



“CULTIVOS DE COBERTURA DE VICIA Y CENTENO: EFECTO DEL
MANEJO SOBRE AGUA ÚTIL, EVOLUCIÓN DE BIOMASA AÉREA Y
CONTROL DE MALEZAS PARA SIEMBRAS TEMPRANAS Y TARDIAS DE
MAIZ”

Trabajo final de graduación para obtener el título de Ingeniero Agrónomo

Autores:

Fernández, Noelia E.

Perlo Gallio, Alexandra G.

Director: Riestra, Diego – Agrotecnia

Evaluadores: Carlos José Ferrero – Terapéutica vegetal

Oswaldo Zingaretti – Cereales y oleaginosas

FACULTAD DE AGRONOMÍA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

SANTA ROSA - LA PAMPA - ARGENTINA – 2017

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
De suelo	13
De cultivo	14
Labores a realizar	14
Análisis estadístico	14
Resultados y discusión	16
Caracterización climática y edáfica del sitio	16
Humedad del suelo	16
Producción de materia seca	20
Materia orgánica	26
Relación C/N	28
Conclusiones	31
Anexo	33
Bibliografía	35

RESUMEN

En los sistemas de producción de la Región Semiárida Pampeana (RSP) el proceso de agriculturización, con una mayor participación de cultivos de verano ha generado reducción en el aporte de residuos y contenidos de materia orgánica (MO) de los suelos. Por otra parte, los barbechos químicos invernales con escasa rotación de principios activos, han generado resistencia y tolerancia en algunas malezas. Frente a esta situación surge la posibilidad de establecer cultivos de cobertura (CC) como una alternativa para atenuar la pérdida de MO de los suelos, aumentar la eficiencia en el uso del agua (EUA) y contribuir 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 vicia y 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), dos tratamientos de fertilización nitrogenada y dos fechas de siembra de un cultivo de maíz (octubre y diciembre). También se incluyó un barbecho químico siempre limpio.

El CC de centeno presentó mayores niveles de producción de MS y EUA con respecto a vicia. Se registraron efectos positivos de la fertilización nitrogenada y el retraso de la fecha de secado sobre la producción de MS en centeno. En cuanto a agua útil, no se observaron diferencias al momento de la siembra del cultivo estival. Tampoco se observaron diferencias en los niveles de MO. El CC de centeno sin fertilizar y quemado en septiembre, presentó la mayor relación C/N. En cuanto a control de malezas, para la primera fecha de siembra del cultivo estival, solo los tratamientos CFSO y CTSO lograron un eficiente control de las mismas, mientras que para diciembre todos los tratamientos estaban enmalezados.

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

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

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de la Región Semiárida y Subhúmeda Pampeana (RSSP) han experimentado importantes cambios durante los últimos años. En muchos casos el proceso de agriculturización, a partir de una mayor participación de cultivos de verano ha significado una importante reducción en el aporte de residuos y en los contenidos de materia orgánica (MO), acentuándose los procesos de degradación física y de pérdidas de suelo por erosión. 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 (Daliparthy *et al.* 1994).

En nuestros sistemas de producción, se utilizan gramíneas y leguminosas de crecimiento invernal como CC. Estos son establecidos entre dos cultivos de verano, no son pastoreados, incorporados, ni cosechados. Los residuos de los CC quedan en superficie protegiendo al suelo y liberando nutrientes como resultado de procesos de degradación de la biomasa aérea y radicular de los mismos (Alvarez y Scianca, 2006). En la elección de la especie utilizada 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 N acumulado en la biomasa de los CC con los requerimientos del siguiente cultivo programado. A su vez, se debe considerar el objetivo por el cual se incorpora el CC en la rotación.

En general, en el momento de terminación o secado de los CC, las leguminosas tienen una relación C/N más baja que las gramíneas. Debido a esto, el residuo de las leguminosas se descompone más rápidamente aportando N inorgánico para el cultivo siguiente también en forma más rápida (Miguez *et al.*, 2009). Entre las gramíneas se encuentran centeno, avena,

cebada, trigo, triticale y rye grass, mientras que las leguminosas más utilizadas son tréboles y vicias. El centeno es la gramínea más tolerante al frío y al estrés hídrico y produce un abundante volumen de residuo, mientras que *Vicia villosa* es la leguminosa más resistente al frío y con mayor capacidad de cubrir rápidamente el suelo.

