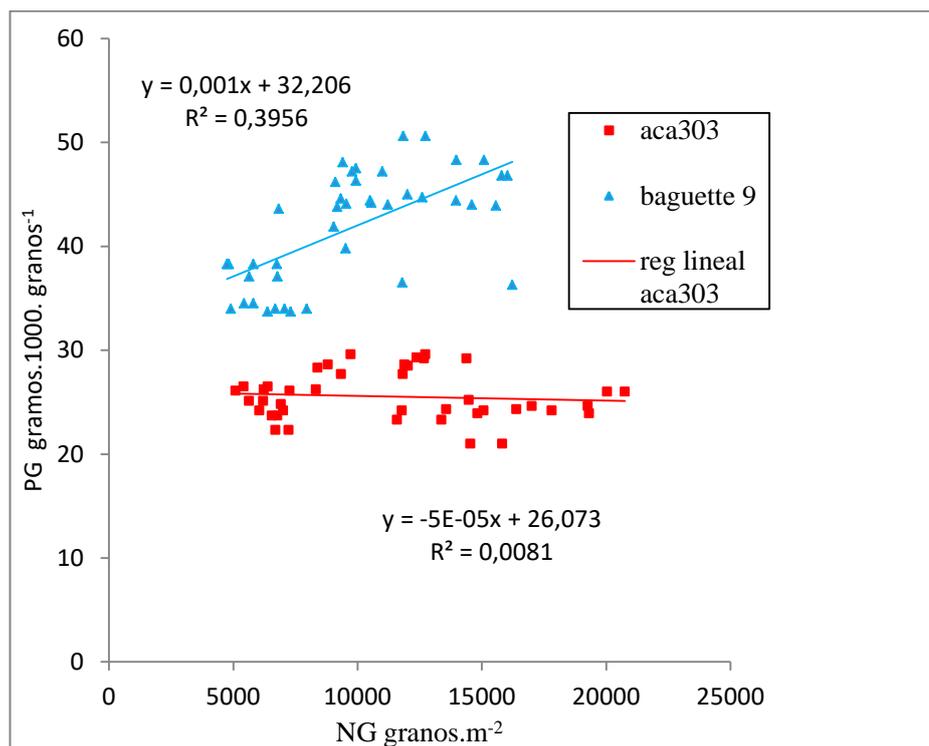
El rendimiento y el peso de los 1000 granos, tuvieron una media correlación para el cultivar Baguette 9 y baja para ACA303 (Gráfico 7). Es decir la variación del PG explica medianamente la variación del rendimiento en el primer cultivar y pobremente en el segundo.

Gráfico 7: Rendimiento vs PG (peso de los mil granos)



El número de granos y el peso de los granos, sólo estuvieron directamente relacionados en Baguette 9, aumentos en el número estuvieron acompañados por un mayor peso de los mismos. Mientras que en ACA303 a medida que aumentó el número de granos disminuyó el peso (Gráfico 8). Estos resultados difieren de lo encontrado por Milisich *et al.*, (2004) quien encontró que el peso de los granos y el número estaban directamente relacionados en trigos de distinta longitud del ciclo. Ratificando lo encontrado Abbate *et al.*, (1997) determinó que en las variedades de trigo predomina una de estas dos estrategias para alcanzar elevados rendimientos: un alto peso de los granos o un alto número de granos.

Gráfico 8: Número de granos vs peso de 1000 granos



INTERCEPCIÓN DE LA RADIACIÓN

Se realizó la varianza para la variable intercepción de radiación (IR) y el rendimiento en los bloques 3, 5 y 7. Se encontró diferencias estadísticamente significativas con un nivel de significación de 5 % en la variable intercepción de radiación para el factor riego y el factor variedad, con una confianza (R^2) del 94% y un coeficiente de variación 6 %(C.V.). Además se encontró interacción entre el factor variedad*riego (Tabla 10 Anexos y Tabla 9). También se encontró diferencias estadísticamente significativas en la variable rendimiento para los dos factores anteriormente mencionados, con una confianza del 93% (R^2) y un coeficiente de variación 12 %(C.V), encontrándose de nuevo interacción entre el factor variedad por riego (Tabla 12 Anexos y Tabla 9).

Tabla 9: Intercepción de radiación y rendimiento en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento (qq ha ⁻¹)	IR %
B9 RTC	58,69 a	91,81 a
B9 RPC	43,99 b	78,21 c
B9 SR	20,28 d	55,38 d
ACA303 RTC	36,38 c	86,97 b
ACA303 RPC	36,03 c	82,36 c
ACA303 SR	15,88 e	51,46 d
Variedad*riego (p)	0,0001	0,0074
DMS	4,01	4,26
C.V. %	12,01	6,04

En columnas letras distintas indican diferencias significativas del 5% de probabilidad según LSD Fisher.

