

“CULTIVO DE COBERTURA DE CENTENO: EFECTO DEL MOMENTO DE
SECADO Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE AGUA ÚTIL,
EVOLUCIÓN DE BIOMASA AÉREA Y CONTROL DE MALEZAS PARA
SIEMBRAS TEMPRANAS Y TARDÍAS DE MAÍZ”

Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniero Agrónomo

Autores:

Oliveri, Franco Denis

Winchel Peano, Paolo

Director:

Diego René Riestra – Agrotécnia

Evaluaadores:

Fernández, Miguel Ángel – Cereales y oleaginosas

Méndez, Mariano Javier – Agrometeorología

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	13
Labores realizadas	14
Análisis estadístico	14
Resultados y discusión	16
Caracterización climática y edáfica del sitio	16
Humedad del suelo	16
Producción de materia seca	21
Materia orgánica del suelo	28
Relación C/N	30
Conclusiones	32
Anexo	34
Bibliografía	35

RESUMEN

Nuestros sistemas productivos han experimentado un proceso de agriculturización con predominancia de cultivos de verano, principalmente de soja. Esto ha significado una importante reducción en el aporte de residuos y en los contenidos de materia orgánica (MO), debido a su aporte de biomasa limitado. 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 eficiencia de uso de agua (EUA) y contribuyendo al control de malezas.

El objetivo del trabajo fue evaluar producción de materia seca (MS), EUA, MO del suelo, relación C/N y control de malezas bajo CC de centeno con diferentes manejos. El estudio fue realizado en la Facultad de Agronomía de la UNLPam. Se valoraron dos fechas de secado (agosto y septiembre) y dos tratamientos de fertilización nitrogenada para dos fechas de siembra de un cultivo de Maíz (octubre y diciembre). También se incluyó un barbecho químico siempre limpio.

Se hallaron diferencias en cuanto a producción de MS y EUA, debido a los efectos de la fecha de quemado y la fertilización, siendo el centeno fertilizado y quemado en septiembre el que presentó los mayores valores en estos dos parámetros. En cuanto nivel de agua útil y MO no se observaron diferencias para las dos fechas de siembra de maíz. Por su parte, solo los CC quemados en septiembre evitaron la emergencia de malezas para la fecha temprana de siembra de maíz. La mayor relación C/N se observó en centenos testigos quemados en septiembre.

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

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

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de nuestro país han experimentado importantes cambios durante los últimos años. En muchos casos el proceso de agriculturización con una mayor participación de cultivos de verano, principalmente de soja, con un incremento de 2 a 20 millones de hectáreas a nivel nacional en el período 1980/2015 (SIIA, 2015) ha significado una importante reducción en el aporte de residuos y en los contenidos de materia orgánica (MO), debido a su aporte de biomasa limitado.

A su vez este sistema caracterizado por la conjunción de factores como la siembra directa (SD), la escasez de rotaciones y la sobreutilización del herbicida glifosato, ha llevado a la problemática actual de la dificultad para el control químico de ciertas malezas, tales como *Sorghum halepensis*, *Coniza bonariensis*, *Lolium multiflorum* y *Amaranthus palmeri*, entre otras, debido a la generación de resistencias y tolerancias (Papa, 2008).

Debido a este uso predominante de cultivos estivales, son comunes barbechos invernales de periodos relativamente largos (4 o 5 meses), donde generalmente las precipitaciones ocurridas exceden la capacidad de retención de agua de los suelos, perdiéndose ésta por evaporación, escorrentía o percolación en profundidad, resultando en una baja eficiencia de dicha práctica.

Frente a esta situación surge la posibilidad de establecer cultivos de cobertura (CC) como una alternativa para atenuar la pérdida de carbono (C) de los suelos, aumentar la eficiencia en el uso del agua y contribuir al control de malezas (Daliparthi et al. 1994).

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 (Álvarez y Scianca, 2006; Reeves, 1994).

En la elección de la especie utilizada como CC se deben considerar cuatro parámetros: la tasa de descomposición de residuos, la recarga de humedad del perfil, la rotación en la que se incluye el CC y la sincronización entre la mineralización de nitrógeno (N) acumulado en la biomasa de los CC con los requerimientos del siguiente cultivo programado.

En zonas templadas las especies más utilizadas son fundamentalmente gramíneas y leguminosas. Entre las gramíneas se encuentran centeno, avena, cebada, trigo, triticale y rye grass, mientras que en leguminosas tréboles y vicias. 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 MS, en comparación con avena, cebada, triticale, vicia y rye grass (Fernández et al., 2012a; Scianca et al., 2007) con un volumen abundante de residuo que se descompone más lentamente que el de otras gramíneas y leguminosas de invierno. 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, y su tolerancia al frío y al estrés hídrico. Esta misma tendencia fue también observada en cuanto a producción de MS.

Tal como se mencionó, la implementación de CC persigue varios objetivos, como por ejemplo, el aumento de las reservas de C de los sistemas de producción agrícola (Follett,

2001; Dinesh, 2004; Ding et al., 2006). En este sentido, Wander y Traina (1996) comprobaron que los contenidos de carbono orgánico (CO) fueron significativamente mayores cuando se incorporaron CC a la rotación. 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.

Otro aporte de los CC es la mejora de la eficiencia en el uso del agua (EUA), ya que los barbechos largos son prácticas poco eficientes 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), lo que podría reducir el rendimiento potencial. Esta disminución en los contenidos de humedad con respecto al barbecho se puede denominar costo hídrico (CH) por la realización de un CC. Fernández et al., (2010) indican que, en la pampa semiárida, el impacto negativo de los CC en el agua almacenada podría ser insignificante y no se esperarían disminuciones significativas del rendimiento de cultivos de cosecha, coincidiendo con experiencias en otros ambientes semiáridos (Fengrui et al., 2000). 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 CC (Baigorria y Cazorla, 2010). Similares CH fueron reportados por otros autores en Hapludoles de la región semiárida pampeana (Fernández et al., 2007).

La conservación de agua durante el período de barbecho depende del tipo de suelo y de las precipitaciones (Lampurlanes et al., 2002). Suelos con baja capacidad de retención de agua (CRA) son poco eficientes para almacenar este recurso, sobre todo en años con abundantes precipitaciones (Fernández et al., 2007), por lo cual esta práctica no sería la más adecuada. En otros trabajos, Fernández et al., (2005) y Duarte (2002) trabajando sobre Haplustoles

comprobaron que en años con precipitaciones normales durante barbechos largos y en suelos de baja CRA los CC aumentaron la eficiencia del uso del agua para capturar C, con respecto al testigo (sin CC). Esto es debido a que normalmente las precipitaciones durante un barbecho largo exceden la CRA y consecuentemente una parte sustancial de la misma se pierde. Pero, se reconoce que el consumo hídrico de los CC durante el invierno podría interferir en la normal oferta de agua para el cultivo siguiente. Al respecto, Fernández et al., (2005) comprobaron una reducción importante en los contenidos de agua por efecto de CC, principalmente cuando se utilizó rye grass.