El principal objetivo de la implementación de CC en las rotaciones es 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 el relacionado a la mejora de la eficiencia en el uso del agua, ya que los barbechos son prácticas ineficientes para el almacenamiento de agua en el suelo. En ambientes semiáridos o sub-húmedos, uno de los principales problemas para incluir los CC es su efecto potencialmente negativo sobre la disponibilidad de agua para los cultivos de cosecha (Fernández y Quiroga, 2009; Restovich *et al.*, 2012), 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 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). 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 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, estimándose que entre el 50 y 75% de las precipitaciones anuales retornan a la atmósfera sin intervenir en el proceso productivo (Bennie y Hensley, 2000). Fernández *et al.*, (2005) y Duarte (2002) comprobaron en *Haplustoles* 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 exceden durante un barbecho largo la CRA y consecuentemente una parte sustancial de la misma se pierde infiltrándose en profundidad. 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 para el caso de rye grass.

Diferentes estudios han reportado casos de resistencia por parte de ciertas malezas hacia algunos de los agroquímicos más frecuentemente utilizados en planteos de Siembra Directa, como el Glifosato. Esto provoca que dichas malezas no puedan ser controladas y afecten considerablemente al cultivo. 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 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 de alrededor de 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 (Mischler *et al.*, 2010; Zotarelli *et al.*, 2009).

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 calidad del residuo aportado al suelo, 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 y rye grass (Fernández *et al.*, 2012; Scianca *et al.*, 2007). A su vez estos autores observaron que este volumen abundante de residuo se descompone más lentamente que el de otras gramíneas y leguminosas de invierno por la mayor relación C/N. De estos datos se puede concluir que los CC pueden realizar un significativo aporte al balance de nutrientes modificando algunos compartimentos del ciclo de los mismos y evitando pérdidas por lixiviación en suelos de texturas gruesas.

En la provincia de Córdoba Baigorria y Cazorla, (2009) trabajaron con cultivos de vicia, observando que, si bien la producción de biomasa no era mayor a la de las gramíneas, los efectos generados en cuanto a los niveles de agua útil y de nitratos a la siembra del cultivo

estival fueron mayores con consecuentes aumentos en el rendimiento a cosecha. El uso de vicia como CC tendría además otros beneficios, ya que estaría contribuyendo a la fertilidad física del suelo dado que la cobertura disminuye el impacto de las gotas de lluvias sobre la superficie del suelo y las raíces contribuirían a generar porosidad en el perfil. Por otra parte, este cultivo puede fijar N atmosférico, el cual 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 cultivo 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 N y menor consumo de agua.

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.

Para cumplir con estos objetivos, en muchos casos, los CC son fertilizados para lograr una mayor producción de biomasa y, de esta manera, aumentar el secuestro de CO₂ (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. Los CC fertilizados pueden afectar las emisiones de óxido nitroso (N₂O) del suelo (Petersen *et al.*, 2011) pero también mejorar la

disponibilidad de N para los cultivos posteriores (Ranells y Wagger, 1997; Mohammadi, 2010).

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 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, se propone estudiar los efectos de la implementación y manejo de esta práctica sobre:

- Dinámica de la MO.
- Eficiencia en el uso del agua.
- Dinámica de malezas.
- Producción de MS del CC y relación C/N del residuo aportado.

Hipótesis

H₁: Para siembras tardías de maíz los suelos bajo CC fertilizados y quemados en septiembre presentarían similares recargas de agua a las de los CC no fertilizados quemados en agosto.

H₂: La mejor estrategia para una fecha de siembra temprana de maíz sería el establecimiento de CC que sean quemados en agosto por permitir un mayor período de barbecho.

H₃: Los CC quemados en septiembre serían más eficientes en el control de malezas en comparación a los quemados en agosto.

H₄: Se esperarían diferencias en cuanto a la cantidad y calidad del residuo aportado, debido a los efectos de la especie utilizada y la fertilización y fecha de quemado en el caso del CC de centeno, pero en cuanto a niveles de MO no se hallarían diferencias en el primer año de ensayo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Se realizó un ensayo a campo 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°37' sur y una longitud de 64°17' oeste, y 210 m.s.n.m de altitud. Dicho ensayo incluye diferentes alternativas de cultivos de cobertura como antecesores de un cultivo de Maíz: *Vicia villosa* y Centeno (puros y combinados).

Desde el punto de vista climático el área de estudio se caracteriza por un clima templado con temperatura media anual de 15,6°C, y medias para el mes más frío (julio) y el mes más cálido (enero) de 8,5°C y 22,1°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 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 fines de abril y principios de octubre.