IR%: Porcentaje de radiación interceptada.

B9: Baguette 9.

RTC: Riego en todo el ciclo. RTC: Riego período crítico. SR: sin riego.

Variedad*riego: interacción entre el factor variedad y el factor nivel de riego.

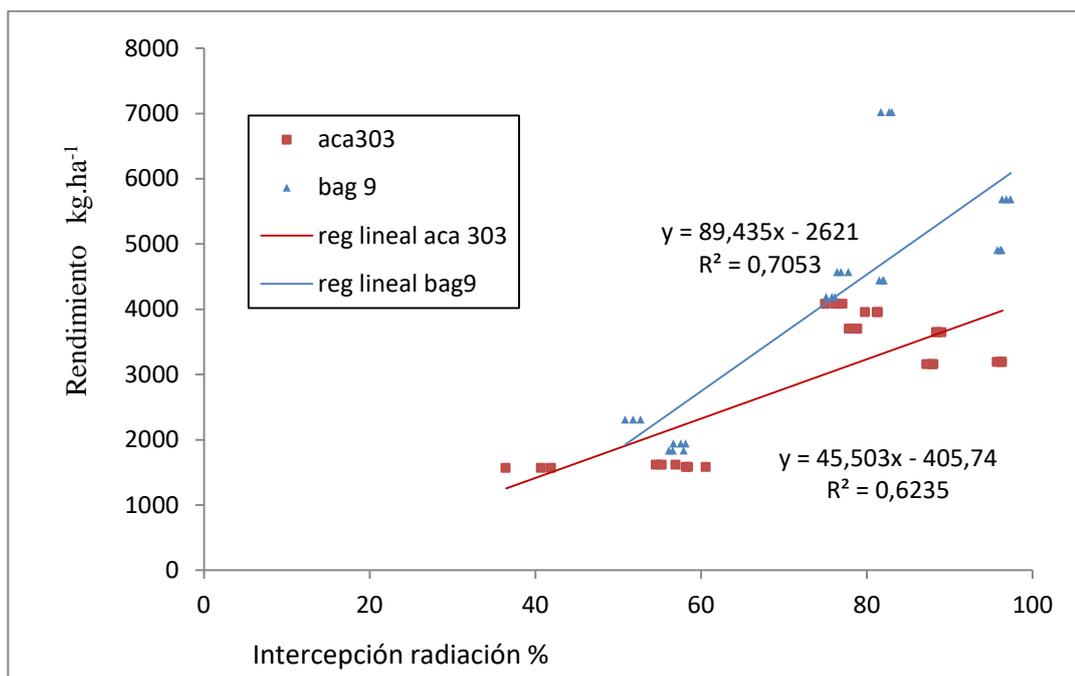
DMS: Diferencia mínima significativa.

C.V.: Coeficiente de variación en %.

En la comparación de medias por medio del Test de Fisher se encontró diferencias estadísticamente significativas en la radiación interceptada para el factor riego*factor variedad (Tabla 11 Anexos y Tabla 9), para RTC fue Baguette 9 el cultivar que mayor porcentaje de radiación interceptada alcanzó en ese nivel de riego, mientras que en los demás niveles de riego (SR y RPC) no presentó diferencias estadísticamente pero si una tendencia a ser superior a ACA303.

En sintonía con la diferencia de las medias en radiación interceptada se encontró diferencias entre medias en rendimiento entre los distintos niveles de riego*variedad (Tabla 13 Anexos y Tabla 9). Siendo los niveles de riego y las variedades que lograron mayor intercepción, los que alcanzaron mayores rendimientos, lo que queda evidenciado en la fuerte correlación que se encontró entre ambas variables (Gráfico 9).

Gráfico 9: Rendimiento (kg ha⁻¹) vs intercepción (%)



Al respecto de la correlación entre IR y Rendimiento, Abbate *et al.*, (1994), concluyeron que si el cultivo de trigo no logra interceptar el 95% de la radiación incidente al inicio del período crítico son de esperar rendimientos menores a los potenciales. Con lo que podemos decir que solamente los rendimientos obtenidos en Baguette 9 en RTC, están en torno al rendimiento potencial del ambiente para el ciclo 2008. El resto de los tratamientos, presentó valores de IR menores al 95%, es decir que alcanzaron rendimientos menores que el potencial.

Se observó que una vez superado el estrés hídrico inicial en RPC, los cultivares no alcanzaron suficiente área foliar como para interceptar más del 90% de radiación al inicio del período crítico, por lo que pese a haberse restablecido la disponibilidad hídrica, el rendimiento se vio afectado. Similares conclusiones obtuvo Abbate (2005).

