

“CULTIVOS DE COBERTURA DE AVENA Y CENTENO: EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y MOMENTO DE QUEMADO SOBRE LA EFICIENCIA DE USO DEL AGUA, RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO Y CONTROL DE MALEZAS”

Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniero Agrónomo

Autores:

Raspo, Cristian

Tassone, Leandro J.

Director:

Riestra, Diego René - Agrotécnia

Evaluaadores:

Fernández, Miguel Ángel - Agrotécnia

Aimar, Dario – Hidrología agrícola

FACULTAD DE AGRONOMÍA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

SANTA ROSA - LA PAMPA - ARGENTINA – 2016

ÍNDICE

Resumen	2
Introducción	3
Hipótesis	8
Materiales y métodos	10
Descripción del área de estudio	10
Descripción del ensayo	11
Diseño experimental	12
Determinaciones	12
Determinaciones de propiedades edáficas	12
Determinaciones en cultivo	13
Medición de los parámetros estudiados	13
Labores realizadas	15
Análisis estadístico	15
Resultados y discusión	16
Caracterización climática y edáfica del sitio	16
Humedad del suelo	16
Producción de materia seca	20
Materia orgánica del suelo	26
Relación C/N	27
Conclusiones	29
Anexo	31
Bibliografía	34

RESUMEN

La veranización de la agricultura a base del cultivo de soja ha significado una reducción en el aporte de residuos y contenidos de materia orgánica (MO) del suelo, limitando la captación, retención y eficiencia en el uso del agua (EUA). Por otra parte, los barbechos químicos invernales a base de Glifosato han generado resistencia y tolerancia en algunas malezas. En este contexto, la inclusión de cultivos de cobertura (CC) sería una alternativa viable por su aporte de residuos en superficie atenuando la pérdida de MO, mejorando la EUA y contribuyendo al control de malezas.

El objetivo del trabajo fue evaluar producción de materia seca, EUA, MO del suelo, relación C/N y control de malezas bajo CC de avena y centeno. El estudio fue realizado en la Facultad de Agronomía de la UNLPam. Se valoraron dos fechas de secado y dos tratamientos de fertilización nitrogenada. También se incluyó un barbecho químico siempre limpio y otro sin control químico. El diseño utilizado fue en bloque completos aleatorizados con 4 repeticiones.

El CC de centeno presentó mayor producción de MS que el de avena en las dos fechas de secado. También se observó el efecto positivo de la fertilización nitrogenada y momento de secado más tardío sobre este parámetro. A su vez, la cobertura generada permitió un eficiente control de malezas. No se observaron efectos sobre humedad edáfica y MO en el inicio del cultivo de verano. La relación C/N fue mayor en el centeno no fertilizado y de secado tardío.

Palabras claves: cultivos de cobertura, centeno, avena, eficiencia de uso de agua, producción de materia seca, control de malezas, materia orgánica.

Key words: Cover crops, rye, oats, water use efficiency, dry matter production, weed control, organic matter.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 20 años se han producido cambios importantes en los sistemas de producción agropecuaria. Si bien se incorporó la siembra directa, el incremento de la superficie sembrada con soja, la disminución de la superficie de cereales de invierno y la intensificación ganadera ha significado una importante reducción en el aporte de residuos y en los contenidos de materia orgánica (MO) del suelo, acentuándose los procesos de degradación física y de pérdidas de suelo por erosión hídrica y eólica, lo cual limita la captación y eficiencia de uso del agua.

La veranización de la agricultura en general y el avance del cultivo de soja en particular, trajo como consecuencia la realización de barbechos químicos invernales a base de Glifosato con escasa rotación de principios activos, lo cual ha generado resistencia y tolerancia en algunas malezas, tales como *Sorghum halepensis*, *Coniza bonariensis*, *Lolium multiflorum*, *Amaranthus palmeri* y *Chloris*, entre otras (Papa, 2008).

Por otra parte, es común que las precipitaciones ocurridas durante el ciclo de los CC excedan la capacidad de almacenaje de los suelos, perdiéndose ésta por evaporación, escorrentía y/o percolación. A esto se suma que los suelos permanecen sin cobertura durante ese período, lo que genera una baja eficiencia de barbecho. Estos bajos niveles de cobertura son debidos al escaso aporte de residuos del cultivo de soja y la baja relación carbono nitrógeno (C/N) que este posee, lo cual hace que se degrade rápidamente (Ruffo, 2003).

En este contexto, la inclusión de cultivos de cobertura (CC) en la rotación aparece como una alternativa promisoriosa ya que aporta residuos a la superficie que permiten atenuar la pérdida de carbono orgánico (CO) de los suelos, prevenir su erosión, aumentar la infiltración, capturar

nutrientes reduciendo la contaminación de napas por lixiviación, bajar la temperatura de los suelos disminuyendo la evaporación de agua y contribuir al control de malezas.

Los CC son establecidos entre dos cultivos de verano y no son pastoreados, incorporados, ni cosechados, sino que es interrumpido su ciclo en determinado momento por una acción química, y sus residuos quedan en superficie durante un cierto periodo, protegiendo al suelo y liberando nutrientes como resultado de procesos de descomposición de la biomasa aérea y radicular de los mismos (Alvarez y Scianca, 2006).

En la elección de la especie utilizada como CC se debe considerar: (1) la tasa de descomposición de residuos de acuerdo a la relación C/N que este posea, (2) la recarga de humedad del perfil para el cultivo siguiente, (3) la rotación en la que se incluye el CC, (4) la sincronización entre la mineralización de nitrógeno acumulado en la biomasa de los CC con los requerimientos del siguiente cultivo y (5) el o los objetivos por los cuales se realiza el CC.

En los sistemas de producción de la región pampeana, se utilizan gramíneas y leguminosas de crecimiento invernal como CC. Entre las gramíneas se encuentra el centeno, la avena, la cebada, el triticale y el rye grass, mientras que entre las leguminosas principalmente las vicias y los tréboles. El centeno en la mayoría de los casos es el CC que mayor biomasa produce y aprovecha en mayor medida los excesos hídricos de otoño, mejorando la captación y la eficiencia en el uso del agua (EUA).

En los últimos años se han establecido ensayos de CC con gramíneas y leguminosas en la región subhúmeda de la provincia de Buenos Aires y la región semiárida de la provincia de La Pampa para evaluar diferentes especies en cuanto a la producción de materia seca (MS), y en

general el centeno presentó los mayores valores de producción, utilizando con mayor eficiencia el agua para producir materia seca, en comparación con avena, cebada, triticale, vicia y rye grass (Fernández *et al.*, 2012; Scianca *et al.*, 2007) con un volumen abundante de residuo que se descompone más lentamente que el de otras gramíneas y leguminosas de invierno por la mayor relación C/N. En este sentido, Tisdale, (1991), menciona que este indicador de calidad de residuos puede tener valores entre 30/1 y 80/1 para leguminosas y gramíneas, respectivamente. La relación C/N de los CC influye en la velocidad de degradación de la MS de éstos. El N actúa como regulador del proceso ya que cuanto menor es esta relación, mayor será la velocidad de descomposición de la MS y mayor será la entrega de nutrientes al cultivo siguiente. El CC sufre una descomposición gradual, rápida en los inicios del proceso, cuando se descomponen los componentes fácilmente degradables. Al agotarse éstos, quedan en descomposición sustancias resistentes como lignina y celulosa (Jensen *et al.*, 2005).

