



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

Trabajo final presentado para optar el grado de Ingeniero Agrónomo

**“Efectos del centeno (*Secale cereale*) como cultivo de cobertura en  
el consumo de agua y la producción de materia seca del cultivo de maíz  
(*Zea mays*)”**

**Saggiorato Germán Ariel**

**DNI: 32.080.969**

**Director: Ing. Agr. Msc Gabriel Espósito**

**Co-director: Ing. Agr. Carlos Castillo**

**Río Cuarto - Córdoba**

**Octubre/2012**

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

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

**Título del Trabajo Final:** Efectos del centeno (*Secale cereale*) como cultivo de cobertura en el consumo de agua y la producción de materia seca del cultivo de maíz (*Zea mays*)

**Autor:** Saggiorato, Germán  
**DNI:** 32.080.969

**Director:** MSc Ing Agr. Espósito, Gabriel Pablo  
**Co-Director:** Ing Agr. Castillo, Carlos

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

**Ing. Agr. Ana Rivetti** \_\_\_\_\_

**Ing. Agr. Guillermo Balboa** \_\_\_\_\_

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

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

\_\_\_\_\_  
**Secretario Académico**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar le agradezco a toda mi familia (mis padres, mi hermano y mis hermanas) por el apoyo incondicional durante toda la carrera.

También les quiero agradecer a mis amigos, compañeros y hermanos: Abel Sanchez, Andres Marengo, Dario Abad, Juan Rojas, Walter Sibuet y los hermanos saluzzo que me han acompañado durante toda la carrera y con quien he pasado muy buenos momentos en estos años.

Al grupo de ingenieros de la catedra de Cereales, Carlos Castillo, Gabriel Espósito, Ricardo Balboa, Guillermo Balboa y Cecilia Cerliani, quienes me han ayudado mucho para realizar el presente trabajo.



## INDICE GENERAL

<b>Indice general.....</b>	<b>IV</b>
<b>Indice de tablas.....</b>	<b>VI</b>
<b>Indice de figuras.....</b>	<b>VII</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>VIII</b>
<b>Summary.....</b>	<b>IX</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Hipótesis.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>5</b>
<b>II. MATERIALES y MÉTODOS</b>	
<b>2.1 Descripción general del ensayo.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Descripción edafoclimatica del sitio.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1 Características climáticas.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2 Características edáficas.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3 Características fisiográficas.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Descripción de las determinaciones realizadas.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.1 Humedad edáfica.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.2 Evapotranspiración de los cultivos (centeno y maíz).....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.3 Calculo de uso consuntivo, Eficiencia en al uso del agua y Costo Hídrico.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.4 Materia seca del centeno.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.5 Materia seca de rastrojo.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.6 Materia seca de maíz.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.7 Calculo de IAF (Índice de Área Foliar).....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.8 Rendimiento cultivo de Maíz.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Análisis de resultados.....</b>	<b>12</b>
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>3.1 Lámina de agua útil.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Evapotranspiración real.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Uso Consuntivo, Costo hídrico y Eficiencia en el uso del agua del Centeno.....</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Materia seca de Centeno.....</b>	<b>18</b>
<b>3.5 Materia seca de rastrojo.....</b>	<b>19</b>
<b>3.6 Materia seca de Maíz.....</b>	<b>21</b>
<b>3.7 Indice de área foliar.....</b>	<b>23</b>

<b>3.8 Rendimiento en grano de maíz.....</b>	<b>24</b>
<b>IV. CONCLUSION.....</b>	<b>26</b>
<b>V. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>27</b>
<b>VI. ANEXO.....</b>	<b>31</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción del perfil.....	<b>8</b>
<b>Tabla 2.</b> Lámina de agua útil (mm) a 1,3 m de profundidad en diferentes estadios fenológicos del centeno.....	<b>13</b>
<b>Tabla 3.</b> Lámina de agua útil (mm) a 1,3 m de profundidad en diferentes estadios fenológicos del cultivo del maíz.....	<b>14</b>
<b>Tabla 4.</b> Evapotranspiración total del CC y cultivo de maíz.....	<b>16</b>
<b>Tabla 5.</b> Uso consuntivo, Costo hídrico, eficiencia en el uso del agua del centeno.....	<b>17</b>
<b>Tabla 6.</b> Producción de materia seca total en diferentes estadios del cultivo de centeno.....	<b>19</b>
<b>Tabla 7.</b> Materia seca total de rastrojo.....	<b>20</b>
<b>Tabla 8.</b> Producción de materia seca total en diferentes estadios del cultivo de maíz.....	<b>22</b>
<b>Tabla 9.</b> Índice de Área Foliar en el estadio R3 del cultivo de maíz.....	<b>23</b>
<b>Tabla 10.</b> Rendimiento y componentes directos.....	<b>24</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Precipitaciones mensuales en Rio Cuarto durante la campaña 2009/2010 y promedio.....	<b>6</b>
<b>Figura 2.</b> Evolución de la lámina de agua útil (AU) del suelo en 130 cm de profundidad desde siembra hasta madurez fisiológica del cultivo de maíz.....	<b>15</b>
<b>Figura 3.</b> Consumo de agua del CC en las diferentes profundidades y en distintos momentos.....	<b>18</b>
<b>Figura 4.</b> Evolución de rastrojo sobre la superficie del suelo desde la siembra hasta madurez fisiológica del cultivo de maíz para los distintos tratamientos.....	<b>21</b>
<b>Figura 5.</b> Acumulación de Materia seca del cultivo de Maíz durante su ciclo de crecimiento.....	<b>23</b>



## RESUMEN

La utilización de los cultivos de cobertura (CC) impacta positivamente en algunas propiedades del suelo sin embargo su inclusión en sistemas agrícolas puros puede afectar negativamente la implantación y rendimiento del cultivo siguiente en la rotación. Para cuantificar el efecto del Centeno como CC para maíz se implanto un ensayo en la campaña 2009/10, sobre un suelo Haplustol údico a 20km al sur de la Ciudad de Río Cuarto, Córdoba. El diseño experimental fue en bloques completos aleatorios con 3 repeticiones espaciales. Se realizaron tres tratamientos: Centeno primer momento de secado (hoja bandera), centeno segundo momento de secado (antesis) y testigo (sin CC). El cultivo de maíz se implanto el 3/10/2009. Se hizo un seguimiento de agua útil y estimación de evapotranspiración (ET) a lo largo del ciclo del centeno y del cultivo estival. En el ciclo del CC se evaluó el uso consuntivo (UC), la eficiencia en el uso del agua (EUA), el costo hídrico (CH) y la biomasa producida por el centeno y durante el ciclo del cultivo de maíz, la materia seca de rastrojo (cobertura), biomasa, IAF y el rendimiento en grano. El aporte promedio de materia seca del CC al suelo fue de 6187 y 5665 kg ha<sup>-1</sup> para el tratamiento secado en antesis y hoja bandera respectivamente sin diferencias estadísticas entre ambos. El UC calculado fue de 86 y 76 mm, la EUA 64 y 82 Kg MS. mm<sup>-1</sup> para el tratamiento secado en hoja bandera y secado en antesis respectivamente sin diferencias estadísticas entre ambas fechas de secado, mientras que el CH fue de 31 y 48 mm con diferencias al análisis estadístico. El CC redujo el agua útil a la siembra (siembra temprana de maíz) y esto impactó negativamente en el rendimiento del tratamiento.

Palabras claves: verdeo invernal, momento de secado, consumo de agua, aportes de residuos.

## SUMMARY

The use of cover crops positive impact on soil properties but their inclusion in pure agricultural systems can adversely affect the implementation and performance of the next crop in the rotation. To quantify the effect of rye and corn cover crop trial was implanted in the campaign 2009/10, on a floor Haplustol udic at 20km south of the city of Rio Cuarto, Córdoba. The experimental design was randomized complete block with 3 replicates spatial and there were three treatments: rye first time of drying (flag leaf), rye second drying time (anthesis) and control (without cover crops). The maize crop was implanted 3/10/2009. There was water a useful monitoring and assessment of evapotranspiration along the cycle of rye and summer crop. In the cycle of cover crops evaluated the consumptive use, the United States, the hydric cost and the biomass produced by the rye crop cycle of corn Stover dry matter (coverage), biomass, leaf area index and grain yield. The average contribution of dry matter of the floor cover crops was 6187 and 5665 kg.ha<sup>-1</sup> for drying treatment at anthesis and flag leaf respectively with no statistical differences between them. The calculated consumptive use was 86 and 76 mm, the United States 64 and 82 kg DM. mm<sup>-1</sup> for the drying treatment and drying flag leaf at anthesis respectively with no statistical differences between the two dates of drying, while the cost hydric was 31 and 48 mm with differences in the statistical analysis. The cover crop reduced the available water at planting (early planting of corn) and this negatively impact treatment performance.

Keywords: winter greening, drying time, water consumption, waste inputs.

## I. INTRODUCCION

En los últimos 20 años, el sistema de producción agrícola de la Región Pampeana Argentina ha evolucionado hacia ciclos agrícolas cada vez más largos e incluso, en algunas zonas, hacia la agricultura continua. Este cambio explicaría la caída de los niveles de materia orgánica del suelo evaluada en años recientes (Ruffo y Parsons, 2004).

Entre los principales cultivos agrícolas sembrados en la Argentina se destaca el área cultivada de soja, la cual se ha incrementado de 6,7 a 18,34 millones de hectáreas a nivel nacional, en el período 1996/2010 (MAGyP, 2011). Con una alta presencia de este cultivo en las rotaciones agrícolas (llegando en algunos casos a secuencias de monocultivo) se ha transformado en el cultivo más importante en la región, desplazando al maíz con el consiguiente balance negativo de carbono (C) bajo siembra directa (Ruffo y Parsons, 2004). Debido a que su producción de biomasa como rastrojo o raíces son limitados (directamente proporcional a los rendimientos) y presentar además una baja relación C/N en comparación con los cultivos de cereales tales como trigo y maíz. Estos cambios en el uso del suelo, ocasionan un efecto negativo del contenido de materia orgánica (MO) y sobre el mantenimiento de adecuados niveles de cobertura superficial, lo cual podría llevar en el largo plazo al empobrecimiento de los suelos (Ruffo, 2003).

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, una alternativa para incrementar la cobertura a través del aporte de residuos y, consecuentemente de materia orgánica (MO), bajo sistemas de producción agrícola, es la inclusión de cultivos de cobertura (CC) en la rotación. Los cuales se establecen entre dos cultivos de cosecha, quedando los residuos en superficie protegiendo al suelo de los procesos de erosión y liberando nutrientes como resultado de procesos de degradación de la biomasa aérea y radicular de los mismos (Alvarez y Scianca, 2006). Aportan, además del C, nutrientes como N, P y S, que si bien en este sistema no son aportados por fuentes externas, si, son capturados por la planta y liberados en formas orgánicas (rápida liberación) dependiendo especialmente del estado fenológico en el cual sea cortado su ciclo y de la elección de la especie (Scianca *et al.*, 2008).

Los residuos de los CC quedan en superficie, aportando al suelo los nutrientes contenidos en la biomasa vegetal al descomponerse. Tradicionalmente estos cultivos han sido utilizados para controlar la erosión pero pueden cumplir múltiples funciones en el sistema de producción, como por ejemplo, reducir la compactación, minimizar la lixiviación de nitratos residuales (fijación de nitrógeno), incrementar el contenido de C y nitrógeno (N) del suelo,

controlar malezas y aportar N mineral al cultivo siguiente. Del objetivo buscado al decidir la inclusión de CC dependerá la elección de la especie a sembrar (Ruffo y Parsons, 2004).

