

“CULTIVOS DE COBERTURA DE VICIA Y CENTENO COMO ANTECESORES DE MAÍZ DE FECHA DE SIEMBRA TARDÍA: EFECTO DE LA FECHA DE QUEMADO SOBRE PRODUCCIÓN DE BIOMASA, RELACIÓN C/N Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA”

Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniero Agrónomo

Autores:

Pécora, José Ignacio

Testa, Milton Ezequiel

Director:

Riestra, Diego René - Agrotécnia

Evaladores:

Repollo, Rodolfo – Cereales y Oleaginosas

Ferrari, Enzo – Genética y mejoramiento genético de plantas y animales

FACULTAD DE AGRONOMÍA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

SANTA ROSA - LA PAMPA - ARGENTINA – 2018

INDICE

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
Situación inicial	16
Primera fecha de secado	17
Segunda fecha de secado	17
Siembra del cultivo estival	18
Materia seca	19
Situación inicial	19
Primera fecha de secado	20
Segunda fecha de secado	22
Siembra del cultivo estival	25
Relación C/N	26
Conclusiones	28
Anexo	30
Bibliografía	33

RESUMEN

En los últimos años, los sistemas productivos de la región han experimentado cambios que han llevado a la pérdida de fertilidad física y química de los suelos con efectos negativos sobre el contenido de carbono orgánico y la captación y eficiencia en el uso del agua. A su vez, se ha registrado la aparición de malezas resistentes a los herbicidas más comúnmente utilizados debido a una escasa rotación de principios activos. En este contexto, los cultivos de cobertura (CC) pueden ser una alternativa para atenuar la pérdida de Carbono de los suelos, mejorar la eficiencia en el uso del agua y contribuir al control de malezas. En este trabajo se evaluaron dos fechas de secado de CC de Centeno y Vicia (Agosto y Septiembre) y el efecto de la fertilización nitrogenada en CC de centeno, comparándose con un testigo bajo barbecho químico y otro enmalezado. Los parámetros evaluados fueron a) eficiencia en el uso del agua; b) cantidad y calidad del residuo aportado por CC y c) dinámica de malezas. Los resultados obtenidos indican que los CC secados en septiembre generaron mayores niveles de materia seca que los secados en agosto. La fertilización nitrogenada resulta ser una herramienta que nos permite adelantar la fecha de secado del CC. La eficiencia en el uso del agua aumentó con la fertilización nitrogenada y el retraso de la fecha de secado. La relación C/N fue menor en los tratamientos con vicia con respecto a los de centeno, independientemente de la fecha de secado y la fertilización.

Palabras clave: Cultivo de cobertura - Vicia - Centeno - Producción de materia seca - Eficiencia en el uso del agua - Dinámica de malezas.

Key words: Cover crops - Vetch - Rye - Dry matter production - Water use efficiency - Weed control.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas dos décadas se ha intensificado el uso de los suelos en la Región Pampeana, pasando de sistemas mixtos de producción con 4-5 años de pasturas perennes, seguido de 4-8 años de cultivos anuales a secuencias continuas de cereales y oleaginosas anuales (De Battista *et al.*, 1992). Además se han registrado importantes cambios en la tecnología que resultó en aumentos de la productividad de los cultivos debido a mejores materiales genéticos con mayor índice de cosecha (Satorre, 2003; Scianca, 2010). Estos cambios han provocado una disminución en la reposición de carbono (C) y nutrientes en los suelos agrícolas, acentuándose los procesos de degradación física y química (PNCER 022411, 2009).

En este contexto, los cultivos de cobertura (CC) pueden ser una alternativa para atenuar la pérdida de C de los suelos, mejorar la eficiencia en el uso del agua (EUA) y contribuir al control de malezas (Daliparthy *et al.*, 1994; Unger y Vigil, 1998). Estos son establecidos entre dos cultivos de verano y no son pastoreados, incorporados, ni cosechados. Sus residuos quedan en superficie protegiendo al suelo y liberando nutrientes como resultado de procesos de degradación de la biomasa aérea y radicular (Alvarez y Scianca, 2006).

Dentro de la región pampeana se utilizan gramíneas y leguminosas de crecimiento invernal como CC. Entre las gramíneas se encuentran centeno, avena, cebada, trigo, triticale y rye grass, mientras que entre las leguminosas, las más utilizadas son tréboles y vicias.

En la elección de la especie utilizada como CC se deben considerar cinco parámetros: (1) la tasa de descomposición de residuos, (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 programado, (5) el o los objetivos por los cuales se realiza el CC.

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)

Por otra parte, Baigorria y Cazorla, (2009) trabajando en la provincia de Córdoba con cultivos de vicia, concluyeron que si bien la producción de biomasa no era mayor a la de las gramíneas, los efectos generados en los niveles de agua útil y de nitratos a la siembra del cultivo estival fueron mayores con consecuentes aumentos en el rendimiento del cultivo de cosecha. Por otra parte, el cultivo de vicia tiene la capacidad de fijar N atmosférico, que puede ser utilizado por el cultivo subsiguiente en la rotación, reduciendo la dosis de fertilizante nitrogenado (Rillo, *et al.*, 2012). En ensayos llevados a cabo en la localidad de Marcos Juárez con el objetivo de comparar dos especies de vicia como antecesoras del cultivos de maíz, Baigorria *et al.* (2011) reportaron que *Vicia villosa* presentó ventajas sobre *Vicia sativa*, tales como mayor precocidad, resistencia al frío, producción de MS, aporte de nitrógeno (N) y menor consumo de agua.