Scianca *et al.* (2007), reportaron que el rendimiento de sorgo como así también de maíz fueron superiores cuando el antecesor fue centeno, seguido por triticale, vicia y rye grass, lo cual podría ser explicado por la mayor precocidad del centeno, por su tolerancia al frío y al estrés hídrico. Esta misma tendencia fue también observada en cuanto a producción de MS. Por su parte, Hoyt *et al.*, (2004) observaron que en años secos los cultivos estivales lograron mayores rendimientos de grano cuando se utilizaron CC como antecesores.

Dentro de los principales objetivos de los CC podemos mencionar el aumento de las reservas de MO de los sistemas de producción agrícola (Follett, 2001; Dinesh, 2004; Ding *et al.*, 2006). Por su parte Ding *et al.*, (2005) comprobaron que la inclusión de CC afectó positivamente y en mayor grado las fracciones livianas de la MO, mejorando así las propiedades físicas del suelo.

Otro aporte de los CC es el relacionado a la mejora de la EUA, ya que los barbechos son prácticas ineficientes para el almacenamiento de agua en el suelo. En ambientes semiáridos o sub-húmedos, uno de los principales problemas para incluir los CC es su efecto potencialmente negativo sobre la disponibilidad de agua para los cultivos de cosecha (Fernández y Quiroga, 2009; Restovich *et al.*, 2012). A esto se lo denomina costo hídrico (CH) por la realización de CC. El CH se encuentra entre 30 a 40 mm y 40 a 80 mm para leguminosas y gramíneas respectivamente, dependiendo de las precipitaciones durante el ciclo de crecimiento de los mismos (Baigorria y Cazorla, 2010). Esta variación en los contenidos de humedad con respecto a los barbechos limpios no disminuye en forma significativa el rendimiento de cultivos de cosecha posteriores según lo indicado por Fernández *et al.*, (2010).

Por otro lado, los CC cambian las condiciones ambientales para la emergencia y crecimiento de las malezas, es decir, la presencia de cobertura modifica el ambiente térmico y lumínico sobre la superficie del suelo, disminuyendo la radiación que interceptan las malezas emergidas y la temperatura del suelo (Kruk *et al.*, 2006). Además, tanto las malezas como los CC utilizan los mismos recursos (radiación, agua y nutrientes) para crecer; en consecuencia, en función de la habilidad competitiva de cada especie, la tasa reproductiva de las malezas puede disminuir y por lo tanto, el número de semillas que componen el banco también se reduce (Agrios, 1999).

Un aspecto importante en el manejo de los CC es la determinación de la fecha de secado de los mismos. Según Ruffo (2003) el momento de terminación del ciclo del CC debe adecuarse siguiendo dos criterios: (a) lograr una acumulación de biomasa que garantice una importante cobertura y aporte de CO₂; y, (b) ajustarse zonalmente a las precipitaciones de cada región para asegurar la recarga del perfil con las lluvias de primavera, para que el cultivo de cosecha

siguiente no se vea afectado. También se debe tener en cuenta para determinar el momento de secado los objetivos por los cuales se realizó el cultivo de cobertura. Si el objetivo es la permanencia del residuo del CC más allá del cultivo de verano, el secado se retrasará; mientras que si nos encontramos en la región semiárida y lo que buscamos es llegar a siembras tempranas con el perfil cargado, lo conveniente es adelantar el secado. La fecha de siembra del cultivo siguiente al CC influye de manera directa en la fecha de secado, en siembras tempranas (principios octubre) los cultivos de cobertura deberían finalizar la extracción de agua con mayor antelación, comparado a siembras tardías (diciembre). La fecha de quemado debería ser dos meses previos a la siembra del cultivo de cosecha gruesa.

Una práctica muchas veces realizada es la fertilización de los CC para lograr una mayor producción de biomasa y, de esta manera, aumentar el secuestro de CO (Follett, 2001) o bien, lograr una acumulación similar en menor tiempo, permitiendo adelantar el secado del CC y con ello alargar el barbecho posterior para mejorar la recarga del perfil, aumentando la cobertura del suelo sin afectar los contenidos de agua para el cultivo siguiente. En este sentido, Fernández *et al.*, (2012) afirman que para cada época de secado de un cultivo de centeno hubo una importante respuesta a la fertilización nitrogenada. Además cuanto más tarde se secó el CC, mayor fue la producción de biomasa.

La fertilización nitrogenada, la fecha de quemado del CC y la fecha de siembra del cultivo posterior son las herramientas agronómicas más importantes con las que podemos intervenir para lograr un manejo adecuado en la zona en que nos encontremos y lograr alcanzar los objetivos planteados.

Por lo expuesto, la inclusión de los CC en las rotaciones es una alternativa que permite aumentar la productividad, logrando así una producción agropecuaria sustentable.

En este sentido, como objetivos del siguiente trabajo se propone estudiar los efectos de la implementación de esta práctica sobre:

- Producción de MS de los CC.
- Eficiencia en el uso del agua por parte del CC.
- Dinámica de malezas.
- Relación C/N de los distintos CC al momento del secado.
- Dinámica del CO del suelo.
- Estudiar el efecto de la fertilización nitrogenada y fecha de quemado sobre la producción de biomasa de los diferentes cultivos de cobertura.

Hipótesis:

H₁: En la región semiárida pampeana la utilización del centeno como CC presentaría ventajas en cuanto a producción de biomasa, frente al CC de avena, debido a la mejor captación y la eficiencia en el uso del agua, mayor tolerancia a bajas temperaturas.

H₂: Las fechas de quemado tardías presentarían una mayor producción de materia seca lo cual provocaría una menor emergencia de malezas.

H₃: El contenido de agua útil a la siembra del cultivo de cosecha gruesa sería similar entre los barbechos limpios y los CC quemados en septiembre, mientras que los quemados en agosto los mm de agua útil serían mayores por mayor EUA de estos tratamientos.

H₄: El contenido de Materia Orgánica (MO) no se modificará significativamente en el primer año del ensayo, aunque sí se esperarían diferencias en la relación C/N entre los distintos tratamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio.

Los ensayos se llevaron a cabo en el campo de la Facultad de Agronomía de la UNLPam, ubicado a 5 km al norte de la ciudad de Santa Rosa (LP) a una latitud de 36°32' sur y una longitud de 64°18' oeste, y una altitud de 210 m.s.n.m.