En cuanto al 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 120 cm de profundidad. Posee régimen de humedad ústico y régimen de temperatura térmico. Presenta una evolución genética con escasa diferenciación de horizontes y débil estructuración. Sus limitantes más importantes son las climáticas (semiaridez), la costra calcárea, el drenaje algo

Figura 2: Distribución de los tratamientos.

BTLO	CFAO	CTSD	VCTSO	CFAD	CTSO	VTSO	BTLD	CFSD	CTAD	VCTSD	CFSD	CTAO	VTSD
------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------

BTLD	CFSD	CTAO	VTSD	CFAO	CTSD	VCTSO	BTLO	CFAD	CTSO	VTSO	CFSD	CTAD	VCTSD
------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------	-------

BTLO	CFSD	CTAD	VCTSD	CFSD	CTAO	VTSD	BTLD	CFAO	CTSD	VCTSO	CFAD	CTSO	VTSO
------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------

BTLD	CFAD	CTSO	VTSO	CFSD	CTAD	VCTSD	BTLO	CFSD	CTAO	VTSD	CFAO	CTSD	VCTSO
------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------	-------

V: Vicia C: Centeno B: Barbecho F: Fertilizado T: Testigo L: Limpio A: Agosto S: Setiembre O: Octubre D: Diciembre

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizado con 4 repeticiones (bloques), utilizando 8 tratamientos con centeno (C), dos de vicia (V), dos de vicia más centeno (VC) y dos bajo barbecho (B). En el caso del CC de centeno, se trabajó con dos niveles de fertilización nitrogenada (F y T) y dos fechas de secado (A y S). Luego se trabajó, tanto en los CC como en el testigo bajo barbecho, con dos fechas de siembra hipotéticas de Maíz (O y D). Cada unidad experimental contó una superficie de 420m² (14m x 30m).

Dimensiones totales:

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

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

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

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

Superficie total: 196m * 120m = 23520m²

Determinaciones

De suelo:

Antes de la siembra de los cultivos de cobertura se llevaron a cabo, determinaciones de propiedades edáficas con el objetivo de poder caracterizar el lote en cuanto a su aptitud productiva. Se evaluó:

- Textura (Pipeta de Robinson) (Baver, 1956).
- Profundidad a la tosca.
- Densidad Aparente (DA).
- Retención de agua en 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 .
- CO Total (COT (<2000 μm)) y fracción lábil (COJ (fracción 50-2000 μm)) y estable (COV (fracción <50 μm)) 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 del perfil en distintos momentos del CC. También se hicieron evaluaciones del contenido de COJ para poder observar la dinámica del

CO en el sistema, considerando el efecto de la fertilización nitrogenada y las distintas fechas de secado del CC y de siembra del cultivo estival.

De 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.

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 m² y se obtuvo la biomasa equivalente a 10000 m².

Labores a realizar:

- Siembra de CC. Fertilización fosforada y nitrogenada (Centeno). Muestreo para determinación de humedad, MO y MS.
- Quemado de CC de agosto (3 lts.Ha⁻¹ de Glifosato 48%). Muestreo para determinación de humedad, MO y MS en agosto.
- Quemado de CC de septiembre (3 lts.Ha⁻¹ de Glifosato 48%). Muestreo para determinación de humedad, MO y MS en septiembre.
- Muestreo para determinación de humedad, MO y MS en octubre.
- Muestreo para determinación de humedad, MO y MS en diciembre.

Análisis estadístico

En el análisis estadístico se utilizó Análisis de la Varianza (ANAVA) para evaluar el efecto de los tratamientos en cada variable y métodos para la separación de medias (Tukey HSD) en aquellos casos donde se hallaron 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 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 0,80 y 1,20 m. Al comienzo del ensayo se determinó el valor de humedad en Punto de Marchitez Permanente (PMP) cada 0,20 m de espesor y hasta la profundidad de manto calcáreo, obteniéndose valores cercanos a 10 % a lo largo del perfil.

El régimen hídrico, se caracteriza por precipitaciones medias anuales que rondan los 700 mm, y se concentran principalmente en el semestre estival. No obstante, 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 cultivos de cobertura (CC) (Tabla 1).

Tabla 1. 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	53,0	35,2	36,5	215,9	52,7	23,0
Diferencias							33,7			145,2	-111,8	

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 se muestran a continuación (Tabla 2 a 5).

Tabla 2. Contenido inicial de humedad (mm) en el perfil para los distintos tratamientos.