En general, al momento de secado de los CC, las leguminosas tienen una relación carbono/nitrógeno (C/N) más baja que las gramíneas. Debido a esto, el residuo de las leguminosas se descompone más rápidamente aportando N inorgánico al cultivo siguiente en forma más rápida (Miguez *et al.*, 2009). El centeno es la gramínea más tolerante al frío y al

estrés hídrico y produce un abundante volumen de residuo (Scianca *et al.*, 2006), mientras que *Vicia villosa* es la leguminosa más resistente al frío y con mayor capacidad de cubrir rápidamente el suelo (Baigorria *et al.*, 2011).

El principal objetivo de la implementación de CC en las rotaciones es el aumento de las reservas de C en los sistemas de producción agrícola (Follett, 2001; Dinesh, 2004). Uno de los indicadores más utilizados para evaluar los cambios en la calidad de los suelos es la materia orgánica (MO). La importancia de la MO no radica solo en la cantidad, sino también en su calidad (estructura y composición) y distribución de fracciones individuales (ácidos húmicos, polisacáridos) que son importantes para mantener la fertilidad y estructura del suelo (Ding *et al.*, 2005).

El aporte de C por parte de los residuos de cultivos es el principal factor que afecta la MO (Hendrix *et al.*, 1998) y consecuentemente las propiedades edáficas relacionadas con el coloide orgánico. Wander y Traina (1996) comprobaron que los contenidos de MO fueron significativamente mayores cuando se incorporaron cultivos de cobertura a la rotación. Por su parte Ding *et al.* (2005) comprobaron que la inclusión de cultivos de cobertura afectó positivamente y en mayor grado las fracciones livianas de la MO.

Otro aporte de los CC es el relacionado a la mejora de la EUA, debido a 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), lo que podría reducir el rendimiento potencial. La 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 otras experiencias realizadas 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 el crecimiento de los CC (Baigorria y Cazorla, 2010).

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 ineficientes para retener agua (Fernández *et al.*, 2007). Por otra parte, con altas precipitaciones el barbecho es ineficiente para el almacenamiento de este recurso. En la región semiárida pampeana las precipitaciones no logran cubrir los requerimientos del uso consuntivo de los cultivos y frecuentemente limitan el rendimiento y la respuesta a la fertilización. La evaporación es el principal factor de pérdida de agua, se estima que entre el 50 y 75% de las precipitaciones anuales retornan a la atmósfera sin intervenir en el proceso productivo (Bennie y Hensley, 2000).

Otro beneficio de la implementación de CC es su efecto sobre las malezas. En los sistemas productivos de la región, el uso de agroquímicos se caracteriza por una escasa rotación de principios activos, lo que ha generado la aparición de malezas resistentes y tolerantes a herbicidas de uso frecuente, como el glifosato, que son utilizados como base en barbechos químicos. Esto provoca que las malezas no puedan ser controladas y afecten considerablemente al cultivo de cosecha. Tal es el caso de *Sorghum halepensis*, *Amaranthus palmeri*, *Coniza bonariensis* y *Lolium multiflorum*, entre otras. En este sentido, los CC 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 y temperatura (Teasdale, 1993) y modifican la diversidad y la frecuencia de especies (Mohler y Teasdale, 1993; Abdin *et al.*, 2000; Gerowitt, 2003; Ruffo, 2003), lo que reduce el uso de herbicidas.

Diversos estudios indican que los residuos de CC de centeno y vicia provocan una disminución en promedio del 80% de la población de malezas. En otras regiones se reportan reducciones de la población de malezas entre 30 y 90 % dependiendo del sitio y año considerado (Zotarelli *et al.*, 2009; Mischler *et al.*, 2010).

Un aspecto importante en el manejo de los CC es la determinación de la fecha de secado. Según Ruffo (2003) el momento de secado o terminación del ciclo del CC debe adecuarse siguiendo dos criterios: (a) lograr una acumulación de biomasa que garantice una importante cobertura y aporte de carbono orgánico (CO); y, (b) ajustar zonalmente las precipitaciones de cada región para asegurar la recarga del perfil con las lluvias de primavera, para que el cultivo de cosecha siguiente no resulte 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 será adelantar el secado.

La fecha de siembra del cultivo estival influye de manera directa en la fecha de secado del CC. En ambientes de la región semiárida pampeana, para 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 secado debería ser dos meses previos a la siembra del cultivo de cosecha gruesa.

En muchos casos, los CC son fertilizados para lograr una mayor producción de biomasa y, de esta manera, aumentar el secuestro de CO (Follett, 2001) y mejorar 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.

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 en sistemas de producción caracterizados por un clima templado semiárido, con precipitaciones concentradas en los meses primavera-estivo-otoñales y suelos de textura franco arenosa con limitada capacidad de retención de agua y bajos contenidos de MO.