Desde el punto de vista climático el área de estudio se caracteriza por un clima templado con temperatura media anual de 15,5°C y medias para el mes más frío (julio) y el mes más cálido (enero) de 7°C y 24°C, respectivamente (INTA, 1980). El régimen hídrico, se caracteriza por precipitaciones medias anuales que rondan los 700 mm y se concentran principalmente en el semestre estival. La alta variabilidad interanual de las mismas es una de las principales características de las regiones áridas y semiáridas (Santanatoglia *et. al*, 2000). Dentro del régimen climático, las heladas constituyen, junto con la sequía, uno de los factores más importantes en su acción perjudicial sobre la vegetación (Santanatoglia *et. al*, 2000), principalmente, las otoñales y primaverales (heladas tempranas y tardías, respectivamente), debido a su variabilidad. En este sentido el período de ocurrencia de heladas se halla aproximadamente entre mediados de abril y mediados de octubre.

En el aspecto edáfico, el suelo es caracterizado como *Paleustol petrocálcico* de textura franco arenosa, con una profundidad a la tosca que oscila entre los 100 y 140 cm de profundidad. Posee régimen de humedad ústico y régimen de temperatura mesotérmico. Presenta una evolución genética con escasa diferenciación de horizontes y débil estructuración. Sus limitantes más importantes son las climáticas (semiaridez), la costra calcárea, el drenaje algo excesivo, la baja capacidad de retención de agua y la susceptibilidad a la erosión (INTA, 1980).

Descripción del ensayo.

En el ensayo, se realizó la evaluación de distintas fechas de secado de un CC de centeno y avena (Agosto y Septiembre) para una fecha hipotética de siembra de Maíz (Diciembre). Se estudió el efecto de la fertilización nitrogenada en los CC y se comparó con un testigo bajo barbecho químico (siempre limpio) y otro enmalezado (siempre sucio) hasta la fecha de siembra de maíz.

Figura 1: Diseño del ensayo.

C				A				B	
F		T		F		T		T	
A	S	A	S	A	S	A	S	M	D

Figura 2: Distribución de los tratamientos

CFA	AFA	BTM	CFS	AFS	BTD	CTA	ATA	BTD	CTS	ATS	BTD
CFS	AFS	BTM	CTA	ATA	BTD	CTS	ATS	BTD	CFA	AFA	BTD
CTA	ATA	BTD	CTS	ATS	BTM	CFA	AFA	BTM	CFS	AFS	BTM
CTS	ATS	BTD	CFA	AFA	BTM	CFS	AFS	BTM	CTA	ATA	BTM

Referencias: C: centeno; A: avena; B: barbecho; F: fertilizado; T: testigo; A: secado en agosto; S: secado en septiembre; D: con malezas hasta diciembre; M: sin malezas desde marzo.

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño en bloques completos con arreglo factorial en parcelas divididas, utilizando unidades experimentales de 270 m² (9 m de ancho y 30 m de largo) con 4 repeticiones (bloques). Las parcelas correspondientes a los tratamientos de avena y centeno contaron con una superficie de 4320 m², mientras que la de los barbechos fue de 2160 m². A continuación se detalla la distribución de superficies destinadas a cada parcela.

Dimensiones totales:

Centeno: (4 unidades experimentales de 9 m * 30 m) * 4 repeticiones = 4320 m².

Avena: (4 unidades experimentales de 9 m * 30 m) * 4 repeticiones = 4320 m².

Barbecho: (2 unidades experimentales de 9m * 60m) * 2 repeticiones = 2160 m².

Superficie total: 10800 m².

La siembra de los CC se llevó a cabo a mediados de marzo, en un lote proveniente de un cultivo de centeno. En los tratamientos con fertilización nitrogenada se hizo una aplicación de 50 kg.ha⁻¹ de urea a la siembra. También se realizó una fertilización base fosforada para homogeneizar los tratamientos con 50 kg.ha⁻¹ de superfosfato triple a la siembra.

Determinaciones.

Determinaciones de propiedades edáficas

Se llevaron a cabo antes de la siembra de los CC para caracterizar el lote en cuanto a su aptitud productiva. Se evaluó:

- Textura (Pipeta de Robinson) (Baver, 1956).
- Profundidad a la tosca.
- Densidad Aparente (DA).
- Retención de agua a Punto de marchitez permanente (Ollas de presión. Richard, 1948).
- Fraccionamiento de suelo de acuerdo a la técnica descrita por Cambardella y Elliott (1992) modificada por Noellemeyer *et al.* (2006), para obtener las fracciones de partículas 100-2000 μm y $< 50 \mu\text{m}$.
- CO Total (COT ($<2000 \mu\text{m}$)) y fracción lábil (COJ (fracción 50-2000 μm)) y estable (COV (fracción $<50\mu\text{m}$)) por digestión ácida con dicromato de potasio a 120 °C durante 1 hora y cuantificación colorimétrica (Soon y Abboud, 1991).

- Nitrógeno total por el método de Kjeldahl (Bremner y Mulvaney, 1982)

También se evaluó el contenido de agua útil total del perfil en distintos momentos del CC, como así también al momento de la siembra del cultivo estival. De la misma manera se hicieron evaluaciones del contenido de (COJ) para poder observar la dinámica del CO en el sistema, considerando las distintas fechas de secado, siembra y el efecto de la fertilización nitrogenada.

Determinaciones en cultivo:

- MS del CC en distintos momentos de su ciclo.
- MS de malezas a lo largo del ciclo del CC. Momentos de aparición y especies predominantes.

Medición de los parámetros estudiados:

- Humedad del suelo.

Las determinaciones de humedad del suelo se realizaron a la siembra de los cultivos de cobertura (mediados de marzo), en las fechas de secado (mediados de agosto y septiembre) y en la fecha de siembra del cultivo de Maíz (diciembre). Al momento de la siembra se evaluó la humedad inicial del suelo hasta los 120 cm de profundidad a partir de 6 muestras distribuidas en distintas zonas del ensayo.

- Producción de materia seca

En cuanto a materia seca se realizaron muestreos con aros de 0.25 m² llevándose luego a una superficie de una hectárea. La primera determinación fue al momento de la siembra de los CC en

distintos puntos del ensayo. Luego se realizaron las determinaciones correspondientes a las fechas de secado (agosto y septiembre) y al momento de la siembra del maíz (diciembre). En cada uno de los cortes se discriminó MS del CC, MS de rastrojos y MS de malezas, cuando se las pudo cuantificar.

- Eficiencia en el uso del agua

Este parámetro se obtuvo a partir de la relación entre MS de los CC (y malezas en el caso de BD) y uso consuntivo (UC) de los mismos. Por su parte, este último valor surge de cuantificar la oferta hídrica durante el ciclo (Precipitaciones ocurridas durante su ciclo de crecimiento más el agua edáfica inicial) y el agua no utilizada (agua edáfica final).

- Materia orgánica del suelo

Las determinaciones de materia orgánica (MO) del suelo se realizaron a la siembra de los CC, en la primer fecha de secado (agosto), en la segunda fecha de secado (septiembre) y a la siembra del cultivo de maíz (diciembre), extrayendo muestras en los primeros 20 cm del perfil. Se realizaron determinaciones de materia orgánica total (MOT) y materia orgánica joven (MOJ) del suelo.

