



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

Facultad de Agronomía y veterinaria

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

**“ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y DE LA EFICIENCIA DEL USO
DE LA RADIACIÓN EN “*Triticum aestivum* L.”**

Alumno

Ríos Sergio Rubén

DNI: 30.239.424

Director

Ing. Agr. Gabriel Espósito.

Codirector

Ing. Agr. Guillermo Peiretti.

Río Cuarto – Córdoba

Abril de 2010

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
Facultad de Agronomía y Veterinaria

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Título del Trabajo Final: Análisis del crecimiento y de la eficiencia del uso de la radiación
en *Triticum aestivum* L.**

Autor: Sergio Rubén Ríos.

DNI: 30.239.424

Director: Ing. Agr. Gabriel Espósito

Codirector: Ing. Agr. Guillermo Peiretti

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

Ing. Agr. Carlos Castillo _____

Ing. Agr. Judith Garcia _____

Ing. Agr. Ernesto Guevara _____

Fecha de presentación: ___/___/____

Aprobado por Secretaría Académica: ___/___/____

Med. Vet. JORGE DE LA CRUZ
Secretario Académico
Facultad de Agronomía y Veterinaria

AGRADECIMIENTOS

El autor de este Trabajo Final desea agradecer la desinteresada colaboración de las muchas personas que ayudaron a su realización:

- A mis padres Rubén y Myriam y a mis 4 hermanos quienes me brindaron su apoyo incondicional en cada momento y por su significativo aporte en mi formación personal y profesional.

- A mi novia Silvana por el apoyo brindado en todo momento.

- A mis amigos y compañeros por los momentos compartidos durante esta etapa.

- A la Universidad Nacional de Río Cuarto, específicamente a la Facultad de Agronomía y Veterinaria, por haberme permitido lograr mi estudio universitario.

- Al Ing. Agr. Gabriel Espósito e Ing. Agr. Guillermo Peiretti, de la Universidad Nacional de Río Cuarto, quienes permitieron y colaboraron en el desarrollo experimental de esta investigación.

INDICE DE TEXTO

I. RESUMEN	VII
II. SUMMARY	VIII
III. INTRODUCCIÓN	1
1 .HIPOTESIS.....	6
2. OBJETIVOS	6
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
1. AREA EXPERIMENTAL	7
1.1. CLIMA.....	7
1.2. SUELO.....	10
1.3. INSTALACION DEL ENSAYO	11
2. VARIABLES MEDIDAS	13
3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	13
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	14
1. CICLO ONTOGENICO Y ESTADIOS FENOLOGICOS.....	14
2. EFICIENCIA DE INTERCEPCION DE LA RADIACION, EFICIENCIA DE CONVERSION Y TASA DE CRECIMIENTO.....	15
3. COMPONENTES INDIRECTOS DEL RENDIMIENTO	19
4. COMPONENTES DIRECTOS DEL RENDIMIENTO	20
VI. CONCLUSIONES	25
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXO 1	32
ANEXO 2	39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales características de los cultivares de trigo de ciclo intermedio largo.

Tabla 2. Principales características de los cultivares de trigo de ciclo intermedio corto.

Tabla 3. Fecha de ocurrencia de las diferentes etapas fonológicas según la escala de Zadoks *et al.* (1974) para cultivares de ciclo intermedio largo.

Tabla 4. Fecha de ocurrencia de las diferentes etapas fonológicas según la escala de Zadoks *et al.* (1974) para cultivares de ciclo intermedio corto.

Tabla 5. Tasa de crecimiento, intercepción de la radiación, índice de área foliar y eficiencia de conversión de la radiación en cultivares de trigo de ciclo intermedio largo.

Tabla 6. Tasa de crecimiento, intercepción de la radiación, índice de área foliar y eficiencia de conversión de la radiación en cultivares de trigo de ciclo intermedio corto.

Tabla 7. Componentes indirectos del rendimiento: número de espigas.planta⁻¹, número de espigas.m⁻² y número de granos.espiga⁻¹ en diferentes cultivares de ciclo intermedio largo.

Tabla 8. Componentes indirectos del rendimiento: número de espigas.planta⁻¹, número de espigas.m⁻² y número de granos.espiga⁻¹ en diferentes cultivares de ciclo intermedio corto.

Tabla 9. Componentes directos del rendimiento: biomasa total, número de granos.m⁻², peso de 1000 granos, rendimiento e índice de cosecha en cultivares de trigo de ciclo intermedio largo.

Tabla 10. Componentes directos del rendimiento: biomasa total, número de granos.m⁻², peso de 1000 granos, rendimiento e índice de cosecha en cultivares de trigo de ciclo intermedio corto.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Figura 2. Distribución decádica de las precipitaciones en Río Cuarto durante el año (2007), con respecto a los valores normales históricos (Serie 1977-2006).

Figura 3. Valores medios decádicos de la temperatura media en Río Cuarto durante el año de estudio (2007), con respecto a los valores normales históricos (Serie 1977-2006).

Figura 4. Distribución decádica del Balance Hídrico para el año 2007.

Figura 5. Evolución de la Radiación Solar diaria media decádica ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$) en Río Cuarto durante el año en estudio (2007), con respecto a la histórica (Serie 1977-2006)

Figura 6. Relación entre intercepción de la radiación y rendimiento para cultivares de trigo de ambos ciclos.

Figura 7. Relación entre la eficiencia de conversión de la radiación y rendimiento para cultivares de trigo de ciclo intermedio largo y ciclo intermedio corto.

Figura 8. Rendimiento en cultivares de trigo de ciclo intermedio largo.

Figura 9. Rendimiento en cultivares de trigo de ciclo intermedio corto.

Figura 10. Relación entre el número de granos por unidad de superficie y rendimiento, para cultivares de trigo de ciclo intermedio largo y ciclo intermedio corto.

Figura 11. Relación entre el peso de 1000 granos y rendimiento para cultivares de trigo de ciclo intermedio largo y ciclo intermedio corto.

**“ANALISIS DEL CRECIMIENTO Y DE LA EFICIENCIA DEL USO DE LA
RADIACION EN *Triticum aestivum* L”**

I. RESUMEN

El rendimiento de un cultivo es función de la radiación interceptada y de la eficiencia de utilización de esa radiación, parámetros estos que condicionan la producción de biomasa, y también de la eficiencia de partición de esa biomasa en grano. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la tasa de crecimiento, la eficiencia en la interceptación de la radiación, y la eficiencia de conversión de la radiación, así como su relación con los componentes directos del rendimiento, en un grupo de cultivares de *Triticum aestivum*. Para ello se realizaron dos experiencias, una utilizando 3 cultivares de ciclo intermedio-largo: Biointa 3000, ACA 304, y Buck Malevo, y otra utilizando 3 cultivares de ciclo intermedio-corto: Biointa 1004, Baguette Premiun 13, y ACA 901. Para cada una de las mismas se dispuso un diseño experimental en bloques completos aleatorizados con cinco repeticiones. Los resultados obtenidos se sometieron al análisis de varianza y contrastación de media por el test de LSD Fisher. Se intentó establecer la relación existente entre la eficiencia de interceptación y la eficiencia de conversión con los componentes directos del rendimiento de los diferentes cultivares de trigo empleados. Los distintos materiales genéticos evaluados mostraron diferencias en la eficiencia de conversión de la radiación, sin modificar la de interceptación, posiblemente porque la arquitectura foliar de los distintos cultivares sea similar. No obstante, estas modificaciones en los parámetros eco-fisiológicos no se tradujeron en diferencias de rendimiento. Sería conveniente repetir el experimento para verificar estos efectos en otras condiciones (años, sitios, etc), utilizando cultivares, evaluando el número y tamaño de las hojas ya que éstas variables permitirán explicar las diferencias en arquitectura foliar que modifique la eficiencia de interceptación de la radiación.

Palabras claves: trigo, eficiencia de interceptación, eficiencia de conversión, rendimiento, radiación.

“ANALISYS OF GROWTH AND USE EFFICIENCY OF RADIATION ON *Triticum aestivum* L”

II. SUMMARY

The crop yield is a function of intercepted radiation and efficiency of utilization of this radiation, those parameters that determine biomass production and partition efficiency of this biomass into grain. The aim of this study was to evaluate the rate of growth, the efficiency of radiation interception and conversion efficiency of radiation and its relation to the direct components of yield in a group of cultivars of *Triticum aestivum*. Two experiments were conducted, one using 3 cultivars from intermediate length: Biointa 3000, ACA 304, and Buck Malevo, and one using 3 cultivars of intermediate short cycle: Biointa 1004, Baguette Premiun 13 and ACA 901. For each of the same experimental design was arranged in randomized complete block with five replications. The results were subjected to analysis of variance and contrast mean by the Fisher LSD test. We attempted to establish the relationship between the efficiency of interception and conversion efficiency with the direct components of the crop yield of different wheat cultivars. The different genetic materials evaluated showed differences in the efficiency of radiation conversion without changing the interception; leaf architecture probably because of the different cultivars is similar. However, these changes in ecophysiological parameters did not translate into differences in performance. Have to repeat the experiment to verify these effects in other conditions (years, sites, etc), using cultivars, evaluating the number and size of the leaves as they allow variables explain differences in leaf architecture that changes the efficiency of interception of radiation.

Keywords: wheat, interception efficiency, conversion efficiency, grain yield, radiation.

III. INTRODUCCION

Trigo es el nombre del cereal del género *Triticum*, perteneciente a la familia de las gramíneas, que constituye la especie más ampliamente cultivada del mundo. *Triticum aestivum*, conocido como trigo pan, comenzó a ser utilizado por el hombre en el 7500 a.C. en el sudoeste de Asia y se difundió en Europa hacia el año 2000 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 de trigo, la cebada, el centeno y la avena. En tanto otra especie, *Triticum durum*, también llamado trigo duro, candeal, o trigo fideo, procede del norte de África y se expandió en Europa durante la era cristiana. (Langer y Hill, 1987; Álvarez y Mulin, 2004).

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).

Fraschina *et al.* (2004) indican que el cultivo de trigo contribuye a la sustentabilidad ya que realiza un importante aporte a la cobertura de suelo con sus residuos de cosecha y tipo de sistema radical. En general, la cantidad de rastrojo que aporta un cultivo de trigo depende más del rendimiento obtenido que de la variedad. Sin embargo a igual rendimiento, hay algunas variedades de siembra temprana que tienden a dejar mayor cantidad de rastrojo. Los residuos de cosecha de trigo, además, quedan distribuidos en forma homogénea en la superficie del suelo y se caracterizan por su durabilidad en el tiempo, favorecida por su alta relación C/N y contenido de lignina. Esta situación se observa claramente por la presencia de rastrojo de trigo en la cobertura de lotes provenientes de trigo/soja que son antecesores del cultivo de maíz en la rotación. Para que los sistemas de producción sean rentables y sustentables se debe aumentar la proporción de gramíneas en la rotación (Calviño, 2007).

El avance de la agricultura actual con siembra directa y fertilización sobre los sistemas de producción ganaderos y mixtos, implica pensar que el trigo debe ser considerado dentro de un esquema agrícola integral (Bainotti *et al.*, 2004).

A nivel mundial, la producción de trigo en el año 2006 fue de 621.900.000 Tn (29,78 % de la producción mundial de granos), sembrándose un total de 218.200.000 has, con un rendimiento promedio de 28,5 qq.ha⁻¹. En el contexto del Mercosur, la producción total fue de 17.873.000 Tn (2,87 % de la producción mundial) (SAGPyA, 2006).

Actualmente, la producción agrícola argentina ha experimentado un notable incremento de la superficie cultivada. Según los datos del Censo Nacional Agropecuario 2002, la superficie

cultivada con cereales y oleaginosas ha aumentado más de 55%, lo que produjo un incremento de la producción de 30 a 61 millones de toneladas en los últimos catorce años. (SAGPyA, 2002)

La producción nacional de trigo para la campaña 2006/07 totalizó, aproximadamente, 14,6 millones de toneladas, lo que equivale a un incremento del 16% con respecto a la inmediata precedente. Este aumento se debió, principalmente, a la mayor área sembrada (9%) y en menor medida, al incremento en el rinde final obtenido (4%), el cual fue similar al valor máximo logrado por este cereal en la campaña 2004/05. El área implantada para dicha campaña fue de 5,7 millones de has (SAGPyA, 2007a).