Las diferencias en área foliar entre los niveles de riego RTC y RPC, es explicado por qué el período de generación del área foliar (principalmente el tiempo comprendido entre macollaje y la mitad de la encañazón -inicio del período crítico-) en RPC, coincide con el período de estrés hídrico en este tratamiento. El fenómeno más importante durante esta etapa es la expansión del área foliar del cultivo, el cual se ve afectado por la turgencia de las hojas. Para que no hubiera diferencias en rendimiento entre estos tratamientos, al final del período de desarrollo vegetativo, el nivel RPC debería poseer suficiente área foliar como para cerrar totalmente el surco e interceptar más del 90% de la radiación solar disponible (Abbate, 1998).

EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DE AGUA

En coincidencia con lo observado por Martellotto *et al.*, (2005), se encontró una buena correlación entre el rendimiento obtenido y el consumo o agua total disponible para el cultivo (E_{tC} calculado por FAO Penman-Monteih) (Gráfico 10), la pendiente de dicha relación puede ser considerada como la eficiencia de uso de agua (EUA). A diferencia de lo observado por Giubergia *et al.*, (2007) que encontró similares EUA entre los tratamientos regado todo el ciclo y regado en período crítico, se encontró diferencias en la EUA de los distintos tratamientos siendo mayor en el nivel de riego más alto (RTC). El cultivar Baguette 9 tuvo una mayor eficiencia del uso del agua que ACA303 en todos los niveles de riego. Estando estos valores de EUA dentro del rango $7-14 \text{ kg grano mm}^{-1}$, que es considerado por Martellotto *et al.*, (2005) como normal para la región (Tabla 10). En promedio se perdieron $14,5 \text{ kg}$ en ACA303 y $33,83 \text{ kg}$ en Baguette 9 de grano por milímetro ahorrado, si comparamos RTC versus RPC.

Gráfico 10: Eficiencia de utilización de agua

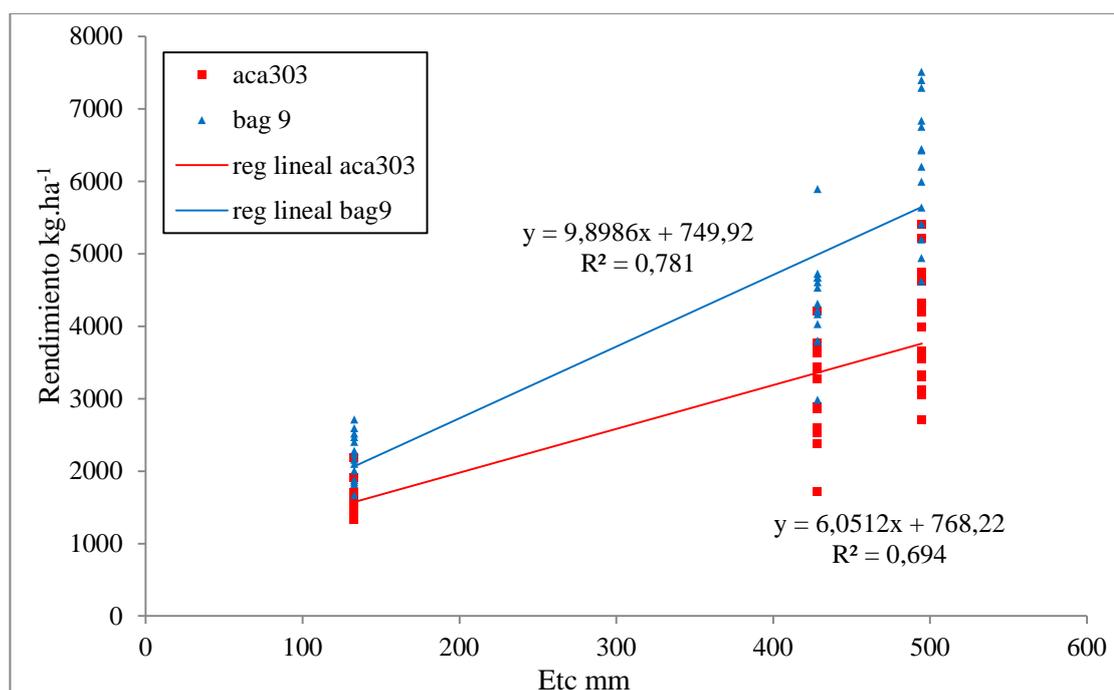


Tabla 10: Eficiencia de utilización del agua

Nivel de riego	Variedad	Rend (kg ha ⁻¹)	Et _c (mm)	EUA (kg mm ⁻¹)
SR	ACA 303	1614	133,21	12,1
	Bag 9	2190	133,21	16,4
RTC	ACA 303	3939	493,72	8,0
	Bag 9	6188	493,72	12,5
RPC	ACA 303	3143	428,35	7,3
	Bag 9	4327	428,35	10,1

RTC: Riego en todo el ciclo. RTC: Riego período crítico. SR: sin riego.