- Relación C/N

Para estas determinaciones se trabajó con las mismas muestras que se extrajeron para cuantificar producción de MS. Cabe destacar que para los análisis de C y N, las repeticiones correspondientes a cada uno de los tratamientos se trataron en conjunto, debido, por un lado, a la

gran cantidad de muestras a analizar y, por el otro, porque solo se buscaba tener una referencia de este parámetro para conocer qué residuo se estaba aportando al suelo, por lo que los resultados que se presentan en la Tabla 12 corresponden a los muestreos de agosto y setiembre.

Labores realizadas:

- Siembra de CC. Fertilización nitrogenada (centeno y avena).
- Quemado de CC de Agosto.
- Quemado de CC de Septiembre.

Análisis estadístico.

Se realizaron Análisis de la Varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los tratamientos en cada variable y se utilizó el método LSD Fisher para la separación de medias. Todos los análisis estadísticos se elaboraron a partir del software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización climática y edáfica del sitio.

El ensayo se llevó a cabo sobre un suelo *Paleustol petrocálcico* con textura franco arenosa (65% de arena, 23% de limo y 12% de arcilla) con una profundidad que varió entre 1.00 y 1.40 m. Al comienzo del ensayo se determinó el valor de humedad en Punto de Marchitez Permanente (PMP) obteniéndose un valor promedio cercano a 7 % a lo largo del perfil.

En cuanto a las precipitaciones ocurridas en el año del ensayo podemos mencionar que fueron ligeramente superiores a los valores promedios de los últimos 35 años, lo cual podría explicar algunos de los efectos observados en cuanto a niveles de recarga de agua del perfil y rendimientos de biomasa de los cultivos de cobertura (CC) (Tabla 1).

Tabla 1: Precipitaciones promedio (1977-2011) y precipitaciones del año 2015.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Promedio 1977 - 2011	88.5	79.1	97.4	57.8	32.1	16.1	19.3	24.7	45.6	70.7	86.9	100.6
Pp. 2015	99.2	92.0	105.1	112.8	25.2	1.4	11.5	10.6	62.7	88.4	73.7	145.7
Diferencias				55.0								45.1

Fuente: observatorio meteorológico de la F.A de la UNLPAM.

Humedad del suelo.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2 y arrojaron un promedio de 135 mm de agua útil y un CV menor a 7,5 %, lo que indica que este parámetro al momento de la siembra no sería una fuente de variación entre los distintos tratamientos.

Tabla 2: Agua útil (mm) a la siembra de CC.

Muestra	Agua útil marzo (mm)
1	140
2	147
3	135
4	142
5	122
6	124

En la segunda fecha de muestreo (fecha de secado de agosto), no se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos con CC (Tabla 3). Por su parte, los barbechos presentaron los

mayores valores de agua útil, mostrando diferencias con todos los CC a excepción de AT. Los suelos bajo barbecho (BM y BD) no presentaron diferencias significativas entre sí, debido a que hasta este momento el crecimiento de malezas en BD no habría generado efecto sobre el agua útil de este tratamiento. Finalmente cabe aclarar que los suelos bajo CC generaron una disminución de los niveles de agua útil con respecto a marzo del orden de los 80-90 mm, mientras que en los suelos bajo barbecho, dicha disminución fue de 40-50 mm. En este último caso se debe destacar que el agua que se fue del sistema, no intervino en el proceso productivo.

Tabla 3: Agua útil (mm) en la primer fecha de secado (agosto).

Tratamiento	Agua útil agosto (mm)
BD	96 a
BM	86 ab
AT	56 bc
CT	43 c
AF	41 c
CF	40 c

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

Para la segunda fecha de secado (septiembre), los CC se diferenciaron significativamente del BM (Tabla 4). Este último comenzó a diferenciarse de BD, aunque no estadísticamente. Finalmente, se puede observar una tendencia de los CC secados en septiembre a presentar menores niveles de agua útil que los secados en agosto, sobre todo en el caso del centeno, que al no haber sido afectado por la ocurrencia de fuertes heladas durante fines de otoño continuó con su normal crecimiento a diferencia de la avena que disminuyó notoriamente su producción de MS.

Tabla 4: Agua útil (mm) en la segunda fecha de secado (septiembre).

Tratamiento	Agua útil septiembre (mm)
BM	161 a

BD	132 ab
ATA	124 b
CFA	122 b
AFA	120 b
CTA	115 bc
ATS	115 bc
AFS	100 bc
CFS	100 bc
CTS	83 c

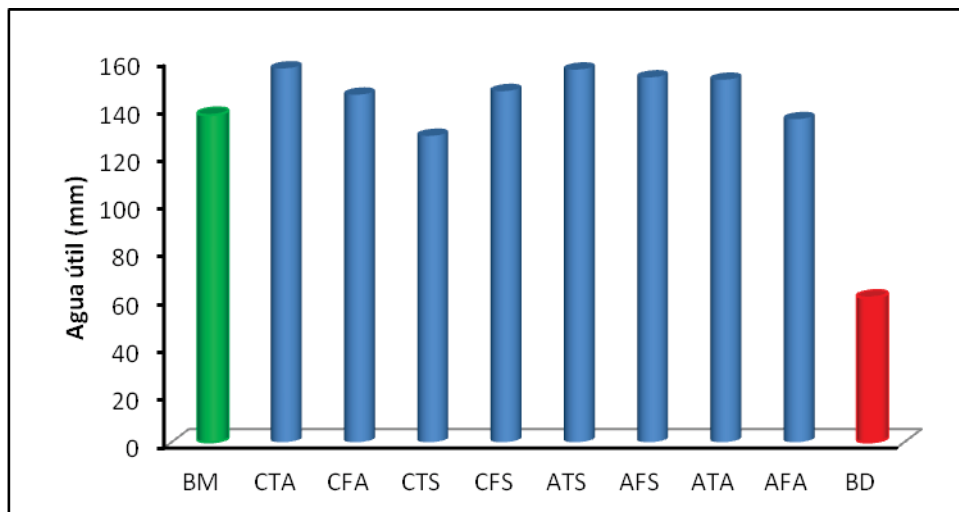
Letras distintas indican diferencias significativas (LSD, $p \leq 0,05$).