Además, el alto grado de intensificación y la gran dependencia de insumos de los sistemas agrícolas traen como consecuencia una serie de problemas en términos de contaminación ambiental (principalmente en la lixiviación de fertilizantes nitrogenados aplicados al suelo que llegan a contaminar el agua subterránea). En estos sistemas el uso de cultivos de cobertura juega un papel importante en la reducción de la lixiviación del nitrógeno durante el periodo de barbecho reduciendo la contaminación. (Carfagno, 2007).

En EE.UU la agencia de protección ambiental (EPA) determinó que la principal fuente de contaminación del agua en todo ese país, el lavado de nitratos proveniente de los suelos bajo agricultura. Así mismo se estima que los estados de Illinois y Iowa contribuyen aproximadamente con el 35 % del N total que se descarga en el río Mississippi y por consiguiente, en el golfo de México. La mayor parte del lavado de nitratos ocurre a finales del otoño y el principio de la primavera cuando los suelos permanecen descubiertos. Usando centeno post-cosecha de maíz como CC, se ha visto que la reducción en la pérdida de nitrógeno está en el rango de 59 a 77% cuando se lo compara con suelos sin CC (Bollero, 2005).

Con respecto al contenido de  $\text{NO}_3$ , en ensayos realizados en INTA Marcos Juárez, se registraron contenidos de 90 ppm en el barbecho, mientras que con CC el contenido se reduce a 60-40 ppm con leguminosas y gramíneas respectivamente (Baigorria y Cazorla, 2010). Se registraron valores similares en ensayos realizados en la región semiárida pampeana (Scianca *et al.*, 2006). Esta disminución de N que produce el CC con respecto al barbecho, se podría considerar una desventaja desde el punto de vista nutricional del cultivo, pero una ventaja si tenemos en cuenta la probabilidad de lluvias intensas que laven nitratos por debajo de la zona de absorción de raíces, los cuales serán liberados en cultivos posteriores (Rimski-Korsakov *et al.*, 2004).

Las especies más utilizadas como CC son fundamentalmente de las familias de las gramíneas y leguminosas. Entre las gramíneas más utilizadas se encuentra el centeno, por su gran resistencia al frío, tolerancia a sequía y producción de abundante volumen de residuo además de avena, cebada, triticale y raigrás. Las leguminosas mejor adaptadas como CC son las vicias (vicia villosa y vicia sativa) y los tréboles (blanco, de olor, de Alejandría y encarnado), (Ruffo y Parsons, 2004).

Los CC leguminosas como vicia serían los mejores antecesores para maíz, debido a que las gramíneas provocan una disminución de los contenidos de nitratos y una inmovilización de N, mientras que en leguminosas esto no ocurre (Baigorria y Cazorla, 2010).

En cuanto a las propiedades físicas y químicas se registraron mejoras significativas con la utilización de CC (diferenciándose de la situación monocultivo de soja), en la concentración de carbono orgánico de la capa más superficial, la DAP y la resistencia a la penetración (Varela *et al.* 2010).

En Hapludoles y Haplustoles de la región semiárida pampeana, Carfagno (2007) señala que el centeno sería el CC a emplear, puesto que esta especie se destaca por menor consumo de humedad del suelo con respecto a otras gramíneas como avena manteniendo elevadas producciones de biomasa en estos ambientes.

Las prácticas de manejo deben concentrarse en establecer claramente fechas de siembra y terminación de los CC para adecuar de esta forma la producción de biomasa, el reciclado de nutrientes y la competencia con malezas manteniendo al mismo tiempo un balance favorable de agua en el suelo (Bollero, 2005).

Los problemas principales de la inclusión de CC en la rotación están relacionados con la recarga de agua y nitrógeno del perfil para el cultivo siguiente. Por lo que, el momento de siembra y secado son fundamentales para que no limite el rendimiento de los cultivos siguientes en la rotación (Vaughan y Evanylo, 1998).

Una desventaja de los CC es la interferencia de la utilización de agua que puede afectar la implantación del cultivo posterior y/o comprometer su rendimiento (Fernandez y Quiroga 2009). Esto va a depender del tipo de suelo en donde se implantará el CC ya que con la modificación del mismo varía la capacidad de retención de agua (CRA) útil al momento de la siembra y de las precipitaciones durante el ciclo del cultivo estival. Suelos Hapludoles típicos (CRA 100 mm, aproximadamente) son más dependientes de las precipitaciones para el normal desarrollo del cultivo estival, mientras que Argiudoles típicos (CRA 240 mm, aproximadamente) cuentan con reservas mayores para afrontar periodos de sequía (Cazorla., *et al* 2010).

Suelos con bajas CRA son ineficientes para retener agua durante el barbecho (Fernandez *et al.*, 2007), por lo tanto con altas precipitaciones durante el periodo del mismo se producen pérdidas de agua por drenaje y evaporación, debido a que la capacidad de almacenaje se ve excedida por el agua que ingresa al suelo (Cazorla *et al.*, 2010). En el periodo de barbecho la conservación de agua depende del tipo de suelo y de las precipitaciones (Lampurlanes *et al.*, 2002).

La realización de un CC conlleva a una disminución en los contenidos de humedad del suelo con respecto al barbecho, esta depresión en los contenidos de humedad se puede denominar Costo hídrico (CH). El mismo se encuentra entre 30 a 40 mm para leguminosas y 40 a 80 mm en gramíneas, estos valores son dependientes de las precipitaciones durante el ciclo de

crecimiento de los CC (Baigorria y Cazorla, 2010). Similares CH son reportados por otros autores en Hapludoles de la región semiárida pampeana (Fernández *et al.*, 2007).

La inclusión de CC como antecesores de maíz, provoca disminuciones en el contenido de agua útil a la siembra del mismo aunque las precipitaciones en la región sudeste de la provincia de Córdoba lograrían cubrir los requerimientos del cultivo (Baigorria y Cazorla 2010).

Según Casas (2007), los CC permiten mantener elevadas tasas de infiltración del agua de lluvia, debido al incremento de la cobertura del suelo y de la macroporosidad, por descomposición de las raíces que generan un sistema de canales o galerías. La mayor cobertura de biomasa disponible disminuye la amplitud térmica del suelo superficial, que se traduce en menos pérdida de agua por evaporación. Esto genera una mejora en la eficiencia de uso del agua, que puede aumentar la disponibilidad para el cultivo agrícola siguiente.

Ruffo (2003) indica que el momento de terminación del crecimiento de los CC debe adecuarse siguiendo dos criterios: lograr una acumulación de biomasa que garantice una importante cobertura (aportes de carbono) y ajustarse zonalmente a las precipitaciones de cada región para asegurar la recarga del perfil con las lluvias de primavera.

Al momento de interrumpir el ciclo de los CC se debe considerar el ciclo ontogénico de los mismos, como así también el agua disponible a la siembra del cultivo estival. Referido al ciclo ontogénico la máxima acumulación de biomasa se logra alrededor de floración (Barbazan *et al.*, 2002).

Por otro lado, Restovich *et al.* (2008) plantea que para una condición de clima templado húmedo y en un suelo Argiudol típico, un buen momento para la interrupción del crecimiento del CC es justo antes de su etapa reproductiva. De esta manera se asegura una elevada cantidad de N extraído y un tiempo suficiente para la recarga de agua y nutrientes del perfil.

Una fecha tardía de interrupción del CC (en estado reproductivo) aumentaría el consumo de agua del perfil de forma tal de poner en riesgo la producción de maíz bajo escenarios de precipitaciones primaverales escasas. (Cordone y Hansen, 1986; Unger y Vigil, 1998; Reicosky y Forcella, 1998).

En términos generales, el efecto de los CC en la región semiárida pampeana sobre el maíz es favorable en cuanto a rendimientos, logrando incrementos de 1000 a 1500 kg ha<sup>-1</sup> (Fernandez *et al.*, 2007). Según estos autores, el efecto de los CC se explicaría a través de una disminución de la evaporación directa del suelo, como consecuencia de la menor temperatura del suelo.

Sería de gran importancia la evaluación de las ventajas y principalmente las desventajas de la utilización de los CC, ya que en la zona hay una marcada deficiencia de información acerca de la utilización de los mismos.

### **1.1 Hipótesis**

El Centeno como cultivo de cobertura mejora la eficiencia de utilización del agua por el cultivo de maíz subsiguiente, incrementando así la producción de materia seca y el rendimiento.

### **1.2 Objetivos**

#### **General:**

- Determinar el efecto del cultivo de centeno como cobertura sobre el balance hídrico y la producción del maíz siguiente en la rotación.

#### **Específicos:**

- Evaluar la producción de materia seca del Centeno (*Secale cereale*).
- Evaluar el efecto del cultivo de cobertura en el balance de agua del maíz siguiente
- Evaluar la producción de materia seca del maíz y su rendimiento.

## II. MATERIALES Y METODOS

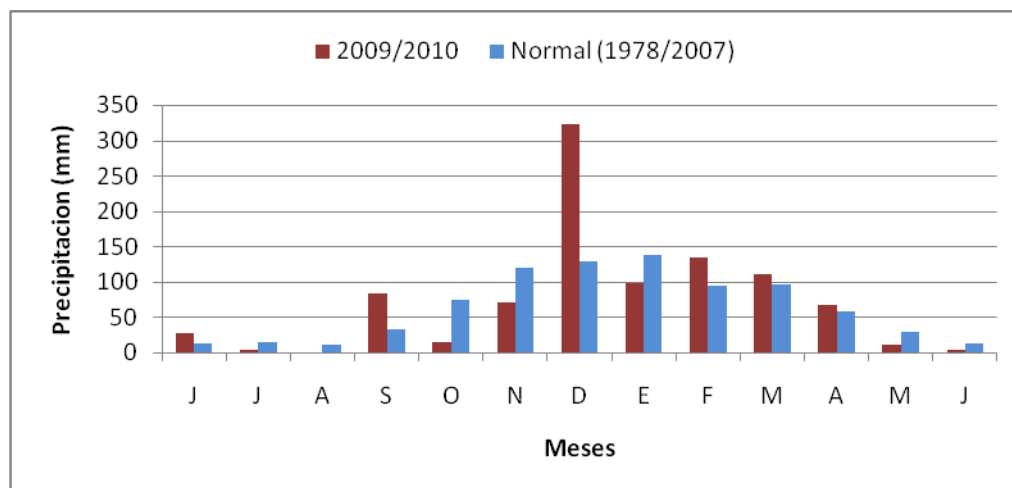
### 2.1 Descripción general del ensayo experimental

El ensayo experimental se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2009/2010, en el Establecimiento San Juan que se encuentra aproximadamente 20 km al sur de la ciudad de Río Cuarto, Provincia de Córdoba (33° 22' Latitud Sur, 64° 18' Longitud oeste, 342 msnm). Sobre un lote proveniente de soja de primera. El 15/05/2009 se procedió a la siembra de centeno. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos aleatorios con 3 repeticiones espaciales y se realizaron tres tratamientos: Centeno, primer momento de secado (hoja bandera). Centeno, segundo momento de secado (antesis) y testigo (sin CC). El cultivo de maíz se implantó el 3/10/2009 (única fecha de siembra). En todos los tratamientos, el material genético utilizado fue el DK 190 MG de Monsanto Argentina SA.

### 2.2 Descripción edafoclimática del sitio:

**2.2.1. Características climáticas:** La región de Río Cuarto presenta un clima templado sub húmedo, con precipitaciones que suelen exceder la evapotranspiración en los meses de primavera y otoño y con déficits puntuales en verano e invierno (Seiler *et al.*, 1995).

La precipitación media anual normal es de 801 mm con valores extremos mínimos de 451mm en 1988 y máximos de 1195mm en 1984, para la serie 1978-2007 (Seiler *et al.*, 1995). Cabe destacar que la precipitación del ciclo del cultivo de maíz en la campaña 2009/2010 (Octubre - marzo) fue de 750 mm.