Bag 9: Baguette 9.

Et_c: Evapotranspiración de cultivo calculado por FAO Penman-Monteih.

EUA: Eficiencia de utilización de agua kg mm⁻¹.

Al analizar la correlación entre rendimiento alcanzado y mm regados, se encontró que existe baja correlación entre los mm regados y el rendimiento para ACA303 y un mejor ajuste en Baguette 9. Es decir que en Baguette 9 un 59,2 % de la variación en el rendimiento se deben a la variación en la lámina de riego, mientras que en ACA303 sólo un 22,8 % (Gráfico 11).

Para la EUA del agua de riego se encontró que Baguette 9 tuvo mayor eficiencia que ACA303 en los dos niveles de riego: RTC y RPC. El cultivar Baguette 9 alcanzó mayor eficiencia al aumentar los milímetros regados y la eficiencia de ACA303 se mantuvo constante (Tabla 11).

Gráfico 11: Eficiencia de utilización del agua de riego (EUA_r)

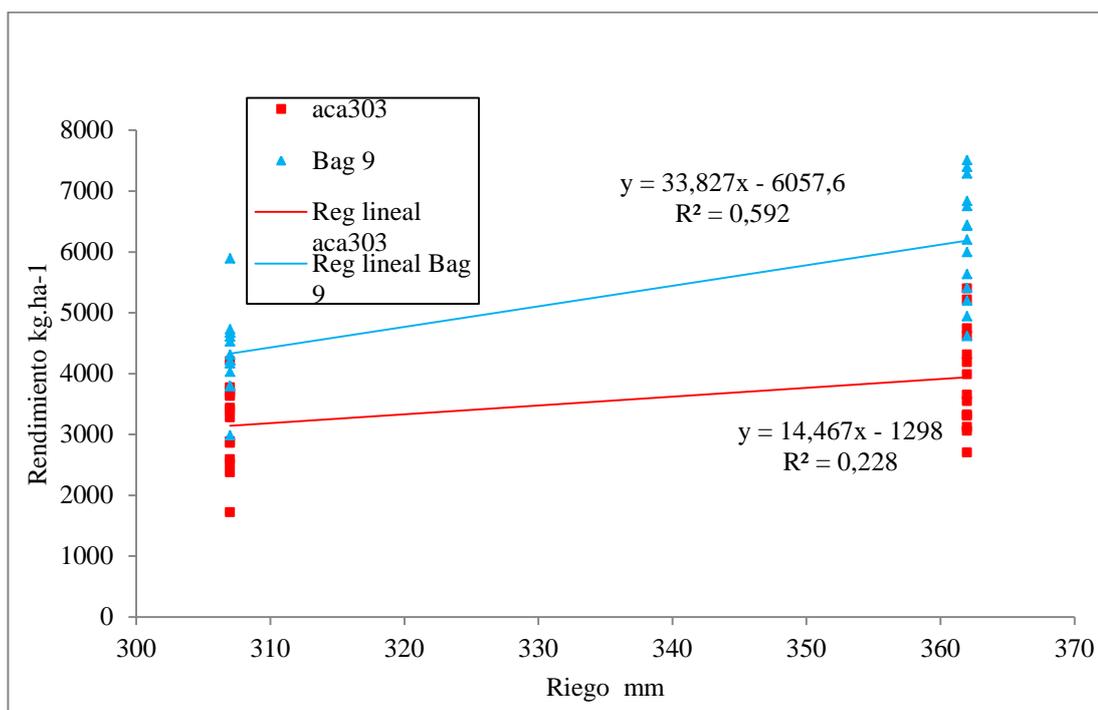


Tabla 11: Eficiencia de utilización del agua de riego

Nivel de riego	Variedad	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Riego (mm)	EUA (kg mm ⁻¹)
RTC	ACA303	3939	362	10,9
	Bag 9	6188	362	17,1
RPC	ACA303	3143	307	10,2
	Bag 9	4327	307	14,1

RTC: Riego en todo el ciclo. RTC: Riego período crítico. SR: sin riego.

Bag 9: Baguette 9.

Rendimiento: Rendimiento promedio de cada tratamiento en todo el ensayo.

EUA: Eficiencia de utilización de agua kg mm⁻¹.

CONCLUSIÓN:

El número de granos (NG) explicó la mayor parte de la variación en el rendimiento, mientras que el peso de los granos (PG) explicó en menor parte la variación del rendimiento en Baguette 9 y escasamente en ACA303. Es decir que el número de granos es la variable que mejor explica las variaciones en el rendimiento. Al observar las correlaciones entre: rendimiento vs NG y rendimiento vs PG, los gráficos muestran claramente que el rendimiento está más correlacionado con el número de granos por superficie que con el peso de los mismos.