Un beneficio más de los CC es que ejercen a través de su biomasa un control en la población de malezas al limitar su emergencia (Scianca et al., 2006) por interferir en los recursos luz, agua y temperatura (Teasdale, 1993), modificando la diversidad de especies como así también la frecuencia de las mismas (Molher y Teasdale, 1993; Abdin et al., 2000; Gerowitt, 2003; Ruffo, 2003), lo cual reduce el uso de herbicidas. Diversos estudios indican que los residuos de CC de centeno y vicia provocan una disminución entre 30 y 90 % de la población de malezas dependiendo del sitio y año considerado (Mischler et al., 2010; Zotarelli et al., 2009).

Un aspecto importante en el manejo de los CC es la determinación de la fecha de secado de los mismos. En este sentido, 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.

La fertilización de los CC es una herramienta disponible para lograr una mayor producción de biomasa y, de esta manera, aumentar el secuestro de C (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. (2012a) 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. Los CC fertilizados pueden afectar las emisiones de óxido nitroso (N_2O) del suelo (Petersen et al., 2011) pero también mejorar la disponibilidad de N para los cultivos posteriores (Ranells y Waggoner, 1997; Mohammadi, 2010).

Para evaluar convenientemente la influencia de los CC sobre la disponibilidad de agua (CH en la generación de biomasa) resulta necesario considerar la capacidad de almacenaje de agua de los suelos, junto con la probabilidad climática de cada sitio para la ocurrencia de precipitaciones que permitan la recarga del perfil. Estos aspectos son particularmente importantes ya que definen de alguna manera el periodo necesario de barbecho entre los CC y la implantación del cultivo posterior, o sea, el momento óptimo para finalizar el CC, lo que por lo tanto es muy influenciado por el sitio en cuestión.

Además otro de los factores que incide en la recarga del perfil es la fecha de siembra del cultivo de verano. En la región semiárida pampeana para las siembras tempranas (principios octubre) los cultivos de cobertura deberían finalizar la extracción de agua con mayor antelación, comparado a siembras tardías (diciembre).

Por lo tanto sería oportuno evaluar la utilización de herramientas como la fecha de quemado y fertilización del CC, junto con la fecha de siembra del cultivo de maíz ya que éste permite la utilización de tecnologías de siembras tempranas y tardías, con marcadas ventajas en cada una. Maíces tardíos presentan mayor estabilidad de rendimientos entre años, logrando

en la sumatoria de años un promedio de rendimientos mayor comparado a siembras tempranas, acentuándose esto en regiones sub-húmedas o semiáridas, mientras que en años puntuales en regiones húmedas los maíces tempranos expresan mayor potencial de rendimiento (Miranda, et al., 2012; Miranda et al., 2013).

De lo mencionado hasta aquí se desprende que la incorporación de CC dentro de las rotaciones podría ser una alternativa viable para mejorar la productividad y la sustentabilidad de nuestros sistemas de producción caracterizados por un clima templado semiárido con precipitaciones concentradas en el semestre cálido, y suelos de textura franco arenosa con limitada capacidad de retención de agua y bajos contenidos de MO.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y la fecha del secado de CC de centeno, sobre los niveles de agua útil, CO y control de malezas, en contraste a la realización de un barbecho largo utilizado como testigo. A su vez se evaluó la evolución de biomasa superficial, tanto en cantidad como en calidad, a través de su relación C/N.

Hipótesis

H₁ - Los CC quemados en septiembre presentarían ventajas en cuanto a producción de MS y control de malezas con respecto a los quemados en agosto, e incluso llegarían a siembra tardía de maíz con contenidos de agua útil similares a suelos bajo barbecho químico.

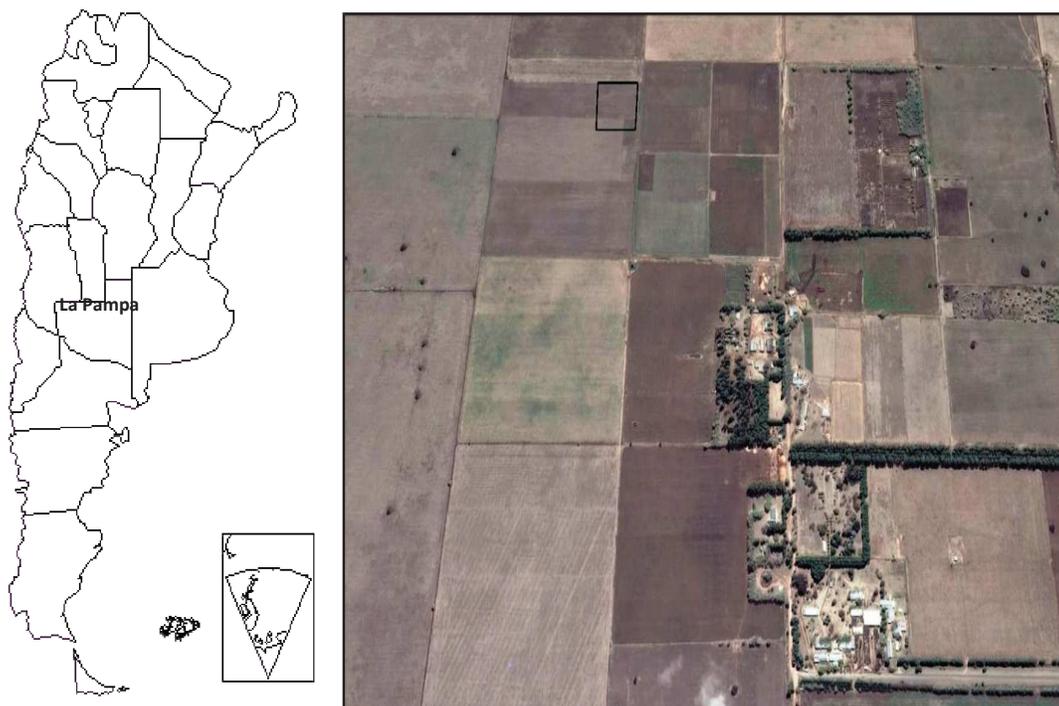
H₂ - La mejor estrategia para una fecha de siembra temprana de maíz sería el establecimiento de CC quemados en agosto, para favorecer un mayor período de recarga con respecto a los de septiembre, y a su vez fertilizados para aumentar la producción de MS y el control de malezas.

H₃ - La cantidad de MO del suelo no presentaría cambios durante el primer año del ensayo, aunque sí se esperarían diferencias en cuanto a la cantidad y calidad del residuo aportado por el CC entre los distintos tratamientos de fertilización y fecha de quemado del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El ensayo se llevó a cabo en el módulo de labranzas de la Facultad de Agronomía de la UNLPam, ubicada 5 Km al norte de la localidad de Santa Rosa (LP), a una latitud de $36^{\circ}32'$ sur y una longitud de $64^{\circ}18'$ oeste, y 213 m.s.n.m de altitud.