Basándose en condiciones agroecológicas homogéneas, la región triguera Argentina ha sido subdividida en 9 subregiones productivas. El área de influencia de la U.N.R.C., se encuentra dentro de la subregión V Norte (Brugnoni, 1981).

A nivel de la provincia de Córdoba, en la campaña 2007/08 se produjeron 3.952.020 Tn, sembrándose un área total de 1.233.200 has con un rendimiento promedio de 3.228 kg.ha⁻¹ (SAGPyA, 2007b).

A nivel departamental, Río Cuarto aportó para la campaña 2005/06 un 1,46 % de la superficie provincial sembrada con trigo, representando alrededor del 1,02 % de la producción provincial (SAGPyA, 2007c).

Según Pascale y Damario (1961), el cultivo de trigo de secano en buena parte de la provincia de Córdoba (oeste y sur) presenta una condición agroclimática marginal, caracterizada por bajos rendimientos y poca seguridad de cosecha.

El clima es poco favorable para el cultivo de trigo debido a que el período de mayores precipitaciones se extiende de octubre a marzo y se registra un déficit de lluvias entre junio-septiembre, precisamente la época en la que el cultivo cumple la mayor parte de su ciclo (Magrin y Travasso, 1997).

La consigna en estas regiones es minimizar la oportunidad de estrés hídrico recurriendo a prácticas culturales que incrementen el almacenaje de agua en el suelo a la siembra (Musick, 1994).

El cultivo de trigo en condiciones de secano presenta limitantes para el logro de rendimientos potenciales, aún teniendo en cuenta los avances en materia de mejoramiento genético y la incorporación de la siembra directa, ocurridos en los últimos años. Si bien hoy existen herramientas que permiten hacer un manejo eficiente de factores como la nutrición, malezas, plagas y enfermedades, aparecen otros aspectos ambientales más difíciles de controlar, como las lluvias, temperatura y radiación (Giubergia *et al.*, 2007). Por lo tanto, el agua

disponible es uno de los factores claves a analizar para alcanzar mejores resultados en la producción de trigo de secano (Fraschina *et al.*, 2003).

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la región, es importante recordar que el cultivo de trigo presenta un período crítico para la definición del número de granos, que media desde 20 días antes de floración hasta 10 días post-floración. Este período coincide con el crecimiento activo de las espigas y los tallos hasta el cuaje de los granos. En consecuencia, las condiciones ambientales que se presenten en este período crítico incidirán de manera importante en el número final de granos establecidos. Además también incidirá el estado en que se presente el cultivo al momento de iniciar ese período crítico (Fischer, 1985; y Slafer *et al.*, 2004).

En la región triguera semiárida gran parte del ciclo del cultivo, incluyendo el período crítico de crecimiento de las espigas, depende principalmente del agua almacenada al momento de la siembra. En estas condiciones, las variedades y prácticas de manejo de cultivo que mejoren el aprovechamiento del agua almacenada en el perfil del suelo, mejorarán la producción de granos (Dardanelli *et al.*, 2001).

En trigo, el período ontogénico que va desde espiguilla terminal hasta la floración, en el cual el tallo y la espiga crecen en forma conjunta y en intensa competencia, es crucial para la determinación del número de granos por unidad de área (Slafer y Rawson, 1994; Miralles y Slafer, 1999), componente éste, que explica las mayores variaciones de rendimiento del cultivo de trigo bajo gran parte de las condiciones agronómicas argentinas.

El rendimiento potencial del cultivo de trigo está relacionado directamente con la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada (Abbate *et al.*, 1997) e inversamente con la temperatura media (Fisher, 1985) durante el periodo de crecimiento de las espigas (PCE). Se ha establecido que el cociente entre ambas variables, denominado cociente fototermal (Q), da cuenta de la mayor parte de las variaciones en el rendimiento potencial del trigo (Fisher, 1985; Abbate *et al.*, 1994; Caviglia *et al.*, 2001).

El mantenimiento del área fotosintéticamente activa por encima de los valores del IAF crítico es de vital importancia durante el periodo crítico para asegurar una correcta provisión de asimilados durante el periodo de mayor competencia entre las espigas y los tallos y así asegurar una alta supervivencia floral y un elevado número de granos por unidad de área. Así mismo, una mayor radiación absorbida durante el llenado de granos asegurará una correcta provisión de asimilados evitando reducciones en el peso de los mismos (Carretero *et al.*, 2006).

El rendimiento de grano en trigo es resultante de la sumatoria de los componentes del rendimiento: número de espigas.planta⁻¹, número de granos.espiga⁻¹ y peso de 1000 granos. (Slafer *et al.*, 2001).

El rendimiento de un cultivo es función de la radiación interceptada y de la eficiencia de utilización de esa radiación, parámetros estos que condicionan la producción de biomasa, y también de la eficiencia de partición de esa biomasa en grano.

La radiación interceptada por un cultivo es el resultado de la eficiencia con que la radiación incidente es captada por el canopeo (eficiencia de intercepción). Por otro lado, la producción de fotoasimilados puede ser expresada en términos de su eficiencia para convertir la radiación solar interceptada en biomasa (eficiencia de uso o eficiencia de conversión) (Cárcova *et al.*, 2004).

La radiación incidente, parte de la cual está potencialmente a disposición del vegetal para sus procesos fotosintéticos, varía con la ubicación geográfica (latitud) y con la época del año. Aún cuando su magnitud esté fuera del manejo agronómico, ciertas prácticas culturales como la elección de la fecha de siembra y del genotipo permiten adecuar el ciclo del cultivo para maximizar su aprovechamiento. La cantidad de radiación solar interceptada acumulada por un cultivo depende de la duración del ciclo y de la dinámica de intercepción de dicho cultivo. Esta última está fuertemente ligada a la evolución del índice de área foliar (IAF), definido como la superficie foliar fotosintéticamente activa por unidad de superficie de suelo (Maddonni y Otegui, 1996).

El IAF se genera con la aparición y expansión de las hojas y es producto del número de hojas y del tamaño de las mismas (Cirilo y Andrade, 1994). Por otro lado el IAF, en su conjunto, es un componente fuertemente ligado al genotipo (Evans, 1983).

Para lograr altos valores de intercepción de la radiación en un cultivo, es importante generar en forma temprana un IAF que permita interceptar rápidamente la mayor proporción de la radiación incidente (i.e. 95 %) y, además, es esencial que el cultivo mantenga ese valor de IAF durante la mayor cantidad de tiempo posible (Maddonni y Otegui, 1996); (Miralles y Slafer, 1997); (Uhart y Andrade, 1995). Por lo tanto, la radiación interceptada potencialmente útil al vegetal es el resultado de la fracción de radiación global incidente que participa en el proceso fotosintético (radiación fotosintéticamente activa) y del IAF del cultivo.

En el dosel del cultivo, el índice de área foliar (IAF) es un importante parámetro biofísico para estimar la cantidad de radiación fotosintéticamente absorbida. Un aumento en el IAF proporciona un aumento de la producción de biomasa; pero, debido al autosombreado de las hojas, la tasa fotosintética media por unidad de área foliar decrece (Lucchesi, 1987).

La radiación solar fotosintéticamente activa interceptada por los cultivos es transformada en biomasa. La pendiente de la relación entre ambas variables es lo que anteriormente se denominara “eficiencia de uso de la radiación” y se expresa en gramos (g) de biomasa producida

por mega joule (MJ) de radiación interceptada. Las diferencias más marcadas en esta característica, entre los diversos cultivos, están dadas por el metabolismo del carbono (especies C4 vs. especies C3) y por el tipo (contenido calórico) de materia seca producida (Sinclair y Muchow, 1999).

La biomasa final acumulada por el cultivo es la resultante de la tasa de crecimiento y de la duración del ciclo total. La tasa de crecimiento de un cultivo (TC: biomasa acumulada por unidad de tiempo) es consecuencia del balance de dos procesos contrapuestos: la fotosíntesis (ganancia de CO₂) y la respiración (pérdida de CO₂). Debido a que la fracción del carbono fijado que se destina a respiración es relativamente constante, aumentos en la radiación interceptada por el cultivo se traducen en aumentos proporcionales en la tasa de crecimiento (Andrade *et al.*, 1996).

La proporción de biomasa que es luego transformada a grano en un cultivo como el trigo, respecto de la biomasa total producida, es conocida como eficiencia de transformación o de partición y es comúnmente estimada a través del Índice de Cosecha (IC). El IC varía con el genotipo, el ambiente y la interacción genotipo x ambiente, pero estas variaciones son de menor magnitud que las experimentadas por la producción de biomasa (Cárcova *et al.*, 2004).

En el cultivo de trigo existen evidencias de que los cultivares más antiguos son más eficientes en el uso o conversión de la radiación interceptada pero, no obstante, son menos eficientes en la transformación de los fotoasimilados a granos (menor IC) debido al menor número de granos que producen (Calderini *et al.*, 1997; Muurinen y Peltonen-Sainio, 2006).

La selección genética ha incrementado el potencial de rendimiento principalmente por un aumento del índice de cosecha (IC). Esto se logra por un incremento en el n° granos.m⁻². Dicho aumento se correlaciona con un mayor peso de las espigas.m⁻² en antesis, que refleja un aumento de la partición de asimilados hacia las espigas a expensas de los tallos durante el crecimiento de la inflorescencia (Slafer *et al.*, 1990).

Deficiencias de N, P, S y otros nutrientes disminuyen el crecimiento de los cultivos a través de reducciones en el desarrollo y expansión foliar y en la fotosíntesis foliar. Las caídas en expansión foliar y en fotosíntesis foliar ante disminuciones en la disponibilidad de nutrientes reducen, a nivel cultivo, la interceptación de radiación y la eficiencia de conversión de radiación en biomasa, respectivamente, por lo que la tasa de crecimiento del cultivo se reduce (Andrade *et al.*, 2000).

Otros factores como disponibilidad de agua y número de plantas por unidad de superficie pueden tener una menor influencia siempre y cuando no estén en condiciones limitantes (Miralles y Slafer, 2000).

La densidad de siembra es una variable importante en la determinación de la capacidad de un cultivo para obtener recursos, pudiendo modificar la captura y utilización de radiación, agua y nutrientes (Kruk y Satorre, 2004).

En condiciones de baja disponibilidad de recursos, las plantas creciendo a altas densidades (en condiciones de severa competencia), muestran una reducción progresiva de la tasa de crecimiento, la cual afecta la determinación del número de granos principalmente durante el período crítico (20 días antes y 10 días después de antesis). Sin embargo, la proporción de luz interceptada tempranamente por el canopeo resulta mayor que en bajas densidades y en consecuencia, la tasa de crecimiento del cultivo en pre-antesis puede resultar mayor a altas densidades (Puckridge y Donald, 1967).

III. 1. HIPOTESIS

Dentro de cultivares de ciclo intermedio largo o cultivares de ciclo intermedio corto de trigo pan, se presentan diferencias en la eficiencia de interceptación y de conversión de la radiación que explican variaciones de rendimiento en grano.

III. 2. OBJETIVOS

- Evaluar la tasa de crecimiento, en un grupo de cultivares de *Triticum aestivum*.
- Evaluar la eficiencia en la interceptación de la radiación, en un grupo de cultivares de *Triticum aestivum*.
- Evaluar la eficiencia de conversión de la radiación, así como su relación con los componentes directos del rendimiento, en un grupo de cultivares de *Triticum aestivum*.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV. 1. ÁREA EXPERIMENTAL

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). El mismo se encuentra ubicado en la ciudad de Río Cuarto, Departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba (República Argentina), sobre ruta Nacional N° 36 Km. 601 (33° 7' Latitud Sur, 64° 14' Longitud Oeste) y a 421 m.s.n.m. (Figura 1).