**Figura 1:** Precipitaciones mensuales en Rio Cuarto durante la campaña 2009/2010 y promedio.



En cuanto al régimen de lluvias de la campaña 2009/2010 se puede observar que hubo meses en que superó las precipitaciones con respecto a las normales como es el caso de los meses de junio, septiembre y diciembre. También se observan meses en que las lluvias de la campaña en cuestión fueron inferiores a las normales como en los meses de julio, agosto, octubre, noviembre. Teniendo en cuenta lo antes mencionado se podría decir que se produjeron menores precipitaciones en el periodo comprendido entre julio y noviembre (171 mm) con respecto a la media histórica (254 mm), por lo tanto el cultivo de centeno se desarrolló en un escenario de menores milimetrajes respecto a las normales.

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 de 9,1°C con una mínima absoluta de -11,5°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 de la última es el 12 de septiembre, siendo el periodo libre de heladas 255 días en promedio.

**2.2.2 Características fisiográficas:** La zona se caracteriza por presentar planicies intermedias suavemente onduladas, con presencia de médanos aislados asociados a lomas muy suavizadas. El relieve es normal-subnormal suavemente ondulado, con pendientes medias y largas de gradientes de hasta 1,5% (Cisneros *et al.*, 2000).

**2.2.3 Características edáficas:** El suelo es un Haplustol údico, de textura franca gruesa, oscuro, desarrollado sobre materiales franco arenosos en áreas planas o en ligeras concavidades dentro de un paisaje de lomas suavemente onduladas. Presenta un horizonte superficial (A) de 20 cm de espesor, bien estructurado y de textura franca. Le sigue un horizonte subsuperficial con ligero incremento de arcilla (B<sub>w</sub>), de textura franca a franco arenosa. El material originario se encuentra aproximadamente a 66 cm de profundidad y es de textura franca arenosa. Este suelo no tiene limitaciones importantes a excepción de la climática que se presenta en forma moderada (Gorgas *et al.*, 2006).

Cabe aclarar que, luego de una evaluación a campo de las características edáficas del sitio del ensayo, el suelo se corresponde con la descripción antes mencionada.

#### Descripción de los horizontes:

Ap (0-21 cm) color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, franca, estructura en bloques subangulares medios moderados y granular, limite claro y suave. (Arena: 50.2 %, Limo: 34%, Arcilla: 14.8%).

B<sub>w</sub> (21-40 cm) color pardo oscuro en húmedo, franca arenosa a franca, estructura en bloques subangulares medios moderados, barnices húmicos arcillosos escasos y finos, límite gradual y suave. (Arena: 54.5 %, Limo: 29.8%, Arcilla: 15.6%).

BC (40-66 cm) color pardo oscuro en húmedo, franca arenosa a franca, estructura en bloques subangulares medios débiles, barnices arcillosos muy escasos y finos, límite inferior gradual suave. (Arena: 56.7 %, Limo: 29.9%, Arcilla: 12.4%).

C (66 cm a +) color pardo a pardo oscuro en húmedo, franco arenosa, estructura masiva. (Arena: 58.9 %, Limo: 28.3%, Arcilla: 9.6%).

**Tabla 1:** Descripción del perfil

Profundidad (cm)	Wm (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	DAP (g cm <sup>-3</sup> )	M.O (%)	P (ppm)
0-21	7,1	1,3	1,75	10
21-40	6,75	1,35		
40-66	6,75	1,32		
66-130	6,98	1,31		

Wm: contenido volumétrico de agua a -15 bares; DAP: densidad aparente del suelo; M.O: materia orgánica; P: Fosforo disponible (P-Bray I).

## **2.3 Descripción de las determinaciones realizadas**

**2.3.1 Humedad edáfica:** Se determinó el contenido hídrico del perfil cada 30 días aproximadamente durante todo el ciclo del cultivo cobertura (Centeno) y el ciclo del cultivo siguiente (Maíz), se tomaron muestras de suelo hasta 1,3 m de profundidad con barreno (cada muestra consta de 0-21, 21-40, 40-66, 66-80, 80-100, 100-130 cm. con 3 muestreos en cada tratamiento). Cada una de las muestras de las distintas profundidades fueron llevadas a estufa (aprox. 80 °C hasta peso constante). Luego con la diferencia de peso de la muestra húmeda y la muestra seca se obtuvo la humedad gravimétrica la cual es expresada en %. Esta humedad es llevada a volumétrica por medio de la DAP (Densidad aparente) del suelo, con ello se calcula la lámina de agua en el perfil, utilizando la siguiente ecuación planteada por Forsythe (1980):

$$Lamina (cm) = HG * DAP * E \quad [1]$$

Dónde:

HG: Humedad gravimétrica.

DAP: Peso específico aparente.

E: Espesor del horizonte.

La lámina total de agua se calculó por la suma de láminas parciales de cada capa del perfil en estudio.

Con los datos de PMP (punto de marchitez permanente) y CC (capacidad de campo) determinados en laboratorio, se calculó el agua útil (AU).

**2.3.2 Evapotranspiración de los cultivos (centeno y maíz):** El cálculo de consumo de agua total fue realizado mediante el método planteado por Marcos (2000), donde:

$$ET (mm) = precipitaciones (mm) - escurrimiento (mm) \pm \Delta Humedad \quad [2]$$

Dónde:

*$\Delta$  Humedad:* Los valores de humedad volumétrica fueron transformados en láminas de agua por capa, a partir de la siguiente ecuación

$$\Delta Humedad (mm) = \text{humedad final (mm)} - \text{humedad inicial (mm)}$$

Siendo, humedad final e inicial la lámina de agua en cada determinación.

Precipitaciones: fueron registradas diariamente, mediante la estación meteorológica automática ubicada en el campo experimental.

Escurrecimiento: fue determinado a través de la *curva número del U.S Soil Conservation Service* que calcula el escurrimiento de una lluvia de 24 hs a partir de un umbral crítico de escurrimiento ( $P_o$ ) definido por el tipo de suelo y condición de superficie del mismo. La ecuación matemática es la siguiente:

$$E = \frac{(P_t - P_o)^2}{P_t + 4P_o} \quad [3]$$

E: escurrimiento (mm)

$P_t$ : precipitación en 24 horas (mm)

$P_o$ : umbral de escorrentía (mm)

$$E = 0 \text{ si } P_t < P_o$$

$$E \neq 0 \text{ si } P_t > P_o$$

Drenaje: según Espósito (2002) y por el análisis del balance hídrico se despreció su importancia.

**2.3.3 Cálculo de Uso Consuntivo (UC), Eficiencia en el uso del agua (EUA) y Costo Hídrico (CH) del Cultivo cobertura:** Se determinó el Uso Consuntivo (UC) del cultivo cobertura, como agua útil al momento de la siembra del centeno, sumando las precipitaciones y restado el agua útil al momento de secado del CC; la eficiencia en el uso del agua (EUA) del centeno determinada como el cociente entre la biomasa de centeno y el uso consuntivo (UC); el costo hídrico (CH) para el cultivo de cobertura se calcula, como la diferencia en el agua útil disponible en el momento del Secado del CC menos el agua útil del barbecho sin CC en ese mismo momento.

El uso consuntivo (UC), la eficiencia en el uso del agua (EUA) y el costo hídrico (CH) del centeno fueron calculados por las siguientes ecuaciones:

$$UC (mm) = Li - Lf + Pp. \quad [4]$$

Dónde:

*Li*: lámina de agua inicial (lámina de agua al momento de la siembra del CC)

*Lf*: lámina agua final (agua al momento de interrupción del ciclo del CC)

*Pp*: Precipitaciones ocurridas en el ciclo del CC

$$EUA (kg MS mm^{-1}) = MS prod. / UC \quad [5]$$

Dónde:

*MS prod.*: kg de materia seca producida por el CC

*UC*: uso consuntivo del CC

$$CH (mm) = Lb - Lcc \quad [6]$$

Dónde:

*Lb*: lámina de agua útil en barbecho

*Lcc*: lámina de agua útil en el CC al momento del secado del mismo.

**2.3.4 Materia seca (MS) de Centeno:** Se realizó periódicamente (cada 30 días aproximadamente) durante el ciclo del cultivo de cobertura, se tomaron 5 muestras de 1.1 m lineal de surco en cada tratamiento con CC. Las muestras se llevaron a estufa (aprox. 80 °C hasta peso constante), se promedió el peso (g) de las 5 muestras y a partir de este valor se calculó la producción en kg MS ha<sup>-1</sup>. Se precedió de la misma manera en cada repetición de los tratamientos.

**2.3.5 Materia Seca (MS) de rastrojo:** Dicho muestreo se efectuó cada 30 días aproximadamente, y su medición fue realizada desde la siembra del cultivo de Maíz hasta la finalización del ciclo del mismo. Se tomaron 3 muestras de 0.25 m<sup>2</sup> por cada tratamiento. En las parcelas con centeno las muestras tomadas fueron de rastrojo del cultivo anterior (soja) sumado a los restos del CC y en el testigo (sin centeno) fueron de rastrojo del cultivo anterior (soja) solamente. Estas muestras se llevaron a estufa (aprox. 80 °C hasta peso constante). Se promedió el peso (g) de las 3 muestras y a partir de este valor se calculó los kg MS ha<sup>-1</sup> de rastrojo de cada tratamiento.

**2.3.6 Materia Seca (MS) de Maíz:** La misma se evaluó en los estadios fenológicos V6, V13, R3 y R6 (en la escala Ritchie y Hanway., 1982); en cada etapa se tomaron 3 muestras de 1 m lineal de surco (en cada uno de los tratamientos), se llevaron a estufa (aprox. 80 °C hasta peso constante). Se promedió el peso (g) de las 3 muestras y a partir de este valor se calculó la producción en kg MS ha<sup>-1</sup> de cada tratamiento.

**2.3.7 Cálculo de Índice de Área Foliar (IAF):** Durante el estadio R3 del cultivo de maíz, se midió la superficie de todas las hojas proveniente de 3 plantas, dicha medición se repitió 3 veces en cada tratamiento. Para el cálculo de IAF se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$Afh = L * A * 0,75 \quad [7]$$

Dónde:

*Afh*: área foliar de cada hoja

*L*: longitud de la hoja

*A*: ancho de la hoja

$$IAF = \sum Afh / Sm \quad [8]$$

Dónde:

*IAF*: Índice de área foliar

*Afh*: sumatoria de las áreas foliares de cada muestra calculada con la ecuación [7]

*Sm*: superficie de suelo que abarca la muestra (3 plantas).

**2.3.8 Rendimiento del cultivo (Maíz):** Se realizó una cosecha manual de espigas de 5 muestras de 10 m<sup>2</sup> en cada tratamiento; las espigas fueron desgranadas. Se determinaron los componentes del rendimiento: número de granos m<sup>-2</sup> y peso de 1000 granos (se tomaron 2 sub-muestras de 100 granos). Se realizaron determinaciones de humedad para corregir el peso de los

granos, calculando el rendimiento con un contenido de humedad de 14,5 %. El número de granos cosechados por superficie se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ granos.m}^{-2} = (\text{Rendimiento Kg .m}^{-2}) * 1000/\text{peso de 1000 granos} \quad [9]$$

#### **2.4 Análisis de resultados**

Los resultados fueron analizados mediante análisis de la varianza (ANAVA), análisis de regresión y test de separación de medias LSD al 5% de probabilidad, análisis de correlación y regresión lineal, a través del programa de Infostat versión 2011 (Di Rienzo *et al.*, 2011)

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 Lámina de agua útil

Debido a que el consumo hídrico de los CC durante el invierno podría interferir en la normal oferta de agua para el cultivo siguiente en la rotación (Carfagno, 2007), en la Tabla 2 se presentan los valores medios de lámina de agua útil en el perfil para cada tratamiento, en diferentes momentos del cultivo cobertura. Analizando dichos resultados podemos decir que se encuentran diferencias estadísticas significativas a favor del testigo, es decir, éste siempre presentó más lámina de agua acumulada en su perfil que los demás tratamientos. Las diferencias encontradas fueron del 17; 20; 43 y 46 % entre el testigo y el promedio de los tratamientos con CC para las fechas 1/06/09; 16/06/09; 15/07/09; 03/09/09 respectivamente. De la misma manera, Scianca *et al.* (2008), en experiencias realizadas utilizando centeno como CC, obtuvo que los contenidos de agua útil de los tratamientos testigo fueron siempre superior o igual al de los tratamientos con cultivo de cobertura, tal cual ocurre en este ensayo.