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

- Eficiencia en el uso del agua en la rotación.
- Producción de MS de los CC.
- Dinámica de malezas.
- Relación C/N del residuo aportado por el CC.

Hipótesis:

H₁: Los CC secados en septiembre lograrán una mayor producción de MS y en consecuencia un mejor control de malezas hasta la siembra del cultivo estival en comparación con los CC secados en agosto.

H₂: La fertilización nitrogenada permitirá adelantar la fecha de secado de los CC de centeno, debido a que se lograrán niveles de producción de MS similares entre CC fertilizados y secados en agosto y no fertilizados secados en septiembre.

H₃: Los CC de centeno presentarán una mayor EUA que los de vicia. Esta variable, a su vez, aumentará por efecto de la fertilización nitrogenada y con el retraso de la fecha de secado.

H₄: La relación C/N será menor en cultivos de vicia en comparación con los de centeno, incluso cuando estos últimos sean fertilizados y secados en agosto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio.

El ensayo se llevará a cabo en la Facultad de Agronomía de la UNLPam, ubicado a 5 km de la ciudad de Santa Rosa La Pampa (LP), a una latitud de 36°32' sur y una longitud de 64°18' oeste, y 210 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°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 precipitaciones 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 principios de mayo y principios 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. Las 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 Vicia (Agosto y Septiembre) con una fecha hipotética de siembra de Maíz (Diciembre). Se estudió, también, el efecto de la fertilización nitrogenada en los CC de centeno 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				V				B			
F		T		T		T		L		E	
A	S	A	S	A	S	A	S	L	E	L	E

Figura 2: Distribución de los tratamientos.

CFA	VTA	BTL	CFS	VTS	BTE	CTA	VTA	BTE	CTS	VTS	BTE
CFS	VTS	BTL	CTA	VTA	BTE	CTS	VTS	BTE	CFA	VTA	BTE
CTA	VTA	BTE	CTS	VTS	BTL	CFA	VTA	BTL	CFS	VTS	BTL
CTS	VTS	BTE	CFA	VTA	BTL	CFS	VTS	BTL	CTA	VTA	BTL

V: Vicia C: Centeno F: Fertilizado T: Testigo B: Barbecho L: Limpio E: Enmalezado
A: Secado en Agosto S: Secado en Setiembre

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño en bloques completos con arreglo factorial en parcelas divididas con 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 centeno tenían una superficie de 4320 m², mientras que la de los barbechos y vicia fueron 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.

Vicia: (2 unidades experimentales de 9 m * 30 m) * 4 repeticiones = 2160 m².

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

Superficie total: 8640m².

La siembra de los CC se llevó a cabo a mediados de marzo, en un lote proveniente de cultivo de centeno. La fertilización nitrogenada de las parcelas correspondientes se realizó con 50 kg/ha de urea. A su vez, se aplicó en todo el ensayo, previo a la siembra, una fertilización base fosforada para homogeneizar los tratamientos.

Determinaciones.

Determinaciones de propiedades edáficas

Con el objetivo de caracterizar el suelo, antes de la siembra de los CC, se determinó:

- Textura (Pipeta de Robinson) (Baver, 1956).

- Profundidad a la tosca.
- Densidad Aparente (DA).
- Retención de agua a Capacidad de Campo (Método de humedad equivalente) (Montenegro Gonzalez et al., 1990).
- 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).

Así mismo 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 (diciembre). De la misma manera se hicieron evaluaciones del contenido de COJ para poder observar su dinámica en el sistema, considerando las distintas fechas de secado y el efecto de la fertilización nitrogenada.

Determinaciones en cultivo

- MS del CC en distintos momentos de su ciclo.
- Contenidos de carbono por combustión seca (LECO, modelo CR-12) y nitrógeno (semi-micro Kjeldahl).
- 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 BE) 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).

- 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. Centeno puro ($60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), vicia pura ($40\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), centeno y vicia ($40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente)
- Fertilización nitrogenada (Centeno; $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Urea). Fertilización fosforada ($50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Super fosfato triple).
- Secado de CC de agosto ($3 \text{ lt}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Glifosato y $0.25 \text{ lt}\cdot\text{ha}^{-1}$ de 2,4 D). Muestreo de humedad y MS.
- Secado de CC de setiembre ($3 \text{ lt}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Glifosato y $0.25 \text{ lt}\cdot\text{ha}^{-1}$ de 2,4 D). Muestreo de humedad y MS.
- Siembra de diciembre. Muestreo de humedad y MS.

Análisis estadístico.

Se realizaron Análisis de la Varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los tratamientos en cada variable y se utilizaron test de separación de medias en los casos en que se detectaron diferencias significativas. 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

Situación inicial

Los resultados obtenidos (Tabla 2) arrojaron un promedio de 135 mm de agua útil y un coeficiente de variación 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

Primera fecha de secado

El nivel de agua útil mostró diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3). El suelo BL presentó el mayor contenido de agua útil, diferenciándose del resto de los tratamientos. Por su parte, los suelos bajo CC no presentaron diferencias significativas entre sí. El tratamiento BE, mostró un comportamiento intermedio.