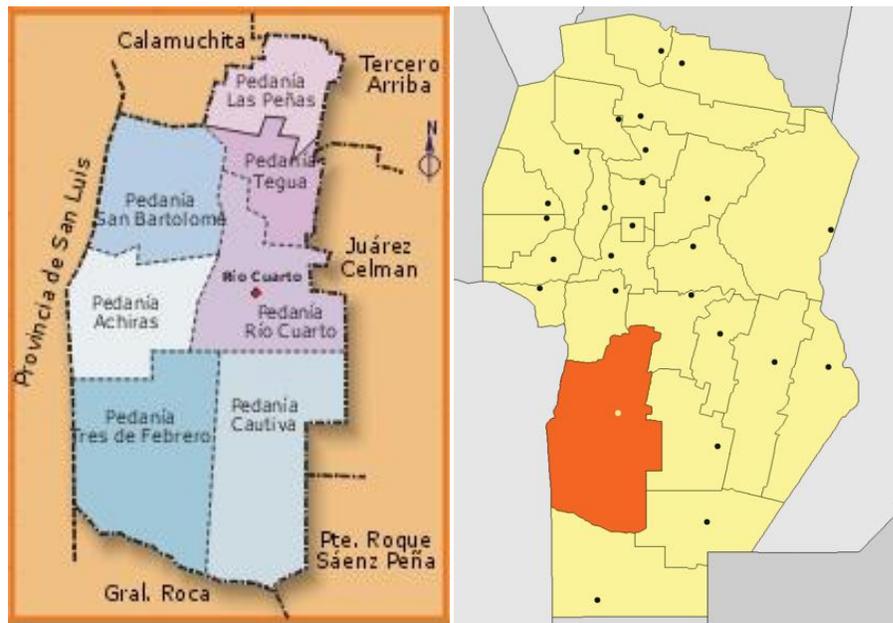


Figura 1. Ubicación del área de estudio

IV. 1. 1. CLIMA

Esta región presenta un clima templado semiárido, con un registro de precipitaciones medias anuales históricas para la serie 1977-2006 de 805.1 mm anuales, donde aproximadamente el 76 % de ellas ocurren durante el semestre más cálido (primavera-verano), correspondiendo a un régimen de tipo monzónico (Seiler *et al.*, 2007).

La Figura 2 muestra la distribución decádica de las precipitaciones para Río Cuarto durante el año 2007, donde podemos observar que a partir de la 2ª década de marzo, y durante buena parte del ciclo del cultivo las precipitaciones fueron menores a los valores medios

históricos. Sin embargo, en la 2ª década de junio, 1ª de julio, 2ª de septiembre, y 3ª de octubre, las lluvias superaron los valores medios de la región.

En general, se puede concluir que el período en el cual se realizó la experiencia fue un año más seco de lo normal. No obstante, la ocurrencia de una precipitación nítida importante a comienzos de julio y otras lluvias acontecidas en septiembre y octubre le permitieron al cultivo afrontar el periodo crítico con una mayor disponibilidad hídrica en el suelo respecto de la histórica.

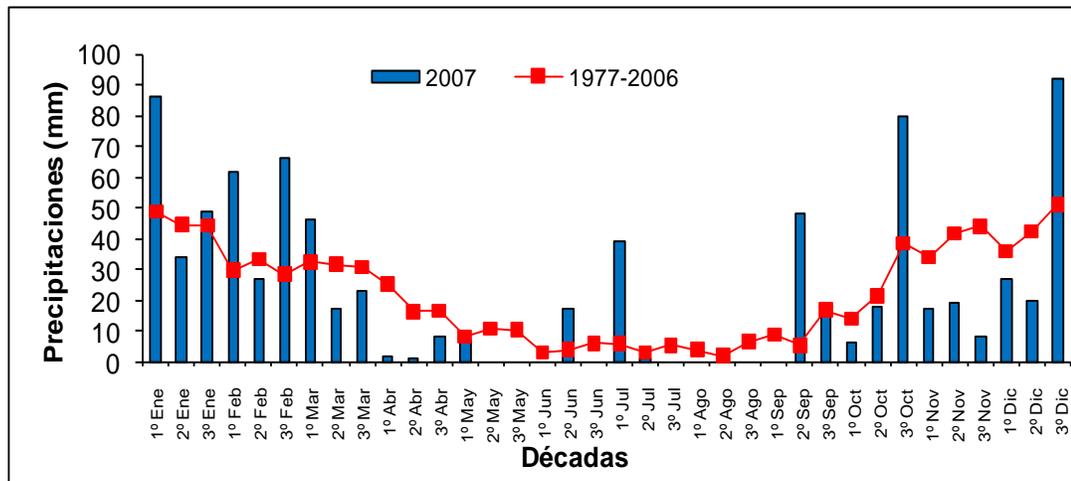


Figura 2. Distribución decádica de las precipitaciones en Río Cuarto durante el año 2007, con respecto a los valores normales históricos (Serie 1977-2006).

El régimen térmico es templado-mesotermal. La temperatura media anual para la serie 1977-2006 es de 16.31 °C, con una amplitud térmica promedio de 12.97 °C, siendo la temperatura media del período más cálido (enero) de 22.8 °C y de 9.9 °C para el período más frío (julio).

Al analizar la temperatura media del aire durante el año (Figura 3) se observa una alternancia alrededor de los valores promedios de la región, registrándose en general valores térmicos inferiores a la media histórica, con excepción de algunos períodos (2ª década de abril, 1ª de junio, 1ª década de septiembre, 3ª de octubre, 3ª de noviembre y 2ª de diciembre) en donde fueron superados dichos valores.

La temperatura media anual del suelo a una profundidad de 10 cm es de 16.8 °C, con temperaturas de 23.9 °C y 9.2 °C para los meses de Enero y Julio, respectivamente (Seiler *et al.*, 2007).

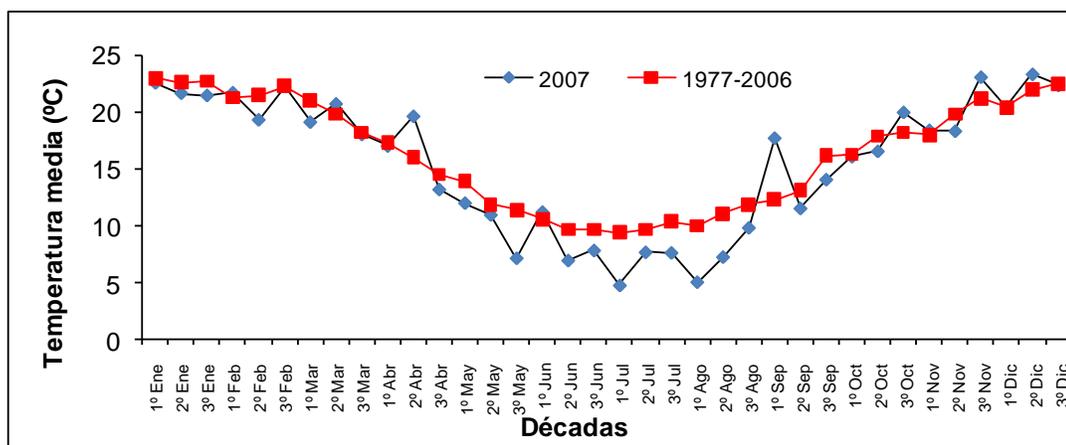


Figura 3. Valores medios decádicos de la temperatura media en Río Cuarto durante el año de estudio (2007), con respecto a los valores normales históricos (Serie 1977-2006).

Durante el año 2007 se produjeron aproximadamente 36 heladas meteorológicas, la primera helada tuvo lugar el día 9 de Mayo y la última el 21 de Agosto, teniendo un período libre de heladas de 261 días. Seiler y Vinocur (2008), citan para Río Cuarto el 6 de Junio como fecha media de primera helada, 28 de Agosto fecha media de última helada, un período medio de 281 días sin heladas y un número medio de 11 heladas (1970-2007).

Otro punto a resaltar fue la nieve que precipitó el día 8 de julio del 2007 y que cubrió totalmente las parcelas de investigación, acumulándose sobre la superficie del suelo aproximadamente unos 25 cm de la misma. De Fina y Ravelo (1973), estiman que una capa de 10 cm de nieve aporta una lámina de agua de 10 mm.

El balance hídrico decádico (Figura 4), calculado como la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial, fue positivo durante el año 2007, pero se mostró con déficit durante el ciclo del cultivo. Dicho balance hídrico arroja once décadas, de un total de treinta y seis, con balance hídrico positivo, (1ª y 3ª década de enero, 1ª y 3º de febrero, 1ª de marzo, 2ª de junio, 1ª de julio, 2ª y 3ª de septiembre, 3ª de octubre y 3ª década de diciembre) y las restantes veinticinco décadas fueron con déficit hídrico. El déficit predominó durante la mayor parte del período del cultivo.

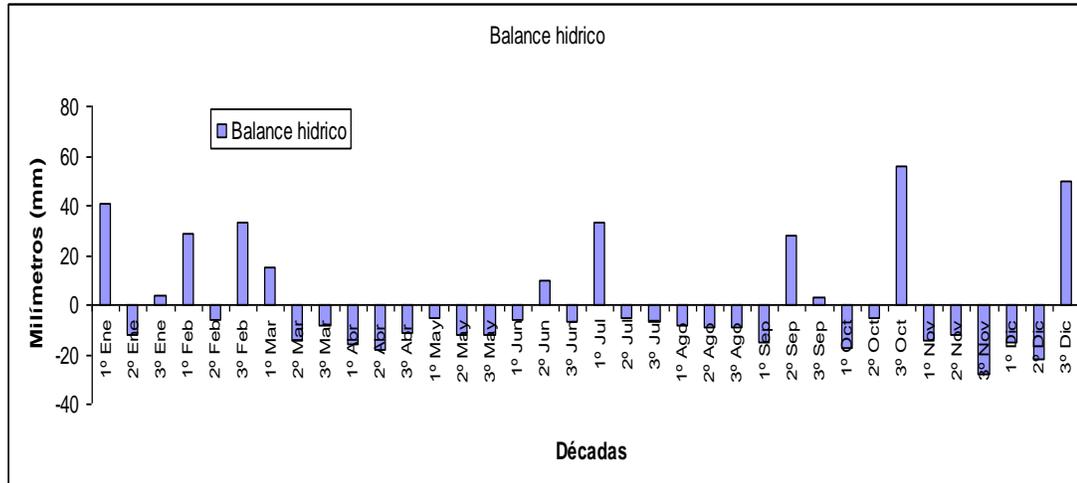


Figura 4. Distribución decádica del Balance Hídrico para el año 2007.

La Figura 5 muestra la evolución de la Radiación Solar diaria media decádica registrada en el campo experimental de la U.N.R.C. (33° 07' Latitud Sur, 64° 14' Longitud Oeste, altitud de 421 m.s.n.m.).

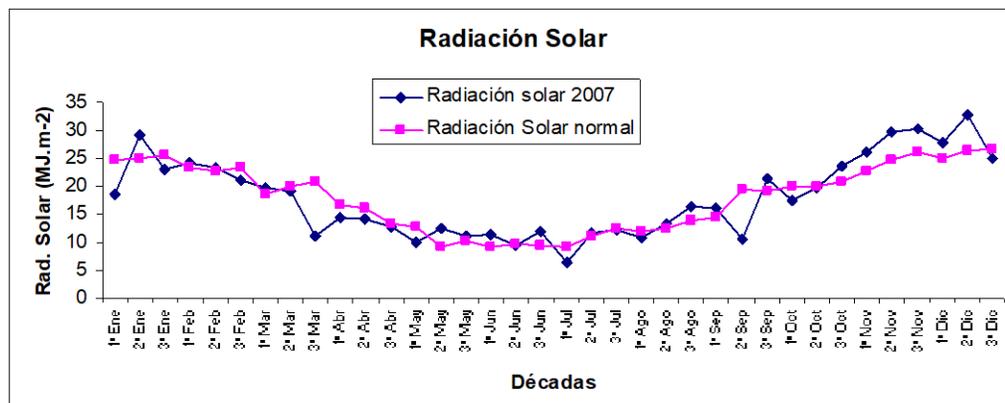


Figura 5. Evolución de la radiación solar diaria media decádica ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) en Río Cuarto durante el año en estudio (2007), con respecto a la normal histórica (Serie 1977-2006).