Tratamiento	Abril (mm)
B	72 a
C	72 a
V	71a
VC	73a

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

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. Por otra parte, el CV fue inferior al 10%, lo que nos permite afirmar que el nivel inicial de agua útil no sería una fuente de variación entre tratamientos.

Tabla 3. Contenido de humedad del perfil para la fecha de quemado de agosto en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Agosto (mm)
B	88 a
V	67 b
VC	65 b
CT	63 bc
CF	51 c

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

Para la primera fecha de quemado, cabe aclarar que en los tratamientos con centeno sólo se evaluó el efecto de la fertilización, debido a que hasta ese momento no existía efecto por la fecha de quemado. El suelo bajo barbecho químico presentó los mayores contenidos de agua útil, mostrando diferencias significativas con los tratamientos bajo CC. El CF presentó los menores valores, diferenciándose estadísticamente con los tratamientos V y VC, pero no con el CT.

Tabla 4. Contenido de humedad del perfil para la fecha de quemado de septiembre en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Septiembre (mm)
CFA	143 a
CTS	138 ab
VC	131 ab
B	129 ab
CTA	128 ab
CFS	116 b
V	66 c

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

Para la segunda fecha de quemado se hallaron diferencias significativas entre V y los demás tratamientos, debido a un gran aumento en la biomasa de este cultivo durante el mes de septiembre, lo cual generó una importante disminución en el contenido de agua útil del perfil. Por otra parte, vicia fue el único CC con presencia de malezas, las cuales contribuyeron a estos bajos niveles de humedad. De este análisis se debe mencionar que si bien el CTS y CFA presentaron prácticamente los mismos niveles de agua útil, el efecto de la fertilización no logró compensar en producción de MS al efecto de la fecha de quemado, ya que CTS generó $2610 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y CFA sólo $1491 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tabla 5. Contenido de humedad del perfil para la fecha de siembra temprana y tardía en los distintos tratamientos.

Tratamiento	Octubre (mm)	Tratamiento	Diciembre (mm)
BO	135 a	CTAD	86 a
CTSO	131 a	CTSD	77 a
CFSO	130 a	VD	71 a
CTAO	129 a	VCD	67 a
VCO	125 a	CFAD	66 a
CFAO	124 a	CFSD	64 a
VO	114 a	BD	60 a

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

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. 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). 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 1), 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.

En este sentido, estudios llevados a cabo en la región pampeana, (Fernández *et al.*, 2012b; Scianca *et al.*, 2012, Alvarez *et al.*, 2008) mostraron que los contenidos de agua en el perfil de suelo fueron, en promedio, ligeramente inferiores cuando se incorporaron CC a la rotación en comparación con suelos bajo barbecho químico. No obstante, 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.

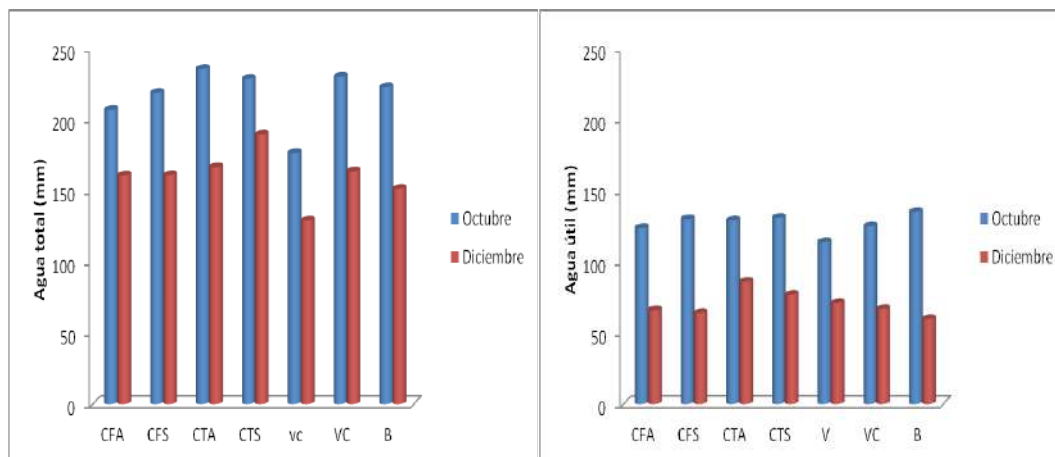


Figura 1. Contenido de agua total (izquierda) y útil (derecha) en octubre y diciembre para los diferentes tratamientos.