Desde el punto de vista climático el área de estudio se caracteriza por un clima templado con temperatura media anual de $15,5^{\circ}\text{C}$, y medias para el mes más frío (julio) y el mes más cálido (enero) de $8,5^{\circ}\text{C}$ y $22,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Vergara y Casagrande, 2012). 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

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completos con arreglo factorial en parcelas divididas, con 4 repeticiones (bloques), utilizando una parcela de 3360 m² (112 m x 30 m) con un cultivo de centeno (C) y una parcela de 840 m² (28 m x 30 m) como testigo bajo barbecho (B) (Tabla 2). La siembra del CC se llevó a cabo a fines del mes de abril en un lote proveniente de un cultivo de centeno. En el caso del CC, la parcela principal se dividió en sub-parcelas en las que se aplicaron dos niveles de fertilización nitrogenada (F (50 Kg.ha⁻¹ de Urea) y T (sin fertilizar)). Las sub-parcelas fueron divididas en sub sub-parcelas en las que se evaluaron dos fechas de secado (A y S). Por su parte, el testigo bajo barbecho, se mantuvo libre de malezas (L) durante todo el ciclo invernal. Luego se trabajó, tanto en el CC como en el testigo bajo barbecho, con dos fechas hipotéticas de siembra de maíz (O y D), quedando cada unidad experimental con una superficie de 420 m² (14 m x 30 m).

Dimensiones totales:

Centeno: (8 unidades experimentales de 14 m * 30 m) * 4 repeticiones = 13440 m²

Barbecho: (2 unidades experimentales de 14 m * 30 m) * 4 repeticiones = 3360 m²

Superficie total: 16800 m².

Tabla 2: Distribución de los tratamientos.

CFAO	CTSD	BTLO	CFAD	CTSO	CFSO	CTAD	BTLD	CFSD	CTAO
BTLD	CFSD	CTAO	CFAO	CTSD	BTLO	CFAD	CTSO	CFSO	CTAD
CFSO	CTAD	BTLD	CFSD	CTAO	CFAO	CTSD	BTLO	CFAD	CTSO
BTLO	CFAD	CTSO	CFSO	CTAD	BTLD	CFSD	CTAO	CFAO	CTSD

Referencias: C: centeno; B: barbecho; L: Limpio; F: fertilizado; T: testigo; A: secado en agosto; S: secado en septiembre; O: Siembra octubre; D: Siembra diciembre.

Determinaciones

Antes de la siembra del cultivo de cobertura se llevaron a cabo las siguientes determinaciones de propiedades edáficas para caracterizar el lote, en cuanto a su aptitud productiva:

- 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 μm .
- C Total (COT (<2000 μm) y fracción lábil (COJ (fracción 50-2000 μm)) y estable

(COV (fracción $<50\mu\text{m}$)) por digestión ácida con dicromato de potasio a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora y cuantificación colorimétrica (Soon y Abboud, 1991).

Durante el ciclo del cultivo de cobertura y hasta las fechas de siembra del cultivo de maíz:

- Agua útil hasta profundidad de tosca por método gravimétrico.
- MS del CC en distintos momentos de su ciclo y luego del quemado (la MS se evaluó en estufa de circulación forzada a 60°C hasta peso constante).
- Contenidos de carbono por combustión seca (LECO, modelo CR-12) y nitrógeno (semi-micro Kjeldahl).
- MS de malezas.

Para la determinación de MS, se recolectaron muestras de material vegetal del CC, malezas y rastrojo proveniente del cultivo antecesor en una superficie de 0.25 m^2 y se obtuvo la biomasa equivalente a 10000 m^2 .

Labores realizadas

- Siembra de CC. Fertilización fosforada en todo el ensayo ($50\text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Superfosfato triple) y nitrogenada en centeno. Muestreo para determinación de humedad y MO.
- Quemado de CC de Agosto. Muestreo para determinación de humedad y MO.
- Quemado de CC de Septiembre. Muestreo para determinación de humedad y MO.
- Muestreo para determinación de humedad y MO en octubre.
- Muestreo para determinación de humedad y MO en diciembre.

Análisis estadístico

Se llevaron a cabo Análisis de la Varianza (ANAVA) para evaluar el efecto de los tratamientos en cada variable utilizando el método LSD Fisher como test para la separación

de medias en aquellos casos en los que se registraron diferencias significativas. Todos los análisis se elaboraron a partir del software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización climática y edáfica del sitio.

El suelo sobre el cual se llevó a cabo el ensayo es un *Paleustol petrocalcico* de textura franco arenosa (65% de arena, 23% de limo y 12% de arcilla) con una profundidad que varió entre 80 y 120 cm. Al comienzo del ensayo se determinó el valor de humedad en Punto de Marchitez Permanente (PMP) cada 20 cm de espesor y hasta la profundidad de manto calcáreo, obteniéndose valores cercanos a 10 % a lo largo del perfil.

En cuanto a las precipitaciones, durante el período de duración del ensayo, se registraron niveles superiores a los valores medios 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 CC (Tabla 3).

Tabla 3: Precipitaciones promedio del período 1977-2011 y precipitaciones del año 2014.

	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. 2014	67.4	129.7	44.8	146.7	47.8	0.6	53	35.2	36.5	215.9	52.7	23.0
Diferencias				88.9			33.7			145.2	-111.8	

Vergara y Casagrande, 2012.

Humedad del suelo.

Las determinaciones de humedad se realizaron a la siembra de los CC (última semana de abril), en las fechas de quemado de los mismos (última semana de agosto y septiembre) y en las fechas programadas para la siembra del cultivo de maíz (última semana de octubre y diciembre). Los resultados obtenidos corresponden al contenido de agua útil hasta el manto calcáreo (Tabla 4 a Tabla 7).

Tabla 4: Contenido inicial de humedad (mm) en el perfil para los distintos tratamientos.

Tratamiento		Abril (mm)	
B	BO	86	77 a
	BD	67	
CC	CTAO	67	74 a
	CTAD	68	
	CTSO	80	
	CTSD	85	
	CFAO	80	
	CFAD	75	
	CFSO	68	
	CFSD	67	

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

Se puede apreciar que el contenido de agua útil a la siembra presentó un comportamiento espacial homogéneo, ya que no se registraron diferencias significativas entre las determinaciones correspondientes a los distintos tratamientos (Tabla 4). Por otra parte, el CV fue inferior al 10%, lo que permite afirmar que el nivel inicial de agua útil no sería una fuente de variación entre tratamientos.

Tabla 5: Contenido de humedad del perfil para la fecha de quemado de agosto en los distintos tratamientos.

Tratamiento		Agosto (mm)	
B	BO	71	68 a
	BD	65	
CT	CTAO	48	52 ab
	CTAD	44	
	CTSO	57	
	CTSD	58	
CF	CFAO	47	44 b
	CFAD	47	
	CFSO	39	
	CFSD	44	

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

Para la primera fecha de quemado, si se consideran en conjunto los tratamientos fertilizados (CF), los no fertilizados (CT) y los correspondientes a barbecho químico (B), se observan diferencias entre el primer y el último grupo de tratamientos, lo cual puede ser

explicado por el mayor consumo de agua por parte de los CF. En una situación intermedia se hallan los CT (Tabla 5). Este comportamiento era el esperado si lo relacionamos con los rendimientos de MS de los CF en comparación con los CT (2195 kg.ha⁻¹ vs. 1357 kg.ha⁻¹, respectivamente). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Quiroga et al., (2007) que obtuvieron menores contenidos de agua útil en CC fertilizados en comparación con testigos sin CC.