En diciembre (fecha de siembra del cultivo Maíz) se hallaron diferencias significativas entre BD (siempre enmalezado sin aplicación durante el ciclo de los CC) y los demás tratamientos (Tabla 5 y Figura 3). Esto puede ser explicado por el nivel de MS de las malezas (en promedio $2.400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) mientras que en los CC ya no había extracción de agua por parte de los mismos y en BM no hubo presencia de malezas por los controles químicos. Entre los demás tratamientos, contrariamente a los resultados de experiencias obtenidos por Quiroga *et al.* (2009) no se observaron diferencias significativas en el contenido de agua útil, posiblemente, debido al aporte de las precipitaciones ocurridas desde el secado de los CC hasta diciembre, lo que habría encubierto el efecto esperado de la cobertura y reducción de la evaporación del agua del suelo. Se debe destacar que si bien el suelo bajo barbecho limpio acumuló similar cantidad de agua que los suelos con CC, en estos últimos una buena parte del agua que se fue del sistema pasó por un proceso productivo que dejó distintos niveles de materia seca que aportarán a la materia orgánica del suelo. Esta MS que dejan los CC antes de la implantación del cultivo de maíz es muy importante ya que permite en muchos casos lograr una buena siembra por mayor humedad en los primeros 10 cm debido a la reducción de la evaporación por el residuo del CC, reduciendo el escurrimiento y la erosión hídrica (Wischmeier y Smith, 1958; Sasal *et al.*, 2008).

Tabla 5: Agua útil (mm) a la siembra de cultivo Maíz (diciembre).

Tratamiento	Agua útil diciembre (mm)
CTA	156 a
ATS	156 a
AFS	153 a
ATA	152 a
CFS	147 a
CFA	146 a
BM	137 a
AFA	136 a
CTS	129 a
BD	60 b

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

**Figura 3:** Agua útil (mm) a la siembra de Maíz para los diferentes tratamientos.

Producción de materia seca.

Al momento de iniciar el ensayo, se determinó MS de rastrojos presentes en superficie y se obtuvo un valor promedio de aproximadamente $5000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de MS de rastrojo. No se observaron diferencias significativas entre los valores hallados, lo que permite afirmar que el lote presentó homogeneidad inicial en este parámetro.

Para el muestreo de agosto (Tabla 6), se pueden observar diferencias significativas por efectos de la especie, como así también por efecto de la fertilización en el caso del centeno (Figura 4). No obstante, en avena se observa una tendencia a un mayor nivel de producción de MS debido a esta práctica de manejo. Los efectos de la fertilización nitrogenada concuerdan con Arguello *et al.* (2011). En cuanto al efecto de la especie, se debe recordar la acción de las heladas severas que afectaron notoriamente el crecimiento de la avena, mientras que el centeno continuó su crecimiento, prácticamente sin acusar el efecto de esta adversidad climática (Anexo - Foto 1). En este sentido, Scianca *et al.* (2007) también registró mayor producción de biomasa en centeno al compararlo con avena, cebada, triticale, rye grass y vicia.

Un aspecto importante a considerar es la diferencia significativa hallada entre los tratamientos bajo CC y los barbechos, debido a la disminución en los niveles de MS de rastrojos del cultivo antecesor en el caso de los CC. Esta declinación fue del orden del 10-15% en los barbechos, 50-55% en las avenas y 60-65% en los centenos. Este efecto podría deberse, en un principio, a las condiciones de mayor humedad y temperatura en el canopeo del CC, generando un microclima favorable para el desarrollo microbiano y la consecuente degradación del rastrojo.

Por último, se observó presencia de malezas solamente en BD, debido a que hasta la fecha no se llevó a cabo aplicación de agroquímicos para el control de las mismas en este tratamiento. Por su parte, los CC mostraron un buen control de malezas, debido a que no se registró presencia de las mismas. Estos resultados coinciden con lo hallado por Scianca *et al.*, (2006).

Tabla 6: Materia seca correspondiente a la primera fecha de quemado de los CC.

MS Agosto (kg.ha ⁻¹)					
Tratamiento	MS CC	Tratamiento	MS rastrojo	Tratamiento	MS malezas
CF	6371 a	BM	4459 a	BD	1507

CT	5202 b	BD	4106 a	CT	0
AF	3521 c	AT	2427 b	BM	0
AT	2885 c	AF	2250 b	AT	0
BM	0	CT	1947 b	CF	0
BD	0	CF	1818 b	AF	0

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

En la segunda fecha de quemado se hallaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, observándose como tendencia general que los CC de centeno presentaron una mayor producción de MS que los de avena (Figura 4) (Anexo – Foto 3 y 4). Por otra parte, se observó un efecto de la fertilización nitrogenada para las dos fechas de quemado de centeno y la segunda de avena con diferencias mayores a los 1500 kg.ha⁻¹, mientras que en el caso de la avena quemada en agosto, tales diferencias fueron de solo 500 kg.ha⁻¹ (Tabla 7).

Tabla 7: Materia seca correspondiente a la segunda fecha de quemado de los CC.

MS septiembre (kg.ha ⁻¹)					
Tratamiento	MS CC	Tratamiento	MS rastrojos	Tratamiento	MS malezas
CFS	7890 a	ATS	4502 a	BD	2607
CTS	6104 ab	BM	4257 a	CTA	0
CFA	5594 bc	AFS	4054 ab	BM	0
AFS	5338 bc	ATA	3779 abc	CFA	0
CTA	4010 cd	CTA	3568 abc	CFS	0
ATS	3838 cd	BD	2866 bc	AFS	0
AFA	3364 d	CFS	2816 bc	ATA	0
ATA	2850 d	CFA	2802 bc	AFA	0
BD	0	CTS	2786 bc	ATS	0

BM	0	AFA	2484 c	CTS	0
----	---	-----	--------	-----	---

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

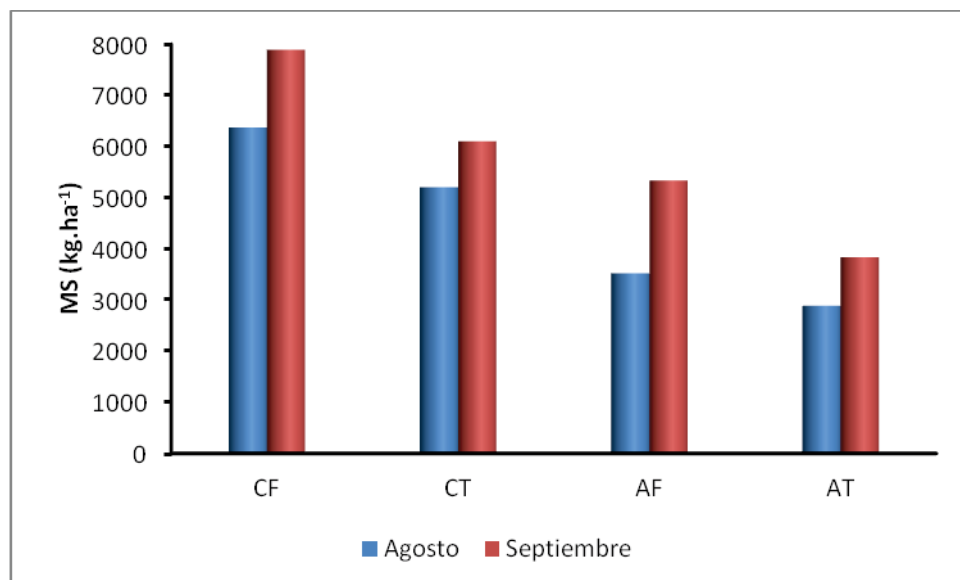


Figura 4: Materia seca de CC en las dos fechas de quemado.