Producción de materia seca

Las determinaciones de MS se llevaron a cabo en conjunto con los muestreos de humedad de suelo. En cada uno de los cortes, se recolectaron muestras de material vegetal del CC, malezas y rastrojo proveniente del cultivo antecesor en una superficie de $0,25 \text{ m}^2$ y se obtuvo la biomasa equivalente a 10000 m^2 .

Al momento de la siembra de los CC se determinó MS de rastrojos del cultivo antecesor (trigo) 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). En cuanto a 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 6 a 11).

Para la primera fecha de secado (Tabla 6), se observaron diferencias significativas entre los tratamientos correspondientes a CC. En este sentido se observó un efecto positivo de la fertilización en centeno, lo cual concuerda con lo hallado por Arguello *et al.* (2011). Por otra parte el tratamiento CF fue el que presentó el mayor valor de MS, diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos, mientras que V presentó la menor producción de MS, aunque sin diferenciarse de VC. En este sentido, Scianca *et al.* (2007) también registraron mayor producción de biomasa en centeno al compararlo con avena, cebada, triticale, rye grass y vicia.

En cuanto a los niveles de MS de rastrojos, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con CC y el tratamiento bajo barbecho químico presentando este último, valores superiores. Dicho efecto podría deberse a un mayor proceso de degradación de los rastrojos en los tratamientos con CC, debido a un mayor nivel de humedad, lo cual crea un ambiente más favorable para la actividad microbiana. Resultados similares fueron hallados por Varela *et al.* (2012).

Finalmente, V fue el único tratamiento que presentó malezas, debido a que hasta este momento no había logrado cubrir el suelo. Cabe destacar que en el tratamiento 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.

Tabla 6. Materia seca correspondiente a la primera fecha de quemado en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	MS CC	Tratamiento	MS malezas	Tratamiento	MS rastrojos
CF	2195 a	V	351	B	4092 a
CT	1357 b	B	0	V	1964 b
VC	944 bc	CT	0	VC	1914 b
V	653 c	CF	0	CT	1759 b
B	0	VC	0	CF	1658 b

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

En la segunda fecha de quemado, se observó también el efecto de la fertilización en centeno, pero en el caso de los CC quemados en agosto, las diferencias no fueron significativas. También hay que destacar las diferencias halladas en cuanto a producción de MS por efecto de la fecha de quemado siendo los centenos quemados en agosto los que menores valores presentaron. Esto último concuerda con lo hallado por Lardone *et al.* (2014) en CC de avena, centeno y rye grass en un suelo *Hapludol Thapto-Árgico*. Por otra parte, se puede apreciar un importante incremento en la producción de biomasa en V, que a diferencia de la fecha de muestreo anterior, no presentó diferencias significativas con CTS (Imágenes 1 a 3).

En cuanto a MS de rastrojos, lo más destacable es la disminución de este parámetro en el tratamiento B con respecto al corte de agosto ($-2312 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), en comparación con los tratamientos bajo CC ($-705 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en V, la mayor disminución) en el mismo período. Este comportamiento del suelo bajo barbecho químico, hizo que no se hallaran diferencias significativas entre los tratamientos (Imagen 4).

Por último, se observó que V sigue siendo el único tratamiento con CC en el que se registró MS de malezas con un leve aumento respecto de agosto.

Tabla 7: Materia seca correspondiente a la segunda fecha de quemado en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	MS CC	Tratamiento	MS malezas	Tratamiento	MS rastrojos
CFS	3680 a	V	536 a	B	1780 a
CTS	2610 b	B	229 b	CFS	1585 a
VC	2437 bc	VC	0	CTA	1438 a
V	1624 bcd	CFS	0	VC	1435 a
CFA	1492 cd	CFA	0	CFA	1351 a
CTA	1071 d	CTS	0	CTS	1301 a
B	0	CTA	0	V	1259 a

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

Otro aspecto a considerar es el relacionado a 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 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 8 y 9.

Tabla 8: 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
CT	137	72	63	146	1357	9,3 b
CF	137	72	51	158	2195	13,9 a
V	137	71	67	141	653	4,6 c
VC	137	73	65	145	944	6,5 c

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

Para la primera fecha de quemado se registraron valores de UC que rondaron en los 140-160 mm para todos los tratamientos. No obstante se observaron diferencias significativas en EUA. Se puede apreciar el efecto de la fertilización nitrogenada en el CC de centeno (13,9 kg.mm^{-1} vs 9,3 kg.mm^{-1} para CF y CT, respectivamente). Resultados similares hallaron Quiroga *et al.*, (2007) y Ridley (2013) con diferentes gramíneas invernales. Por su parte, los CC en base a vicia, presentaron menores valores de eficiencia, posiblemente debido a un efecto de la fecha de siembra del ensayo, lo cual perjudicó el crecimiento inicial de esta

especie y permitió el crecimiento de diversas malezas. El tratamiento VC, sin embargo, logro una mayor producción de biomasa y en consecuencia una mayor EUA, aunque sin diferenciarse de V.