Por otra parte, se observó una disminución en los niveles de agua útil de 22 mm y 30 mm en CC testigos y fertilizados, respectivamente en los suelos bajo CC si comparamos con los niveles iniciales del mes de abril. En este sentido se observa que el suelo B mantuvo los valores iniciales.

Tabla 6: Contenido de humedad del perfil para la fecha de quemado de septiembre en los distintos tratamientos.

	Tratamiento	Septiembre (mm)	
B	BO	132	125 a
	BD	117	
CTA	CTAO	120	124 a
	CTAD	128	
CTS	CTSO	120	127 a
	CTSD	134	
CFA	CFAO	136	130 a
	CFAD	124	
CFS	CFSO	97	95 b
	CFSD	93	

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

En cuanto a la segunda fecha de quemado, se evaluó el efecto de la fertilización y fecha de quemado y se observa que los CC fertilizados y quemados en septiembre (CFS) se diferenciaron significativamente de los demás tratamientos (Tabla 6). Al igual que en la fecha de quemado de agosto, estas diferencias estarían asociadas a los rendimientos de MS, debido a que los CFS promediaron 3680 kg.ha⁻¹, mientras que los restantes no superaron los 2700

kg.ha⁻¹. Por otra parte, los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí.

Tabla 7: Contenido de humedad del perfil para las dos fechas de siembra de maíz en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Octubre (mm)	Diciembre (mm)
BO	124 a	
BD		50 a
CTAO	122 a	
CTAD		65 a
CTSO	115 a	
CTSD		72 a
CFAO	105 a	
CFAD		54 a
CFSO	105 a	
CFSD		59 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD, $p > 0,05$).

Finalmente, al considerar las fechas de siembra temprana y tardía de maíz, se observa que el suelo no presentó diferencias significativas en cuanto a la recarga del perfil dentro de una misma fecha de siembra bajo los diferentes tratamientos (Tabla 7). Es importante destacar que el aporte de las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del CC influyó en la ausencia de diferencias significativas de humedad edáfica, incluso con los tratamientos B (Figura 1 izquierda). En este sentido, Rimski-Korzakov et al., (2016), a partir de una revisión de trabajos llevados a cabo en la región semiárida pampeana, reportaron que al momento de la siembra del cultivo estival (soja o maíz), se hallaron valores extremos de acumulación de agua útil que fueron de 101 mm más a 40 mm menos en suelos con un CC previo en comparación con suelos testigos. Por otra parte, estos autores destacan que cuando el período comprendido entre el secado del CC y la siembra del cultivo estival es mayor a dos meses, no se hallaron diferencias en este parámetro entre suelos bajo CC y testigos.

Si consideramos la fecha de siembra temprana (octubre), debemos destacar que las precipitaciones acumuladas durante este mes fueron superiores a los 200 mm (promedio histórico de 70.7 mm) (Tabla 3), lo cual encubrió las diferencias de almacenaje de agua total y útil, independientemente del tratamiento. Por otra parte, si se hace referencia a la fecha de siembra tardía (diciembre), se observa que los valores de agua útil son menores a los de octubre, lo cual podría ser explicado por niveles de precipitaciones acumuladas entre noviembre y diciembre inferiores a los 60 mm al momento del muestreo (promedio histórico de 187.5 mm), lo cual permitió que los distintos tratamientos dejaran una mayor recarga de perfil para la siembra temprana de maíz, contrariamente a lo que se habría esperado.

Estas diferencias entre el agua almacenada en octubre y diciembre es más notoria en los tratamientos B (pérdidas de humedad del 60%) y en los CC quemados en agosto (pérdida promedio del 47%), en tanto que los quemados en septiembre dichas pérdidas fueron de alrededor del 40% (Figura 1 derecha). Posiblemente este efecto se deba a la mayor acumulación de biomasa en los CC secados en septiembre, lo que permitió reducir la pérdida de agua por evaporación. Sin embargo en todos los tratamientos se debe considerar el consumo de agua por parte de las malezas en este período, debido a que en los CC quemados en agosto la MS de malezas aumentó de 440 a 563 kg.ha⁻¹, mientras que en los quemados en septiembre y en los barbechos químicos los aumentos fueron de 0 a 580 kg.ha⁻¹ y 0 a 394 kg.ha⁻¹, respectivamente. De esto se desprende que la pérdida de agua en los tratamientos quemados en septiembre estaría asociada principalmente al consumo por parte de las malezas y en el caso de los CC quemados en agosto y los barbechos al efecto de evapotranspiración (evaporación desde el suelo y transpiración por parte de las malezas).

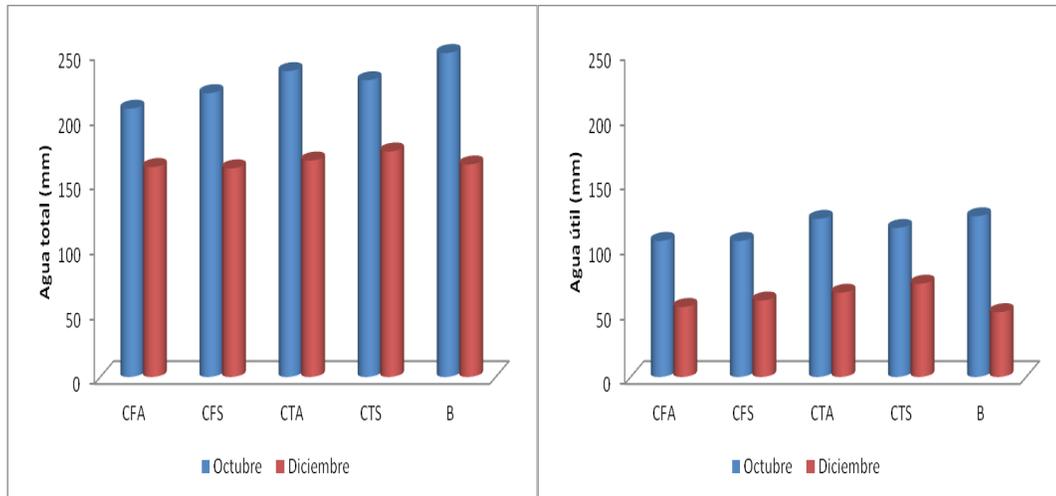


Figura 1: Contenido de agua total (izquierda) y útil (derecha) en octubre y diciembre para los diferentes tratamientos.

Producción de materia seca.

Al momento de la siembra de los CC se determinó MS de rastrojos en los distintos tratamientos, obteniéndose un promedio de aproximadamente $5000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Este parámetro presentó homogeneidad en todo el ensayo, por lo que al igual que en el caso de agua útil, no representó una fuente de variación inicial.

Para las fechas de muestreo correspondientes a agosto y septiembre, se consideró por separado la MS del CC y la del rastrojo, mientras que en las restantes se las cuantificó en conjunto, debido a la dificultad para poder separar dichos componentes, principalmente en la fecha de siembra tardía del maíz (diciembre). La MS de malezas, siempre fue cuantificada por separado de las dos fracciones restantes. Los resultados correspondientes a las diferentes fechas de muestreo se muestran a continuación (Tabla 8, 9, 12, 13 y 14).