En cuanto a MS de rastrojos, se puede destacar el comportamiento diferencial de los dos suelos bajo barbecho, en el sentido de que BD que presentó aproximadamente 2600 kg.ha⁻¹ de MS de malezas, disminuyó notablemente los niveles de MS de rastrojo (-1240 kg.ha⁻¹ de MS), posiblemente por un efecto similar al que generaron los CC. Por su parte, BM no presentó variaciones en este parámetro.

La MS de malezas mostró la misma tendencia que en el muestreo anterior, debido a que solo pudo ser cuantificada en el tratamiento BD (Anexo – Foto 5 y 6).

Otro aspecto a tener en cuenta es el referido a la eficiencia en el uso del agua (EUA). Los valores de EUA, se presentan en las Tablas 8 y 9.

Tabla 8: Uso consuntivo y EUA correspondiente a la primera fecha de quemado para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Pp. (mm)	H. inicial (mm)	H. final (mm)	UC (mm)	MS CC (kg.ha ⁻¹)	MS malezas (kg.ha ⁻¹)	EUA (kg.ha ⁻¹ .mm ⁻¹)
CT	162	135	43	254	5202		20,5 b
CF	162	135	40	257	6371		24,8 a
AT	162	135	56	241	2885		12,0 c
AF	162	135	41	256	3521		13,8 c
BD	162	135	96	201		1507	7,5 d

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

Para la primera fecha de quemado, se registraron diferencias significativas en EUA entre los diferentes CC (Figura 5). En este sentido se puede apreciar un efecto especie, ya que el centeno presentó valores muy superiores a la avena, tanto fertilizado como en el testigo. Dicho efecto era esperable si se tiene en cuenta la ocurrencia de heladas que afectaron el crecimiento de los CC de avena. En cuanto al efecto de la fertilización nitrogenada sobre este parámetro, solo se observaron diferencias significativas en centeno, mientras que en avena solo se registró una leve tendencia a favor del CC fertilizado. Resultados similares hallaron Quiroga *et al.*, (2007) con diferentes gramíneas invernales. Los valores de UC fluctuaron entre 240-260 mm para todos los tratamientos a excepción de BD (aproximadamente 200 mm).

Tabla 9: Uso consuntivo y EUA correspondiente a la segunda fecha de quemado para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Pp. (mm)	H. inicial (mm)	H. final (mm)	U.C. (mm)	MS CC (kg.ha ⁻¹)	MS malezas (kg.ha ⁻¹)	EUA (kg.ha ⁻¹ .mm ⁻¹)
CT	244	135	83	296	6104		20,6 b
CF	244	135	100	279	7890		28,3 a
AT	244	135	115	264	3838		14,5 c
AF	244	135	100	279	5338		19,1 b
BD	244	135	132	247		1607	10,5 d

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

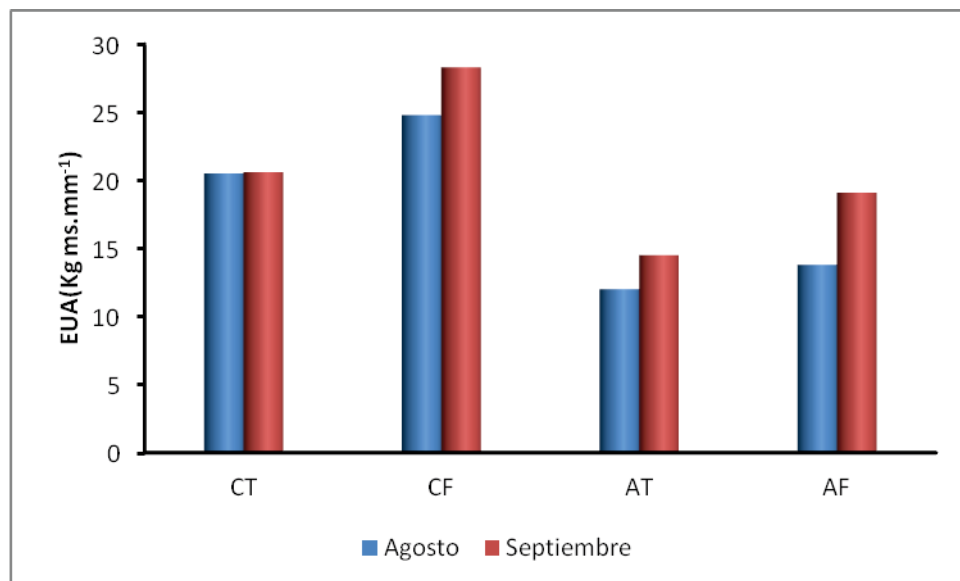


Figura 5: EUA de CC en las dos fechas de quemado.

En la segunda fecha de quemado, se observó la misma tendencia que en la primera, el CF presentó la mayor eficiencia, seguido por el CT y AF (Figura 5). Se pudo apreciar también la ausencia de diferencias entre CT y AF debido a un aumento de esta última entre las dos fechas de muestreo. Por otra parte, se debe destacar que el efecto de la fertilización nitrogenada se observó tanto en centeno como en avena. Los valores de UC variaron entre 245-295 mm, aproximadamente.

Se debe destacar que las malezas presentaron una EUA inferior a la de los CC, ya que se registró un valor de 7,5 y 10,5 kg.ha⁻¹.mm⁻¹ de MS para agosto y septiembre, respectivamente. Estos menores valores de EUA por parte de las malezas son coincidentes con el trabajo de Carfagno *et al.* (2013) realizado en suelos de la Provincia de Buenos Aires y La Pampa con CC de centeno, avena y rye grass comparados con un barbecho como testigo.

Si se analizan las dos fechas de quemado, se puede concluir que AFA y CFA, presentaron niveles de producción de MS similares a los de ATS y CTS, por lo que el efecto de la

fertilización permitiría adelantar la fecha de quemado del CC. Esto sería importante en el caso de que la siembra del cultivo de verano fuese en octubre, ya que se podría recargar el perfil desde agosto, alargando un mes el período de barbecho. No obstante, se debe considerar que el CFS presentó los mayores valores de EUA, lo que implica en este caso que dicho CC no solo presentó los mayores valores de producción de MS a septiembre, sino que también dejó un suelo recargado de agua para la siembra, ya sea temprana como tardía de maíz.

Por último, al momento de la siembra del cultivo estival (mediados de diciembre), se observó como tendencia que los CC de centeno presentaron los mayores valores de MS en comparación con los de avena (Tabla 10) (Anexo – Foto 2). Particularmente el CFS fue el que mantuvo el mayor aporte de cobertura ($6517 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS), mientras que ATA fue el de menor aporte ($2628 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS).