Esta situación es reflejo de lo ocurrido con las precipitaciones durante el crecimiento del centeno (Figura 1).

**Tabla N° 2.** Lámina de agua útil (mm) a 1,3 m de profundidad en diferentes estadios fenológicos del centeno.

Tratamiento	01/06/09 Z12	16/06/09 Z16	15/07/09 Z23	03/09/09 Z47
Testigo	49,12 a	84,15 a	93,58 a	98,47 a
Centeno secado en HB	42,20 b	69,49 b	64,74 b	66,70 b
Centeno secado en Ant.	41,18 b	69,98 b	65,37 b	67,86 b
DMS	5,55	7,12	10,10	5,91
CV (%)	5,55	4,22	5,98	3,36

HB: Hoja Bandera; Ant.: Antesis; Según escala de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974) Z16: crecimiento de la plántula (6 hojas desplegadas); Z23: macollaje (tallo principal y 3 hijuelos); Z47: espiga en la vaina (hoja bandera totalmente desplegada); Z61: antesis (comienzo de floración); DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación. En columnas, letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher ( $P < 0,05$ ).

En la Tabla 3, se presentan los resultados medios de lámina de agua útil en el perfil para cada tratamiento, en diferentes momentos del cultivo de maíz, encontrándose diferencias estadísticas a favor del testigo en los estadios SE, V6 y R6. Dicha diferencia en términos de porcentaje fueron del 72; 133 y 25% entre el testigo y el promedio de los tratamientos con CC para las fechas 03/10/09; 17/11/09 y 04/03/10, respectivamente. En el estadio R3 los resultados de lámina de agua útil no fueron diferentes estadísticamente. Se puede apreciar que en la mayoría del ciclo del cultivo de maíz se encontraron diferencias estadísticas significativas a favor del testigo.

**Tabla N° 3.** Lámina de agua útil (mm) a 1,3 m de profundidad en diferentes estadios fenológicos del maíz.

Tratamiento	03/10/09 SE	17/11/09 V6	14/01/10 R3	04/03/10 R6
Testigo	126,28 a	117,54 a	130,32 a	167,28 a
Centeno secado en HB	68,57 b	48,08 b	129,70 a	137,14 b
Centeno secado en Ant.	78,18 b	52,76 b	117,46 a	130,59 b
DMS	23,87	8,86	14,08	20,50
CV (%)	11,57	5,37	4,94	6,24

HB: Hoja Bandera; Ant.: Antesis; Según la escala Ritchie y Hanway (1982) SE: siembra-emergencia; V6: 6 hojas desarrolladas; V13: 13 hojas desarrolladas; R3: grano pastoso; R6: madurez fisiológica; DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación. En columnas, letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher ( $P < 0,05$ ).

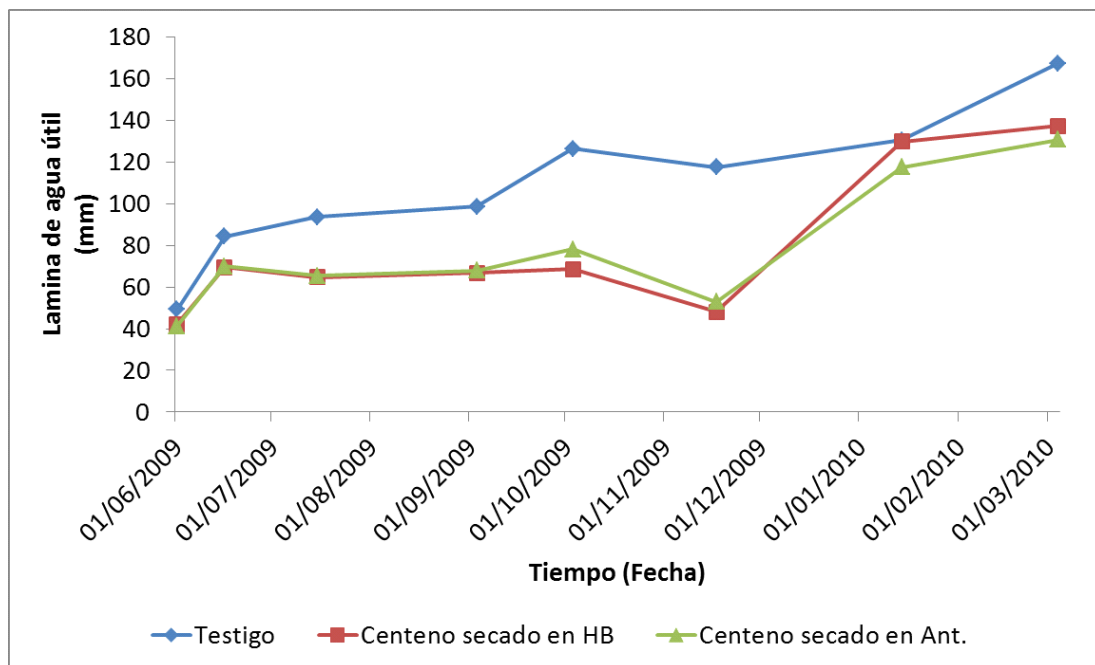
Por estos resultados se sintetiza que el consumo de agua del CC fue significativamente mayor al tratamiento testigo, lo cual generó una menor disponibilidad hídrica para el cultivo de maíz. Estos datos coinciden con lo propuesto por Carfagno (2007), dado que el consumo hídrico de los CC durante el invierno interfiere en la normal oferta de agua para el cultivo siguiente, similares resultados fueron planteados por Vaughan y Evanylo (1998); Baigorria y Cazorla, (2010).

Se podría inferir que la interrupción tardía del CC, las escasas precipitaciones primaverales, y la fecha de siembra temprana del cultivo de maíz, principalmente de los meses



de octubre y noviembre, perjudicaron el balance hídrico de los tratamientos con CC, según lo planteado por Reicosky y Forcella (1998).

Analizando la Figura 2 podemos apreciar que la lámina de agua útil a 1,3 m de profundidad, en el tratamiento testigo se incrementó a medida que avanza el barbecho, mientras que ésta se mantuvo en los tratamientos con CC hasta el mes de diciembre durante el cual las abundantes precipitaciones (Figura 1), recargaron completamente el perfil hídrico. Se puede comprender que el agua consumida por el centeno fue similar a las precipitaciones registradas durante su crecimiento, mientras que en los tratamientos con barbecho se produjo una recarga. Evaluando las diferentes láminas de agua al momento de la siembra de maíz se puede apreciar que las parcelas con barbecho promediaron 126 mm de agua útil, mientras que las de centeno disponían entre 68 y 78 mm. A partir de la siembra de maíz y como consecuencia de las precipitaciones estivales se equilibran las diferencias en lámina de agua útil entre tratamientos.



**Figura 2.** Evolución de la lámina de agua útil (AU) del suelo en 130 cm de profundidad desde siembra del centeno y hasta madurez fisiológica del cultivo de maíz.

### 3.2 Evapotranspiración Real

La transpiración de un cultivo está directamente ligada con la fotosíntesis, y por consiguiente con el crecimiento del mismo. De esta manera es importante que el cultivo pueda capturar la mayor cantidad posible del recurso agua, utilizar el recurso capturado lo más

eficientemente posible para intercambio de CO<sub>2</sub> destinado a producir fotoasimilados y convertirlos eficientemente en órganos de cosecha (Dardanelli *et al.*, 2008).

La evapotranspiración durante el ciclo de los cultivos evaluados (centeno y maíz) se presenta en la Tabla 4, donde se puede apreciar que los tratamientos con CC difieren estadísticamente del testigo. El consumo de agua del centeno superó en un 67% al del testigo. Entre los tratamientos con CC (Centeno secado en Ant. y secado en HB) no se detectan diferencias estadísticamente significativas.

Mientras que en el ciclo del cultivo de maíz ocurre lo inverso, la evapotranspiración del tratamiento testigo es mayor con diferencias estadísticas significativas con respecto a los demás tratamientos. Dicha diferencia fue de un 16,9 y 20,9% menor para los tratamientos centeno secado en Ant. y secado en HB, respectivamente tomando como referencia al testigo.

**Tabla 4.** Evapotranspiración del CC y cultivo de maíz.

Tratamiento	ET Centeno (mm)	ET Maíz (mm)
Centeno secado en HB	93 a	525 b
Centeno secado en Ant.	94 a	543 b
Testigo	56 b	635 a
DMS	9,92	36,10
CV (%)	6,08	3,18

HB: Hoja Bandera; Ant.: Antesis; ET Centeno: evapotranspiración en lámina de agua durante el ciclo de crecimiento del centeno, ET Maíz: evapotranspiración en lámina de agua durante el ciclo del cultivo de maíz; DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación. En columnas, letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher ( $P < 0,05$ ).

Durante el ciclo del CC se produjo mayor evapotranspiración en los tratamientos con centeno debido a la transpiración por parte del cultivo y evaporación directa del suelo, mientras que en el testigo al no tener vegetación las pérdidas de agua son solamente por evaporación directa del suelo, las cuales se podrían considerar bajas debido a la abundante cobertura que poseía el sitio del ensayo (aproximadamente 8000-9000 kg MS ha<sup>-1</sup>).

Una de las técnicas para disminuir la evaporación de agua desde el suelo es implementar técnicas de manejo para lograr una buena acumulación de rastrojo en superficie, lo que provoca una capa aislante entre el suelo y la atmosfera (Cisneros *et al.*, 2004).

En el ciclo del cultivo de maíz la mayor evapotranspiración ocurre en el testigo, por lo que se podría inferir teniendo en cuenta los resultados de lámina de agua útil presentados en el

ítem anterior, que el tratamiento testigo tuvo a su disposición mayor lámina de agua útil para transpirar, mientras que en los demás tratamientos dicha disposición hídrica se vio limitada.

### **3.3 Uso consuntivo (UC), Eficiencia en el uso del agua (EUA) y Costo hídrico (CH) del Centeno**

Los valores obtenidos de UC y EUA del centeno se presentan en la Tabla 5, los cuales no revelan diferencias estadísticas significativas entre los diferentes momentos de secado del CC. El costo hídrico (CH) del CC calculado al momento de la siembra del cultivo estival presenta diferencias estadísticas, donde el CH del tratamiento secado en hoja bandera fue un 54,38% menor con respecto al tratamiento secado en anthesis.

Estos valores de CH son semejantes a los planteados por Baigorria y Cazorla (2010) y Fernández *et al.*, (2007), donde plantean que el CH de una gramínea es de 40 a 80 mm.