Tabla 3: Agua útil en los diferentes tratamientos para la primera fecha de secado.

Tratamiento	Agua útil (mm)
BL	103 a
BE	83 b
V	47 c
CT	37 c
CF	37 c

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

De estos resultados se observa que el suelo BE, presentó aproximadamente 50 mm menos de agua útil que en la situación inicial y los suelos bajo CC en promedio disminuyeron 90 mm. Sin embargo, se debe destacar que en el primer caso el agua se fue del sistema sin haber pasado por un proceso productivo tal como ocurrió en los tratamientos con CC.

Segunda fecha de secado

En la Tabla 4 se observa que el tratamiento BL mostró el mayor nivel de recarga del perfil, diferenciándose del resto de los tratamientos. Por otra parte, no se hallaron diferencias

significativas entre los tratamientos con CC, a excepción del suelo V, que presentó el menor valor de este parámetro. La ausencia de diferencias entre la mayoría de los tratamientos con CC se podría deber a que las precipitaciones ocurridas entre la primera y segunda fecha de secado se ubicaron una semana antes del muestreo correspondiente a septiembre. El tratamiento V, durante este período registró la mayor producción de biomasa de todos los tratamientos con CC, lo cual explica la baja recarga del perfil.

Tabla 4: Agua útil en los diferentes tratamientos para la primera fecha de secado.

Tratamiento	Agua útil (mm)
BL	161 a
BE	119 b
CFA	117 b
VA	104 b
CTA	103 b
CFS	100 b
CTS	100 b
VS	62 c

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

Siembra del cultivo estival

Finalmente, al momento de la fecha de siembra del cultivo estival, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con CC. En este sentido, Rimski-Korzakov *et al.*, (2016) destacan que cuando el lapso entre la finalización del CC y la siembra del cultivo estival es mayor a dos meses, no se observan diferencias significativas entre los niveles de agua útil del perfil. Cabe destacar el efecto de las malezas en el tratamiento BE, que registró el menor valor de recarga del perfil (Tabla 5). Se puede agregar que el UC de las malezas durante el período marzo - diciembre fue de 580 mm y la EUA de 4.5 kg MS.mm⁻¹, lo cual confirma el bajo valor de eficiencia en el uso del agua por parte de este factor reductor del rendimiento.

Tabla 5: Agua útil en los diferentes tratamientos para la primera fecha de secado.

Tratamiento	Agua útil (mm)
CTA	157 a
VA	152 a
VS	147 a
CFA	146 a
CFS	143 a
BL	137 a
CTS	134 a
BE	42 b

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

Materia seca

Las determinaciones de MS se llevaron a cabo en marzo (situación inicial), agosto y septiembre (fechas de secado) y diciembre (previo a la fecha de siembra de un cultivo de maíz tardío). En los muestreos correspondientes a agosto y septiembre se separó MS de CC, rastrojos y malezas, mientras que en el último se consideró en conjunto la MS de CC y de rastrojo (MS total), debido a la dificultad de poder separar dichos componentes.

Situación inicial

Al momento de la siembra del ensayo, se determinó el nivel de MS de rastrojos del cultivo antecesor a partir de muestras extraídas en distintos sectores del lote. Dichas muestras arrojaron un promedio de aproximadamente $5000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y a su vez, se observó homogeneidad entre las mismas, por lo que se puede concluir que este parámetro no sería una fuente de variación en los resultados del presente trabajo.

Se debe aclarar que previo a la siembra de los CC, se hizo una aplicación de $3 \text{ lts}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Glifosato (48% de ingrediente activo), con la finalidad de arrancar el ensayo con el suelo libre de malezas.

Primera fecha de secado.

Para el muestreo correspondiente a la primera fecha de secado, se hallaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo el CF, el que mostró la mayor producción de MS para el período en cuestión y V el menor valor de este parámetro. A su vez, se observó efecto de la fertilización nitrogenada en centeno (Tabla 6).

Tabla 6: Producción de MS de CC de los diferentes tratamientos para la primera fecha de secado.

Tratamiento	MS (kg.ha ⁻¹)
CF	6773 a
CT	4889 b
V	3972 c
BL	0
BE	0

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

En cuanto a los niveles de MS de rastrojos del cultivo antecesor, se observaron diferencias entre los diferentes tratamientos (Tabla 7). En este sentido se debe destacar el efecto CC, debido a que en los suelos bajo barbecho, los niveles de rastrojos fueron superiores a los hallados en suelos con CC. Este efecto podría ser atribuido, 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. Resultados similares fueron hallados por Varela *et al.*, 2012, trabajando con CC y rastrojos de soja.

Dentro de los tratamientos con CC, V mostró niveles menores de rastrojos con respecto a los suelos CT y CF. En este caso, el tratamiento V, si bien presentaba menor producción de MS, lo que se pudo observar es que la disposición rastrera de la vicia, lograría mantener mejores condiciones para la descomposición de los rastrojos, si comparamos con el porte erecto del CC de centeno.

Tabla 7: Niveles de MS de rastrojos de los diferentes tratamientos para la primera fecha de secado.