Al observar las dos variedades utilizadas en el ensayo, se establece que las mismas presentan dos estrategias distintas para generar el rendimiento: Baguette 9 se basa en un mayor número de granos por superficie y un mayor peso de los mismos para alcanzar elevados rendimientos, mientras que ACA303 con una menor plasticidad en el peso de los granos se basa en mayor medida en aumentar el número de granos por superficie.

La estrategia de regar sólo en el período crítico será viable cuando se disponga de buenas condiciones de humedad a la siembra y en el período vegetativo del cultivo. El uso de la estrategia de regar sólo en el período crítico, podría ser conveniente si los milímetros que se ahorran de aplicar, se utilizaran para regar en otra posición, es decir aumentando la superficie regada.

ANEXOS

Tabla 1: Rendimiento y componentes en SR

Riego	Bloque	Variedad	PG	Rend qq ha ⁻¹	NG	Esp m ⁻²	NG esp
SR (Sin riego)	1	ACA303	25,10	14,88	5928	371	16
		B9	38,30	24,10	6292	446	14
	2	ACA303	22,30	15,55	6975	371	19
		B9	34,00	25,56	7518	446	17
	3	ACA303	23,70	15,81	6670	371	18
		B9	37,10	23,07	6219	446	14
	4	ACA303	24,20	15,83	6540	371	18
		B9	34,00	19,72	5800	446	13
	5	ACA303	26,50	15,66	5911	371	16
		B9	38,30	18,35	4791	446	11
	6	ACA303	26,20	19,10	7290	371	20
		B9	33,70	23,10	6855	446	15
	7	ACA303	26,10	16,16	6191	371	17
		B9	34,50	19,41	5625	446	13
Promedio	ACA303	24,87	16,14	6501	371	18	
	B9	35,70	21,90	6157	446	14	
C.V.	ACA303	5,99	13,44	12,88	0	12,88	
	B9	5,68	3,21	16,16	0	16,16	
D.E.	ACA303	1,49	2,17	837,01	0	2,26	
	B9	2,03	14,64	995,22	0	2,23	

B9: Baguette 9.

PG: Peso de mil granos en gramos.

NG: número de granos m².

Esp m⁻²: espigas por metro cuadrado.

NG esp: Número de granos por espiga.

C.V.: Coeficiente de variación.

D.E.: Desvío estándar.

Tabla 2: Rendimiento y componentes en RTC

Riego	Bloque	Variedad	PG	Rend qq ha ⁻¹	NG	Esp m ⁻²	NG esp
RTC (riego todo el ciclo)	1	ACA303	23,30	29,10	12489	560	22
		B9	44,30	62,34	14072	588	24
	2	ACA303	24,20	39,81	16449	560	29
		B9	44,70	58,04	12984	588	22
	3	ACA303	24,30	36,43	14992	560	27
		B9	47,20	49,06	10394	588	18
	4	ACA303	26,00	53,05	20402	560	36
		B9	46,80	74,52	15923	588	27
	5	ACA303	23,90	40,82	17077	560	30
		B9	48,30	70,18	14531	588	25
	6	ACA303	24,60	44,63	18142	560	32
		B9	50,60	62,20	12292	588	21
	7	ACA303	21,00	31,90	15191	560	27
		B9	44,00	56,81	12912	588	22
Promedio	ACA303	23,90	39,39	16392	560	29	
	B9	46,56	61,88	13304	588	23	
C.V.	ACA303	6,12	21,20	16,88	0	16,88	
	B9	5	15,02	14,92	0	14,91	
D.E.	ACA303	1,46	8,35	2766,91	0	4,94	
	B9	2,33	9,29	1984,37	0	3,37	

B9: Baguette 9.

PG: Peso de mil granos en gramos.

NG: número de granos m².

Esp m⁻²: espigas por metro cuadrado.

NG esp: Número de granos por espiga.

C.V.: Coeficiente de variación.

D.E.: Desvío estándar.

Tabla 3: Rendimiento y componentes en RPC.

Riego	Bloque	Variedad	PG	Rend qq ha ⁻¹	NG	Esp m ⁻²	NG esp
RPC (riego período crítico)	1	ACA303	28,00	24,82	8865	591	15
		B9	45,95	46,95	10218	486	21
	2	ACA303	24,50	22,87	9335	591	16
		B9	40,85	37,94	9287	486	19
	3	ACA303	29,05	31,57	10869	591	18
		B9	44,15	44,42	10060	486	21
	4	ACA303	26,45	34,62	13090	591	22
		B9	36,40	51,01	14015	486	29
	5	ACA303	29,45	36,99	12560	591	21
		B9	45,40	41,87	9223	486	19
	6	ACA303	28,60	29,62	10357	591	18
		B9	43,70	35,06	8022	486	17
	7	ACA303	29,20	39,53	13538	591	23
		B9	47,20	45,67	9676	486	20
promedio	ACA303	27,89	31,43	11247	591	19	
	B9	43,38	43,27	10075	486	21	
C.V.	ACA303	6,54	21,52	20,05	0	20,05	
	B9	8,39	14,99	20,62	0	20,61	
D.E.	ACA303	1,82	6,76	2255,09	0	3,82	
	B9	3,64	6,49	2077,41	0	4,27	

B9: Baguette 9.