**Tabla 5.** Uso consuntivo, Costo hídrico y eficiencia en el uso del agua del centeno.

Tratamiento	UC (mm)	EUA (Kg MS. mm <sup>-1</sup> )	CH (mm)
Centeno secado en HB	86,62 a	64,11 a	31 b
Centeno secado en Ant.	76,00 a	82,36 a	48 a
DMS	24,81	39,74	18,79
CV (%)	13,46	23,94	20,76

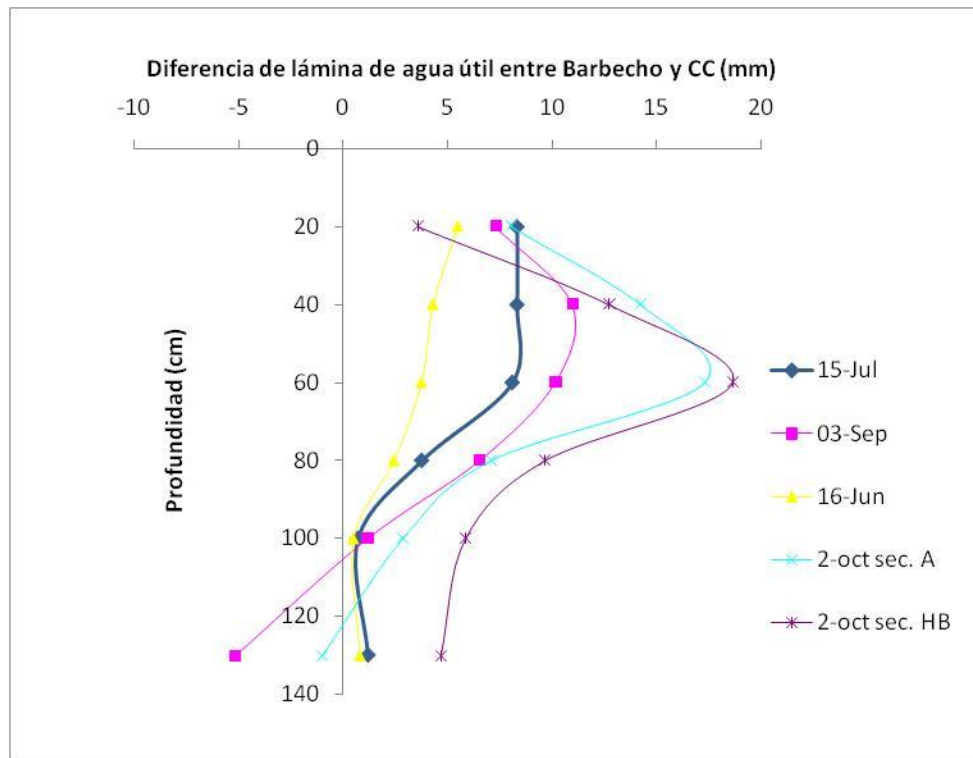
UC: Uso consuntivo; EUA: Eficiencia en el uso del agua; DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación. En columnas, letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher (P < 0,05).

Valores similares de UC fueron obtenidos en un suelo Argiudol típico en la zona de Marcos Juárez (Córdoba), donde el consumo de agua del centeno fue de 86 y 80 mm con y sin fertilización respectivamente. No obstante, es necesario resaltar que la región de Marcos Juárez presenta invierno con mayores precipitaciones que la zona de Río Cuarto, por lo tanto es factible suponer que este consumo de agua durante el invierno sea más perjudicial en Río Cuarto.

La EUA es afectada por las condiciones climáticas durante el ciclo de crecimiento de los cultivos de cobertura y es por ello que existen diferentes valores dependiendo de la oferta de precipitaciones de cada región (Baigorria y Cazorla 2010).

En la Figura 3 se puede apreciar que la lámina de agua consumida en cada estrato del perfil en los distintos momentos de desarrollo del CC. La cual se obtuvo por la diferencia entre la lámina del barbecho respecto a las láminas de los dos tratamientos con CC. Cabe destacar que

el mayor consumo de agua del centeno ocurrió entre los 20 y 80cm de profundidad, despreciándose el consumo por debajo de los 80 cm.



**Figura 3.** Consumo de agua del CC en las diferentes profundidades y en distintos momentos.

### 3.4 Materia seca del Centeno

Los volúmenes de material vegetal aportados por los cultivos de cobertura son una alternativa de manejo favorable para el suelo, ya que generan protección al mismo y luego de su descomposición formará parte de la materia orgánica (Ruffo, 2003). Teniendo en cuenta los beneficios aportados por la materia seca producida de los CC, en la Tabla 6 se presentan los valores medios de producción de biomasa del centeno en distintos estadios fenológicos y momentos de secado.

**Tabla 6.** Producción de materia seca total en diferentes estadios del cultivo de centeno

Tratamiento	16/06/09 Z16 (kg ha <sup>-1</sup> )	15/07/09 Z23 (kg ha <sup>-1</sup> )	03/09/09 Z47 (kg ha <sup>-1</sup> )	03/10/09 Z61 (kg ha <sup>-1</sup> )
Centeno secado en HB	876,67 a	2213,00 a	3061,67 a	4603,33 a
Centeno secado en Ant.	882,33 a	2252,33 a	3299,00 a	5405,33 a
DMS	223,50	454,70	1393,74	1958,45
CV (%)	11,21	8,98	19,33	17,26

HB: Hoja Bandera; Ant.: Antesis; Según escala de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974) Z16: crecimiento de la plántula (6 hojas desplegadas); Z23: macollaje (tallo principal y 3 hijuelos); Z47: espiga en la vaina (hoja bandera totalmente desplegada); Z61: antesis (comienzo de floración); DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación. En columnas, letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher ( $P < 0,05$ ).

Observando la Tabla 6 se puede decir que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, entre los momentos de secado del CC, al observar los valores de materia seca del estadio Z61 (03/10/2009) se puede apreciar una diferencia a favor del tratamiento centeno secado en antesis, sin ser significativa estadísticamente, a pesar de que el tratamiento secado en antesis tuvo un periodo de crecimiento mas prolongado que el centeno secado en hoja bandera.

Posiblemente el motivo por lo cual no se obtuvieron diferencias estadísticas en la producción de biomasa del centeno entre los diferentes momentos de secado, se deba a que la diferencia en días entre los dos momentos de interrupción del ciclo del CC fue reducida (aprox. 20 días), por lo cual el centeno secado posteriormente no tuvo tiempo suficiente como para acumular una cantidad de materia seca que genere un diferencial de producción que sea significativo.

### **3.5 Materia seca de Rastrojo**

Al observar la Tabla 7 se puede apreciar que la materia seca del rastrojo, formada por maíz (dos años anteriores), soja (campaña anterior) y centeno (cuando corresponda), fue mayor en el tratamiento testigo al momento de la siembra del cultivo estival, evidenciándose diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos, dicha diferencia fue aproximadamente de 21% en favor del testigo. Los tratamientos con CC presentan valores semejantes sin diferencias estadísticas entre ambos.

Los valores obtenidos de MS de rastrojo durante el estadio V6 del cultivo del maíz, no revelan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Mientras que durante la medición siguiente (estadio R3), los resultados obtenidos de rastrojo difieren estadísticamente en

un 32,4 y 72,9 % en favor del tratamiento centeno secado en hoja bandera y secado antesis respectivamente. En la evaluación realizada durante el estadio R6 del cultivo de maíz, se detectan diferencias estadísticas a favor de los tratamientos con CC, el promedio de MS de rastrojo de los tratamientos con centeno supera en un 150% al tratamiento testigo. Al momento de la finalización del ciclo del cultivo de maíz (R6) la cantidad de rastrojo se incrementó aproximadamente un 39 % con la utilización de centeno como CC, en comparación con el testigo (rastrojo de soja y maíz).

**Tabla 7.** Materia seca total de rastrojo

Tratamiento	03/10/09 SE (kg ha <sup>-1</sup> )	17/11/09 V6 (kg ha <sup>-1</sup> )	14/01/10 R3 (kg ha <sup>-1</sup> )	04/03/10 R6 (kg ha <sup>-1</sup> )
Testigo	10361,33a	7926,67 a	4289,2 c	2151,20 b
Centeno secado en HB	8173,33 b	7536,80 a	5681,33 b	5045,33 a
Centeno secado en A	8888,00 b	7636,00 a	7416,27 a	5753,47 a
DMS	800,72	1093,91	778,40	871,42
CV (%)	3,86	6,27	5,92	8,91

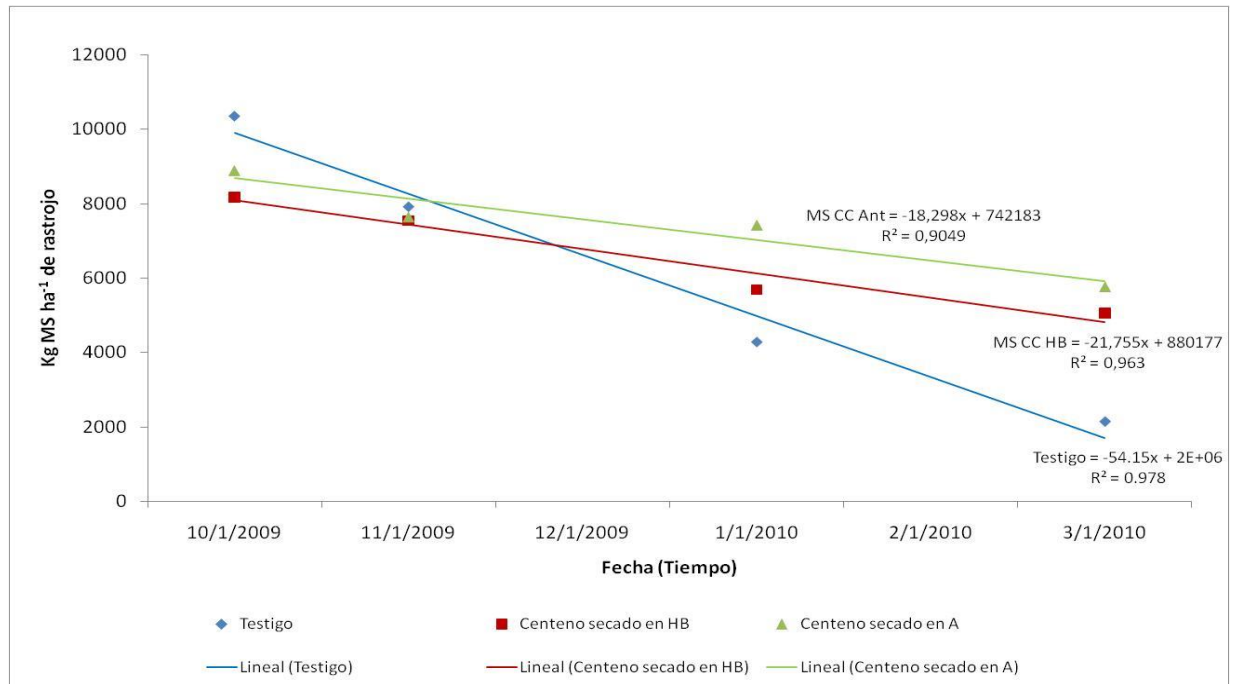
HB: Hoja Bandera; Ant.: Antesis; Según la escala Ritchie y Hanway (1982) SE: siembra-emergencia; V6: 6 hojas desarrolladas; V13: 13 hojas desarrolladas; R3: grano pastoso; R6: madurez fisiológica. DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación. En columnas, letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher ( $P < 0,05$ ).

Como puede apreciarse en la Figura 4 la tasa de pérdida del rastrojo en el testigo fue mayor que con los CC, como consecuencia de la descomposición del material. Esto es de esperarse ya que la composición de los restos del cultivo de soja se mineralizan o descomponen más rápidamente que los restos de centeno, lo anterior se explica debido a la mayor relación C/N que poseen los restos del CC haciéndolo menos mineralizable comparándolo con restos del cultivo de soja.