Tratamiento	MS (kg.ha ⁻¹)
-------------	---------------------------

BL	4459 a
BE	4106 a
CT	2102 b
CF	1931 b
V	1127 c

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

En lo que se refiere a malezas, solo se observaron en el tratamiento BE (Imagen 7), mientras que en el resto de los tratamientos, el control fue eficiente por parte de los CC. Se debe aclarar que en BL, la ausencia de malezas se debió a la aplicación de agroquímicos (Tabla 8).

Tabla 8: Niveles de MS de malezas de los diferentes tratamientos para la primera fecha de secado.

Tratamiento	MS (kg.ha ⁻¹)
BE	1507 a
BL	0
CT	0
CF	0
V	0

Otro aspecto a considerar es el de la eficiencia en el uso del agua (EUA) por parte de los diferentes tratamientos. Este parámetro se obtuvo a partir de la relación entre MS de los CC (y malezas en el caso de BE) 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).

En la Tabla 9 se observa que los diferentes tratamientos con CC registraron usos consuntivos que rondaron los 250-260 mm, mientras que en el suelo BE fue de 214 mm. No obstante, CF presentó el mayor valor de EUA, diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos. Estos resultados concuerdan con Quiroga *et. al*, 2007. Por su parte, BE fue el tratamiento que mostró el menor valor de este parámetro.

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

Tratamiento	Pp.	H. inicial	H. final	UC	MS CC	EUA
CF	162	135	37	260	6773	26,1 a
CT	162	135	37	260	4889	18,8 b
VT	162	135	47	250	3972	15,9 b
BE	162	135	83	214	1507	7,0 c

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

Segunda fecha de secado

Para la segunda fecha de secado el tratamiento VTS presentó la mayor producción de MS, aunque sin diferenciarse de CFS (Imagen 1 y 2). Estos resultados son similares a los hallados por Capurro *et al.* (2012). Se debe destacar que no se halló diferencia significativa entre los tratamientos CFA y CTS, lo cual permitiría concluir que con la fertilización nitrogenada se podría adelantar la fecha de secado del CC y alargar el período de barbecho para acumular agua en el perfil ante una siembra temprana del cultivo estival (Tabla 10). Para esta fecha de secado también se observó el efecto de la fertilización nitrogenado en centeno.

Tabla 10: Producción de MS de CC de los diferentes tratamientos para el muestreo de septiembre.

Tratamiento	MS (kg.ha ⁻¹)
VTS	8332 a
CFS	7890 a
CFA	6215 b
CTS	6104 b
CTA	4010 c
VTA	3406 c
BE	0
BL	0

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

En el Gráfico 1 se observa la evolución en los niveles de MS de CC de los diferentes tratamientos. Se puede apreciar que todos los tratamientos secados en septiembre, mostraron un incremento en los niveles de MS, mientras que los secados en agosto disminuyeron por el efecto de los procesos de descomposición de los residuos aportados. Por otra parte, se aprecia el efecto de la fertilización nitrogenada en centeno.

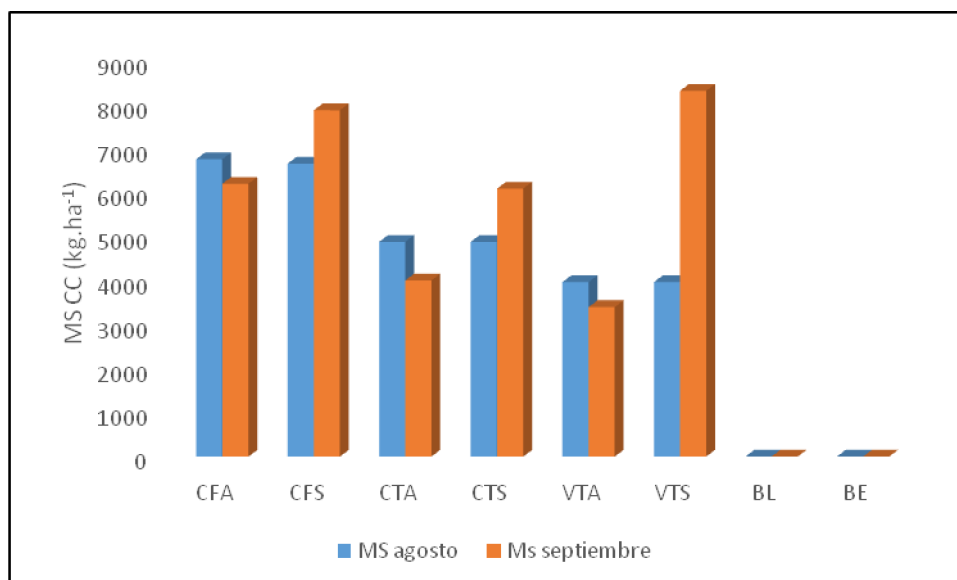


Gráfico 1: Producción de MS de los distintos tratamientos en las diferentes fechas de secado.

En cuanto a MS de rastrojos, el tratamiento BL registró el mayor valor de este parámetro, diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos (Tabla 11; Imagen 8). Por su parte, el tratamiento BE no presentó diferencias significativas con los tratamientos bajo CC, posiblemente, debido a que la presencia de malezas generó mejores condiciones para la degradación de los rastrojos por parte de los microorganismos, en comparación con BL. Un aspecto a destacar es la ausencia de rastrojos bajo CC de vicia a diferencia de lo observado en los tratamientos con centeno (Imagen 3 y 4).