IV. 1. 2. SUELO

El suelo sobre el que se realizó la investigación es un “*Hapludol típico*” de textura arenoso franco muy fina (Cantero *et al.*, 1986).

IV. 1. 3. INSTALACION DEL ENSAYO

El ensayo experimental con el cultivo de trigo se llevó a cabo en condiciones de secano. Se realizaron dos experiencias, una utilizando 3 cultivares de ciclo intermedio-largo: Biointa 3000, ACA 304, y Buck Malevo, y otra utilizando 3 cultivares de ciclo intermedio-corto: Biointa 1004, Baguette Premiun 13, y ACA 901.

La preparación del suelo previo a la siembra se realizó con dos manos de rastra doble acción (la última de ellas con rolo compactador) para lograr una adecuada cama de siembra que asegurara un correcto contacto suelo-semilla y facilitar la germinación. El control de malezas previo a la siembra se realizó en forma mecánica con una rastra doble acción, y durante el período de cultivo no fue necesario la aplicación de ningún agroquímico. Cabe destacar que el lote provenía de alfalfa como cultivo antecesor.

Los cultivares de ciclo intermedio largo se sembraron en la primera quincena del mes de junio y los cultivares de ciclo intermedio corto en la primera quincena de julio. Se utilizó una sembradora parcelera de 7 surcos dispuestos con un espaciamiento de 0.20 m.

La sembradora fue regulada para alcanzar una densidad final de 250 plantas.m⁻², en los cultivares de ciclo intermedio largo, y de 350 plantas.m⁻² en los cultivares de ciclo intermedio corto. Para el cálculo del número de semillas a la siembra se utilizó un valor de poder germinativo provisto por el criadero (90 %).

La densidad real alcanzada se determinó al culminar la emergencia del cultivo, a los 15 días después de la siembra, en la etapa (Z_1) según Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974), sobre una muestra de 0.40 m² de superficie (2 m lineales de surco).

Los 2 ensayos se dispusieron siguiendo un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados. El tamaño de las parcelas fue de 6 m de largo por 1.40 m de ancho (7 surcos a 0.20 m de distancia), con 5 repeticiones espaciales por tratamiento (variedad).

A continuación se presentan las principales características de los materiales utilizados; provistos por los criaderos.

Materiales ciclo intermedio largo

Tabla 1. Principales características de los cultivares de trigo de ciclo intermedio largo.

	BIOINTA 3000	ACA 304	BUCK MALEVO
Ciclo	largo	largo a intermedio	largo
Capacidad de macollaje	regular	muy buena	regular a alta
Altura de planta (cm)	90	96	1,05
Peso hectolitrico (kg)	-	82,7	83,5
Peso de 1000 semillas (g)	34	37,3	40
Potencial de rendimiento	-	muy bueno	Alto
Densidad de siembra (pl.m ⁻²)	-	-	220
Numero de granos por espiga	40	50	31
Días de emergencia a espigazón	116	135	100
Días de emergencia a madurez	155	171	140
Época de siembra	mayo	junio al 10 de julio	julio

Materiales ciclo intermedio corto

Tabla 2. Principales características de los cultivares de trigo de ciclo intermedio corto.

	BIOINTA 1004	ACA 901	BAGUETTE P 13
Ciclo	corto	corto	corto a intermedio
Capacidad de macollaje	regular	muy buena	media
Altura de planta (cm)	95	82	90
Peso hectolitrico (kg)	-	80,8	-
Peso de 1000 semillas (g)	34	37,3	41
Potencial de rendimiento	-	excelente	muy bueno
Densidad de siembra (pl.m ⁻²)	-	-	280-300
Numero de granos por espiga	-	-	60
Días de emergencia a espigazón	100	96	115
Días de emergencia a madurez	148	137	-
Época de siembra	junio	julio al 15 de agosto	junio

IV. 2. VARIABLES MEDIDAS

Se determinó la *intercepción de la radiación (IR)* de los 3 cultivares en los estadios: 3º nudo (**Z3,3**) y grano lechoso (**Z7**), utilizando el medidor LI-COR® LI-1400 Datalogger provisto del sensor lineal LI-191SA quantum. En cada tratamiento y sus repeticiones se realizó una medición a cielo abierto (**I₀**) y tres mediciones en el entresurco, debajo del dosel del cultivo, en forma transversal a las líneas de siembra (**I**). La intercepción de la radiación es determinada según la fórmula:

$$IR (\%) = (1 - I / I_0) * 100$$

Además se determinó materia seca de la parte aérea en los estadios: 3º nudo (**Z3,3**), grano lechoso (**Z7**) y madurez fisiológica (**Z9**), a los fines de establecer la eficiencia en el uso de la radiación para diferentes etapas del ciclo. Para ello se recolectó la biomasa aérea total producida en una muestra de 0.20 m² de superficie (1 m lineal de surco), la cual se llevó a estufa para su secado a 100 °C hasta peso constante. Con los datos de biomasa obtenidos en cada etapa, y el tiempo transcurrido entre estas, se estimó la tasa de crecimiento del cultivo (TCC).

También se estimó el IAF de los cultivares mencionados, al estado de grano lechoso-pastoso (**Z7, Z8**), utilizando el medidor LI-COR® LAI-2000 Plant Canopy Analyzer.

Al alcanzar la madurez fisiológica (**Z9**) se determinó, sobre una muestra de 0.20 m² de superficie, el número de espigas por planta y la producción de grano.

Con la información disponible se obtuvo el número de granos por espiga, el peso de 1000 granos, el rendimiento en grano, el índice de cosecha (producción de grano en 0.2 m² (g) / biomasa aérea total a madurez fisiológica (g)) y la eficiencia en el uso de la radiación o eficiencia de conversión (biomasa (g) / RFA interceptada (MJ.m⁻²)).

IV. 3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Los resultados obtenidos se sometieron al análisis de varianza y contrastación de media por el test de LSD Fisher, utilizando para ello el programa Infostat (2002). Así mismo se buscó establecer la correlación existente entre la eficiencia de intercepción y la eficiencia de conversión con los componentes directos del rendimiento de los diferentes cultivares de trigo.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V. 1. CICLO ONTOGÉNICO Y ESTADIOS FENOLÓGICOS

El ciclo ontogénico de los cereales está determinado por una secuencia de eventos (ontogénicos) controlados por factores ambientales principalmente temperatura (incluida la vernalización) y el fotoperiodo.

Es importante resaltar que la duración y las condiciones ambientales imperantes durante las distintas etapas del desarrollo del cultivo tienen una incidencia significativa sobre el rendimiento y sus componentes (Miralles y Slafer, 1999).

Como se puede apreciar en las Tablas 3 y 4 se detectaron diferencias fenológicas entre los cultivares de ciclo intermedio largo y corto para los tres periodos analizados sin detectarse diferencias significativas dentro de cada grupo.

Tabla 3. Fecha de ocurrencia de las diferentes etapas fenológicas según la escala de Zadoks *et al.* (1974) para cultivares de trigo de ciclo intermedio largo.

Cultivares		Edad en días desde la siembra		
		3° nudo	Grano lechoso	Madurez fisiológica
Ciclo largo	Biointa 3000	100	139	168
	ACA 304	100	139	168
	Buck malevo	111	139	168

El ciclo del cultivo fue de 168 días para los 3 cultivares de ciclo intermedio largo. También, se puede observar que el estadio de tres nudos (Z3.3) ocurrió alrededor de los 100-111 días desde la siembra y el de grano lechoso (Z7.3) fue de 139 días.

Tabla 4. Fecha de ocurrencia de las diferentes etapas fenológicas según la escala de Zadoks *et al.* (1974) para cultivares de trigo de ciclo intermedio corto.

Cultivares		Edad en días desde la siembra		
		3° nudo	Grano lechoso	Madurez fisiológica
Ciclo corto	Biointa 1004	88	124	152
	ACA 901	88	124	152
	Baguette Premiun 13	96	124	152

El ciclo del cultivo fue de 152 días para los 3 cultivares de ciclo intermedio corto. También, se puede observar que el estadio de tres nudos (Z3.3) ocurrió alrededor de los 88-96 días desde la siembra y el de grano lechoso (Z7.3) fue de 124 días.

V. 2. EFICIENCIA DE INTERCEPCION DE LA RADIACION (ei), EFICIENCIA DE CONVERSION (ec) Y TASA DE CRECIMIENTO (TCC)

La eficiencia de intercepción de la radiación se midió en los estadios fenológicos de tercer nudo (Z3.3), que es aproximadamente donde comienza el período crítico del cultivo de trigo, y en grano lechoso (Z7.3).

Es importante generar en forma temprana un IAF que permita interceptar rápidamente la mayor proporción de radiación incidente (95%) y, además, es esencial que ese valor de IAF se mantenga durante la mayor cantidad de tiempo posible (Cárcova *et al.*, 2004).

La expansión del área foliar comienza con la emergencia del cultivo y continúa hasta mediados de encañazón. Si bien el área foliar suele aumentar hasta 10-15 días antes de antesis, es deseable que al comienzo del período de crecimiento de las espigas el cultivo posea un índice de área foliar (IAF) igual o superior al crítico (> 95%), que le permita interceptar la mayor cantidad de radiación solar disponible. Un estrés hídrico que reduzca el IAF puede afectar el rendimiento al reducir la intercepción durante el crecimiento de las espigas (Abbate y Cantarero, 2007).

Tabla 5. Tasa de crecimiento, intercepción de la radiación, índice de área foliar y eficiencia de conversión de la radiación en cultivares de trigo de ciclo intermedio largo.

Cultivares	TCC (g.m ⁻² .d ⁻¹) (Sbra-Z 3.3)	TCC (g.m ⁻² .d ⁻¹) (Z3.3-Z 7.3)	IR (%) (Z3.3-Z 7.3)	IAF (Z7.3-Z8)	ec (g.MJ.m ⁻²) (Z3.3-Z 7.3)
Biointa 3000	3,55 b	11,61 a	59,9 a	2,40 a	3,95 a
ACA 304	3,70 b	8,75 b	58,94 a	2,27 a	2,99 b
Buck Malevo	4,81 a	3,69 c	60,36 a	2,61 a	1,16 c
DMS	0,42	1,24	8,54	0,36	0,58
CV	7,64	11,22	10,38	10,76	15,68

Letras distintas en columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test LSD-Fisher. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

Tabla 6. Tasa de crecimiento, intercepción de la radiación, índice de área foliar y eficiencia de conversión de la radiación en cultivares de trigo de ciclo intermedio corto.

Cultivares	TCC (g.m ⁻² .d ⁻¹)	TCC (g.m ⁻² .d ⁻¹)	IR (%)	IAF	ec (g.MJ.m ⁻²)
	(Sbra-Z 3.3)	(Z3.3-Z 7.3)	(Z3.3-Z7.3)	(Z7.3-Z8)	(Z3.3-Z 7.3)
Biointa 1004	4,03 b	12,59 a	58,38 a	2,06 a	4,28 a
ACA 901	4,20 b	11,17 a	58,70 a	2,19 a	3,78 b
Baguette Premiun 13	5,17 a	9,26 b	55,74 a	1,82 b	3,13 c
DMS	0,50	1,46	5,77	0,21	0,48
CV	8,18	9,61	7,27	7,74	9,37

Letras distintas en columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test LSD-Fisher. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

Para las mediciones de intercepción de la radiación entre el periodo tercer nudo y grano lechoso no se observaron diferencias estadísticamente significativas para los cultivares de ambos ciclos (tablas 5 y 6) (Anexo I-3) (Anexo II-3).

En la Figura 6 puede observarse también que no se presenta una tendencia positiva y significativa ($R^2 < 0,05$) entre la eficiencia de intercepción y el rendimiento. Estos resultados no concuerdan con los descriptos por Andrade *et al.*, (1996) y Abbate *et al.*, (1997) quienes señalan una importante relación entre radiación interceptada, tasa de crecimiento y la producción del cultivo.