La relación C/N de los rastrojos es determinante de su tasa de descomposición (Christensen, 1986; Vigil *et al.*, 1991), rastrojos con alta concentración de N se descomponen a una tasa similar independientemente de su ubicación en el suelo y los rastrojos con alta relación C/N son inmovilizadores de N por períodos más prolongados (Schomberg y Streiner, 1999).

El mayor volumen total de rastrojos en las parcelas testigo y al momento de la siembra de maíz, se debería a que el suelo no ha sido afectado por el laboreo producido en la siembra del Centeno, quedando los restos del cultivo anterior en superficie y en menor contacto directo con

el suelo, lo que lleva a una menor descomposición del rastrojo. Mientras que en los tratamientos con centeno la siembra del mismo produjo un entre mezclado del suelo con los restos del cultivo anterior descomponiéndose con mayor velocidad y disminuyendo la cantidad de MS. Los tratamientos con CC presentan valores semejantes sin diferencias estadísticas entre ambos, cabe señalar que la distancia entre surcos empleada fue de 17,5 cm, lo cual justifica la agresividad de la labor.



**Figura 4.** Evolución del rastrojo sobre la superficie del suelo desde la siembra hasta madurez fisiológica del cultivo de maíz para los distintos tratamientos.

### 3.6 Materia Seca del Maíz

La producción de materia seca de un cultivo en función del agua transpirada y de la eficiencia con que la planta la aprovecha para producir biomasa. Un déficit de agua que produzca una reducción en la transpiración trae aparejada una menor producción de biomasa (Andrade *et al*, 1997).

En este estudio, se encontraron diferencias estadísticamente significativas, (Tabla 8) en la producción de biomasa del maíz en V6 en las parcelas provenientes de Centeno secado en hoja bandera, dicha diferencia fue del 64,9 y 95,3% para el testigo y Centeno secado en anthesis respectivamente. Posteriormente, en el estadio V13 se puede decir que también se evidencian diferencias estadísticas, siendo el tratamiento centeno secado en anthesis el que registra valores

menores, en un 60,7 y 82,19% con respecto al centeno secado en hoja bandera y Testigo respectivamente. En los estadios más avanzados (R3 y R6) no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

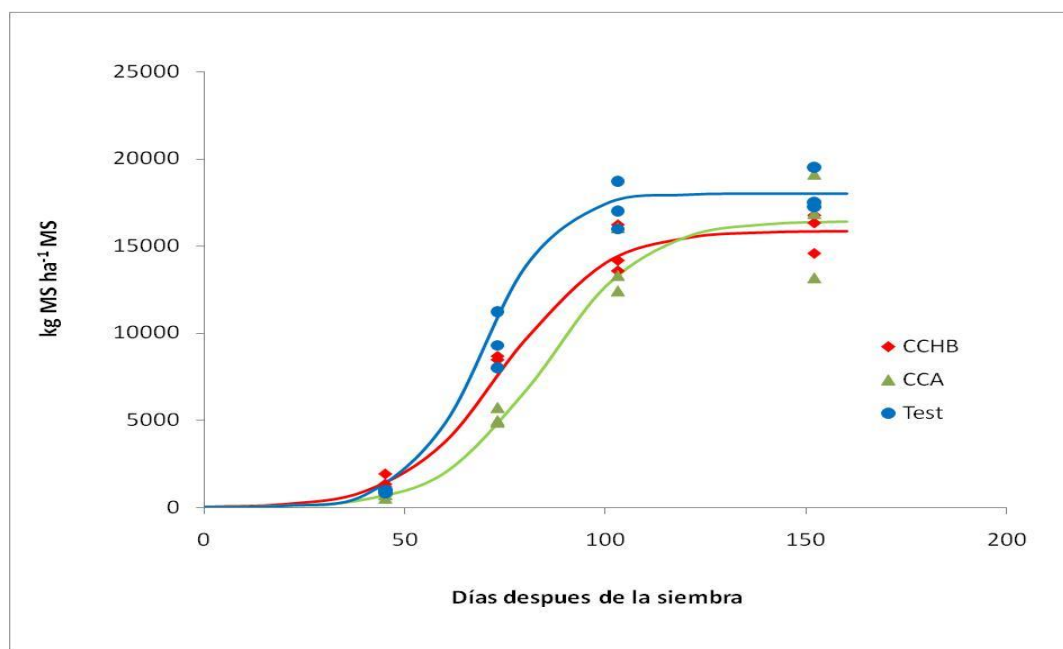
**Tabla 8:** Producción de materia seca total en diferentes estadios del cultivo de maíz.

Tratamiento	V6 (kg ha <sup>-1</sup> )	V13 (kg ha <sup>-1</sup> )	R3 (kg ha <sup>-1</sup> )	R6 (kg ha <sup>-1</sup> )
Testigo	899,50 b	9500,19 a	17226,50 a	18091,00 a
Centeno secado en HB	1484,00 a	8383,08 a	14673,50 a	15905,75 a
Centeno secado en Ant.	757,80 b	5214,77 b	13938,42 a	16398,58 a
DMS	483,84	2102,63	4311,37	4849,06
CV (%)	20,38	12,05	12,45	12,73

Centeno secado en HB: centeno secado en hoja bandera; Centeno secado en Ant.: centeno secado en antesis; Según la escala Ritchie y Hanway (1982) V6: 6 hojas desarrolladas; V13: 13 hojas desarrolladas; R3: grano pastoso; R6: madurez fisiológica; DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación; En columnas, letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher (P< 0,05).

Observando la figura 5 se puede apreciar que a partir de los 50 días después de la siembra hasta la finalización del ciclo del cultivo, el tratamiento testigo presenta una mayor acumulación de biomasa que los demás tratamientos, sin presentar diferencias significativas. Dichas diferencias pueden ser explicadas por la condición hídrica del perfil (ver tabla 3), donde el tratamiento testigo presenta una mayor disponibilidad de agua para transpirar y por consiguiente acumular mayor cantidad de materia seca.





**Figura 5.** Acumulación de materia seca del cultivo de maíz durante su ciclo de crecimiento.

### 3.7 Índice de área foliar (IAF)

El IAF es la relación de la superficie de área foliar por unidad de área de superficie de suelo, el área foliar de la canopia depende del número y tamaño de las hojas, la cual está estrechamente ligada a la radiación interceptada (Sinclair y Gardner, 1998).

Los resultados obtenidos de Índice de área foliar (Tabla 9) para cada tratamiento en el estadio fenológico R3 del cultivo de maíz evidencian diferencias estadísticamente significativas a favor del testigo en el orden del 19% comparándolo con el promedio de los tratamientos con CC.

**Tabla 9.** Índice de área foliar (IAF) del maíz en el estadio R3.

Tratamiento	IAF
Testigo	3,59 a
Con centeno (sec. HB)	3,06 b
Con centeno (sec. A)	2,97 b
DMS	0,4
CV (%)	6,28

Centeno secado en HB: centeno secado en hoja bandera; Centeno secado en Ant.: centeno secado en antesis; IAF: Índice de área foliar en el estadio R3 según la escala Ritchie y Hanway (1982); DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación; En columnas, letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher ( $P < 0,05$ ).

Si bien en biomasa del cultivo no presentan diferencias estadísticas en el estadio R3 (Tabla 8), se puede decir que el testigo presenta mayor área foliar  $m^{-2}$  que los tratamientos con CC, lo que se tradujo en mayor producción de fotoasimilados por planta convirtiéndolo en mayor producción de grano.

### **3.8 Rendimiento en grano de Maíz**

En Tabla 10 se observan los valores medios obtenidos de rendimiento, número y peso de los granos para cada tratamiento, pueden apreciarse diferencias estadísticamente significativas entre el rendimiento del testigo y los tratamientos con CC, registrándose una disminución del rendimiento con respecto al testigo en el orden del 17,5 y 25,4 % para el tratamiento Centeno secado en anthesis y Centeno secado en hoja bandera respectivamente, entre estos 2 últimos no se detecta diferencia al análisis estadístico.

**Tabla 10.** Rendimiento y componentes directos.

Tratamiento	Rendimiento (Kg.ha <sup>-1</sup> )	N° de granos.m <sup>2</sup>	Peso de 1000 granos (g)
Testigo	9280,20 a	3423,00 a	271,70 a
Centeno secado en HB	7395,60 b	3057,00 b	242,00 c
Centeno secado en Ant.	7896,16 b	3054,00 b	259,20 b
DMS	1136,86	499,37	11,12
CV (%)	6,12	6,93	1,90

Centeno secado en HB: centeno secado en hoja bandera; Centeno secado en Ant.: centeno secado en anthesis; DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación. En columnas, letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher ( $P < 0,05$ ).

Lo antes expuesto es contradictorio con lo citado por Fernandez *et al.*, 2007, donde menciona que la utilización de CC en la región semiárida pampeana incrementa el rendimiento del cultivo de maíz 1000 a 1500 kg.ha<sup>-1</sup>. Estos mayores rendimientos fueron obtenidos con una interrupción temprana del CC (julio-agosto) permitiendo un mayor periodo de recarga del perfil lo que no ocurre en este caso debido a que la interrupción del CC fue en estadios mas avanzados.

Los resultados obtenidos coinciden con la experiencia realizada por Cazorla *et al.* 2010 en la ciudad de Marcos Juárez donde el rendimiento de maíz se ve deprimido con la utilización del centeno como cultivo de cobertura, donde la interrupción del ciclo del mismo fue realizada en el mes de Octubre.

Para la variable número de granos  $m^{-2}$  ocurre lo mismo que para rendimiento, observándose diferencia estadísticamente significativa a favor del testigo en un 12,1% con respecto al promedio de los tratamientos con CC, entre estos dos últimos no se presentan diferencias estadísticas. Lo expuesto anteriormente concuerda con la producción en grano en  $kg\ ha^{-1}$  de los distintos tratamientos ya que hay una relación directa entre el n° de granos  $m^2$  y el rendimiento. La magnitud en la disminución del número de granos por espiga, y por lo tanto de rendimiento, depende de la oportunidad, intensidad y duración del estrés (Andrade *et al*, 1997), se podría decir que el consumo de agua por parte del CC causó un déficit hídrico que se tradujo en un menor número de granos por espiga.

En cuanto al peso de los granos puede observarse que hay diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tratamientos, nuevamente el testigo supera en un 12,2 y 4,8 % a los tratamientos Centeno secado en hoja bandera y Centeno secado en antesis respectivamente, y entre estos dos últimos el Centeno secado en antesis supera al tratamiento Centeno secado en hoja bandera en un 7,1%.

Una de las causas por la cual la utilización de centeno como CC previo a la siembra de maíz deprimió el rendimiento podría ser la fecha de siembra temprana del cultivo estival y la interrupción tardía del crecimiento del CC. De esta manera el perfil de suelo tuvo un corto a nulo periodo de recarga hídrica.

Coincidiendo con lo planteado por Cordone y Hansen (1986); Unger y Vigil (1998); Reicosky y Forcella (1998) Una fecha tardía de interrupción del CC (en estado reproductivo) aumentaría el consumo de agua del perfil de forma tal de poner en riesgo la producción del cultivo de maíz bajo condiciones de precipitaciones primaverales escasas.

El momento de control del CC debe determinarse por su capacidad de acumulación de materia seca, sin descuidar la fecha de siembra del cultivo estival, para no perjudicar el potencial de rendimiento de este último (Vanzolini *et al.*, 2009).