Tabla 11: Niveles de MS de rastrojos de los diferentes tratamientos para la segunda fecha de secado.

Tratamiento	MS (kg.ha ⁻¹)
BL	4257 a
BE	2866 b
CFS	2816 b
CFA	2802 b
CTS	2786 b
CTA	2568 b
VTA	0
VTS	0

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

La MS de malezas presentó la misma tendencia que en la primera fecha de secado, con presencia solamente en el tratamiento BE. Por su parte, los CC lograron mantener el suelo libre de malezas (Tabla 12). Estos resultados son similares a los reportados por Sobrero *et al.* (2012).

Tabla 12: Niveles de MS de malezas de los diferentes tratamientos para la segunda fecha de secado.

Tratamiento	MS (kg.ha ⁻¹)
BE	2147 a
CFS	0
CTA	0
BL	0
CFA	0
VTA	0
CTS	0
VTS	0

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

En lo que respecta a la EUA, se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Tabla 13). Por otra parte, todos los tratamientos mostraron aumentos de este parámetro con respecto al muestreo anterior. Sin embargo se debe destacar que el suelo bajo V, que si bien fue el que menos agua dejó en el perfil, también se caracterizó por mostrar el mayor aumento en cuanto a producción de MS y consecuentemente de EUA, lo cual pone de manifiesto el crecimiento explosivo de este cultivo durante el mes de septiembre. Esto concuerda con lo hallado por Ridley (2013), trabajando con CC de avena blanca, quien halló

diferencias en EUA debidas a la duración del cultivo, donde la fecha de secado tardía permitió una mayor exploración radical, logrando un mayor valor de este parámetro.

Tabla 13: Uso consuntivo y EUA correspondiente a la primera fecha de secado para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Pp.	H. inicial	H. final	U.C.	MS CC	EUA
CF	244	135	100	279	7890	28,3 a
VT	244	135	62	317	8332	26,3 ab
CT	244	135	100	279	6104	21,9 b
BE	244	135	119	260	2147	8,3 c

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

Siembra del cultivo estival

Al momento de la fecha de siembra tardía de un cultivo de maíz, se observaron diferencias significativas en cuanto a producción de MS total (CC + rastrojos del cultivo antecesor) entre tratamientos (Tabla 14; Imagen 6).

El tratamiento CFS generó balance positivo en cuanto a la cantidad de cobertura vegetal, si consideramos el valor actual y el inicial (Imagen 5). Podría considerarse a los tratamientos CFA, VTS y CTS, en una situación intermedia (balance con tendencia a neutro). Finalmente, lo CC no fertilizados y secados en agosto, presentaron al momento de la siembra del cultivo estival, un balance negativo en cuanto a cobertura vegetal.

Tabla 14: MS de CC de los distintos tratamientos al momento de la siembra del cultivo estival.

Tratamiento	MS (kg.ha ⁻¹)
-------------	---------------------------

CFS	6008 a
CFA	5579ab
VTS	5300 ab
CTS	4545 bc
CTA	3700 c
VTA	2260 d
BE	0
BL	0

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

Finalmente, se debe resaltar el control eficiente de malezas por parte de los CC, debido a que no se hallaron presentes al momento de la fecha de siembra del cultivo de maíz tardío. Solo se observó enmalezado el tratamiento BE (Tabla 15).

Tabla 15: Niveles de MS de malezas de los diferentes tratamientos al momento de la siembra del cultivo estival.

Tratamiento	MS (kg.ha ⁻¹)
BE	2607 a
CFS	0
CTA	0
BL	0
CFA	0
VTA	0
CTS	0
VTS	0

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

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 a la especie, la fertilización nitrogenada y la fecha de secado, por lo que los resultados que se presentan en el Gráfico 2 corresponden a los muestreos de agosto y septiembre.

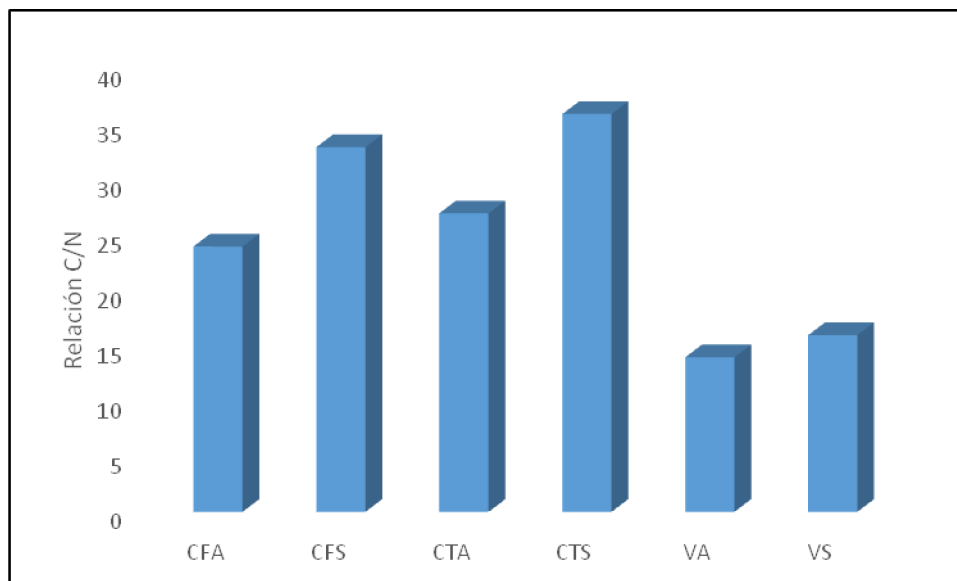


Gráfico 2: Relación C/N del residuo aportado por cada tratamiento al momento de secado del CC.