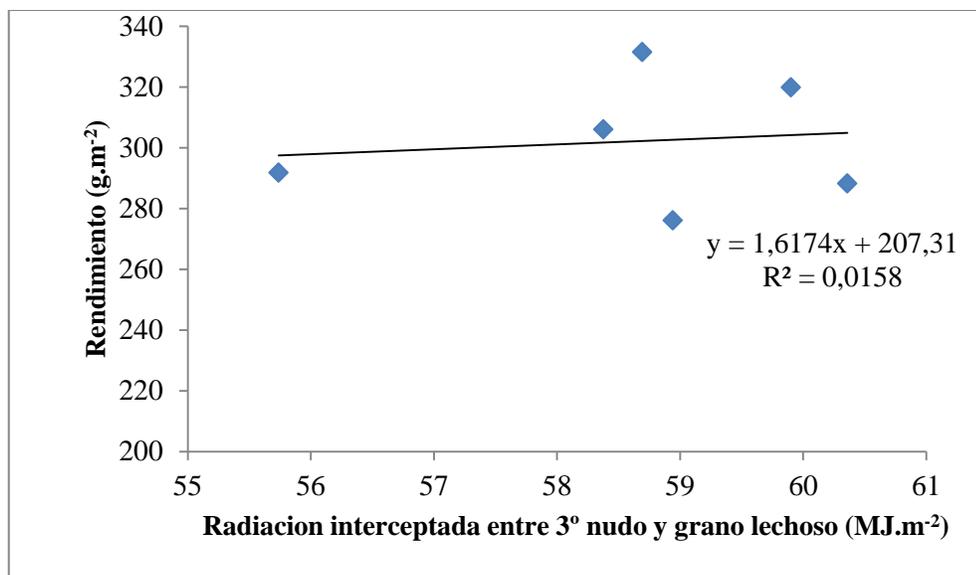


Figura 6. Relación entre intercepción de la radiación y rendimiento para cultivares de trigo de ambos ciclos.

La medición de la eficiencia de conversión de la radiación fue realizada entre los estadios fenológicos de tercer nudo (Z3.3) y grano lechoso (Z7.3) período que coincide con la etapa crítica del cultivo de trigo.

Utilizando un modelo de regresión simple, el rendimiento en grano del cultivo de trigo depende de (i) la cantidad de biomasa generada y (ii) de la proporción de ésta que es particionada a los órganos reproductivos (granos), siendo esta proporción conocida como índice de cosecha (IC). Por su parte, la producción de biomasa total, sin limitaciones hídricas ni nutricionales, puede explicarse a partir de: (i) la cantidad de radiación interceptada por el cultivo y (ii) la capacidad del cultivo de convertir la radiación interceptada en nueva biomasa (Eficiencia de conversión (ec) o de uso de la radiación: EUR) (Evans *et al.*, 1978; Gardner *et al.*, 1985; Johnson, 1987).

Como se observa en las tablas 5 y 6, se encontraron diferencias estadísticas entre cultivares para la eficiencia de conversión de la radiación, tanto para los cultivares de ciclo intermedio largo como los de ciclo intermedio corto (Anexo I-5) y (Anexo II-5).

Por otro lado, en coincidencia con lo expresado por Cárcova *et al.* (2004), se verifica la existencia de una correlación positiva y significativa entre la eficiencia de conversión y el rendimiento de los diferentes cultivares (Figura 7).

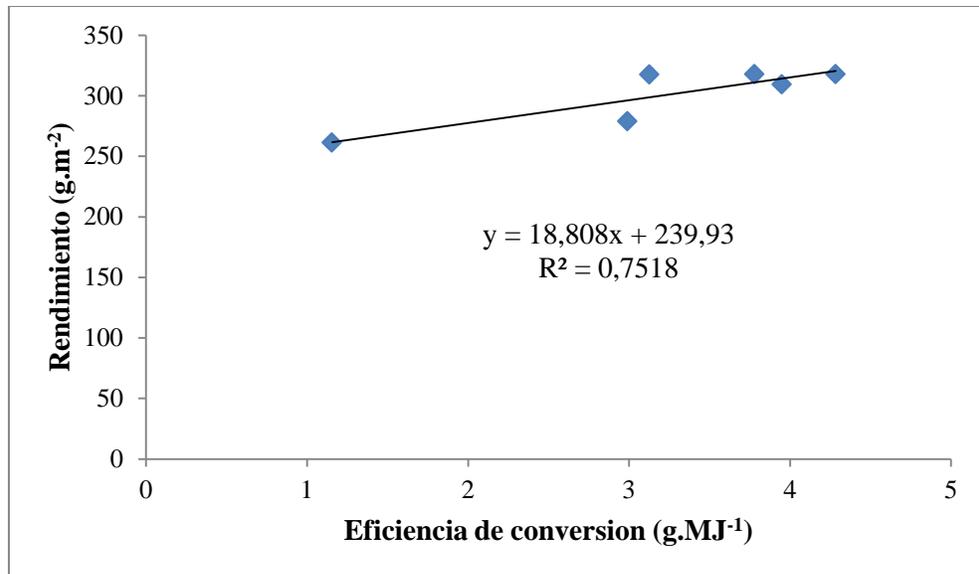


Figura 7. Relación entre la eficiencia de conversión de la radiación y rendimiento para cultivares de trigo de ciclo intermedio largo y ciclo intermedio corto.

Para la tasa de crecimiento (TCC), de los cultivares de ciclo intermedio largo, tanto en el periodo siembra - 3° nudo como en el de 3° nudo - grano lechoso, se detectaron diferencias estadísticamente significativas, siendo en el primer periodo Buck Malevo el cultivar que logró el mayor valor, mientras que para el segundo se destacó el cultivar Bointa 3000 con una TCC muy superior a los otros dos cultivares (Anexo I-1 y 2).

En cuanto a la intercepción de la radiación y al índice de área foliar no se observan diferencias estadísticamente significativas (tabla 5) (Anexo I- 3 y 4).

Respecto a la eficiencia de conversión de la radiación, el cultivar Bointa 3000 ha demostrado ser el más eficiente, posicionándose muy por encima de los demás cultivares. Al respecto, Abbate (2005) indica que una defoliación debida a heladas, granizo, orugas o enfermedades foliares, entre 3° nudo y grano lechoso, que reduzca la radiación interceptada reducirá el rendimiento a través de un menor número de granos m⁻². Si la pérdida de área foliar afecta la intercepción de radiación durante el llenado de los granos, se reducirá el peso por grano y la calidad comercial del mismo.

Poniendo de manifiesto que estos parámetros son de suma importancia en la definición del rendimiento del cultivo de trigo, se observa que el cultivar Bointa 3000 ha demostrado tener el mayor número de granos por espiga y el mayor peso de mil granos (Carcova *et al.*, 2004) (tabla 7 y 9) (Anexo I-8 y 10).

La TCC para el periodo siembra - 3° nudo de los cultivares de ciclo intermedio corto mostraron diferencias estadísticamente significativas, siendo Baguette Premium 13 el cultivar con mayor TCC en ese período (Anexo I-1). En el periodo 3° nudo - grano lechoso vuelven a observarse diferencias estadísticas, destacándose BI 1004 y ACA 901 como los cultivares de mayor TCC para este periodo (Anexo II-1).

La eficiencia de intercepción de la radiación no mostró diferencias significativas entre los cultivares (Anexo II-3).

Si se analiza el índice de área foliar (IAF) componente fuertemente ligado al genotipo (Evans, 1983) se detectan diferencias estadísticas entre cultivares, mostrándose el cultivar BP 13 como el de menor IAF al estado de grano lechoso-pastoso (Anexo II-4). En cuanto a la eficiencia de conversión, los datos arrojados muestran diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares donde el cultivar BP 13 muestra el menor valor de EUR para el periodo 3° nudo-grano lechoso (Anexo II-5).

V. 3. COMPONENTES INDIRECTOS DEL RENDIMIENTO

Dentro de los componentes indirectos del rendimiento se evaluaron el número de espigas.planta⁻¹, el número de espigas.m⁻² y el número de granos.espigas⁻¹, siendo estos dos últimos determinantes del número final de granos por metro cuadrado. En este sentido, Kruk y Satorre (2004) sostienen que el número de espigas por metro cuadrado es el componente indirecto que mayor influencia ejerce sobre el rendimiento estando positivamente correlacionado con éste.

Como se observa en la Tabla 7, el cultivar Biointa 3000 produjo un menor número de espigas por planta y por unidad de superficie, que ACA 304 y Buck Malevo sin llegar a detectarse entre éstos últimos diferencias significativas (Anexo I-6 y 7). Por el contrario, Biointa 3000 generó un mayor número de granos por espiga que Buck Malevo y ACA 304 (Anexo I-8).

Tabla 7. Componentes indirectos del rendimiento: Número de espigas.planta⁻¹, número de espigas.m⁻² y número de granos.espiga⁻¹ en diferentes cultivares de trigo de ciclo intermedio largo.

Cultivares	n° espigas.planta ⁻¹	n° espigas.m ⁻²	n° granos.espiga ⁻¹
BI 3000	0,97 b	350,80 b	18,66 a
ACA 304	1,35 a	530,80 a	13,23 b
BUCK MALEVO	1,27 a	490,20 a	13,39 b
DMS	0,14	77,92	2,34
CV	8,99	12,37	11,28

Letras distintas en columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test LSD-Fisher. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

En la Tabla 8 se observa el comportamiento de los cultivares de ciclo intermedio corto. Al analizar el número de espigas por planta no se detectaron diferencias significativas (Anexo II-7). Tampoco se observan diferencias significativas en el número de granos por espiga y número de espigas por unidad de superficie entre cultivares (Anexo II-6 y 8).

Tabla 8. Componentes indirectos del rendimiento: Número de espigas.planta⁻¹, número de espigas.m⁻² y número de granos.espiga⁻¹ para diferentes cultivares de trigo de ciclo intermedio corto.

Cultivares	n° espigas.planta ⁻¹	n° espigas.m ⁻²	n° granos.espiga ⁻¹
BI 1004	1,03 a	389,20 a	18,30 a
ACA 901	1,10 a	382,80 a	19,34 a
BP 13	1,16 a	462,20 a	19,01 a
DMS	0,20	102,17	3,49
CV	13,92	18,02	13,43

Letras distintas en columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test LSD-Fisher. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

V. 4. COMPONENTES DIRECTOS DEL RENDIMIENTO

El rendimiento en grano de un cultivo de trigo puede expresarse como el producto entre dos componentes: el número de granos por unidad de superficie, que se define alrededor de floración (antes) y el peso por grano (peso de mil granos), que se define al finalizar el período de llenado.

La biomasa total mostró diferencias estadísticamente significativas destacándose el cultivar Biointa 3000 por encima de los otros cultivares (tabla 9) (Anexo I-12). Respecto al

índice de cosecha, parámetro que varía con el genotipo, el ambiente y la interacción genotipo x ambiente (Carcova *et al.*, 2004), se observa una mínima diferencia entre cultivares, siendo Buck Malevo mayor a Biointa 3000 y no difiriendo estadísticamente de ACA 304 (Anexo I-13).

A nivel de los componentes principales del rendimiento, se observa que no hubo diferencias estadísticamente significativas en el número de granos.m⁻² entre los cultivares (Anexo I-9). Respecto del peso de los mil granos, los tres cultivares presentaron diferencias significativas entre sí (Anexo I-10), siendo Biointa 3000 el de mayor peso, con un 8 % por encima de ACA 304 y un 12 % superior al de Buck Malevo. Esto permite concluir, que contrariamente a lo expresado por Kruk y Satorre (2004), Biointa 3000 alcanza un alto rendimiento compensando el bajo número de espigas por unidad de superficie (Tabla 7), con el mayor número de granos por espiga y con el mayor peso de mil granos. Esto resalta la importancia de la compensación entre los componentes del rendimiento, en este material genético.

En los cultivares de ciclo intermedio largo, si bien se observa una tendencia a una mayor producción de Biointa 3000, no es posible detectar diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento (tabla 9, Figura 8), esto puede deberse a que el componente de mayor importancia (número de granos.m⁻²) tampoco mostró diferencias significativas, esto coincide con lo observado por Abbate y Lázaro (2002), quienes afirman que existe una alta asociación entre el rendimiento y el número de granos.m⁻².

Por otro lado, Calderini *et al.* (1999), señalan que existe baja asociación entre rendimiento y peso de los mil granos, mientras que Melgar (2006), indica que directamente no hay relación entre el rendimiento y el peso de los granos, ya que esta característica es determinada fundamentalmente por el genotipo.