#### **IV. CONCLUSIÓN**

Dadas las condiciones climáticas en las que se desarrolló la experiencia en la campaña, se concluye que la inclusión de cultivos cobertura en la rotación, con una interrupción tardía del mismo (HB y Ant.) y para una siembra de primera del cultivo siguiente (en este caso maíz) no mejora la eficiencia de utilización del agua por el cultivo estival debido principalmente a un balance hídrico negativo generado por el consumo de agua del cultivo cobertura, no incrementando la producción de materia seca y causando una depresión del rendimiento en grano. Por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada en el presente trabajo. De todas formas estos resultados solo reflejan la experiencia de una campaña en un sitio determinado y por ello sería conveniente continuar con las evaluaciones en sucesivas campañas y sitios para contar con mas información en el tema.

## V. BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ, C. y C. SCIANCA 2006 Cultivos de cobertura en Molisoles de la región pampeana. Aporte de carbono e influencia sobre propiedades edáficas. En: [http://www.inta.gov.ar/villegas/info/PDF/articulos/Suelos/Alvarez\\_CC\\_en\\_molisoles.pdf](http://www.inta.gov.ar/villegas/info/PDF/articulos/Suelos/Alvarez_CC_en_molisoles.pdf). Consultado: 02-06-2009.
- ANDRADE, F; CIRILO, A; UHART, S. y M. OTEGUI 1997. Ecofisiología del cultivo de Maíz. Editorial La Barrosa y Dekalb Press, Argentina.
- BAIGORRIA, T; CAZORLA, C. 2010. Eficiencia del uso del agua por especies utilizadas como cultivos de cobertura. Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, 31 de Mayo al 4 de Junio del 2010.
- BARBAZAN, M; FERRANDO, J.y P. ZAMALVIDE 2002. Acumulación de materia seca y nitrógeno en gramíneas anuales invernales usadas como cobertura vegetal en viñedos. *Agrociencia* 6: 10-19.
- BOLLERO, G. 2005 El uso ambiental de los cultivos de cobertura en el medio-oeste norteamericano En:<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/17/11AM17.htm>.
- CARFAGNO, P. 2007 Cultivos de Cobertura en Agricultura de secano en región Pampeana. En: <http://www.docstoc.com/docs/3178160/Cultivos-de-Cobertura-en-Agricultura-de-Secano-en-Regi%C3%B3n-Pampeana>. Consultado: 16-05-2009.Consultado: 20-05-2009.
- CASAS, R 2007. Director CIRN INTA Castelar. Comunicación pública.
- CHRISTENSEN, B 1986. Barley straw decomposition under field initial nitrogen content on weight loss and nitrogen dynamics. *Soil Biol. Biochem.* 18:523-529.
- CISNEROS, J; CANTERO, A. Y C. CHOLAKY. 2000. Uso y manejo de suelos. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Rio Cuarto, Córdoba. P: 41
- CISNEROS, J; CANTERO, A; CHOLAKY, C; REYNERO, M. y J. GONZALEZ 2004. Manejo de la condición física de los suelos: Manejo del agua. Uso y manejo de suelos. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Rio Cuarto, Córdoba.
- CORDONE, G. Y O. HANSEN. 1986. Utilización de especies invernales como abonos verdes y/ocobertura para maíz y su efecto residual sobre el cultivo de trigo. *Carpeta de Producción Vegetal* N° 80. EEA Pergamino.

- DARDANELLI, J; COLLINO, D; OTEGUI, M. y V. SADRASN 2008. Producción de Granos, Bases funcionales para su manejo. Capítulo 16: Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. Pág.: 375.
- DI RIENZO, J; CASANOVES, F; BALZARINI, M; GONZALEZ, L; TABLADA, M y C. ROBLEDO. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- ESPOSITO, G. 2002. Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranza en el cultivo de maíz. Tesis M. Sc producción vegetal. FAV-UNRC.
- FERNANDEZ, R y A. QUIROGA. 2009. Cultivo de cobertura. Costo hídrico de su inclusión en sistemas mixtos. Jornadas nacionales sistemas productivos sustentables: fósforo, Nitrógeno y cultivos de cobertura. Bahía blanca, 10 y 11 de Agosto de 2009.
- FERNÁNDEZ, R; QUIROGA, A; ARENA, F; ANTONINI, C. y M. SAKS 2007. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. Quiroga A., A. Bono (Editores). Manual de Fertilidad y Evaluación de. Suelos. EEA INTA Anguil, pub. Téc. 51:59.
- FORSYTHE, W 1980 "Física de suelos". Intituto Interamericano de ciencias agrícolas. Cap.3:17-27
- GORGAS, J; TASSILE, J; BAHILL, J; ZAMORA, E; BOSNERO, H; LOVERA, E y A. RAVELO 2006. Recursos naturales de la provincia de Córdoba. Los suelos, Nivel de reconocimiento escala 1:50000, Córdoba, Argentina. P: 386-387.
- LAMPURLANES, J; ANGÁS, P. y C. CANTERO-MARTÍNEZ. 2002. Tillage effects on water storage during fallow, and on barley root growth and yield in two contrasting soils of the semi-arid Segarra region Spain. Soil Till. Res. 65:207-220.
- MAGPyA. 2011. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. En: <http://www.mecon.gov.ar/peconomica/basehome/ipt-1t2011.pdf> Consultado: 13-06-2012.
- MARCOS, J. 2000. Simulation based assessment af alternative crop in the dryland pacific Northwest. Thesis of Ph. D. in Soils. Washington State University. Departament Crop and soils sciences. USA.
- REICOSKY, D. y F. FORCELLA 1998. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. Journal of Soil and Water Conservation. 53(3): 224-229.
- RESTOVICH, S; ANDRIULO, A. y C. AMENDOLA 2008. Definición del momento de secado de diferentes cultivos de cobertura en la secuencia soja-maíz. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes, San Luis, Argentina.13 al 16 de mayo de 2008.

- RIMSKI-KORSAKOV, H; RUBIO, G. y S. LAVADO 2004. Potential losses of nitrate by leaching in soils of the pampas Argentina. *Agricultural Water Management* 65:83-94.
- RITCHIE, S. y J. HANWAY 1982 How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. Special Report N° 48.
- RUFFO, M. 2003 Factibilidad de inclusión de cultivos de cobertura en Argentina. *Actas XI Congreso de AAPRESID*: 171-176.
- RUFFO, M. y A. PARSONS 2004 Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas. En: [http://www.ppippic.org/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/614166CDD0205CAE03256E600071A09A/\\$file/Cultivo+Cobertura-Matias+Ruffo.pdf](http://www.ppippic.org/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/614166CDD0205CAE03256E600071A09A/$file/Cultivo+Cobertura-Matias+Ruffo.pdf). Consultado: 28-05-2009.
- SCHOMBERG, H. y J. STEINER 1999. Nutrient dynamics of crop residues decomposing on a fallow no-till soil surface. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 607-613.
- SCIANCA, C; ALVAREZ, C; BARRACO, M. y A. QUIROGA 2008 Cultivos de cobertura: Aportes de nutrientes y rastrojo de las diferentes especies. En: [http://www.inta.gov.ar/villegas/info/PDF/memotecnica/20062007/Scianca\\_Cultivos\\_de\\_cobertura\\_aporte.pdf](http://www.inta.gov.ar/villegas/info/PDF/memotecnica/20062007/Scianca_Cultivos_de_cobertura_aporte.pdf). Consultado: 18-08-2011.
- SCIANCA, C; ÁLVAREZ, C; BARRACO, M; QUIROGA, A. y P. ZALBA 2006. Verdeos de invierno utilizados como cultivos de cobertura: influencia sobre propiedades edáficas. *XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Salta y Jujuy, 19-22 de septiembre de 2006.
- SEILER, R; FABRICIUS, V; ROTONDO, V. Y M. VINOCUR 1995. *Agroclimatología de Río Cuarto – 1974/1993*. Volumen I. UNRC. p:4
- SINCLAIR, T y F. GARDNER 1998. *Principles of Ecology in Plant Production*, CAB International. Chapter 5: Environmental Limits for the production of plants.
- UNGER, P. y M. VIGIL 1998. Cover crop effects on soil water relationships. *Journal of Soil and Water Conservation*. 53 3: 224-229
- VANZOLINI, J; GALATINI, J; AGAMENNONI, R. y O. REINOSO 2009. Momento de Control de Cultivos de Cobertura de *Vicia villosa* Roth, Y su Efecto sobre la Producción de Biomasa. *Jornadas Nacionales Sistemas Productivos Sustentables, Comisión Química de Suelos*. AACCS. Bahía Blanca, Bs.As. Agosto 2009.
- VARELA, M; FERNANDEZ, P; ALVAREZ, C; SCIANCA, C; RUBIO, G. Y M. TABOADA 2010. Propiedades físicas que varían por la incorporación de cultivos de cobertura en hapludoles franco arenosos. *Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Rosario, 31 de mayo al 4 de junio de 2010.

- VAUGHAN, J. y G. EVANYLO 1998 Corn response to cover species, spring desiccation time, and residue management. *Agron. J.* 90:536-544.
- VIGIL, M; KISSEL, D. y S. SMITH 1991. Field crop recovery and modeling of nitrogen mineralized from labeled sorghum residues. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1031-1037.
- ZADOKS, J; CHANG, T. y C. KONZAK. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: pp 415-421.



## VI. ANEXO

### Lámina de Agua Útil

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Lamina 1.3 m (1/6/09)	9	0.82	0.65	5.55

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	112.92	4	28.23	4.70	0.0816
Tratamiento	111.83	2	55.92	9.31	0.0313
Bloque	1.08	2	0.54	0.09	0.9155
Error	24.03	4	6.01		
Total	136.95	8			

#### **Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,55648**

Error: 6,0078 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	49.12	3	1.42	A
Con centeno (sec. HB)	42.20	3	1.42	B
Con centeno (sec. A)	41.18	3	1.42	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Lamina 1.3 m (16/6/09)	9	0.92	0.83	4.22

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	431.42	4	107.86	10.91	0.0200
Tratamiento	415.93	2	207.96	21.03	0.0075
Bloque	15.50	2	7.75	0.78	0.5163
Error	39.56	4	9.89		
Total	470.98	8			

#### **Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,12901**

Error: 9,8894 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	84.15	3	1.82	A
Con centeno (sec. A)	69.98	3	1.82	B
Con centeno (sec. HB)	69.49	3	1.82	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Lamina 1.3 m (15/7/09)	9	0.96	0.91	5.98

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1744.80	4	436.20	21.94	0.0055
Tratamiento	1628.39	2	814.20	40.96	0.0022
Bloque	116.40	2	58.20	2.93	0.1647
Error	79.51	4	19.88		
Total	1824.31	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,10715**

Error: 19,8779 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	93.58	3	2.57	A
Con centeno (sec. A)	65.37	3	2.57	B
Con centeno (sec. HB)	64.74	3	2.57	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Lamina 1.3 m (3/9/09)	9	0.99	0.97	3.36

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2012.93	4	503.23	74.03	0.0005
Tratamiento	1947.55	2	973.77	143.25	0.0002
Bloque	65.38	2	32.69	4.81	0.0863
Error	27.19	4	6.80		
Total	2040.12	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,91055**

Error: 6,7978 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	98.47	3	1.51	A
Con centeno (sec. A)	67.86	3	1.51	B
Con centeno (sec. HB)	66.70	3	1.51	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Lamina 1.3 m (2/10/09)	9	0.93	0.86	11.57

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5888.48	4	1472.12	13.28	0.0140
Tratamiento	5736.39	2	2868.19	25.87	0.0052
Bloque	152.09	2	76.05	0.69	0.5545
Error	443.54	4	110.89		
Total	6332.02	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=23,87157**

Error: 110,8857 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	126.28	3	6.08	A
Con centeno (sec. A)	78.18	3	6.08	B
Con centeno (sec. HB)	68.57	3	6.08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Lamina 1.3 m (17/11/09)	9	0.99	0.99	5.37