Tabla 9: 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
CT	293	72	138	227	2610	11,5 b
CF	293	72	116	249	3680	14,8 a
V	293	71	66	298	1624	5,4 c
VC	293	73	131	235	2437	10,4 b

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

Para la segunda fecha de quemado, los valores de UC presentaron mayores diferencias, principalmente en el caso de V. En cuanto a EUA, si bien se observó la misma tendencia que para la anterior fecha de secado, se debe destacar un importante aumento en la EUA de VC, equiparándose con CT. Por su parte, CF y V presentaron el mayor y menor valor de eficiencia, respectivamente. En comparación con los resultados hallados para la primera fecha de quemado, se puede observar una tendencia al aumento de la EUA en todos los tratamientos de CC. 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.

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 400 kg.ha⁻¹ más de MS.

Al considerar los muestreos correspondientes a octubre y diciembre, se debe destacar que las determinaciones de MS de CC y rastrojos se cuantificaron en conjunto (MS total), por la dificultad que se presentó para separar los dos componentes, sobre todo en el último muestreo. Por su parte, la MS de malezas, se consideró por separado (Tablas 10 y 11).

Tabla 10. Materia seca correspondiente a la primera fecha de siembra del cultivo de Maíz para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	MS total	Tratamiento	MS malezas
VCO	3895 a	CTAO	514 a
CFSO	3801 ab	CFAO	503 a
CTSO	2952 ab	BO	165 a
VO	2930 b	VO	107 a
BO	1936 c	VCO	98 a
CFAO	1891 c	CTSO	0
CTAO	1309 c	CFSO	0

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

Se puede observar que los tratamientos quemados en septiembre presentaron los mayores valores de MS total (Imagen 5). En el caso de los CC de centeno, ya sea quemados en agosto como en septiembre, si bien se observan diferencias por el efecto de la fertilización nitrogenada, estas no son significativas.

En cuanto a MS de malezas, si bien no se registraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, se observa una tendencia a un mayor enmalezamiento en CFA y CTA. El suelo bajo barbecho químico presentó menos nivel de MS de malezas debido a un control realizado posteriormente al muestreo anterior.

Tabla 11. Materia seca correspondiente a la segunda fecha de siembra del cultivo de Maíz para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	MS total	Tratamiento	MS malezas
CFSD	3399 a	CFAD	638 a
VD	2475 ab	CTSD	580 a
CTSD	1975 b	VD	566 a
VCD	1909 b	VCD	531 a
CFAD	1909 b	CTAD	488 a
CTAD	1525 b	BD	394 a
BD	1293 b	CFSD	384 a

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

Para la fecha de siembra tardía de maíz solo se observan diferencias significativas entre CFSD y el resto de los tratamientos, a excepción de VD que presenta valores intermedios (Imagen 6).

En cuanto a MS de malezas, tampoco se hallaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Los valores obtenidos concuerdan con los de otros trabajos de la zona (Cazorla y Baigorria, 2011).

Materia orgánica

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 12 y 13. 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 12). 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 12: 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	
VO	14,3		14,5 a	
VD	14,6	1,59		
VCO	14,9	15,1 a	1,65	1,68 a
VCD	15,3		1,70	

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

Los niveles de MOT y MOJ, tampoco mostraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos al momento de la fecha de siembra temprana y tardía de maíz (Tabla 13). Lo que se puede destacar es que en general, la MOJ representó un 11,5 y% y un 11,6% de la MOT en la primera y segunda fecha de siembra del cultivo estival respectivamente, lo que sugiere que se deben seguir los ensayos para confirmar o no este aumento por efecto del manejo de los CC.

Tabla 13: Materia orgánica a la siembra del cultivo estival en los distintos tratamientos.

Muestra	MOT (g.kg ⁻¹)	MOJ (g.kg ⁻¹)	MOT (g.kg ⁻¹)	MOJ (g.kg ⁻¹)
BO	14,1 a	1,60 a		
BD			13,5 a	1,55 a
CTAO	14,1 a	1,63 a		
CTAD			14,8 a	1,73 a
CTSO	14,4 a	1,68 a		
CTSD			15,8 a	1,84 a
CFAO	13,0 a	1,49 a		
CFAD			15,6 a	1,8 a
CFSO	14,6 a	1,70 a		
CFSD			15,3 a	1,76 a
VO	14,4 a	1,66 a		
VD			14,8 a	1,72 a
VCO	14,9 a	1,73 a		
VCD			15,5 a	1,8 a

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

Relación C/N

Este parámetro se evaluó con el objetivo de poder caracterizar la calidad del residuo aportado por cada uno de los tratamientos de CC, debido al efecto de la especie, la fertilización nitrogenada y la fecha de quemado en el caso del centeno.

Para estas determinaciones se trabajó con las mismas muestras que se extrajeron para medir producción de MS. Para los análisis de C y N, las repeticiones correspondientes a cada uno de los tratamientos se trataron en conjunto, debido a la gran cantidad de muestras a analizar 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 14 corresponden a los muestreos de agosto y septiembre.

Tabla 14: Relación C/N de los diferentes tratamientos de CC y diferentes manejos.

Tratamiento	Relación C/N
CTA	27
CFA	24
CTS	36
CFS	33
V	16
VC	24

De los resultados obtenidos se puede observar que los CC de centeno presentaron mayores valores de este parámetro en relación a los de vicia y vicia + centeno, siendo éste último el que mostró una relación intermedia.

Dentro de los tratamientos de CC de centeno se observa el efecto del manejo (fecha de quemado y fertilización nitrogenada). En cuanto a la fecha de quemado se puede apreciar que en la medida que se atrasa la interrupción del ciclo del CC, mayor es la relación C/N, debido a que los quemados en septiembre ya se encontraban en estado avanzado de encañazón y los quemados en agosto en macollaje. A su vez se pueden apreciar efectos de la fertilización, ya que los CC fertilizados registraron valores menores a los no fertilizados, debido, posiblemente, a la mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo, y una mayor concentración en los tejidos del cultivo en los primeros. 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).

Por otra parte, en cuanto al efecto especie, el tratamiento V fue el que presentó el menor valor de este parámetro y VC, valores intermedios. 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 típicos*.

CONCLUSIONES

Para las condiciones en las que se desarrolló el trabajo, los CC de centeno fertilizados y secados en septiembre presentaron niveles similares de agua útil en el perfil de suelo, en comparación con el resto de los tratamientos, tanto para siembras tempranas como tardías de maíz.

En cuanto a control de malezas se observó que V, presentó malezas desde el primer muestreo (agosto), posiblemente por el efecto de la fecha de siembra (fines de abril) que no permitió un rápido crecimiento para lograr cobertura del suelo. Si consideramos las dos fechas de siembra de maíz, se debe destacar que para la fecha temprana, solo lograron control los tratamientos CFS y CTS, mientras que para la fecha tardía en todos los tratamientos se observó presencia de malezas.

Se debe agregar que se observaron efectos de la especie, fertilización y fecha de quemado en cuanto a la relación C/N de los residuos aportados por los cultivos de cobertura. En este sentido V registró menor relación (16) en comparación a los CC de centeno, siendo intermedio VC. Por otra parte, dentro de los tratamientos con centeno, CTS presentó un valor de 36, mientras que CFA presentó el menor valor de este parámetro (24).

Los niveles de MO (total y joven) no presentaron diferencias al momento de la fecha de siembra temprana como tardía entre los diferentes tratamientos, aunque si se observó una mayor relación MOJ/MOT si se compara con la situación inicial.

Finalmente se debe destacar el comportamiento diferencial de la MS de rastrojos si se considera el suelo bajo barbecho químico y los suelos bajo CC. Este efecto podría deberse a un mayor proceso de degradación de los rastrojos en los tratamientos con CC, debido a un

mayor nivel de humedad, lo cual crea un ambiente más favorable para la actividad microbiana.