Tabla 9. Componentes directos del rendimiento: biomasa total, número de granos.m⁻², peso de 1000 granos, rendimiento e índice de cosecha, en cultivares de trigo de ciclo intermedio largo.

Cultivares	Biomasa Total (g.m ⁻²)	Nºgranos.m ⁻²	Peso 1000 granos (g)	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	IC (g.g ⁻¹)
BI 3000	1113,86 a	6563 a	41,75 a	3094 a	0,28 b
ACA 304	864,25 b	6992 a	38,52 b	2691 a	0,31 ab
BUCK MALEVO	763,25 b	6632 a	36,44 c	2685 a	0,34 a
DMS	102,78	1696	1,97	413,81	0,04
CV	8,16	18,29	3,69	10,64	9,49

Letras distintas en columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test LSD-Fisher. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

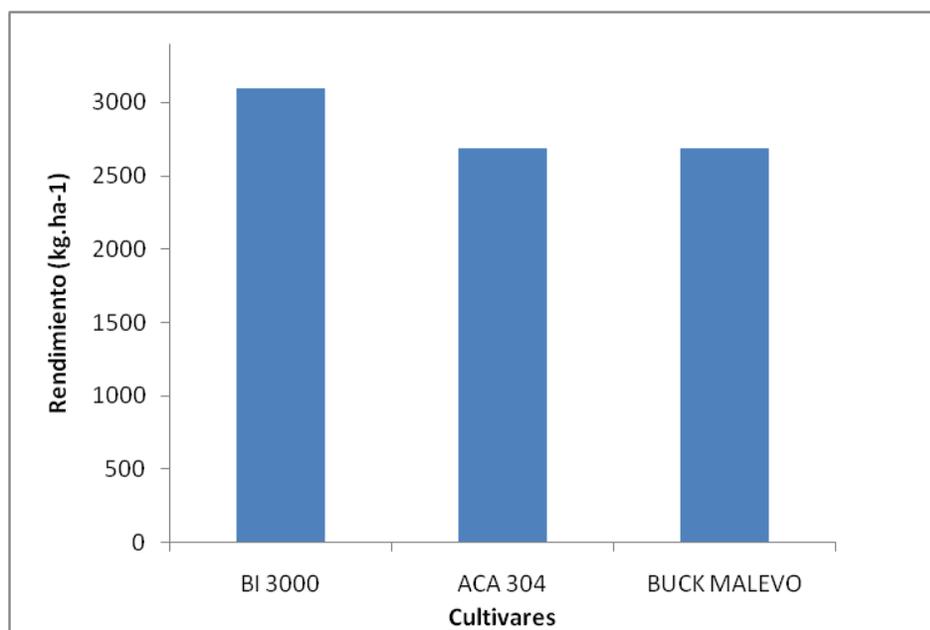


Figura 8. Rendimiento en cultivares de trigo de ciclo intermedio largo.

En los cultivares de ciclo intermedio corto se registraron diferencias estadísticamente significativas en la biomasa total, siendo ACA 901 el cultivar que acumula la mayor biomasa. Respecto al índice de cosecha, se observaron los mayores valores en Baguette Premiun 13, que supera estadísticamente a los otros 2 cultivares (tabla 10).

En cuanto al peso de mil granos, los datos obtenidos muestran diferencias significativas importantes entre los cultivares, siendo ACA 901 el de mayor peso, seguido por BP 13 y Biointa 1004. Estos resultados concuerdan con lo propuesto por Slafer *et al.* (2004) y Miralles y Slafer (2001), los cuales indican que el peso final del grano dependerá de la potencialidad genética de cada cultivar y de las condiciones ambientales durante el período de llenado, y mencionan que las variaciones dentro de un mismo cultivar dependen principalmente de la tasa de llenado.

Al igual que en los cultivares de ciclo intermedio largo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de granos por unidad de superficie.

Al evaluar el rendimiento en grano surge que los tres cultivares no difieren significativamente entre sí, aunque se puede observar que Baguette Premiun 13 tiende a una mayor producción (Tabla 10, Figura 9). Es factible que las condiciones ambientales del año no hayan permitido expresar diferencias productivas significativas, por lo que quizás convendría continuar la evaluación en otras condiciones ambientales.

Tabla 10. Componentes directos del rendimiento: biomasa total, número de granos.m⁻², peso de 1000 granos, rendimiento e índice de cosecha en cultivares de trigo de ciclo intermedio corto.

Cultivares	Biomasa Total (g.m ⁻²)	Nºgranos.m ⁻²	Peso 1000 granos (g)	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	IC (g.g ⁻¹)
BI 1004	765,3 b	7171 a	35,92 c	2916 a	0,35 b
ACA 901	896,3 a	7221 a	42,14 a	3177 a	0,32 b
BP 13	664,26 b	8799 a	39,61 b	3335 a	0,41 a
DMS	118,99	2092	2,47	551,46	0,05
CV	11,14	19,64	4,57	12,73	11,51

Letras distintas en columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) Test LSD-Fisher. DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

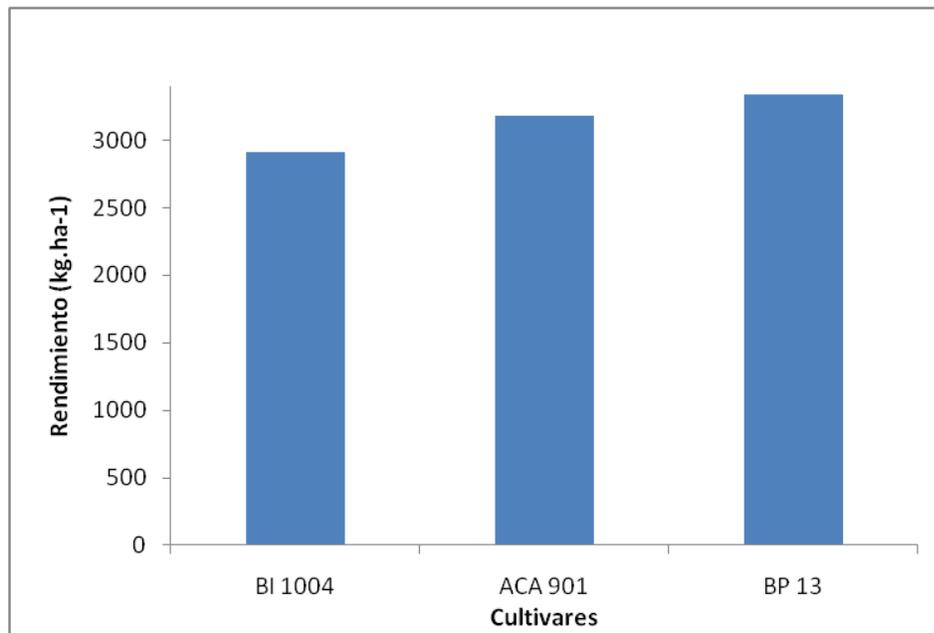


Figura 9. Rendimiento en cultivares de trigo de ciclo intermedio corto.

En virtud de la cantidad de datos disponibles, se propuso evaluar el efecto del número de granos y del peso de los mismos sobre el rendimiento del trigo, agrupando los datos de los cultivares de ciclo intermedio corto y ciclo intermedio largo. En la Figura 10 se presenta la relación entre el rendimiento y el número de granos por unidad de superficie, la cual manifiesta un comportamiento de tipo polinómico de segundo orden, con un R² de 0,715. Estos resultados corroboran lo planteado por Abbate y Lázaro (2002), respecto de la existencia de una alta asociación entre el rendimiento y el número de granos m⁻².

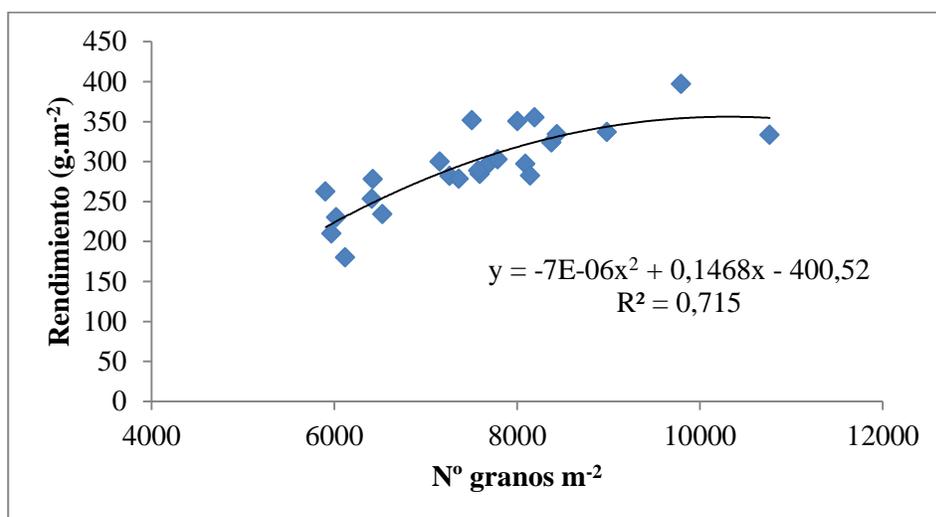


Figura 10. Relación entre el número de granos por unidad de superficie y el rendimiento, para cultivares de trigo de ciclo intermedio largo y ciclo intermedio corto.

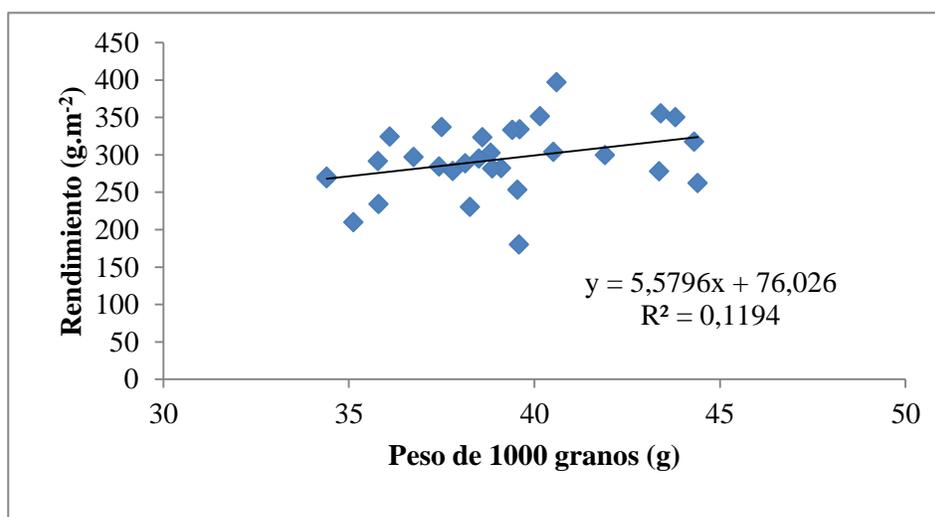


Figura 11. Relación entre el peso de 1000 granos y el rendimiento para cultivares de trigo de ciclo intermedio largo y ciclo intermedio corto.

En la Figura 11 se puede apreciar que el peso de mil granos no muestra relación con el rendimiento dado que el R^2 obtenido es de sólo 0,1194. Como plantearon Calderini *et al.* (1999) y Melgar (2006), el peso de mil granos es el componente menos influenciado por el ambiente y no está directamente relacionado con el rendimiento del trigo.