Si bien no se llevó a cabo el análisis estadístico, se puede observar que hubo diferencias de calidad del residuo aportado por los diferentes CC en función de la especie, la fertilización nitrogenada y la fecha de secado. En cuanto al efecto de la especie, se observa que independientemente de la fecha de secado y la fertilización, los tratamientos con vicia presentaron los menores valores de este parámetro (menores a 20). Estos resultados coinciden con lo reportado por Sá Pereira *et al* (2012) que trabajó con CC de vicia, avena y la combinación de ambas, en *Argiudoles tipicos*. Por su parte, los tratamientos con centeno fueron influidos principalmente por la fecha de secado y en menor medida por efecto de la fertilización. Los CC de centeno secado en septiembre presentaron los valores más altos de relación C/N (superiores a 30), mientras que los secados en agosto, fueron intermedios.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye que los CC secados en septiembre generaron mayores niveles de MS que los secados en agosto, aunque

esto no implicó un control más eficiente de las malezas hasta el momento de la fecha de siembra del cultivo estival.

La fertilización nitrogenada es una herramienta que nos permite adelantar la fecha de secado del CC, debido a que la producción de biomasa en un CC fertilizado y secado en agosto fue muy similar a la de un CC sin fertilizar y secado en septiembre.

La eficiencia en el uso del agua aumenta con la fertilización nitrogenada y el retraso de la fecha de secado. Si bien la especie utilizada como CC tiene efectos sobre dicha eficiencia, estos efectos se intensifican a partir del manejo de los parámetros anteriormente mencionados.

La relación C/N fue menor en los tratamientos con vicia con respecto a los de centeno, independientemente de la fecha de secado y la fertilización. En cuanto a los CC de centeno el principal efecto fue causado por la fecha de secado y en menor medida por la fertilización nitrogenada.

Otro aspecto para destacar es el efecto generado por los CC sobre la dinámica de rastrojos al acelerar los procesos de descomposición. Dicho efecto puede ser causado por el ambiente favorable que se genera debajo del CC, sobre todo en los tratamientos con vicia. También, el efecto mecánico de la sembradora al cortar los rastrojos y aumentar su superficie de contacto, podría estar favoreciendo dichos procesos.

En base a lo expuesto se puede 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 eficiencia en el uso del agua. A su vez, el aporte de materia seca, no solo permite un eficiente control de malezas y en consecuencia una disminución en el uso de

herbicidas, sino también genera un balance positivo de cobertura vegetal que aportará a la fertilidad y sustentabilidad del sistema suelo en particular y del agroecosistema en general.

ANEXO



Imagen 1: Cobertura de centeno (septiembre).



Imagen 2: Cobertura de vicia (septiembre).



Imagen 3: Rastrojo bajo cobertura de centeno (septiembre).

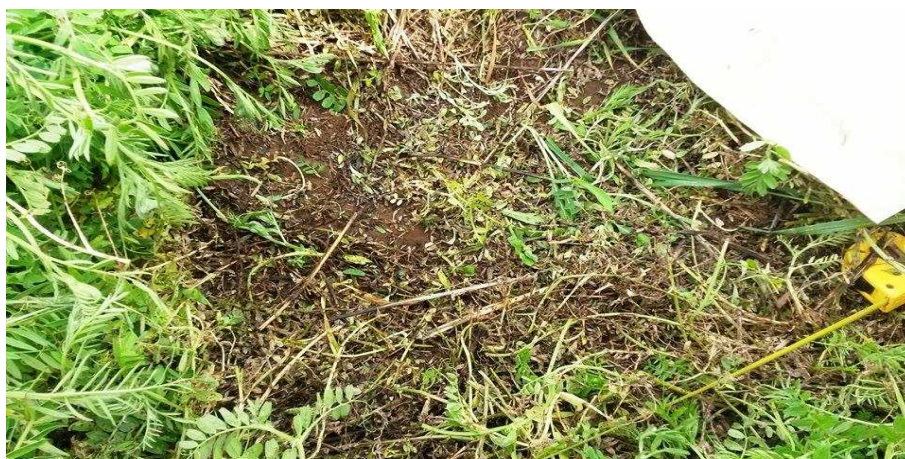


Imagen 4: Ausencia de rastrojo bajo cobertura de vicia (septiembre)



Imagen 5: Centeno secado en septiembre (diciembre)



Imagen 6: Barbecho limpio, Vicia quemada en agosto y Centeno secado en agosto (Diciembre)



Imagen 7: Barbecho enmalezado (Agosto).