En cuanto a MS de rastrojos no se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. En este sentido se puede observar que si bien se registraron diferencias entre los tratamientos extremos ($1300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS) las diferencias son menores a las observadas tanto en agosto ($2700 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS) como en setiembre ($2000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de MS), si consideramos el tratamiento que presentó el mayor y el menor valor para cada fecha de muestreo.

Por otra parte, solo se pudo cuantificar MS de malezas en BD, mientras que los suelos bajo CC ejercieron un eficiente control sobre las comunidades de malezas hasta la fecha de siembra del cultivo de maíz. Finalmente, se puede agregar que la EUA por parte de las malezas al momento de cortar el crecimiento fue de $5,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$.

Tabla 10: Materia seca correspondiente a la fecha de siembra del cultivo de maíz.

MS septiembre (kg.ha ⁻¹)					
Tratamientos	MS de CC	Tratamientos	MS rastrojo	Tratamientos	MS malezas
CFS	6517 a	CTS	3497 a	BD	2478
CFA	5080 b	BM	3353 a	CTS	0
CTS	4545 bc	ATS	3058 a	CTA	0
AFS	3702 cd	CFA	2965 a	CFS	0
CTA	3700 cd	BD	2791 a	AFA	0
ATS	3412 cd	AFS	2743 a	AFS	0
AFA	3066 d	AFA	2713 a	ATA	0
ATA	2628 d	CFS	2675 a	ATS	0
BD	0	ATA	2655 a	CFA	0
BM	0	CTA	2335 a	BM	0

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

Materia orgánica del suelo

Como se puede observar en la Tabla 11 no se registraron diferencias ya sea en el muestreo de marzo (inicio del ensayo) como así tampoco en el de diciembre (siembra de maíz). Por tal motivo solo se presentan estos resultados y no los correspondientes a los muestreos de agosto y septiembre.

Los resultados obtenidos concuerdan con los de Christensen, (2001), quien afirmó que el contenido total de C en el suelo es poco probable que cambie en el corto plazo (3-4 años). No obstante, este mismo autor indica que para este período de tiempo se podrían registrar cambios en las fracciones más lábiles de la MO, asociada a residuos en etapas tempranas de descomposición y ligada a las fracciones estructurales más gruesas del suelo.

Tabla 11: MOT y MOJ correspondiente a marzo y diciembre.

Marzo				Diciembre					
Muestra	MOT (g.kg ⁻¹)		MOJ (g.kg ⁻¹)		Muestra	MOT (g.kg ⁻¹)		MOJ (g.kg ⁻¹)	
BM	16,8	16,3 a	1,58	1,56 a	BM	16,2 a	15,8 a	1,84 a	1,81 a

BD	15,9		1,54		BD	15,5 a		1,78 a	
CTA	16,6		1,6		CTA	16,2 a		1,87 a	
CTS	17,5	17,0 a	1,66	1,60 a	CTS	17,0 a	17,0 a	1,99 a	1,97 a
CFA	16,0		1,51		CFA	16,6 a		1,9 a	
CFS	17,8		1,66		CFS	18,2 a		2,12 a	
ATA	15,3		1,48		ATA	15,0 a		1,71 a	
ATS	18,2	16,7 a	1,7	1,58 a	ATS	17,9 a	16,8 a	2,07 a	1,94 a
AFA	16,2		1,55		AFA	16,8 a		1,96 a	
AFS	17,1		1,61		AFS	17,6 a		2,02 a	

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

Relación C/N

Este parámetro se evaluó con el objetivo de poder caracterizar la calidad del residuo aportado por cada uno de los tratamientos de CC, debido al efecto de la especie, la fertilización nitrogenada y la fecha de quemado, por lo que los resultados que se presentan en la Tabla 12 corresponden a los muestreos de agosto y setiembre

Tabla 12: Relación C/N correspondiente al momento del quemado de los CC.

Tratamiento	Relación C/N
CTA	27
CFA	24
CTS	36
CFS	33
ATA	24
AFA	22
ATS	32
AFS	28

En cuanto a la fecha de secado de los CC podemos observar que existe una tendencia a una mayor relación C/N en los cultivos secados en setiembre, debido principalmente a que se encontraban en etapa reproductiva (espigazón) disminuyendo la relación hoja/tallo, aumentando

así el contenido de fibra y disminuyendo la cantidad de proteína en la planta, coincidiendo estos resultados con lo hallado por Caviglia *et al.*, 2008. Cuando se analizaron las dos especies en la misma fecha de secado se observó una menor relación C/N en el cultivo de avena debido a la mayor relación hoja/tallo que ésta presentó en comparación con el cultivo de centeno. Finalmente los CC fertilizados presentaron menor relación C/N debido a una mayor acumulación de nitrógeno en sus tejidos en comparación con los tratamientos sin fertilizar. Estos resultados concuerdan con Fernández *et al.*, (2013) que trabajó con diferentes dosis de fertilización nitrogenada en CC de centeno comparando con un testigo sin fertilizar.

CONCLUSIONES

Para las condiciones del presente trabajo, el cultivo de cobertura de centeno presentó ventajas en cuanto a la producción de materia seca frente al de avena y en la eficiencia en el uso del agua para las dos fechas de quemado.

Todos los tratamientos bajo cultivos de cobertura lograron un eficiente control de malezas hasta el momento de la siembra tardía del cultivo de maíz, lo que permitió disminuir el uso de herbicidas en comparación con el barbecho limpio.

Al momento de la siembra del cultivo de maíz, los tratamientos bajo cultivos de cobertura, no se diferenciaron del barbecho limpio en cuanto a acumulación de agua útil. Por su parte, el barbecho enmalezado logró sólo acumular 60 mm.

Si bien no se observaron diferencias en los niveles de materia orgánica (total y joven) luego del primer ciclo de cultivos de cobertura, se esperaría que con el transcurso de los años y la acumulación de los efectos benéficos de esta práctica, se logren tales diferencias con respecto a suelos bajo barbecho.

Se debe agregar que se observaron efectos de la especie, fertilización y fecha de quemado en cuanto a la relación C/N de los residuos aportados por los cultivos de cobertura. En este sentido centenos sin fertilizar y quemados en septiembre presentaron valores de 36, mientras que en avenas fertilizadas y quemadas en agosto este parámetro fue menor (22).

Existió un efecto marcado de la fertilización nitrogenada en los distintos tratamientos, lo que generó una mayor producción de biomasa y una mejor EUA.

Todo lo mencionado, lleva a concluir que los cultivos de cobertura y sus variantes de manejo representan una herramienta viable para nuestra región como alternativa para lograr mejoras en la captación, el almacenaje y eficiencia en el uso del agua. A su vez, el aporte de materia seca, permite un eficiente control de malezas y en consecuencia una disminución en el uso de herbicidas, como así también, a partir del afecto acumulado de esta práctica, mantener o aumentar los niveles de materia orgánica joven y total del suelo, lo que generaría ventajas, no solo sobre el aporte de nutrientes al cultivo estival, sino un aporte a la sustentabilidad del sistema suelo en particular y del agroecosistema en general.