VI. CONCLUSIONES

Los distintos materiales genéticos evaluados mostraron diferencias en la eficiencia de conversión de la radiación, sin modificar la de intercepción, posiblemente porque la arquitectura foliar de los distintos cultivares sea similar. No obstante, estas modificaciones en los parámetros ecofisiológicos no se tradujeron en diferencias de rendimiento. Sería conveniente repetir el experimento para verificar estos efectos en otras condiciones (años, sitios, etc), utilizando cultivares, evaluando el número y tamaño de las hojas ya que estas variables permitirán explicar las diferencias en arquitectura foliar que modifique la eficiencia de intercepción de la radiación.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ABBATE, P. 2005. Bases fisiológicas para el manejo del cultivo de trigo. INTA Balcarce. En: www.bccba.com.ar/bcc/images/Trigo2005/Conf%206.pdf. Consultado: 13-02-2009.
- ABBATE, P. y M. CANTARERO. 2007. Efectos del estrés hídrico en trigo. En www.planetasoja.com/trabajos/trabajos800.php?id1=25937&id2=25938&publi=90&idSec=3. Consultado: 10-09-08.
- ABBATE, P. y L. LÁZARO. 2002. **Ecofisiología del trigo candeal**. En: Manual del trigo candeal. CI Barrow, 23-29.
- ABBATE, P.E.; F.H. ANDRADE, y J.P. CULOT. 1994. Determinación del rendimiento en trigo. **Boletín técnico N° 133**, EEA Balcarce.
- ABBATE P., F. ANDRADE, J. CULOT y P. BINDRABAN. 1997. Grain yield in wheat: Effects of radiation during spike growth periods. **Field Crops** 54: 245-257.
- ALVAREZ, C. y E. MULIN. 2004. **El Gran Libro de la Siembra Directa. Clarin 2004**. 1° edición. Buenos Aires. Libro 6: 144-153.
- ANDRADE, F; A. CIRILO; S. UHART; Y, M. OTEGUI. 1996. **Ecofisiología del cultivo de maíz**. Editorial La barrosa. 292 p.
- ANDRADE, F. H., H. E. ECHEVERRIA; N. S. GONZALEZ y S. A. UHART, 2000. Requerimiento de nutrientes minerales. p: 207-233 En: **Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja**. Ed: Andrade, F. H. y Sadras, V. O. Editorial Médica Panamericana S.A. EEA INTA Balcarce-Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. Buenos Aires. Argentina
- BAINOTTI, C.; FRASCHINA, J.; SALINES, J.; CUNIBERTI, M.; ALBERIONE, E.; RIVERI, L.; de GALICH, M.; FORMICA, M y A. GALICH. 2004. Evaluación de cultivares de trigo en la EEA Marcos Juárez durante el año 2003. En: Informe para Extensión 85, EEA Marcos Juárez, INTA, p. 14-18.

- BRUGNONI, L.F. 1981. **El cultivo de trigo**. Colección principales cultivos de la Argentina. INTA Buenos Aires p: 185.
- CALDERINI, D.F., M.F., DRECCER y G.A. SLAFER., 1997. Consequences of breeding on biomass, radiation interception and radiation-use efficiency in wheat. **Field Crops Res.** 52: 271–281.
- CALDERINI, D., M. REYNOLDS y G. SLAFER. 1999. **Genetic gains in wheat yield associated physiological changes during the twentieth century**. En: Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination. E.H. Satorre and G. Slafer (Editors). Food Products Press, The Haworth Press. New York, p. 351-377.
- CALVIÑO, P. 2007. El trigo como herramienta para la intensificación. 2da. Jornada de Trigo de la Región Centro. En: http://www.bccba.com.ar/bcc/images/00001773_Actas%20de%201a%20Jornada%20vf.pdf. Consultado 10/10/08.
- CANTERO, G.A., E. BRICCHI, V.H. BECERRA, J.M. CISNEROS y H.A. GIL. 1986. **Zonificación y descripción de las tierras del departamento Río Cuarto**. UNRC-FAV. 80 p. 1 carta 1: 2.500.000.
- CARCOVA, J., L. ABELEDO y M. LOPEZ PEREIRA. 2004. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. **Producción de granos. Bases funcionales para su manejo**. Ed. Satorre *et al.* Editorial de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UBA. Capítulo 6:76-94.
- CARRETERO, R; R. A. SERRAGO y D. J. MIRALLES, 2006. **Relación entre las enfermedades foliares y el crecimiento, intercepción de luz y EUR en trigo**. XXVI Reunión de la Asociación Argentina de Fisiología Vegetal. Chascomús. Bs. As. Argentina. P: 101.
- CAVIGLIA O.P., P.E. ABBATE., O.P., PAPAROTTI., R.J.M., MELCHIORI y P.A. BARBAGELATA 2001. Actas del V Congreso Nacional de trigo / III Simposio Nacional de cereales de siembra otoño-invernal. Carlos Paz, Córdoba.
- CIRILO, A. G. y F.H. ANDRADE. 1994. “Sowing date and maize productivity: I. crop growth and dry matter partitioning”. **Crop Sci.** 34: 1039-1043.

- DARDANELLI, J.L., D. COLLINO., M.G. CANTARERO., P.E. ABBATE y M. DE LUCA. 2001. **Efecto de la sequía sobre el consumo y la eficiencia en el uso del agua en variedades de trigo.** En: Actas del V Congreso Nacional de Trigo y II Simposio Nacional de Cereales de siembra otoño invernal. Villa Carlos Paz, Córdoba - Septiembre del 2001.
- DE FINA, A. L. y A. C. RAVELO. 1973. **Climatologías y Fenologías Agrícolas.** Eudeba. 281 pp.
- EVANS, L. 1983. **Fisiología de los cultivos.** Editorial Hemisferio Sur S. A. Primera edición en español. Buenos Aires, Argentina. Capítulo 4: 113-150.
- EVANS, L. T., I.F. WARDLAW., R.A. FISCHER, 1978. Wheat. Ed Evans, L.T. En **“Crop Physiology”**. Cambridge University Press, GB: 101-149.
- FISCHER, R. 1985. Number of kernel in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. **J. Agric. Sci.** 447-461.
- FRASCHINA, J; C. BAINOTTI y J. SALINES. 2003. El cultivo de trigo y la siembra directa en la región Central Norte. Actualización 2003. En: www.elsitioagricola.com Consultado: 23/08/08
- FRASCHINA, J., C. BAINOTTI, y J. SALINES. 2004. **El Cultivo de Trigo y la Siembra Directa en la Región Central Norte de Argentina.** Grupo Mejoramiento de Trigo, EEA INTA Marcos Juárez. En: www.redagraria.com.ar/divulgaci%F3n%20t%E9cnica/articulos_%20de%20dt/04-03_cultivo_trigo.html. Consultado 15/10/08.
- GARDNER, F. P.; R.B. PEARCE; R.L. MITCHEL, 1985. **Physiology of crop plants.** Iowa State University Press. USA. 327p.
- GIUBERGIA, J., A. SALINAS, E. MARTELLOTTO, S. LINGUA y E. LOVERA. 2007. Evaluación del efecto de dos estrategias de riego en trigo. En: Trigo 2007, **Boletín de divulgación técnica N° 1.** INTA - EEA Manfredi (ed), Córdoba, Argentina. p: 35-40.
- INFOSTAT®. Software Estadístico Versión 1.1. Actualización 2002. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- JOHNSON, K.B. 1987. Defoliation, disease and growth: a reply. **Phytopathology** 77: 1495-1497.
- KRUK B. y E. SATORRE. 2004. **Densidad y arreglo espacial del cultivo**. En: Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Ed. Satorre *et al.* Editorial de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UBA. Capítulo 13:277-316.
- LANGER, R.H. y G.D. HILL, 1987. Plantas de interés Agrícola. Editorial Acribia. Cap. I, 1-10.
- LUCCHESI, A. A. 1987. Fatores da produção vegetal. In: Castro, P.R.C.; S.O. Ferreira; T. Yamada, (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p: 1-II.
- MADDONNI, G. A. y M. E OTEGUI. 1996. Leaf area, light interception and crop development in maize. **Field Crops Res.** 48: 81-87.
- MAGRIN, G. y M. I. TRAVASSO. 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
- MELGAR, R. 2006. **Fertilización en trigo**. Biblioteca de fertilidad y fertilizantes en español. En: www.fertilizando.com/articulos/Fertilización%20en%20Trigo%20-%202006.asp. Consultado: 13-11-2008.
- MIRALLES, D. J. y G. A. SLAFER. 1997. **Radiation interception and radiation use efficiency of near-isogenic weat lines with different height**. **Euphytica** 97: 201-208.
- MIRALLES, D. J. y G. A. SLAFER. 1999. Wheat development: Satorre, E. & Slafer, G.A. (eds.). En: Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Product Press, New York. p: 14-43.
- MIRALLES, D. J. y G. A. SLAFER, 2000. Wheat development. In: Wheat ecology and physiology of yield determination. Editors Emilo H. Satorre y Gustavo A. Slafer. Chapter 2. p: 13- 43.

- MIRALLES, D. y G. SLAFER. 2001. Desarrollo, crecimiento y determinación de los componentes del rendimiento. En: **Cuaderno de actualización técnica N° 63. TRIGO**. Cap. I: 8-17.
- MUSICK, J.T. 1994. Water-yield relationships for irrigated and dryland wheat in the U.S. Southern Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n°6, p: 980-986.
- MUURINEN S. y P. PELTONEN-SAINIO. 2006. Radiation-use efficiency of modern and old spring cereal cultivars and its response to nitrogen in northern growing conditions. **Field Crops Research** 96: 363–373.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1961. **Agroclimatología del cultivo de trigo en la República Argentina**. Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, Buenos Aires, v. 15, n. 1, pág. 3-119.
- PUCKERIDGE, D. W., y C. M. DONALD. 1967. Competition among wheat plants sown at a wide range of densities. **Australian Journal of Agricultural Research**. 18:193-211.
- SAGPyA. 2002. **Resultados definitivos del Censo Nacional Agropecuario 2002**. Parte II. En: www.sagpya.gov.ar Consultado: 15/11/2008.
- SAGPyA. 2006. **Agricultura – Cultivos - Granos – Trigo – Producción 2006**. En: www.sagpya.mecon.gov.ar Consultado: 04/06/2008.
- SAGPyA. 2007a. **Agricultura - Estimaciones agrícolas - Informe por cultivos - Cereales - Trigo - Cierre última campaña**. En: www.sagpya.mecon.gov.ar Consultado: 06/06/2008.
- SAGPyA. 2007b. **Estimaciones agrícola - Base de datos – Estimaciones agrícolas – Cereales – Córdoba, Trigo, campaña 2007/08**. En: www.sagpya.mecon.gov.ar Consultado: 23/11/2008.
- SAGPyA 2007c. **Información estadística y técnica. Campaña 2005/06. Secretaria de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Córdoba**. En: www.cba.gov.ar/vercanal.jsp?idCanal=2067 Consultado 10/09/2008.

- SEILER, R. A. y M. VINO CUR. 2008. Cambio climático y variabilidad climática: Un estudio regional de la variabilidad de las heladas en la provincia de Córdoba. **XII Reunión Argentina de Agrometeorología**, el 8 al 10 de Octubre de 2008, San Salvador de Jujuy, Argentina. Actas de la Reunión, 69-70. ISBN-X.
- SEILER, R. A.; V., ROTONDO y M., VINO CUR. 2007. Agroclimatología de Río Cuarto 1977-2006. Servicio de Agrometeorología – UNRC.
- SINCLAIR T. R y R .C. MUCHOW. 1999. **Radiation use efficiency**. Adv. Agron. 65: 215-265.
- SLAFER, G.A. y H. M. RAWSON, 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modelers. **Australian Journal of Plant Physiology**. 21: 393-426.
- SLAFER, G. A., D.J. MIRALLES Y F.H. ANDRADE. 1990. **Análisis fisiológico del mejoramiento genético del trigo. Una revisión de lo ocurrido a nivel mundial**. II Congreso Nacional de Trigo. Pergamino, p: 101-103.
- SLAFER, G.A; L. G. ABELEDO; D. J. MIRALLES; F. G. GONZALEZ; E. M. WHITECHURCH. 2001. Photoperiod sensitivity Turing stem elongation as an avenue to raise potencial yield in wheat. **Euphytica** 119: 191- 197.
- SLAFER, G., D. MIRALLES; R. SAVIN; E. WHITECHURCH; y F. GONZALES. 2004. **Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo**. En: Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Ed. Satorre *et al.* Editorial de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UBA. Capítulo 7:101-134.
- UHART, S. and F. H. ANDRADE. 1995. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source / sink ratios. **Crop Sci**. 35: 183-190.
- ZADOKS, J. C.; T. T. CHANG y C. F. KONZAK. 1974. A decimal code for the growth stage of cereal. **Weed Research**, 14: 415-421.