Tabla 8: Materia seca correspondiente a la primera fecha de quemado en los diferentes tratamientos.

Tratamiento		MS CC		MS rastrojo		MS malezas	
CF	CFAO	2218	2195 a	1745	1659 b	0	0
	CFAD	2000		1319		0	
	CFSO	2088		1568		0	
	CFSD	2474		2002		0	
CT	CTAO	1361	1357 b	2036	1758 b	0	0
	CTAD	1333		1828		0	
	CTSO	1355		1535		0	
	CTSD	1380		1636		0	
B	BO	0	0	4339	4092 a	0	0
	BD	0		3844		0	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD, $p > 0,05$).

Los niveles de MS de CC correspondientes a la primera fecha de quemado mostraron diferencias significativas debido al efecto de la fertilización, observándose un incremento promedio de producción de biomasa del orden del 60% (Tabla 8). Estudios llevados a cabo por Arguello et al., (2011) y Fernández et al., (2013) hallaron también efectos positivos de la fertilización nitrogenada sobre producción de MS en CC de centeno.

En cuanto a los niveles de MS de rastrojos, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con CC y los tratamientos bajo barbecho químico presentando estos últimos, valores superiores (Anexo – Foto 1). Resultados similares fueron hallados por Varela et al. (2012), quienes observaron que los rastrojos de un cultivo de soja se degradaron más rápidamente cuando había un CC creciendo en el suelo lo cual estaría relacionado con el mantenimiento de mayores niveles de humedad superficial y la mayor biomasa microbiana, tanto en suelo como en rastrojo, en el tratamiento bajo CC invernal.

Finalmente, para esta fecha de muestreo no se observó presencia de malezas bajo ningún tratamiento. Cabe destacar que en los tratamientos bajo barbecho químico, la ausencia de malezas es debida a los controles establecidos para lograr una mayor eficiencia de barbecho

en cuanto a la recarga de agua en el perfil de suelo. Resultados similares fueron reportados por Scianca et al., (2008).

Tabla 9: Materia seca correspondiente a la segunda fecha de quemado en los diferentes tratamientos.

Tratamiento		MS CC		MS rastrojo		MS malezas	
CFA	CFAO	1496	1492 c	1480	1351 b	0	0
	CFAD	1487		1222		0	
CFS	CFSO	3630	3680 a	1650	1585 ab	0	0
	CFSD	3729		1520		0	
CTA	CTAO	1150	1071 c	1503	1438 ab	0	0
	CTAD	992		1372		0	
CTS	CTSO	2419	2610 b	1483	1301 b	0	0
	CTSD	2800		1119		0	
B	BO	0	0	1817	1780 a	139	229
	BD	0		1743		319	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD, $p > 0,05$).

En la segunda fecha de quemado se registraron diferencias significativas en cuanto a la producción de MS de los CC. Como era de esperar, los tratamientos CFS presentaron los mayores niveles de MS y los CTA, los menores, aunque sin diferenciarse de CFA. Los resultados de la Tabla 9 y Figura 2 permiten apreciar las diferencias generadas, ya sea por efecto de la fertilización nitrogenada, como así también por la fecha de quemado del CC.

Si se comparan estos valores con los observados en agosto, se puede apreciar que los CC quemados en agosto, disminuyeron sus niveles de MS entre 300 y 600 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para los testigos y fertilizados, respectivamente, mientras que los quemados en septiembre aumentaron entre 1.200 y 1.400 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, testigos y fertilizados (Figura 2). Esta mayor disminución en los niveles de MS de los residuos de CC fertilizados podría relacionarse con la calidad de los mismos dado que la relación C/N fue menor en CFA que en CTA (24 y 27, respectivamente).

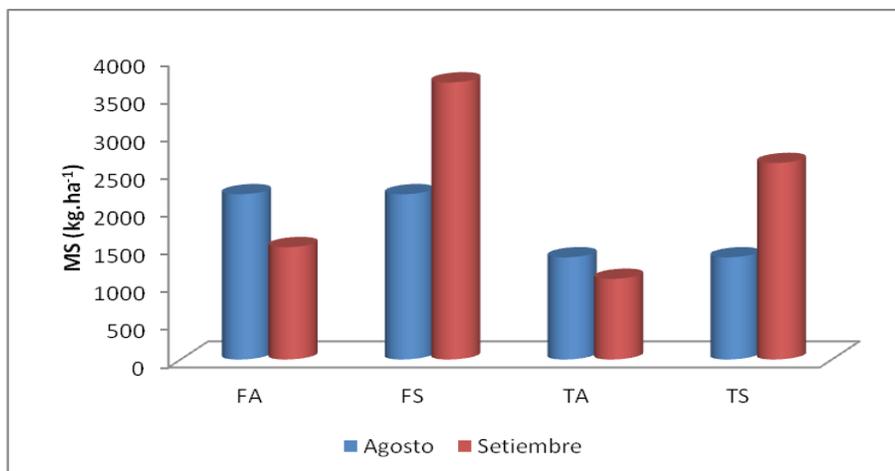


Figura 2: Materia seca de CC en las dos fechas de quemado.

En cuanto a MS de rastrojos, lo más destacable es la disminución de este parámetro en los tratamientos B con respecto al corte de agosto (-2312 kg.ha⁻¹), en comparación con los tratamientos bajo CC (-290 kg.ha⁻¹) en el mismo período. Esto hace que las diferencias de los tratamientos B, con respecto a los CC sean mucho menores e incluso inexistentes con CTA y CFS. Por su parte, los tratamientos con CC no presentaron diferencias entre sí.

Cabe destacar que en esta fecha de muestreo tampoco se observó presencia de malezas en los tratamientos correspondientes a CC, reflejando un efecto positivo en el control de las mismas. Solo se las pudo cuantificar en el tratamiento B.

Otro aspecto a tener en cuenta es el referido a la eficiencia en el uso del agua (EUA). Este parámetro se obtuvo a partir de la relación entre MS de los CC y uso consuntivo (UC) de los mismos. Por su parte, este último valor surge de cuantificar la oferta hídrica para el CC (Precipitaciones ocurridas durante su ciclo de crecimiento más el agua edáfica inicial) y el agua no utilizada por el CC (agua edáfica final). En función de lo mencionado, los valores de EUA, se presentan en las Tablas 10 y 11.

Tabla 10: Uso consuntivo y EUA correspondiente a la primera fecha de quemado para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Pp.	H. inicial	H. final	UC	MS CC	EUA	
CTAO	137	67	48	156	1361	8,7	8,5 b
CTAD	137	68	44	161	1333	8,3	
CTSO	137	80	57	160	1355	8,5	
CTSD	137	85	58	164	1380	8,4	
CFAO	137	80	47	170	2218	13,0	13,3 a
CFAD	137	75	47	165	2000	12,1	
CFSO	137	68	39	166	2088	12,6	
CFSD	137	67	44	160	2474	15,5	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD, $p>0,05$).