PG: Peso de mil granos en gramos.

NG: número de granos m⁻².

Esp m⁻²: espigas por metro cuadrado.

NG esp: Número de granos por espiga.

C.V.: Coeficiente de variación.

D.E.: Desvío estándar.

Tabla 4: Análisis de la varianza para la variable rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ren qq	84	0,95	0,92	12,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	21098,14	29	727,52	34,71	<0,0001	
bloque	617,92	6	102,99	4,91	0,0004	
riego	14110,60	2	7055,30	64,05	<0,0001	(bloque*riego)
variedad	3750,15	1	3750,15	76,54	0,0001	(bloque*variedad)
bloque*riego	1321,78	12	110,15	5,25	<0,0001	
bloque*variedad	293,97	6	49,00	2,34	0,0444	
riego*variedad	1003,72	2	501,86	23,94	<0,0001	
Error	1131,93	54	20,96			
Total	22230,07	83				

Tabla 5: Diferencia de medias entre tratamientos para la variable rendimiento

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,46939

Error: 20,9617 gl: 54

riego	variedad	Medias	n				
rtc	B9	61,88	14	A			
rpc	B9	43,27	14		B		
rtc	aca303	39,39	14			C	
rpc	aca303	31,43	14				D
sr	B9	21,90	14				E
sr	aca303	16,14	14				F

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 6: Análisis de la varianza para la variable $g\ m^{-2}$

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
g/m2	84	0,92	0,87	13,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	1272902536,66	29	43893190,92	20,55	<0,0001	
bloque	67795302,72	6	11299217,12	5,29	0,0002	
riego	1016136047,72	2	508068023,86	75,59	<0,0001	(bloque*riego)
variedad	49455139,86	1	49455139,86	9,53	0,0214	(bloque*variedad)
bloque*riego	80653655,89	12	6721137,99	3,15	0,0019	
bloque*variedad	31121440,41	6	5186906,73	2,43	0,0376	
riego*variedad	27740950,06	2	13870475,03	6,49	0,0030	
Error	115342665,40	54	2135975,29			
Total	1388245202,06	83				

Tabla 7: Diferencia de medias entre tratamientos para la variable g m⁻²

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1107,48355

Error: 2135975,2852 gl: 54

riego	variedad	Medias	n				
rtc	aca303	16391,94	14	A			
rtc	B9	13303,98	14		B		
rpc	aca303	11247,58	14			C	
rpc	B9	10075,16	14				D
sr	aca303	6500,63	14				E
sr	B9	6157,21	14				E

Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

Tabla 8: Análisis de la varianza para la variable PG

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
p1000g	84	0,99	0,98	3,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	6901,88	29	238,00	153,74	<0,0001	
bloque	114,68	6	19,11	12,35	<0,0001	
riego	496,72	2	248,36	18,05	0,0002	(bloque*riego)
variedad	5595,80	1	5595,80	1032,81	<0,0001	(bloque*variedad)
bloque*riego	165,10	12	13,76	8,89	<0,0001	
bloque*variedad	32,51	6	5,42	3,50	0,0054	
riego*variedad	497,08	2	248,54	160,56	<0,0001	
Error	83,59	54	1,55			
Total	6985,48	83				

Tabla 9: Diferencia de medias entre tratamientos para la variable PG

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,94281

Error: 1,5480 gl: 54

riego	variedad	Medias	n				
rtc	B9	46,56	14	A			
rpc	B9	43,38	14		B		
sr	B9	35,70	14			C	
rpc	aca303	27,89	14				D
sr	aca303	24,87	14				E
rtc	aca303	23,90	14				F

Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

Tabla 10: Análisis de la varianza para la variable IR

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IR%	54	0,94	0,93	6,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13855,55	7	1979,36	98,14	<0,0001
variedad	31,96	1	31,96	1,58	0,2145
riego	12587,95	2	6293,98	312,07	<0,0001
bloque	1015,36	2	507,68	25,17	<0,0001
variedad*riego	220,28	2	110,14	5,46	0,0074
Error	927,76	46	20,17		
Total	14783,31	53			