ANEXO 1

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS PARA CULTIVARES DE TRIGO DE CICLO LARGO

1-TASA DE CRECIMIENTO (SIEMBRA-Z3.3)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TCC	15	0,81	0,78	7,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		4,74	2	2,37	25,14	0,0001
cultivar	4,74	2	2,37	25,14	0,0001	
Error	1,13	12	0,09			
Total	5,88	14				

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,42328

Error: 0,0944 gl: 12

cultivar Medias n

MALEVO	4,81	5	A	
ACA 304	3,70	5		B
BI 3000	3,55	5		B

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

2-TASA DE CRECIMIENTO (Z3.3-Z7.3)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TCC	15	0,94	0,93	11,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		160,93	2	80,46	99,46	<0,0001
cultivar	160,93	2	80,46	99,46	<0,0001	
Error	9,71	12	0,81			
Total	170,63	14				

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,23946

Error: 0,8090 gl: 12

cultivar Medias n

BI 3000	11,61	5	A	
ACA 304	8,75	5		B
MALEVO	3,69	5		C

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

3-INTERCEPCIÓN DE LA RADIACIÓN (Z3.3-Z7.3)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IR %	15	0,01	0,00	10,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		5,23	2	2,61	0,07	0,9346
Cultivar		5,23	2	2,61	0,07	0,9346
Error	461,09	12	38,42			
Total	466,32	14				

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=8,54184

Error: 38,4241 gl: 12

Cultivar	Medias n			
BUCK MALEVO	60,36	5	A	
BI 3000	59,90	5	A	
ACA 304	58,94	5	A	

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

4-ÍNDICE DE AREA FOLIAR (Z7.3-Z8)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IAF	15	0,27	0,14	10,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		0,3	2	0,15	2,18	0,1561
Cultivar		0,3	2	0,15	2,18	0,1561
Error	0,82	12	0,07			
Total	1,12	14				

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,36020

Error: 0,0683 gl: 12

Cultivar	Medias n			
BUCK MALEVO	2,61	5	A	
BI 3000	2,4	5	A	
ACA 304	2,27	5	A	

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

5-EFICIENCIA DE CONVERSIÓN (Z3.3-Z7.3)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EUR	15	0,90	0,89	15,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20,16	2	10,08	56,27	<0,0001
cultivar	20,16	2	10,08	56,27	<0,0001
Error	2,15	12	0,18		
Total	22,31	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,58322

Error: 0,1791 gl: 12

cultivar Medias n

BI 3000	3,95	5	A
ACA 304	2,99	5	B
Malevo	1,16	5	C

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

6-NÚMERO DE ESPIGAS POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
nº espigas / m ²	15	0,70	0,65	12,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	89134,53	2	44567,27	13,94	0,0007
cultivar	89134,53	2	44567,27	13,94	0,0007
Error	38370,40	12	3197,53		
Total	127504,93	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=77,92152

Error: 3197,5333 gl: 12

cultivar Medias n

ACA 304	530,80	5	A
MALEVO	490,20	5	A
BI 3000	350,80	5	B

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

7-NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº ESPIGAS/PLANTA	15	0,75	0,7	8,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,41	2	0,2	17,53	0,0003
cultivar	0,41	2	0,2	17,53	0,0003
Error	0,14	12	0,01		
Total	0,54	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,14824

Error: 0,0116 gl: 12

cultivar	Medias	n	
AVA 304	1,35	5	A
MALEVO	1,27	5	A
BIOINTA 3000	0,97	5	B

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

8-NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº GRANOS/ESPIGA	15	0,73	0,69	11,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	95,76	2	47,88	16,53	0,0004
cultivar	95,76	2	47,88	16,53	0,0004
Error	34,76	12	2,9		
Total	130,52	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=2,34542

Error: 2,8970 gl: 12

cultivar	Medias	n	
BIOINTA 3000	18,66	5	A
MALEVO	13,39	5	B
ACA 304	13,23	5	B

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

9-NÚMERO DE GRANOS POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº G/m ²	15	0,03	0,00	18,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	532269,49	2	266134,74	0,18	0,8410
cultivar	532269,49	2	266134,74	0,18	0,8410
Error	18182875,62	12	1515239,63		
Total	18715145,11	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1696,25265

Error: 1515239,6350 gl: 12

cultivar Medias n

ACA 304	6992,43	5	A
MALEVO	6631,97	5	A
BI 3000	6562,74	5	A

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

10-PESO DE MIL GRANOS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso 1000 granos (gr)	15	0,74	0,70	3,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	71,65	2	35,82	17,41	0,0003
Cultivar	71,65	2	35,82	17,41	0,0003
Error	24,70	12	2,06		
Total	96,34	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,97682

Error: 2,0579 gl: 12

Cultivar Medias n

BI 3000	41,75	5	A
ACA 304	38,52	5	B
BUCK MALEVO	36,44	5	C

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

11-RENDIMIENTO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	15	0,34	0,23	10,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	548979,73	2	274489,87	3,04	0,0853
cultivar	548979,73	2	274489,87	3,04	0,0853
Error	1082147,2	12	90178,93		
Total	1631126,93	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=413,81

Error: 1515239,6350 gl: 12

cultivar Medias n

BI 3000	3094	5	A
ACA 304	2691	5	A
MALEVO	2685	5	A

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

12-BIOMASA TOTAL

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BIOMASA	15	0,83	0,8	8,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	325722,54	2	162861,27	29,27	0,0001
Cultivar	325722,54	2	162861,27	29,27	0,0001
Error	66766,28	12	5563,86		
Total	392488,82	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=102,78692

Error: 5563,8564 gl: 12

cultivar Medias n

BI 3000	1113,86	5	A
ACA 304	864,25	5	B
MALEVO	763,25	5	B

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

13-ÍNDICE DE COSECHA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IC	15	0,5	0,41	9,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		0,01	2	0,01	5,92	0,0162
cultivar	0,01	2	0,01	5,92	0,0162	
Error	0,01	12	8,70E-04			
Total	0,02	14				

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,04066

Error: 0,0009 gl: 12

cultivar	Medias	n		
MALEVO	0,34	5	A	
ACA 304	0,31	5	A	B
BIOINTA 3000	0,28	5		B

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

ANEXO 2

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS PARA CULTIVARES DE TRIGO DE CICLO CORTO

1-TASA DE CRECIMIENTO (SIEMBRA-Z3.3)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TCC	15	0,70	0,65	8,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		3,75	2	1,87	14,04	0,0007
cultivar	3,75	2	1,87	14,04	0,0007	
Error	1,60	12	0,13			
Total	5,35	14				

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,50352

Error: 0,1335 gl: 12

cultivar Medias n

BP 13	5,17	5	A	
ACA 901	4,20	5		B
BI 1004	4,03	5		B

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

2-TASA DE CRECIMIENTO (Z3.3-Z7.3)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TCC	15	0,68	0,62	9,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		27,91	2	13,95	12,47	0,0012
cultivar	27,91	2	13,95	12,47	0,0012	
Error	13,43	12	1,12			
Total	41,34	14				

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,45771

Error: 1,1190 gl: 12

cultivar Medias n

BI 1004	12,59	5	A	
ACA 901	11,17	5	A	
BP 13	9,26	5		B

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

3-INTERCEPCIÓN DE LA RADIACIÓN (Z3.3-Z7.3)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IR %	15	0,11	0,00	7,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26,36	2	13,18	0,75	0,4928
Cultivar	26,36	2	13,18	0,75	0,4928
Error	210,53	12	17,54		
Total	236,89	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=5,77188

Error: 17,5442 gl: 12

Cultivar	Medias n
ACA 901	58,70 5 A
BI 1004	58,38 5 A
BP 13	55,74 5 A

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

4-ÍNDICE DE AREA FOLIAR (Z7.3-Z8)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IAF	15	0,55	0,48	7,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,36	2	0,18	7,41	0,008
Cultivar	0,36	2	0,18	7,41	0,008
Error	0,29	12	0,02		
Total	0,66	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,21576

Error: 0,0245 gl: 12

Cultivar	Medias n
ACA 901	2,19 5 A
BIOINTA 1004	2,06 5 A
BP 13	1,82 5 B

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

5-EFICIENCIA DE CONVERSIÓN (Z3.3-Z7.3)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EUR	15	0,70	0,65	9,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,36	2	1,68	13,77	0,0008
cultivar	3,36	2	1,68	13,77	0,0008
Error	1,47	12	0,12		
Total	4,83	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,48165

Error: 0,1222 gl: 12

cultivar Medias n

BI 1004	4,28	5	A
ACA 901	3,78	5	B
BP 13	3,13	5	C

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

6-NÚMERO DE ESPIGAS POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
nº espigas / m ²	15	0,23	0,10	18,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19457,20	2	9728,60	1,77	0,2121
cultivar	19457,20	2	9728,60	1,77	0,2121
Error	65976,40	12	5498,03		
Total	85433,60	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=102,17710

Error: 5498,0333 gl: 12

cultivar Medias n

BP 13	462,20	5	A
BI 1004	389,20	5	A
ACA 901	382,80	5	A

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

7-NÚMERO DE ESPIGAS POR PLANTA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº ESPIGAS/PLANTA	15	0,13	0,0	13,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	2	0,02	0,92	0,4253
cultivar	0,04	2	0,02	0,92	0,4253
Error	0,28	12	0,02		
Total	0,32	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,20994

Error: 0,0232 gl: 12

cultivar	Medias	n	
BP 13	1,16	5	A
ACA 901	1,10	5	A
BIOINTA 1004	1,03	5	A

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

8-NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº GRANOS/ESPIGA	15	0,04	0	13,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,85	2	1,42	0,22	0,8045
cultivar	2,85	2	1,42	0,22	0,8045
Error	77,18	12	6,43		
Total	80,03	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=3,49474

Error: 6,4318 gl: 12

cultivar	Medias	n	
ACA 901	19,34	5	A
BP 13	19,01	5	A
BIOINTA 1004	18,3	5	A

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

9-NÚMERO DE GRANOS POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº G/m ²	15	0,24	0,11	19,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8571208,06	2	4285604,03	1,86	0,1980
cultivar	8571208,06	2	4285604,03	1,86	0,1980
Error	27659602,91	12	2304966,91		
Total	36230810,97	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=2092,09897

Error: 2304966,9093 gl: 12

cultivar Medias n

BP 13	8799,33	5	A
ACA 901	7221,28	5	A
BI 1004	7171,45	5	A

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

10-PESO DE MIL GRANOS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso 1000 granos (gr)	15	0,72	0,67	4,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	97,99	2	49,00	15,24	0,0005
Cultivar	97,99	2	49,00	15,24	0,0005
Error	38,59	12	3,22		
Total	136,58	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=2,47098

Error: 3,2154 gl: 12

Cultivar Medias n

ACA 901	42,14	5	A
BP 13	39,61	5	B
BI 1004	35,92	5	C

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

11-RENDIMIENTO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	15	0,19	0,05	12,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	447743,33	2	223871,67	1,4	0,2846
cultivar	447743,33	2	223871,67	1,4	0,2846
Error	1921854,4	12	160154,53		
Total	2369597,73	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=551,46696

Error: 160154,5333 gl: 12

cultivar	Medias	n	
BP 13	3335	5	A
ACA 901	3177	5	A
BIOINTA 1004	2916	5	A

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

12-BIOMASA TOTAL

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BIOMASA	15	0,6	0,54	11,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	135354,41	2	67677,2	9,08	0,004
Cultivar	135354,41	2	67677,2	9,08	0,004
Error	89482,21	12	7456,85		
Total	224836,61	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=118,99469

Error: 7456,8506 gl: 12

cultivar	Medias	n	
ACA 901	896,3	5	A
BIOINTA 1004	765,3	5	B
BP 13	664,26	5	B

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

13-ÍNDICE DE COSECHA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IC	15	0,5	0,42	11,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	2	0,01	6,05	0,0152
cultivar	0,02	2	0,01	6,05	0,0152
Error	0,02	12	1,70E-03		
Total	0,04	14			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,05673

Error: 0,0017 gl: 12

cultivar	Medias	n	
BP 13	0,41	5	A
BIOINTA 1004	0,35	5	B
ACA 901	0,32	5	B

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