Al considerar los tratamientos fertilizados y testigos, se observa diferencia significativa en la EUA debido al efecto de la fertilización nitrogenada (Tabla 10). Los valores de UC rondaron entre 150-170 mm para el ciclo comprendido entre fines de abril y fines de agosto.

Tabla 11: Uso consuntivo y EUA correspondiente a la segunda fecha de quemado para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Pp.	H. inicial	H. final	U.C.	MS CC	EUA	
CTSO	293	80	120	253	2419	9,6	10,5 b
CTSD	293	85	134	244	2800	11,5	
CFSO	293	68	97	264	3630	13,8	13,9 a
CFSD	293	67	93	267	3729	14,0	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD, $p>0,05$).

En cuanto a la segunda fecha de quemado también se observan diferencias significativas en este parámetro, debido al efecto de la fertilización, con UC que rondaron los 240-270 mm (Tabla 11). A su vez, se observa un aumento en la EUA si se compara con la fecha de muestreo anterior a excepción de CF que mantuvo los valores en el tiempo. En este sentido, Ridley (2013), trabajando con CC de avena blanca, halló diferencias en EUA debidas a la duración del cultivo, en donde la fecha de secado tardía permitió una mayor exploración radical, y a la fertilización nitrogenada, que aumentó la EUA entre 23% y 64% según la fecha de secado.

Del análisis de las dos fechas de muestreo, se puede observar que el CFA presentó una EUA superior a la de los CTS, lo que en cierta forma lleva a concluir que el efecto de la fertilización permitiría adelantar la fecha de quemado del CC fertilizado si el objetivo es obtener residuos con una baja relación C/N para sincronizar la mineralización del mismo con los requerimientos nutricionales del cultivo estival y llegar a una siembra temprana de maíz con un perfil de suelo con niveles superiores de agua útil, a pesar de que CTS generó en promedio 400 kg.ha⁻¹ más de MS.

Al considerar el efecto conjunto de MS de CC y rastrojos, se observa que en la primera fecha de quemado los tratamientos B presentan los mayores valores de cobertura, aunque sin presentar diferencias significativas con los CC fertilizados (Tabla 12).

Tabla 12: Materia seca correspondiente a la primera fecha de quemado en los diferentes tratamientos.

Tratamiento		MS CC + rastrojo	
B	BO	4339	4092a
	BD	3844	
CT	CTAO	3397	3116 b
	CTAD	3161	
	CTSO	2890	
	CTSD	3016	
CF	CFAO	3963	3854 a
	CFAD	3319	
	CFSO	3656	
	CFSD	4476	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD, $p > 0,05$).

En la segunda fecha de quemado, se pudo apreciar que todos los tratamientos bajo CC presentaron diferencias significativas con respecto a los tratamientos B. Por su parte, los CC quemados en septiembre presentaron mayores valores de MS con respecto a los quemados en agosto (Anexo – Foto 2), y a su vez se diferenciaron entre sí, debido al efecto de la fertilización, mientras que CFA y CTA no mostraron diferencias significativas (Tabla 13).

Tabla 13: Materia seca correspondiente a la segunda fecha de quemado en los diferentes tratamientos.

Tratamiento		MS CC + rastrojo	
B	BO	1817	1780 d
	BD	1743	
CT	CTAO	2653	2508 c
	CTAD	2364	
	CTSO	3902	3910 b
	CTSD	3918	
CF	CFAO	2976	2842 c
	CFAD	2709	
	CFSO	5280	5264 a
	CFSD	5249	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD, $p>0,05$).

En cuanto a las últimas dos fechas de muestreo (Tabla 14 y Figura 3), se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos, siendo los CFS los que presentaron los mayores valores de MS (Anexo – Foto 1), para las dos fechas de siembra de maíz, mientras que los CTA mostraron los menores valores en octubre, pero no se diferenciaron de B en diciembre.

Tabla 14: Materia seca correspondiente a las dos fechas de siembra de maíz en los distintos tratamientos.

Tratamiento		MS CC + rastrojo	MS malezas
B	BO	1936 c	165
	BD	1293 c	394
CT	CTAO	1309 d	376
	CTAD	1525 c	488
	CTSO	2815 b	0
	CTSD	1975 b	580
CF	CFAO	1891 c	503
	CFAD	1909 b	638
	CFSO	3801a	0
	CFSD	3399 a	512

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD, $p>0,05$).

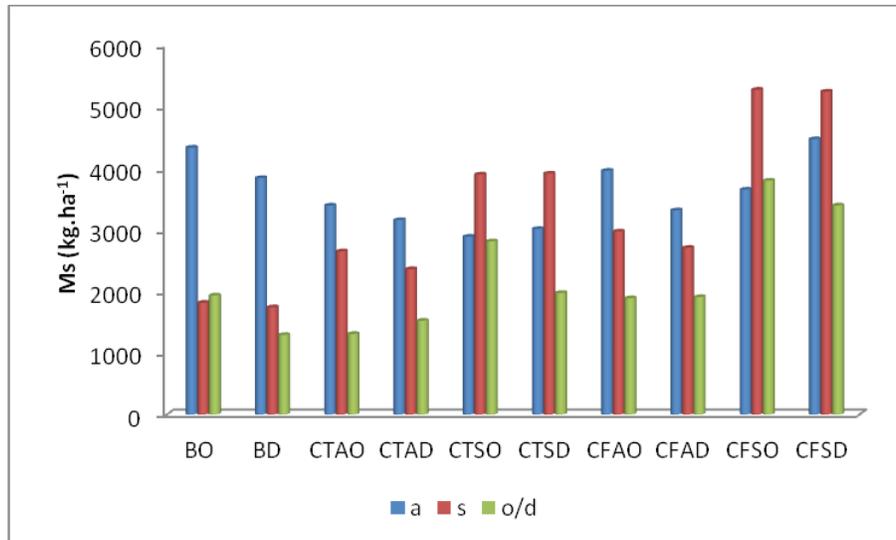


Figura 3: Materia seca de CC + rastrojos en las dos fechas de quemado.

Materia orgánica del suelo

Los muestreos para realizar las determinaciones de MO se llevaron a cabo en conjunto con los de humedad. Dichas muestras fueron tomadas en los primeros 0.20 m de profundidad y los resultados obtenidos se presentan en las tablas 15 y 16. Debido a la inexistencia de diferencias, ya sea entre tratamientos como entre muestreos, se muestran solamente los resultados correspondientes a la situación inicial (abril) y a las dos fechas de siembra del cultivo estival (octubre y diciembre).

Al igual que en el caso de humedad del perfil y niveles de MS de rastrojos, a la fecha de inicio del ensayo no se observaron diferencias en el contenido de materia orgánica total (MOT) y materia orgánica joven (MOJ) entre los diferentes tratamientos, lo cual permite afirmar que se parte de un nivel de fertilidad similar en todo el ensayo y se descarta a la MO inicial como fuente de variación entre tratamientos (Tabla 15). Un aspecto a tener en cuenta es que en todos los tratamientos la fracción lábil de la MO representó en promedio un 10,9 % de la MO total, lo cual concuerda con otros trabajos de la región en relación a suelos agrícolas (Casanovas et al., 1995; Quiroga, 2002).