Tabla 11: Diferencia de medias entre tratamientos para la variable IR

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=4,26141

Error: 20,1687 gl: 46

variedad	riego	Medias	n	
B9	rtc	91,81	9	A
aca303	rtc	86,97	9	B
aca303	rpc	82,36	9	C
B9	rpc	78,21	9	C
B9	sr	55,38	9	D
aca303	sr	51,46	9	D

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 12: Análisis de la varianza para la variable rendimiento en los bloques donde se midió IR

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
rend qq	54	0,93	0,92	12,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11185,83	7	1597,98	89,31	<0,0001
variedad	1802,32	1	1802,32	100,73	<0,0001
riego	8433,97	2	4216,98	235,68	<0,0001
bloque	140,71	2	70,36	3,93	0,0265
variedad*riego	808,83	2	404,42	22,60	<0,0001
Error	823,07	46	17,89		
Total	12008,90	53			

Tabla 13: Diferencia de medias entre tratamientos para la variable rendimiento en los bloques donde se midió IR

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=4,01379

Error: 17,8928 gl: 46

variedad	riego	Medias	n				
B9	rtc	58,69	9	A			
B9	rpc	43,99	9		B		
aca303	rtc	36,38	9			C	
aca303	rpc	36,03	9			C	
B9	sr	20,28	9				D
aca303	sr	15,88	9				E

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

BIBLIOGRAFÍA

ABBATE, P. E.; ANDRADE, F.H. y J. CULOT. 1994. Determinación del rendimiento potencial en trigo. *Boletín técnico N° 133*. E.E.A. I.N.T.A. Balcarce.133.p:1-20.

ABBATE, P. E.; LÁZARO, L. Y F. H. ANDRADE. 1997. ¿Es posible incrementar el número de granos por superficie? En: KHOLI, M. M. y D. L. MARTINO.*Explorando altos rendimientos de trigo*.Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay.p:71-90.

Abbate, P.E.1998. Ecofisiología de trigo: aspectos prácticos para el manejo del cultivo. **12° Congreso de AAPRESID**. Bragado- Buenos Aires, Argentina. p:1-7.

Abbate, P.E.2005. Bases fisiológicas para el manejo del cultivo de trigo. **1° Jornada de Trigo de la Region Centro**. Balcarce- Buenos Aires, Argentina. p:1-5.

Alzugaray, E. 2009. *Determinación de la producción de grano e indicadores de rendimiento en un cultivo de maíz (Zea mays L.) bajo diferentes programaciones de riego complementario*. Tesis de grado. FAV-UNRC, Rio Cuarto, Argentina. 28 p.

ALLEN, R. G.; L. S. PEREIRA; D. RAES y M. SMITH. 1998. *Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*. FAO 56. Irrigation and Drainage paper. 301 p.

Bolsa de Cereales.2009. Lluvias mejoran trigo y maíz, pero no girasol. En: http://www.bolsadecereales.com/a_vernoticia.asp?id=6381 . Consultado: 29-09-2009.

CALVIÑO, P.A. y V.O. SADRAS. 2002. On-farm assessment of constraints to wheat yield in the south-eastern Pampas. *Field Crops Research*. 74: 1-11.

Campodiario.2009. Córdoba tiene 90% menos de trigo. En: http://www.campodiario.com.ar/despachos.asp?cod_des=3285&ID_Seccion=165 .Consultado:28-09-2008.

CANTERO, G. A.; BRICCHI, E. M.; BECERRA, V. H.; CISNEROS, J. M. y GÍL, H. A. 1986. *Zonificación y descripción de las tierras del Departamento Río Cuarto*. Publicación realizada por el Dpto. de Imprenta y Publicaciones U.N.R.C., Argentina.80 p.

DARDANELLI, J.; COLLINO, D.; OTEGUI, M.E. y V.O. SADRAS. 2006. Bases Funcionales Para El Manejo Del Agua En Los Sistemas De Producción De Los Cultivos De Grano. En: SATORRE, E.H.; BENECH ARNOLD, R.L.; SLAFER, G.A.; DE LA FUENTE, E.B.; MIRALLES, D.J.; OTEGUI, M.E. y R. SAVIN. *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 783 pág. Cap. 7.p: 101-132.

DI RIENZO, J. A., BALZARINI, M., CASANOVES, F., GONZALEZ, L., TABLADA, M. Y C. W. ROBLEDO 2002 InfoStat/ Profesional versión 1.1. Cátedra de Estadística y Diseño. UNC.

EVANS, L.T. 1975. *Fisiología de los cultivos*. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 385 p.

GIUBERGIA, I.; SALINAS, A.; MARTELLOTTA, E.; LINGUA, S. y E. LOVERA.2007. Evaluación del efecto de dos estrategias de riego en trigo. *Trigo 2007 Boletín de Divulgación Técnica nº 1*. INTA, EEA Manfredi. 1:35-41.