Imagen 8: Barbecho limpio (Septiembre)

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.
- 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.
- Baigorria, T. y C. Cazorla. 2009. Evaluación de especies como cultivo de cobertura en sistemas agrícolas puros en siembra directa. *Sistemas productivos sustentables. Fósforo, nitrógeno y cultivos de cobertura. Bahía Blanca - AACCS- (en CD)*.
- 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*.
- Baigorria, T., D. Gómez, C. Cazorla, A. Lardone, M. Bojanich, B. Aimetta, A. Bertolla, M. Cagliero, D. Vilches, D. Rinaudo y A. Canale. 2011. Bases para el manejo de vicia como

antecesor del cultivo de maíz. EEA Marcos Juárez. Informe de actualización técnica N°19:15-24.

Baver, L. 1956. Soil Physics. 3rd edition. Wiley. London, U.K. Pp. 337

Bennie A. y M. Hensley. 2000. Maximizing precipitation utilization in dryland agriculture in South Africa, a review. Journal of Hydrology. 241:124-139.

Cambardella, C. y E. Elliott. 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:777-783.

Capurro J., M. Dickie, J. Surjack, J. Monti, D. Ninfi, A. Zazzarini, E. Tosi, J. Andriani y M. C. Gonzalez. 2012. Cultivos de cobertura en el sur de la provincia de Santa Fé. Ediciones INTA. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. Pp. 92-104.

Daliparthi J., S. Herbert y P. Veneman, 1994. Dairy manure application to alfalfa: crop response, soil nitrate, and nitrate in soil water. Agronomy Journal. 86:927-933.

De Battista J., A. Andriulo y C. Pecorari. 1992. El perfil cultural: un método para la evaluación de sistemas de cultivo. Ciencia del Suelo Pp. 10-11, 89-93.

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. *Geoderma*, 130:229-239.
- 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. 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., 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, 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., 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.
- 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.
- Hendrix, P., A. Franzluebbers y D. Mc Cracken. 1998. Management effects on C accumulation and loss in soils of the southern Appalachian Piedmont of Georgia. En: *Soil and Tillage Research*, 47:245-251.
- 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.. INTA, Buenos Aires, Argentina. 493 pág
- 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.
- Miguez, F., M. Villamil, S. Crandall, M. Ruffo y G. Bollero. 2009. Los efectos de los cultivos de cobertura sobre los rendimientos de maíz. Simposio Fertilidad 2009. IPNI.
- Mischler, R., S. Duiker, W. Curran y D. Wilson. 2010. Hairy vetch management for no-till organic corn production. *Agronomy Journal* 102:355-362.

- 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.
- Montenegro Gonzalez, H., D. Malagon Castro y L. Guerrero. 1990. Propiedades físicas de los suelos. IGAC (Instituto Geografico Agustin Codazzi), Subdireccion agrológica. Bogotá, Colombia. 813 pp.
- 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.
- PNCER 022411. 2009. Proyecto Específico INTA: Rotaciones, labranzas y otras estrategias de manejo de suelos y de cultivos para aumentar los rendimientos agrícolas en un marco de bajo impacto ambiental. Programa Nacional Cereales.
- Quiroga, A., P. Carfagno , M. J. 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.
- 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.
- Rillo, S., C. Alvarez, R. Bagnato y E. Noellemeyer. 2012. Efecto de vicia como cultivo de cobertura sobre la disponibilidad de nitrógeno y agua en maíz. Experimentación en campos de productores, campaña 2011-2012. EEA INTA Pergamino. Pp. 19-24.

- 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, pp.171-176.
- Sá Pereira, E., J. Galantini y A. Quiroga, A. 2012. Análisis de calidad de cultivos de cobertura de invierno bajo siembra directa. In XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, del (Vol. 16).
- Santanatoglia, O., M. Piscitelli y R. Casas. 2000. Manual de Prácticas conservacionistas para Subregión Semiárida Pampeana. Editorial FAUBA. 146 pag.
- Satorre, E. 2003. Las posibilidades ambientales y tecnológicas de la pradera pampeana para la producción de granos. En: Bolsa de Cereales de Buenos Aires (ed.). Las ciento y Una «Hacia los 100 millones de toneladas de granos y la exportación de 1 millón de toneladas de carne». Pp. 37-37.
- Scianca, C. 2010. Cultivo de cobertura en Molisoles de la región pampera: Aporte de carbono e influencia sobre propiedades edáficas y dinámica de malezas. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. 80 Pág.
- 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. Pp. 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. Pp. 13-15

- Sobrero M., S. Chaila, M. Parra, D. Trejo y W. Feil. 2012. Empleo de coberturas para el control de malezas en el cultivo de algodón. Ediciones INTA. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. Pp. 170-171.
- 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.
- Unger, P. y M. Vigil. 1998. Cover crop effects on soil water relationships. *Soil and Water Cons.* 53:200-207.
- 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.
- Wander, M. y S. Traina. 1996. Organic fractions from organically and conventionally managed soils: I. Carbon and nitrogen distribution. *En: Soil Science Society of America Journal* 6. Pp. 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.