Tabla 15: Materia orgánica inicial en los distintos tratamientos.

Muestra	MOT (g.kg ⁻¹)		MOJ (g.kg ⁻¹)	
BO	14,6	14,2 a	1,58	1,56 a
BD	13,8		1,54	
CTAO	14,4	14,6 a	1,60	1,60 a
CTAD	15,2		1,66	
CTSO	13,9		1,51	
CTSD	15,5		1,66	
CFAO	13,3		1,48	
CFAD	15,8		1,70	
CFSO	14,1		1,55	
CFSD	14,9		1,61	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (LSD, $p > 0,05$).

En cuanto a los muestreos de octubre y diciembre tampoco se observaron diferencias significativas entre tratamientos, ya sea en MOT como en MOJ, a pesar de las diferencias en los aportes de MS por parte de los CC (Tabla 16). No obstante se registró un leve aumento en la proporción de MOJ sobre el total de MO (11.5 % y 11.6 % en octubre y diciembre, respectivamente), con respecto a la situación inicial (10,9 %).

Tabla 16: Materia orgánica final (correspondiente a las dos fechas de siembra de Maíz) en los distintos tratamientos.

	MOT octubre (g.kg ⁻¹)	MOJ octubre (g.kg ⁻¹)	MOT diciembre (g.kg ⁻¹)	MOJ diciembre (g.kg ⁻¹)
BO	14,1 a	1,60 a	13,5 a	1,55 a
BD				
CTAO	14,1 a	1,63 a	14,8 a	1,73 a
CTAD				
CTSO	14,4 a	1,65 a	15,8 a	1,80 a
CTSD				
CFAO	13,0 a	1,52 a	15,6 a	1,75 a
CFAD				
CFSO	14,6 a	1,7 a	15,3 a	1,76 a
CFSD				

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

De lo observado en cuanto a niveles de MO, se puede confirmar lo planteado en la H₃, ya que no se hallaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, como así

tampoco entre las diferentes fechas de muestreo. No obstante, se observó una leve tendencia al aumento en la relación MOJ/MOT, lo cual deberá ser confirmado en ensayos posteriores.

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 fertilización nitrogenada y la fecha de quemado.

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 la calidad del residuo que se estaba aportando al suelo, por lo que los resultados que se presentan en la Tabla 17 corresponden a los muestreos de agosto y septiembre.

Tabla 17: Relación C/N correspondiente a los diferentes tratamientos al momento del quemado.

Tratamiento	Relación C/N
CTA	27
CFA	24
CTS	36
CFS	33

De los resultados obtenidos se refleja efecto tanto de la fertilización nitrogenada como de la fecha de quemado del CC, sobre la relación C/N del residuo aportado. La fertilización nitrogenada muestra un efecto de reducción de la relación C/N debido, posiblemente, a la mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo, y una mayor concentración en los tejidos del cultivo. Por su parte, el momento de quemado muestra un efecto mayor sobre este parámetro, aumentando notoriamente la relación C/N al atrasar la finalización del ciclo debido a una

mayor acumulación de compuestos carbonados como lignina en los tejidos al avanzar su estadio fenológico. Estos resultados concuerdan con Fernández et al., (2012b) que reportaron que la fertilización aumentó la cantidad de residuos y disminuyó su relación C/N. Por otra parte, estos autores afirman que para una fecha temprana de secado (julio) los residuos presentaron una relación C/N baja comparado a una fecha de secado posterior (agosto). Esto podría asociarse al estado fenológico del centeno en ambas fechas. El CC secado en julio se encontraba en estado vegetativo (macollaje), mientras que el CC secado en agosto ya había iniciado la etapa reproductiva y se encontraba en encañazón-floración.

CONCLUSIONES

Para las condiciones en las que se llevó a cabo el trabajo, con precipitaciones superiores a la media histórica en los meses de abril, julio y octubre e inferiores en noviembre y diciembre, se puede concluir que los cultivos de cobertura quemados en septiembre, presentaron mayores niveles de producción de materia seca que los quemados en agosto. En cuanto al control de malezas, todos los tratamientos ejercieron un eficiente control durante el ciclo del cultivo de cobertura. Para la fecha de siembra temprana de maíz, solo se enmalezaron los centenos quemados en agosto, mientras que en diciembre todos los tratamientos presentaron niveles similares de materia seca de malezas. En cuanto a contenidos de agua útil, no se hallaron diferencias significativas entre suelos bajo cultivos de cobertura y testigos, ya sea en octubre como en diciembre, debido posiblemente al efecto de las precipitaciones ocurridas durante el período de barbecho.

La fertilización nitrogenada permitió aumentar los niveles de producción de materia seca y mejorar la eficiencia en el uso del agua de los cultivos de cobertura logrando valores similares entre el centeno fertilizado y quemado en agosto en comparación con el testigo quemado en septiembre. Sin embargo, no se observaron diferencias en la acumulación de agua al momento de la fecha de siembra temprana y tardía de maíz entre estos dos tratamientos. A su vez, los cultivos quemados en agosto, si bien no presentaron niveles importantes de materia seca de malezas al momento de la fecha de siembra temprana del cultivo estival, se debe destacar que el centeno quemado en septiembre no permitió la emergencia de las mismas.

En cuanto a los niveles de materia orgánica, el suelo bajo cultivos de cobertura no logró diferenciarse del suelo bajo barbecho luego del primer año de ensayo. No obstante, es importante dar continuidad a este trabajo, debido a que la acumulación de los efectos

benéficos de esta práctica seguramente logrará mostrar diferencias con respecto a manejos donde no se genera cobertura vegetal durante el período invernal. Por otra parte, tal como era de esperar, el cultivo de centeno, fertilizado y quemado en agosto presentó la menor relación C/N (24) y el testigo quemado en septiembre la mayor (36), lo que implica diferentes tasas de degradación de residuos y liberación de nutrientes para ser utilizados por el cultivo estival.

Otro aspecto a considerar es el efecto del cultivo de cobertura sobre la velocidad inicial de degradación del rastrojo del cultivo antecesor, ya que bajo cobertura vegetal pareciera generarse un ambiente muy propicio para la degradación de dicho rastrojo, hecho que no ocurre en suelos con barbechos a los que se los mantiene limpios durante todo el período de descanso del suelo. Por esto se considera que el tema debería ser abordado con mayor detalle en trabajos futuros.

Finalmente, se puede concluir que los cultivos de cobertura de centeno con 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, si bien no evitó la emergencia de malezas, principalmente al momento de la fecha de siembra tardía del maíz, probablemente a partir de la continuidad de esta práctica se logre mejorar el control de esta adversidad. Por otra parte, se espera, a partir del efecto acumulado de los cultivos de cobertura en la rotación, 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:** Suelo bajo barbecho químico (Agosto).**Foto 2:** Centeno quemado en septiembre (Septiembre).**Foto 3:** Barbecho (derecha), Centeno quemado en septiembre (abajo) y en agosto (arriba) (Diciembre).