GUERRERO GARCIA, A. 1999. *Cultivos herbáceos extensivos*. 6º ed.Ed. Ediciones Mundi-Prensa. España. 831 pp.

JONGHAN, K.O.; PICCINI, G.; MAREK, T y T. HOWELL. 2009. Determination of growth-stage-specific crop coefficients (Kc) of cotton and wheat. *Agricultural Water Management*. 96: 1691-1697.

KIRDA, C.; TOPCU, S.; KAMAN, H.; ULGER, A.C.; YAZICI, A.; CETIN, M. y M.R. DERICI. 2005. Grain yield responde and N-fertiliser recovery of maize under déficit irrigation. *Field Crops Research*. 93: 132-141.

MARTELLOTTA, E.; SALINAS A.; SALAS H.; LOVERA E.; GIUBERGIA I.; CAPUCCINO V.; LOPEZ C.; SIGNORILE O.; LINGUA S.; ALVAREZ C.; CANTARERO M. y G. VIOTTI. 2005. Un aporte a la sustentabilidad de los sistemas productivos. *Trigo Boletín de Divulgación Técnica nº 9*. INTA, EEA Manfredi. 9:1-8.

MILISICH, H.J.; CAVIGLIA, O.P. y J.H. SALUSO. Evaluación entre el rendimiento de trigo y variables sanitarias ambientales. 2006. *Actualización técnica-trigo lino*. INTA, EEA Parana.39: 13-15.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTOS 2008 Producción de trigo en la provincia de Córdoba. En: www.cba.gov.ar Consultado: 04/02/08.

PASSARELLA, V.S. y R. SAVIN. 2006. Características Físico-Químicas De Los Granos y Usos Principales. En: SATORRE, E.H.; BENECH ARNOLD, R.L.; SLAFER, G.A.; DE LA FUENTE, E.B.; MIRALLES, D.J.; OTEGUI, M.E. y R. SAVIN. *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 783 pág. Cap. 2.p: 2-23.

PERGOLINI, S.; CASTILLO, C. y G. ESPÓSITO. 2004. *Efecto de la Fertilización sobre el Consumo y la Eficiencia de Uso de Agua en el Cultivo de Trigo*. En: [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/article=5D31AD3403256EB3005846BAFBB6F776](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/article=5D31AD3403256EB3005846BAFBB6F776)

SALINAS, A.; MARTELLOTTO, E.; LOVERA, E.; GIUBERGIA, J.; LINGUA, S. y C. ALVAREZ. 2007. Resultados productivos y económicos de trigo con riego suplementario en un sistema de siembra directa continúa en la provincia de Córdoba. *Trigo Boletín de Divulgación Técnica n° 1*. INTA, EEA Manfredi. 1: 29-35.

SEILER, R. A.; ROTONDO, V. H.; FABRICIUS, R. A; VINOCUR, M. G. y J. C. BONACCI. 1995. *Agroclimatología de Río Cuarto- 1974/93*. Volumen I. Publicación realizada por el Dpto. de Imprenta y Publicaciones U.N.R.C., Argentina. 66 p.

Servicio de Agrometeorología. 2008. Cátedra de Agrometeorología. Banco de datos. Serie datos climáticos Río Cuarto: 1974-2006. FAV – UNRC, Río Cuarto, Argentina.

SLAFER, G.A.; MIRALLES, D.J.; SAVIN, R.; WHITECHURCH, E.M. y F.G. GONZALES. 2006. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. En: SATORRE, E.H.; BENECH ARNOLD, R.L.; SLAFER, G.A.; DE LA FUENTE, E.B.; MIRALLES, D.J.; OTEGUI, M.E. y R. SAVIN. *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. 783 pág. Cap. 7.p: 101-132.

USDA. 2010. World Agricultural Supply and Demand Estimates. En: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/waob/wasde//2010s/2010/wasde-03-10-2010.pdf>
Consultado: 8-07-2010.

USDA. 2010. Wheat Area, Yield, and Production. En <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=448&hidReportRetrievalTemplateID=1>. Consultado: 8-07-2010.

USTARROZ, E. y A. SALINAS. 2007. Trigo 2007. Un cultivo fundamental para la sostenibilidad de los sistemas productivos. *Boletín de Divulgación Técnica n° 1*. INTA, EEA Manfredi. 1: 3.

VILLAR, J. 2001. Dinámica del consumo de agua en trigo. *Anuario 2001*.INTA, Rafaela. 1: 4.

YALUNGO, F.Y. 2006. Producción de trigo 2006. Dirección de Agricultura – SAGPyA. En: www.sagpya.gov.ar. Consultado: 17/03/08.

ZADOCKS, J.C.; CHANG, T.T. y C.F. KONSAK. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* Cap. 14: 415-421.