ANEXO

Foto 1: Efecto de la helada sobre crecimiento de centeno (izquierda) y avena (derecha) (Septiembre).



Foto 2: Cobertura de centeno, aporte de CO y control de malezas (Diciembre).



Foto 3: Producción de MS y control de malezas de centeno (Septiembre).



Foto 4: Producción de MS y control de malezas de centeno (Diciembre).



Foto 5: Barbecho con control y avena (Septiembre).



Foto 6: Barbecho sin control y avena (Septiembre).

BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G. 1999. General overview of plant pathogenic organisms. En: Handbook of Pest Management, J.R. Ruberson (ed.). Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 263-307.

Alvarez, C. y C. Scianca. 2006. Cultivos de cobertura en molisoles de la región pampeana. Aporte de carbono e influencia sobre las propiedades edáficas. EEA INTA General Villegas: Jornada profesional Agrícola 2006.

- Arguello J, J. Saks, R. Fernández y E. Noellemeyer. 2011. Evaluación de la viabilidad de los cultivos de cobertura en la región semiárida pampeana. Tesis de grado, Fac de Agronomía UNLPam.
- Baigorria, T. y C. Cazorla. 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.
- Baver, L. 1956. Soil Physics. 3rd edition. Wiley. London, U.K.
- Bremner J. y C. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. Pp. 595- 642 en: AL Page; RH Miller & DR Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Madison, WI.
- Cambardella, C. y E. Elliott. 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:777-783.
- Carfagno, P., M. Eiza, F. Babinec y A. Quiroga. 2013. Inclusión de cultivos de cobertura en la dinámica hídrica de hapludoles y haplustoles del oeste de la provincia de Buenos Aires y noreste de La Pampa. Cultivos de cobertura, 36.
- Caviglia O., N. Van Opstal, V. Gregorutti, R. Melchiori, y E. Blanzaco. 2008. El invierno: Estación clave para la intensificación sustentable de la agricultura. Agricultura sustentable Serie Extensión No. 51.

- Christensen, B. 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science* 52[3], 345-353.
- Di Rienzo, J., F. Cazanoves, M. Balzarini, L. González, M. Tablada, y C. Robledo. 2009. InfoStat Versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dinesh, R. 2004. Long-term influence of leguminous cover crops on the biochemical properties of a sandy clay loam Fluventic Sulfaquent in a humid tropical region of India. *Soil and Tillage Research*, 77(1):69-77.
- Ding G., X. Liu, S. Herbert, J. Novak, A. Dula y B. Xing. 2005. Effect of cover crop management on soil organic matter.
- Ding, G., X. Liu, S. Herbert, J. Novak, D. Amarasiriwardena y B. Xing. 2006. Effect of cover crop management on soil organic matter. *Geoderma*.
- Fernández, 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., M. Saks, J. Arguello, A. Quiroga y E. Noellemeyer. 2010. Cultivo de cobertura, ¿una alternativa viable para la región semiárida pampeana? Reunión Técnica SUCS-ISTRO, Colonia, Uruguay, 11:1-6.

- Fernández, R., A. Quiroga, E. Noellemeyer, M. Saks, F. Arenas y C. Antonini. 2012. Inclusión de cultivos de cobertura en sistemas de producción de la Región Semiárida Pampeana. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. EEA INTA Anguil, Publicación técnica N°89: 55-65.
- Fernández, R., A. Quiroga y E. Noellemeyer. 2013. Cultivo de cobertura como antecesor del cultivo de maíz en la Región Semiárida Pampeana. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. Ediciones INTA. Pág 117-127.
- Follett, R. 2001. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *Soil and Tillage Research*, 61:77-92.
- Hoyt G, M. Wagger, C. Crozier y N. Ranells. 2004. Soil Facts: Winter annual cover crop. North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina, pp. 9.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Provincia de La Pampa, Universidad Nacional de La Pampa. 1980. Inventario Integrado de los recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. Clima, Geomorfología, Suelo y Vegetación. 493 pág. INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Jensen, L., T. Salo, F. Palamson, T.A. Breland, T.M. Henriksen, B. Stenberg, A. Pedersen, C. Lundström y M. Esala. 2005. Influence of biochemical quality on C and N mineralisation from a broad variety of plant materials in soil *Plant and Soil*, 273, pp: 307–326.
- Kruk B., P. Insausti, A. Razul y R. Benech-Arnold. 2006. Light and thermal environments as modified by a wheat crop: effects on weed seed germination. *Journal of Applied Ecology*, 43.: 227–236.

- Noellemeyer, E., D. Estelrich y A. Quiroga. 2006. Soil quality in three range soils of the semiarid Pampa of Argentina. *Journal of Arid Environments* 65:142-155.
- Papa, J. 2008. Malezas tolerantes y resistentes a herbicidas. Información técnica cultivos de verano 2008. Publicación miscelanea N°112 INTA Rafaela.
- Quiroga A, R. Fernández, I. Frasier y C. Scianca. 2009. Cultivos de cobertura. Análisis de su inclusión en distintos sistemas de producción. Jornadas Cultivos de Cobertura. UNS-CERZOS-CRIBABB – Bahía Blanca -Agosto 2009. 16 pp.
- Quiroga A, P. Carfagno, M. Eiza y R. Michelena. 2007. Inclusión de Cultivos de Cobertura bajo Agricultura de Secano en la Región Semiárida Pampeana. Jornadas de Cultivos de Cobertura – 28 y 29 de Septiembre de 2007. General Villegas y General Pico.
- Restovich, S., A. Andriulo y S. Portela. 2012. Introduction of cover crops in a maize–soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. *Field Crops Research*, 128:62-70.
- Richards, L. 1948. Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. *Soil Science* 66(2):105-110.
- Ruffo M. 2003. Factibilidad de inclusión de cultivos de cobertura en Argentina. Actas XI Congreso de AAPRESID: 171-176.
- Santanatoglia, O., M. Piscitelli y R. Casas. 2000. Manual de Prácticas conservacionistas para Subregión Semiárida Pampeana. Editorial FAUBA. 146 pp.

Sasal, M.C., M. Wilson y N. Garciarena. 2008. Escurrimiento superficial y perdidas de nutrientes y glifosato en secuencias de cultivos. Agricultura sustentable Serie Extensión N° 51.

Scianca, C., C. Alvarez, M. Barraco, M. Perez y A. Quiroga. 2007. Cultivos de cobertura: aporte de nutrientes y rastrojo de las diferentes especies.

Scianca C., C. Álvarez , M. Barraco, A. Quiroga y P. Zalba. 2006. Cultivos de cobertura. Aporte de carbono e influencia sobre propiedades edáficas. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Pag 369 pp.

Soon, Y. y S. Abboud. 1991. Comparison of some methods for soil organic carbon determination. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 22:943-954.

Tisdale, S. 1991. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. México, Editorial Limusa.760 p.

Wischmeier, W. y D. Smith. 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geo. Un. 39:285-291.