BIBLIOGRAFÍA

- Abdin, O., X. Zhou, D. Cloutier, D. Coulman, M. Faris, y D. Smith. 2000. Cover crops and interrow tillage for weed control in short season maize (*Zea mays*). *European Journal of Agronomy*, 12:93-102.
- Arguello J, M. 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.
- 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.
- Baigorría, T. y C. Cazorla. 2010. Eficiencia de 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.
- Cambardella, C. y E. Elliott. 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:777-783.
- Casanovas, E., H. Echeverría y G. Studdert. 1995. Materia orgánica del suelo bajo rotaciones de cultivos. Contenido total y de distintas fracciones. *Ciencia del suelo* 13: 16-20.
- Daliparthi J., S. Herbert, y P. Veneman, 1994. Dairy manure application to alfalfa: crop response, soil nitrate, and nitrate in soil water. *Agron. J.* 86, 927–933.

- 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. doi:10.1016/j.still.2003.11.001.
- Ding G., X. Liu, S. Herbert, J. Novak, A. Dula y B. Xing. 2005. Effect of cover crop management on soil organic matter. *Geoderma*. Article in Press.
- Ding, G., X. Liu, S. Herbert, J. Novak, D. Amarasiriwardena y B. & Xing. 2006. Effect of cover crop management on soil organic matter. *Geoderma*, 130(3-4):229-239. doi:10.1016/j.geoderma.2005.01.019.
- Duarte G. 2002. Sistemas de Producción de girasol en la región húmeda argentina. In *Manual práctico para el cultivo de girasol*. Edictores Díaz-Zorita M. y Duarte G., 2002. 313 pp.
- Fengrui, L., Z. Songling, y G. Geballe. 2000. Water use patterns and agronomic performance for some cropping systems with and without fallow crops in a semi-arid environment of northwest China. *Environment*, 79:129-142.
- Fernández, R., D. Funaro y A. Quiroga. 2005. Influencia de cultivos de cobertura en el aporte de residuos, balance de agua y contenido de nitratos. Aspectos del manejo de los suelos en sistemas mixtos de las regiones semiárida y subhúmeda Pampeana. *Boletín de divulgación técnica* N° 87:25-31.

- Fernández, R., A. Quiroga, F. Arena, C. Antonini 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. Manual de Fertilidad y Evaluación de Suelos. EEA INTA Anguil, publicación técnica N°71: 51-59.
- 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 a. 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. 2012 b. Cultivos de cobertura, ¿una alternativa viable para la región semiárida pampeana? Ciencia del suelo 30(2): 137-150.
- 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. Pag 117-127.

- Follett, R. 2001. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *Soil and Tillage Research*, 61:77-92.
- Gerowitt, B. 2003. Development and control of weeds in arable farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98(1-3):247-254. doi:10.1016/S0167-8809(03)00084-7.
- 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.
- Lampurlanes, J., P. Angás 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.
- Miranda W., A. Cirilo, M. Barraco, C. Scianca, A. Lardone y C. Justo. 2012. Análisis de estrategias de manejo y factibilidad climática de maíces de primera y tardío en el noroeste de Buenos Aires. XXIX Reunión de la Sociedad Argentina de Fisiología Vegetal. Mar del Plata. Del 17 al 20 de septiembre de 2012. Organizador: Sociedad Argentina de Fisiología Vegetal.
- Miranda W., N. Rouillet, M. Barraco y H. Acciaresi. 2013. Respuesta de Maíz a diferentes estrategias de inversión en producción en General Villegas. Memoria Técnica 2012-2013. INTA General Villegas.
- Mischler, R., S. Duiker, W. Curran y D. Wilson. 2010. Hairy vetch management for no-till organic corn production. *Agronomy Journal* 102: 355-362.

- Mohammadi, G. 2010. The effects of different autumn seeded cover crops on subsequent irrigated corn response to nitrogen fertilizer. *Agricultural Sciences*, 01(03):148-153. doi:10.4236/as.2010.13018.
- Mohler, C. y J. Teasdale. 1993. Response of weed emergence to rate of vicia villosa Roth and secale cereale L. residue. *Weed Res.* 33:487-499.
- 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 miscellanea N°112 INTA Rafaela.
- Petersen, S., J. Mutegi, E. Hansen y L. Munkholm. 2011. Tillage effects on N₂O emissions as influenced by a winter cover crop. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(7):1509-1517. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.soilbio.2011.03.028.
- Quiroga, A. 2002. Indicadores de calidad de suelos en molisoles de la región semiárida pampeana. Relación con el manejo y productividad de cultivos. Tesis Doctor en agronomía. Universidad Nacional del Sur.
- Quiroga, A., P. Carfagno, M. Eiza y R. Michelena. 2007. Inclusión de cultivos de coberturas bajo agricultura de secano en la región semiárida pampeana. EEA INTA General Villegas. Jornada de cultivos de cobertura. Septiembre 2007.
- Ranells, N. y M. Wagger. 1997. Winter annual grasslegume bicultures for efficient nitrogen management in no-till corn. *Ecosystems*, 65:23-32.

- Reeves, D. 1994. Cover crops and rotations. In: Crops residue management J.L. Hatfield and B.A. Stewart (eds). Adv. In Soil Sci. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. Pp. 125-172.
- 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. doi:10.1016/j.fcr.2011.12.012.
- Richards, L. 1948. Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. *Soil Science* 66(2):105-110.
- Ridley, N. 2013. En: Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción, eds. C. Álvarez et al. INTA EEA Anguil. Pp. 7-15.
- Rimski-Korsakov, H., C. Álvarez y R. Lavado. 2016. Cultivos de cobertura invernales en la región pampeana argentina. IPNI. IAH 21: 2-6.
- 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 p.
- 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.
- 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, M. Pérez. 2008. Impacto de diferentes coberturas invernales sobre propiedades edáficas, población de malezas y productividad de soja. E.E.A. General Villegas. Publicaciones regionales. Memoria técnica 2007-2008. Pp. 55-58.
- SIIA. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. 2015. Estimaciones agrícolas.
- Soon, Y. y S. Abboud. 1991. Comparison of some methods for soil organic carbon determination. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 22:943-954.
- Teasdale, J. 1993. Interaction of light, soil moisture, and temperature with weed suppression by hairy vetch residue. *Weed Science* 41:46 -51.
- Varela, F., C. Scianca, M. Taboada y G. Rubio. 2012. Los cultivos de cobertura aceleran la descomposición de rastrojos de soja. Actas XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, desarrollado en Mar del Plata del 16 al 20 de abril de 2012.
- Vergara G. y G. Casagrande. 2012. Estadísticas Agroclimáticas de la Facultad de Agronomía, Santa Rosa, La Pampa, Argentina. 1977-2010. Vol. 22- Serie Suplemento N°1- Año 2012.
- Wander M. y S. Traina. 1996. Organic fractions from organically and conventionally managed soils: I. Carbon and nitrogen distribution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60, 1081– 1087.
- Zotarelli, L., L. Avila, J. Scholberg y B. Alves. 2009. Benefits of Vetch and Rye. Cover Crops to Sweet Corn under No-Tillage. *Agronomy Journal* 101:252-260.