Todo lo mencionado, lleva a concluir que los cultivos de cobertura y sus variantes de manejo representan una herramienta viable para nuestra región como alternativa para lograr mejoras en la captación, el almacenaje y eficiencia en el uso del agua. A su vez, se debería seguir estudiando el efecto de esta práctica y sus variables de manejo sobre el control de malezas y la disminución en el uso de herbicidas, como así también buscar el efecto acumulado de esta herramienta de manejo para 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



Imagen 1: Vicia (Septiembre)



Imagen 2: Centeno (Septiembre)



Imagen 3: Vicia + Centeno (Septiembre)



Imagen 4: Barbecho (Septiembre)



Imagen 5: Centeno quemado en septiembre (Octubre)



Imagen 6: Centeno quemado en septiembre (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.
- Álvarez, C, C. Scianca, M. Barraco y M. Díaz Zorita. 2008. Impacto de diferentes secuencias de cultivos en siembra directa sobre propiedades edáficas en hapludoles de la pampa arenosa. *Actas XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Pp. 381.
- Alvarez, C. y C. Scianca. 2006. Cultivos de cobertura en molisoles de la región pampeana. Aporte de carbono e influencia sobre las propiedades edáficas. EEA INTA General Villegas: Jornada profesional Agrícola 2006.
- Arguello J, J. Saks, R. Fernández y E. Noellemeyer. 2011. Evaluación de la viabilidad de los cultivos de cobertura en la región semiárida pampeana. Tesis de grado, Fac de Agronomía UNLPam.
- Baigorria, T. y C. Cazorla. 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.

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.

Casanovas, E., H. Echeverria y G. Studdert. 1995. Materia orgánica del suelo bajo rotaciones de cultivos. Contenido total y de distintas fracciones. Ciencia del suelo 13: 16-20.

Cazorla, C. y T. Baigorria. 2011. Antecesores de Maíz Barbechos o Cultivos de Cobertura? INTA Marcos Juárez.

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.

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*.
- Ding, G., X. Liu, S. Herbert, J. Novak, D. Amarasiriwardena y B. Xing. 2006. Effect of cover crop management on soil organic matter. *Geoderma*.
- Duarte G. 2002. Sistemas de Producción de girasol en la región húmeda argentina. In Manual práctico para el cultivo de girasol. Editores 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. Boletín de divulgación técnica N° 87. Aspectos del manejo de los suelos en sistemas mixtos de las regiones semiárida y subhúmeda Pampeana.
- 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 y E. Noellemeyer, M. Saks, F. Arenas y C. Antonini. 2012. Inclusión de cultivos de cobertura en sistemas de producción de la Región Semiárida Pampeana. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. EEA INTA Anguil, Publicación técnica N°89: 55-65.
- Fernández, R., A. Quiroga y E. Noellemeyer. 2012b. Cultivos de cobertura, ¿una alternativa viable para la región semiárida pampeana? *Ciencia del Suelo* 30:137-150.
- 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 y Environment*, 98(1-3):247-254.
- 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 and Tillage Research*, 65:207-220.

- Lardone, A., C. Scianca, M. Barraco, W. Miranda, C. Álvarez, A. Quiroga y F. Babinec. 2014. Momento de secado de especies de cultivos de cobertura. Memoria técnica 2013-2014. INTA General Villegas. Pp. 16-20.
- Mischler, R., S. Duiker, S., W. Curran y D. Wilson. 2010. Hairy vetch management for no-till organic corn production. *Agronomy Journal*. 102: 355-362.
- 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.
- Mohammadi, G. 2010. The effects of different autumnseeded cover crops on subsequent irrigated corn response to nitrogen fertilizer. *Agricultural Sciences*, 01(03):148-153.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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. Waggoner. 1997. Winter annual grasslegume bicultures for efficient nitrogen management in no-till corn. *Ecosystems*, 65:23-32.
- Restovich, S., A. Andriulo y S. Portela. 2012. Introduction of cover crops in a maize–soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. *Field Crops Research*, 128:62- 70.
- Richards, L. 1948. Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. *Soil Science* 66(2):105-110.
- 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*: 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 p.
- Scianca, C., W. Miranda, A. Lardone, M. Barraco, y G. Abadie. 2012. Cultivo de cobertura. Maíz tardío en dos ambientes representativos del noroeste bonaerense. INTA EEA General Villegas, Memoria Técnica, 2011-2012. Pp. 77-82.
- Scianca, C., C. Alvarez, M. Barraco, M. Perez y A. Quiroga. 2007. Cultivos de cobertura: aporte de nutrientes y rastrojo de las diferentes especies.
- Scianca C., C. Álvarez , M. Barraco, A. Quiroga y P. Zalba.. 2006. Cultivos de cobertura. Aporte de carbono e influencia sobre propiedades edáficas. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Pag 369.
- 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. Volumen 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, M. y B. Alves. 2009. Benefits of Vetch and Rye CoverCrops to Sweet Corn under No -Tillage. Agronomy Journal. 101: 252-260.