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9116.89	4	2279.22	149.16	0.0001
Tratamiento	9042.75	2	4521.37	295.89	<0.0001
Bloque	74.14	2	37.07	2.43	0.2042
Error	61.12	4	15.28		
Total	9178.01	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,86165**

Error: 15,2807 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	117.54	3	2.26	A
Con centeno (sec. A)	52.76	3	2.26	B
Con centeno (sec. HB)	48.08	3	2.26	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Lamina 1.3 m (14/1/10)	9	0.72	0.45	4.94

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	405.09	4	101.27	2.62	0.1865
Tratamiento	315.96	2	157.98	4.09	0.1078
Bloque	89.13	2	44.56	1.15	0.4020
Error	154.41	4	38.60		
Total	559.50	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=14,08480**

Error: 38,6024 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	130.32	3	3.59	A
Con centeno (sec. HB)	129.70	3	3.59	A
Con centeno (sec. A)	117.46	3	3.59	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Lamina 1.3 m (4/3/10)	9	0.88	0.76	6.24

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2366.92	4	591.73	7.23	0.0407
Tratamiento	2297.14	2	1148.57	14.03	0.0156
Bloque	69.78	2	34.89	0.43	0.6795
Error	327.37	4	81.84		
Total	2694.29	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=20,50853**

Error: 81,8432 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	167.28	3	5.22	A
Con centeno (sec. HB)	137.14	3	5.22	B
Con centeno (sec. A)	130.59	3	5.22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

### **Evapotranspiración Real de los cultivos (Centeno y Maíz)**

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ETP centeno	9	0,95	0,93	6,08

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2854,14	2	1427,07	57,89	0,0001
Tratamiento	2854,14	2	1427,07	57,89	0,0001
Error	147,91	6	24,65		
Total	3002,06	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,91975**

Error: 24,6522 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con centeno (sec. A)	94,77	3	2,87	A
Con centeno (sec. HB)	93,77	3	2,87	A
Testigo	56,50	3	2,87	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ETP maiz	9	0,91	0,89	3,18

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20986,56	2	10493,28	32,14	0,0006
Tratamiento	20986,56	2	10493,28	32,14	0,0006
Error	1959,01	6	326,50		
Total	22945,57	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=36,10064**

Error: 326,5011 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	635,43	3	10,43	A
Con centeno (sec. A)	543,00	3	10,43	B
Con centeno (sec. HB)	525,30	3	10,43	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

## EUA; UC y CH

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EUA	6	0.29	0.11	23.94

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	499.92	1	499.92	1.63	0.2713
Tratamiento	499.92	1	499.92	1.63	0.2713
Error	1229.66	4	307.41		
Total	1729.58	5			

### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=39.74714

Error: 307.4149 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Con centeno (sec. A)	82.36	3	10.12 A
Con centeno (sec. HB)	64.11	3	10.12 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
UC	6	0.26	0.08	13.46

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	169.22	1	169.22	1.41	0.3005
Tratamiento	169.22	1	169.22	1.41	0.3005
Error	479.37	4	119.84		
Total	648.59	5			

### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=24.81705

Error: 119.8433 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Con centeno (sec. HB)	86.62	3	6.32 A
Con centeno (sec. A)	76.00	3	6.32 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CH	6	0.59	0.49	20.76

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	400.11	1	400.11	5.82	0.0733
Tratamiento	400.11	1	400.11	5.82	0.0733
Error	274.96	4	68.74		
Total	675.07	5			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=18.79525**

Error: 68.7400 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Con centeno (sec. A)	48.10	3	4.79 A
Con centeno (sec. HB)	31.77	3	4.79 B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### Materia seca de Centeno

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
C16/06/2009	6	1.2E-03	0.00	11.21

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	48.17	1	48.17	5.0E-03	0.9473
Tratamiento	48.17	1	48.17	5.0E-03	0.9473
Error	38881.33	4	9720.33		
Total	38929.50	5			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=223.50331**

Error: 9720.3333 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Con centeno (sec. A)	882.33	3	56.92 A
Con centeno (sec. HB)	876.67	3	56.92 A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
C15/07/2009	6	0.01	0.00	8.98

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2320.67	1	2320.67	0.06	0.8220
Tratamiento	2320.67	1	2320.67	0.06	0.8220
Error	160962.67	4	40240.67		
Total	163283.33	5			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=454.75340**

Error: 40240.6667 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Con centeno (sec. A)	2252.33	3	115.82 A
Con centeno (sec. HB)	2213.00	3	115.82 A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
C3/9/2009	6	0.05	0.00	19.33

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	84490.67	1	84490.67	0.22	0.6610
Tratamiento	84490.67	1	84490.67	0.22	0.6610
Error	1511960.67	4	377990.17		
Total	1596451.33	5			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1393.74598**

Error: 377990.1667 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con centeno (sec. A)	3299.00	3	354.96	A
Con centeno (sec. HB)	3061.67	3	354.96	A

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
C2/10/2009	6	0.24	0.06	17.26

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	964806.00	1	964806.00	1.29	0.3190
Tratamiento	964806.00	1	964806.00	1.29	0.3190
Error	2985395.33	4	746348.83		
Total	3950201.33	5			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1958.45819**

Error: 746348.8333 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con centeno (sec. A)	5405.33	3	498.78	A
Con centeno (sec. HB)	4603.33	3	498.78	A

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)*

## **Materia seca de Rastrojo**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
02/10/2009	9	0.94	0.89	3.86

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8259249.78	4	2064812.44	16.55	0.0094
Tratamiento	7468803.56	2	3734401.78	29.93	0.0039
Bloque	790446.22	2	395223.11	3.17	0.1498
Error	499047.11	4	124761.78		
Total	8758296.89	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=800,72641**

Error: 124761,7778 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	10361.33	3	203.93	A
Con centeno (sec. A)	8888.00	3	203.93	B
Con centeno (sec. HB)	8173.33	3	203.93	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
17/11/2009	9	0.72	0.44	6.27

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2399179.80	4	599794.95	2.58	0.1909
Tratamiento	246323.77	2	123161.88	0.53	0.6254

Bloque	2152856.04	2	1076428.02	4.62	0.0912
Error	931413.19	4	232853.30		
Total	3330593.00	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1093,91750**

Error: 232853,2978 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	7926.67	3	278.60	A
Con centeno (sec. A)	7636.00	3	278.60	A
Con centeno (sec. HB)	7536.80	3	278.60	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
14/01/2010	9	0.97	0.94	5.92

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14900698.45	4	3725174.61	31.60	0.0028
Tratamiento	14726574.83	2	7363287.41	62.45	0.0010
Bloque	174123.63	2	87061.81	0.74	0.5334
Error	471607.79	4	117901.95		
Total	15372306.24	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=778,40186**

Error: 117901,9467 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con centeno (sec. A)	7416.27	3	198.24	A
Con centeno (sec. HB)	5681.33	3	198.24	B
Testigo	4289.20	3	198.24	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
04/03/2010	9	0.97	0.95	8.91

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21935194.03	4	5483798.51	37.11	0.0020
Tratamiento	21853785.71	2	10926892.85	73.95	0.0007
Bloque	81408.32	2	40704.16	0.28	0.7725
Error	591069.01	4	147767.25		
Total	22526263.04	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=871,42994**

Error: 147767,2533 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con centeno (sec. A)	5753.47	3	221.94	A
Con centeno (sec. HB)	5045.33	3	221.94	A
Testigo	2151.20	3	221.94	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )



## Materia seca de Maíz

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
V6	9	0.86	0.72	20.38

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1126923.80	4	281730.95	6.18	0.0527
Tratamiento	889091.02	2	444545.51	9.76	0.0289
Bloque	237832.77	2	118916.39	2.61	0.1882
Error	182217.99	4	45554.50		
Total	1309141.79	8			

### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=483,84806

Error: 45554,4977 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con centeno (sec. HB)	1484.04	3	123.23	A
Testigo	899.52	3	123.23	B
Con centeno (sec. A)	757.85	3	123.23	B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
V13	9	0.90	0.81	12.05

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32222575.47	4	8055643.87	9.36	0.0261
Tratamiento	29651064.02	2	14825532.01	17.23	0.0108
Bloque	2571511.46	2	1285755.73	1.49	0.3275
Error	3441119.97	4	860279.99		
Total	35663695.44	8			

### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2102,63208

Error: 860279,9914 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	9500.19	3	535.50	A
Con centeno (sec. HB)	8383.08	3	535.50	A
Con centeno (sec. A)	5214.77	3	535.50	B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
R3	9	0.56	0.11	12.45

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18217755.90	4	4554438.98	1.26	0.4143
Tratamiento	17869648.51	2	8934824.26	2.47	0.2002
Bloque	348107.39	2	174053.69	0.05	0.9536
Error	14467876.53	4	3616969.13		
Total	32685632.43	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4311,37478**

Error: 3616969,1319 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	17226.50	3	1098.02	A
Con centeno (sec. HB)	14673.50	3	1098.02	A
Con centeno (sec. A)	13938.42	3	1098.02	A

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
R6	9	0.42	0.00	12.73

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13366907.03	4	3341726.76	0.73	0.6159
Tratamiento	7882476.43	2	3941238.22	0.86	0.4885
Bloque	5484430.60	2	2742215.30	0.60	0.5920
Error	18301602.69	4	4575400.67		
Total	31668509.72	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4849,06428**

Error: 4575400,6736 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	18091.00	3	1234.96	A
Con centeno (sec. A)	16398.58	3	1234.96	A
Con centeno (sec. HB)	15905.75	3	1234.96	A

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

**Índice de Área Foliar (IAF)**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
IAF	9	0.73	0.64	6.28

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.67	2	0.33	8.21	0.0192
Tratamiento	0.67	2	0.33	8.21	0.0192
Error	0.24	6	0.04		
Total	0.91	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.40229**

Error: 0.0405 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	3.59	3	0.12	A
Con centeno (sec. HB)	3.06	3	0.12	B
Con centeno (sec. A)	2.97	3	0.12	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

## Número de Granos

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Numero de granos/m2	9	0.76	0.53	6.93

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	627937.25	4	156984.31	3.24	0.1409
Bloque	358482.53	2	179241.27	3.69	0.1234
Tratamiento	269454.71	2	134727.36	2.78	0.1753
Error	194099.60	4	48524.90		
Total	822036.85	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=499,37374**

Error: 48524,9002 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	3423.04	3	127.18	A
Con centeno (sec. HB)	3057.79	3	127.18	A
Con centeno (sec. A)	3054.21	3	127.18	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

## Peso de Granos

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PG	9	0.95	0.89	1.90

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1716.63	4	429.16	17.83	0.0082
Tratamiento	1339.66	2	669.83	27.82	0.0045
Bloque	376.97	2	188.48	7.83	0.0414
Error	96.30	4	24.08		
Total	1812.93	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=11,12331**

Error: 24,0758 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo	271.77	3	2.83	A
Con centeno (sec. A)	259.18	3	2.83	B
Con centeno (sec. HB)	242.00	3	2.83	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

## Rendimiento en Grano

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento Kg/ha	9	0.87	0.74	6.12

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6680965.47	4	1670241.37	6.64	0.0469
Bloque	963286.47	2	481643.23	1.92	0.2610
Tratamiento	5717679.00	2	2858839.50	11.37	0.0224
Error	1005988.04	4	251497.01		
Total	7686953.51	8			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1136,86734**

Error: 251497,0110 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Con centeno (sec. HB)	7395.61	3	289.54	A
Con centeno (sec. A)	7896.16	3	289.54	A
Testigo	9280.18	3	289.54	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )