

Ing. Agr. (Dr.) Sá Pereira E.<sup>1</sup>,  
Ing. Agr. Vechi G.<sup>2</sup>,  
Tec. Agr. Ibarra C.<sup>3</sup>,  
Ing. Agr. Pedelaborde J. M.<sup>4</sup>

- <sup>(1)</sup> Jefe AER INTA Coronel Suárez (EEA Bordenave) - (Manejo de suelo y cultivos);  
<sup>(2)</sup> Becario de la CIC y Asesor de Cambio Rural II;  
<sup>(3)</sup> Técnico Laboratorista (MAA) y  
<sup>(4)</sup> Asesor de Cambio Rural II.

# Cultivos de cobertura de invierno como alternativa a barbechos de larga duración en el sudoeste de Buenos Aires

Lejos de los supuestos, los cultivos de cobertura pueden ser una buena opción para sistemas agrícolas bajo secano en regiones donde el agua es el factor que limita la producción.

## Palabras Claves:

Cultivo de cobertura (CC);  
Eficiencia de barbecho (EB);  
Producción de materia seca (MS); Eficiencia de uso del agua (EUA); Sudoeste de Buenos Aires.

## Introducción

En la región sub-húmeda pampeana con centro en el sudoeste bonaerense (sector de Ventania), las precipitaciones no logran cubrir los requerimientos del uso consuntivo de los cultivos, limitando frecuentemente 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 la precipitación anual retorna a la atmósfera sin intervenir en el proceso productivo (Bennie y Hensley, 2000). Generalmente en el período de barbecho, las precipitaciones ocurridas exceden la capacidad de retención de los suelos, evaporándose, escurriendo o percolando en profundidad, lo que resulta en una baja eficiencia de barbecho (EB) (Carfagno *et al.*, 2012 y 2013; Sá Pereira *et al.*, 2013). En ese contexto, la inclusión de un cultivo de cobertura (CC) que utilice el excedente de agua para la generación de biomasa, secuestrando carbono (C), nitrógeno (N) y otros nutrientes, sería una alternativa a considerar en rotaciones de cultivos en sistemas agrícolas bajo secano de la región sub-húmeda pampeana, en los cuales el agua es el principal factor limitante de la producción (Quiroga A. *et al.* 2007).

El efecto de los CC sobre la humedad edáfica depende de la cantidad e intensidad de las precipitaciones, la tasa de infiltración y de las interacciones transpiración/evaporación (Clark *et al.*, 1997). En este sentido, Clark *et al.* (2007) monitorearon la humedad durante dos años, bajo maíz con centeno y vicia como CC, con dos secados (temprano y tardío). A la siembra del maíz, el suelo bajo barbecho tradicional sin CC (BT) presentó menor humedad que bajo CC y un barbecho corto. Asimismo, Baumhardt & Jones (2002) y Bono *et al.* (2006) observaron un efecto positivo de los residuos de cobertura sobre la conservación del agua del suelo, al reducir las pérdidas por evaporación e incrementar la capacidad de captación del agua de lluvia. Diferentes estudios en ambientes sub-húmedos, muestran que los distintos niveles de cobertura del suelo afectan el contenido de agua, el uso consuntivo y las pérdidas de suelo por erosión (Quiroga *et al.*, 1996; Sá Pereira *et al.*, 2013). Una alternativa para incrementar la cobertura a través del aporte de residuos, y consecuentemente el contenido de materia orgánica (MO), en sistemas de producción agrícola, es la incorporación de CC. Éstos se establecen entre dos cultivos de cosecha y no son pastoreados, incorporados ni cosechados, quedando sus residuos en superficie, protegiendo al suelo de la erosión y liberando nutrientes como resultado de procesos de degradación de la biomasa aérea y radicular de los mismos (Mullen *et al.*, 1998; Rufo, 2003. Sá Pereira *et al.*, 2013).

Entre las gramíneas más usadas se encuentran el centeno, la avena, la cebada, el triticale y el raigrás. Una gramínea invernal sembrada luego de la cosecha de los cultivos de verano, absorbe nitratos residuales (Strock *et al.*, 2004), aporta C (Ding *et al.*, 2006) y compite con las malezas invernales (Fisk *et al.*, 2001).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de biomasa aérea y la eficiencia de uso del agua del suelo en cultivos de cobertura de invierno, así como sus efectos sobre el cultivo siguiente en la rotación.

## Materiales y Métodos

Se realizaron dos ensayos sobre diferentes antecesores durante la campaña 2013/2014 (E<sub>1</sub>) y 2014/2015 (E<sub>2</sub>) en el establecimiento "Bamalú" en proximidades de la localidad de Cura Malal (20 km al oeste de Coronel Suárez), sobre un suelo perteneciente al gran grupo de los

Argiudoles, de capacidad de uso II, desarrollado sobre un sedimento loésico de textura franco limosa (55 % de Limo + Arcilla) con tosca a 120 cm de profundidad (INTA, 1978).

En el primer ensayo las fuentes de variación fueron los cultivos de cobertura (CC) como factor principal y el momento de secado como sub factor, en un diseño en parcelas divididas con tres repeticiones. En el segundo ensayo se evaluaron diferentes CC en un diseño en bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones. Respecto de este último ensayo (E<sub>2</sub>), se presentaron datos parciales.

Los antecesores evaluados en el E<sub>1</sub> fueron: a) *Vicia sativa* (V), b) triticale (Tr.), y c) testigo (B) sin CC (factores principales), mientras que los tres momentos de secado evaluados fueron: 1) primer secado o barbecho largo (Enero/310 días), 2) segundo secado o barbecho temprano (45 días) y 3) tercer secado o barbecho tardío (15 días) (factores secundarios). En el E<sub>2</sub> los antecesores evaluados fueron: a) *Vicia sativa* (v), b) cebada (ceb.) y c) testigo (B) sin CC. Todos los CC fueron implantados bajo siembra directa (SD), inmediatamente a los 80 días de la cosecha de trigo de cada año. El secado de los CC se realizó con rolo aplastador y con herbicida (glifosato). Las densidades de siembra fueron 50, 60 y 40 kg ha<sup>-1</sup> para triticale, cebada y vicia, respectivamente. El cultivo de maíz RR sembrado en noviembre como sucesor, se fertilizó con 70 kg ha<sup>-1</sup> de FDA.

La materia seca (MS kg ha<sup>-1</sup>) producida por los CC y por los testigos se determinó mediante corte de 0,25 m<sup>2</sup> de biomasa aérea (cob. verde) y cobertura seca del suelo (cob. seca), secadas en estufa a 60 °C. La humedad del suelo se determinó cada año, a la siembra y a los distintos momentos de secado del CC, así como a la siembra y a la cosecha del cultivo sucesor (maíz), para los siguientes intervalos de profundidad: 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm. Dichos valores fueron expresados como humedad volumétrica (HV, cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup>), para caracterizar el perfil en cada momento, y como lámina de agua disponible (LAD, mm), a fin de realizar luego los cálculos de eficiencia de uso de agua (EUA kg MS mm<sup>-1</sup>) y de EB (EB%) según las ecuaciones:  $EUA = [MS / (AAIc - AAfc + PPc)]$  y  $EB = [(AAfb - AAib) / PPb]^1$ .

Con los datos obtenidos se confeccionó un modelo de balance de agua según Galantini *et al.* (2008). Por último, y para el E1, se determinaron los parámetros de rendimiento de maíz (peso de 1000 granos, materia seca total, rendimiento en grano y número de plantas) con los diferentes CC como antecesores. El análisis estadístico se realizó mediante el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2011), utilizando análisis de la varianza (ANOVA) para las fuentes de variación CC y momento de secado.

## Resultados

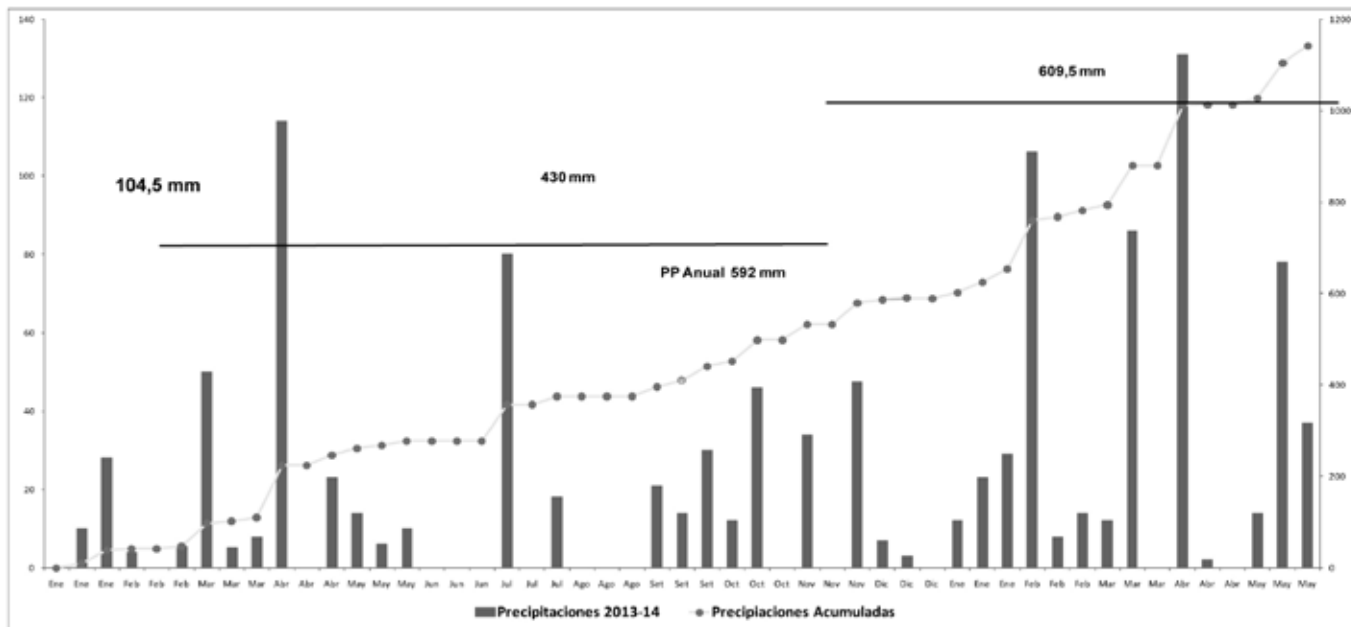
### Características ambientales de los periodos en estudio

En la Figura 1a se muestran las precipitaciones acumuladas en cada período (previo a la siembra de CC; período invernal: CC + barbecho; y posterior a la siembra de maíz.), para el ciclo agrícola 2013/14.

<sup>1</sup> Ref. MS: producción de MS durante el período de crecimiento; AAIc y AAfc: agua acumulada en el suelo al inicio y al final del período de crecimiento, respectivamente; AAfb y AAib: agua acumulada en el suelo al final y al inicio del período de barbecho respectivamente; PPc y PPb: precipitaciones acumuladas en cada período de crecimiento y de barbecho, respectivamente (Bennie y Hensley 2001).

Precipitaciones decádicas para los años en estudio: a) 2013/14. Las líneas horizontales indican la cantidad de precipitaciones acumuladas en tres períodos de la campaña (01/01 al 31/03; 01/04 al 10/11 y 11/11 al 31/05) y b) 2014 (01/01 al 31/03; 01/04 al 08/11 y 08/11 al 31/12).

a-



b-

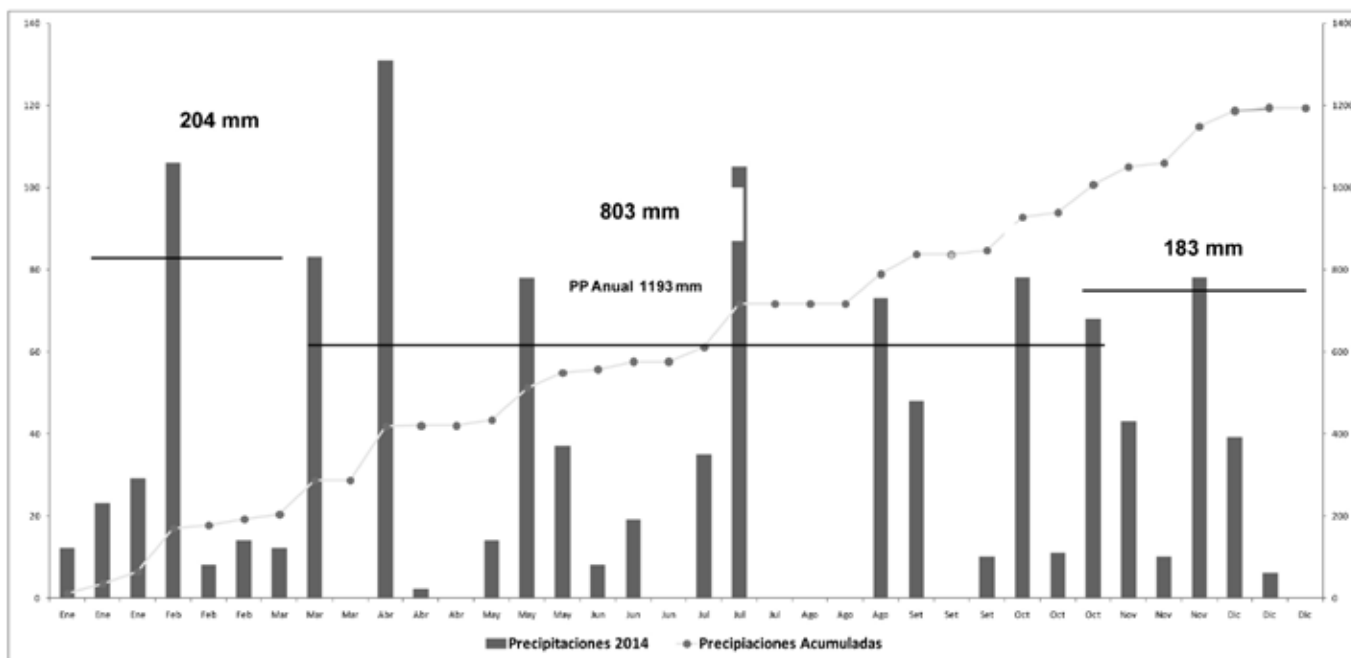


Figura 1

En el año 2013 las precipitaciones fueron menores al promedio histórico (774 mm). El promedio de precipitaciones históricas acumuladas entre marzo y octubre fue de 443 mm (datos no mostrados) lo que indica que, en comparación con el año analizado, las condiciones de humedad fueron próximas al promedio histórico y normal para el crecimiento de los cultivos en el período evaluado. No obstante, la precipitación anual del ciclo 2013 mostró un déficit de 182 mm. En el año 2014 las precipitaciones para ese mismo período fueron de 803 mm, superando en casi el doble al promedio histórico (Figura 1b). Para el ciclo de marzo a octubre del año 2014, las precipitaciones se incrementaron 293,5 mm por encima del año 2013.

#### Eficiencia de Barbecho

Para interpretar la eficiencia que tiene cada CC en la captación y en la conservación del agua pluvial, se analizó la EB. En la Figura 2 se muestran los valores de EB en el secado temprano y tardío para el año 2013 y secado tardío para el año 2014. Se observó en la EB de los CC, un gradiente general: vicia>triticale>testigo en el año 2013 y vicia>cebada>testigo en el año 2014. Los valores más altos en 2013 los reportaron vicia, bajo el secado temprano y tardío (21 % y 63 %) y valores menores con triticale (19% y -22%) respectivamente. Similares resultados fueron obtenidos por Carfagno *et al.* (2012 y 2013) en hapludoles y haplustoles del oeste arenoso (región sub-húmeda pampeana). En el año 2014, las EB en el secado tardío fueron superiores para cebada y vicia (30 y 35%, respectivamente). Las menores EB se obtuvieron con los barbechos tradicionales de larga duración y variaron entre -2 y 3%. Para Coronel Suárez, donde la oferta hídrica en la mayoría de los años es limitada, se observó que en la rotación trigo/CC/maíz, con residuos de diferentes CC invernales, fue más eficiente en la conservación del agua edáfica superficial, que el barbecho largo tradicional, debido a la reducción de la evaporación y aumento en la infiltración por el crecimiento de la biomasa aérea y radical. Resultados similares fueron encontrados por Dabney (1998) y Carfagno *et al.* (2013).

#### Producción de materia seca y Eficiencia en el uso del agua (EUA)

En la Figura 3 se presenta la producción de MS aérea producida por cada CC y la acumulada (cob. verde + seca) en cada uno de los años estudiados y en cada largo de barbecho. La producción de biomasa en 2014 reflejó la mayor oferta hídrica de ese año (y la menor incidencia de heladas), comportamiento que no se manifestó de igual manera en 2013, el año más seco del período

EB (almacenamiento de agua en cada barbecho) para cada momento de secado en los dos años de estudio, para los E1 y E2. Las líneas verticales en cada columna muestran el error estándar de la media.

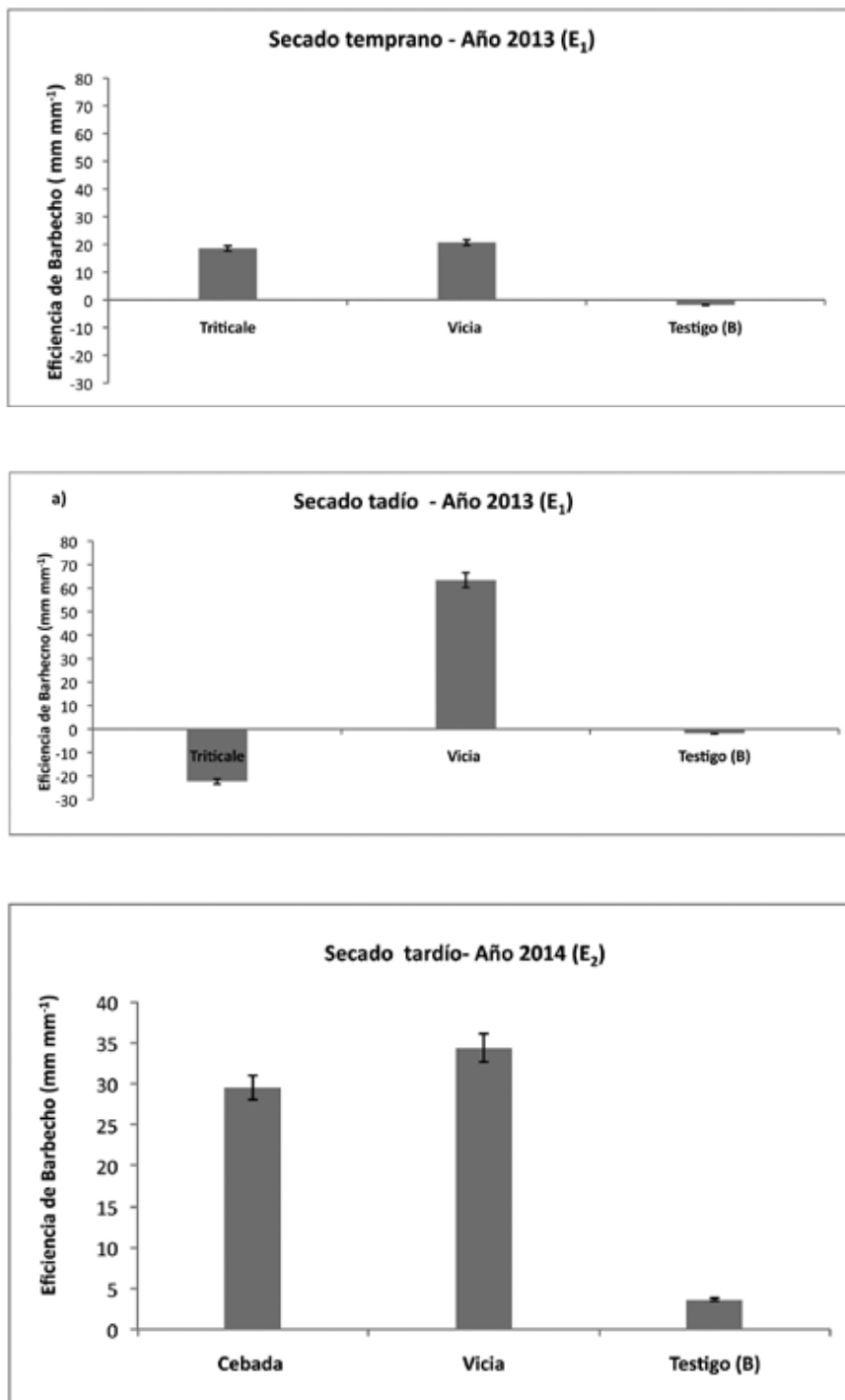


Figura 2

Producción de MS aérea y acumulada para cada CC, para cada ensayo, en cada largo de barbecho y en cada uno de los años estudiados: (a) 2013 y (b) 2014. Sitio: Cnel. Suarez. Las líneas verticales en cada columna muestran el error estándar de la media.

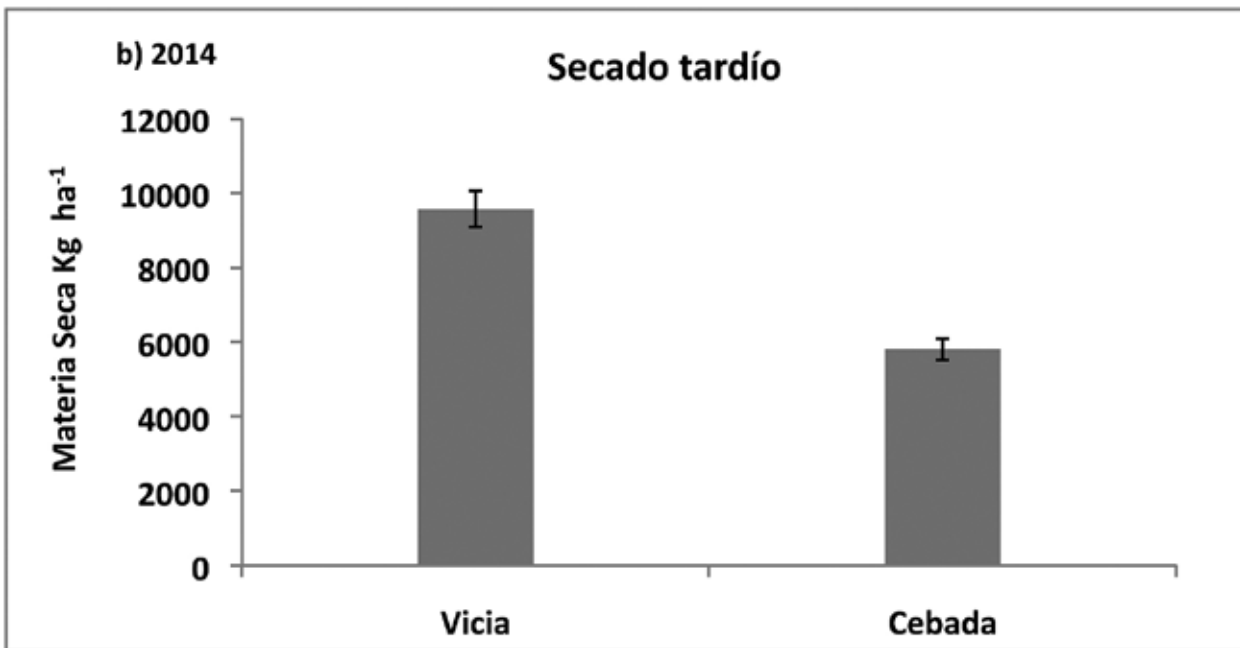
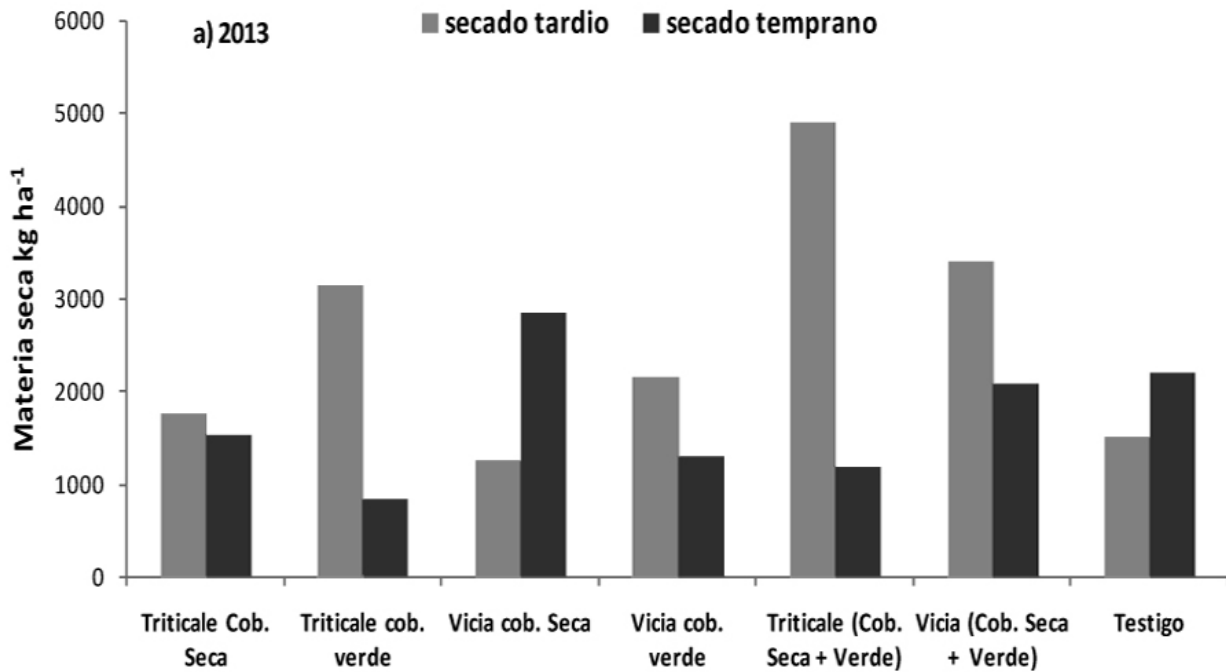


Figura 3

Eficiencia de uso del agua (EUA) para cada momento de secado, cada réplica y acumulado (cob. seca + verde) de triticale y vicia (2013). Las líneas verticales en cada columna muestran el error estándar de la media.

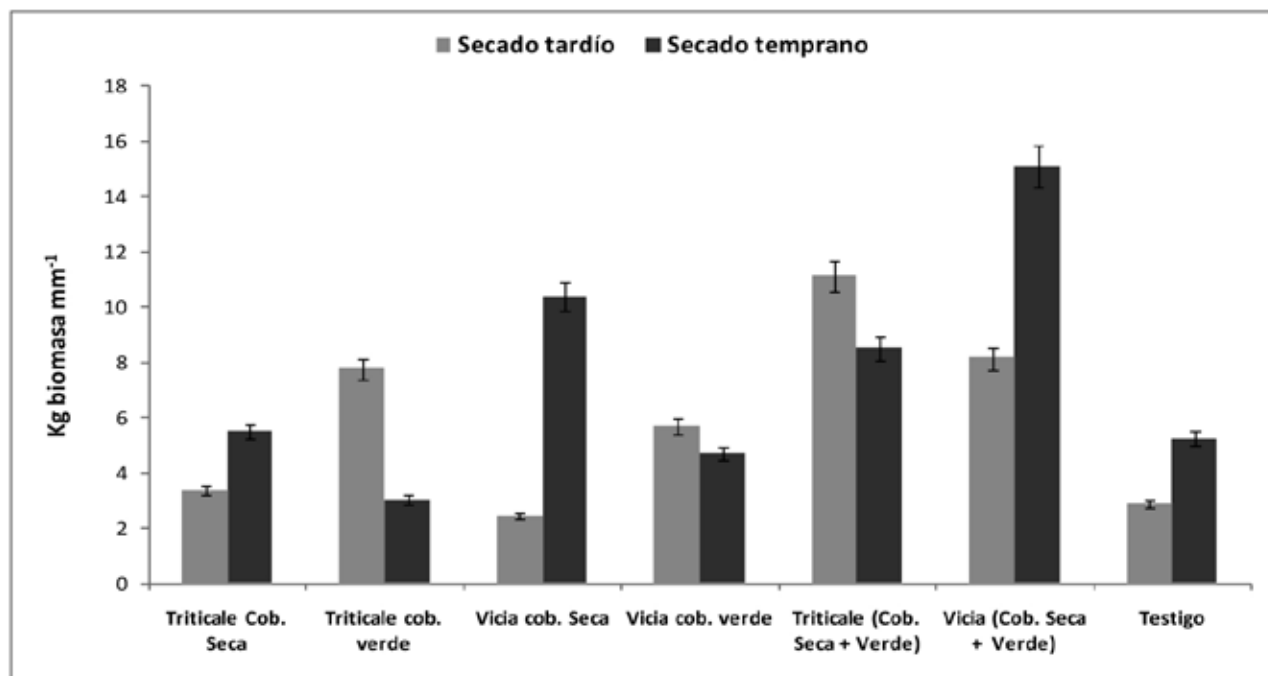


Figura 4

estudiado. El triticale (ya sea como cob. verde + cob. seca, o bien como cob. verde y secado tardío) fue el CC de mayor acumulación de MS en 2013, lo que demuestra la gran adaptabilidad de esta especie a ambientes con limitantes climáticas. En 2014 (E2), la mayor producción de materia seca correspondió a vicia (10.300 kgMSha<sup>-1</sup>). La acumulación de residuos en superficie (cob. seca + verde) contribuye a una mejor conservación del agua y protección del suelo.

En la Figura 4 se muestran las EUA calculadas para cada tiempo de duración del barbecho, en el año 2013. Las mayores EUA se obtuvieron con el antecesor vicia y triticale (cob. seca + verde) (15,10 y 11,14 kg.mm<sup>-1</sup>), bajo secado temprano y tardío, respectivamente. Las menores EUA fueron de 2,89 y 2,44 kg.mm<sup>-1</sup> para los tratamientos testigo sin CC y vicia (cob. seca), en el secado tardío.

#### Balace de agua y efecto sobre la disponibilidad de agua en el suelo.

En la Figura 5 se observa la dinámica del agua en el suelo en la campaña 2013/14 (E1), para el período de siembra del CC-cosecha de maíz y para los distintos CC establecidos como antecesores. Los datos observados se ajustan muy bien a los calculados, mostrando la viabilidad del modelo para el análisis de la dinámica del agua en la rotación. Se distinguen perfectamente dos ciclos: el de izquierda, perteneciente al del CC hasta la interrupción de su crecimiento (con herbicida), y el de la derecha, correspondiente al cultivo de maíz. En el este ensayo

se observó cómo los tratamientos con vicia y triticale mantuvieron un nivel de agua útil en el perfil superior al del tratamiento testigo, y consumen parte del agua de reserva.

#### Cultivo de Maíz

No se registró interacción en los parámetros de rendimiento de maíz, con el CC y los tiempos de barbechos ( $p > 0,39$ ). En E1 la producción de maíz fue de 5.895, 6.076 y 6.720 kg ha<sup>-1</sup> y de 5.955, 6.856 y 7.425 kg ha<sup>-1</sup>, para los tratamientos testigo, triticale y vicia, en fechas de secado temprana y tardía, respectivamente (Figura 6a). En promedio, se hallaron diferencias ( $p < 0,05$ ) en el rendimiento del maíz entre los tratamientos testigo y los que tuvieron a triticale y vicia como CC, alcanzando estos últimos incrementos en el rendimiento del 9,44 y del 19,62%, respectivamente. Trabajos desarrollados por Rillo *et al.* (2013) en Inchausti, 25 de Mayo (Bs As), sobre un Hapludol éntico encontraron hasta un 6,13 % más de producción de maíz cuando tuvieron a vicia como CC antecesor. Baigorria & Cazorla (2008) en Marcos Juárez, sobre un Argiudol típico, lograron un incremento de 20% en el rendimiento de cultivo de maíz con CC, comparado con el testigo. Los CC utilizados tuvieron un 70 a 90% de control de Rama negra (*Conyza bonariensis*) con respecto al testigo (B).

En cuanto al peso de 1000 granos se observaron en promedio diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los CC y el testigo. Los mayores pesos de

Dinámica del agua en el suelo y lluvia en (mm) durante el ciclo CC/maíz (valores diarios estimados y determinados al momento de la siembra de los CC, secado, siembra y cosecha de maíz). Campaña 2013/14 (E1). (a) triticale (b) vicia, (c) testigo. Las flechas gruesas indican el momento de secado para cada duración de barbecho.

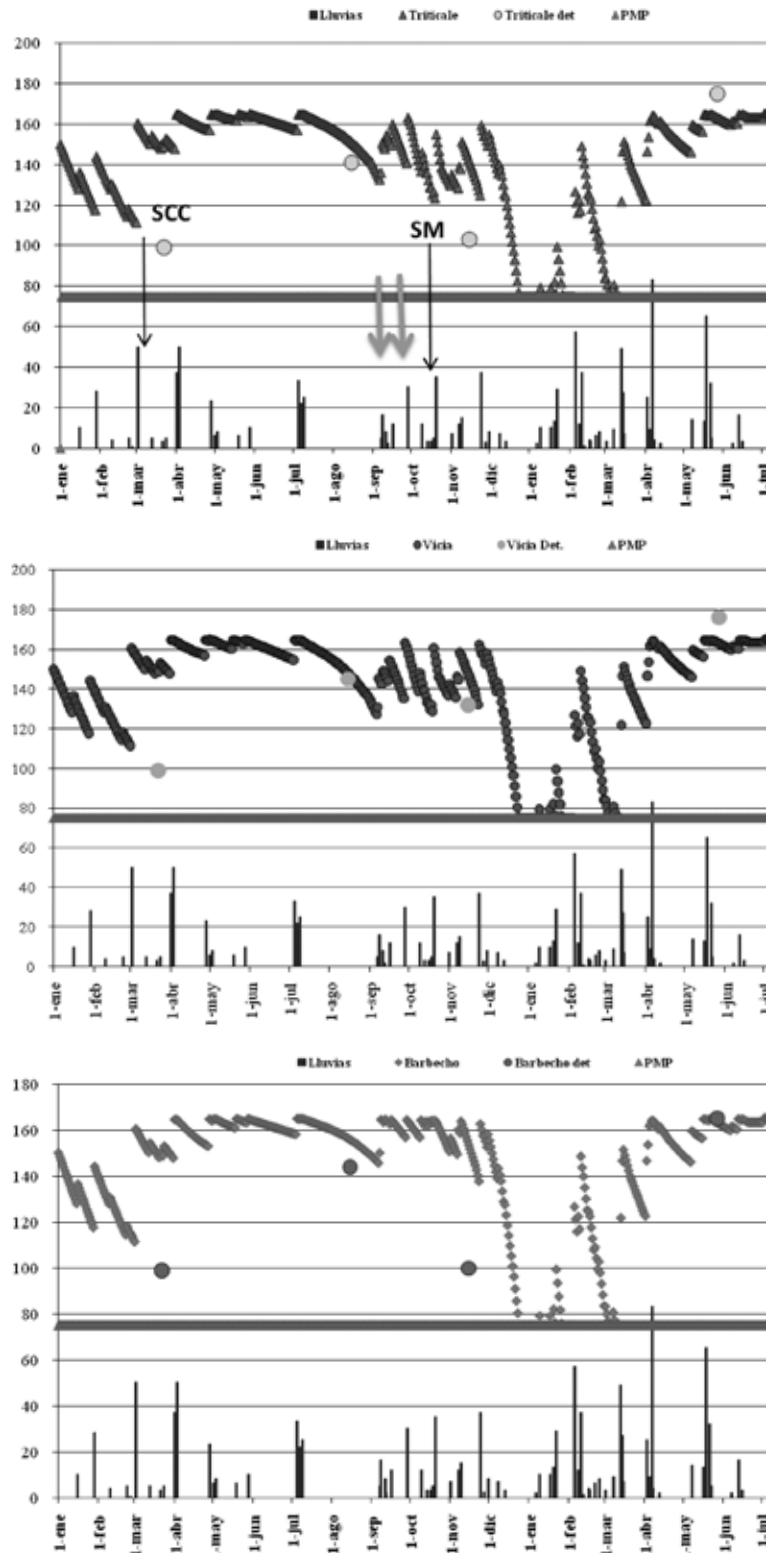


Figura 5

1000 granos se obtuvieron con antecesor vicia y triticale. Estos mayores pesos pueden deberse a un mayor reciclado y fijado de nutrientes por parte de los CC (Figura 6b).

En promedio, no se determinaron diferencias significativas en el número de plantas por hectárea, lo que muestra una uniformidad en la distribución de plantas de maíz, que proporcionan una mayor consistencia a los resultados estadísticos aquí presentados (Figura 6c).

En cuanto a la producción de MS total se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) ya que, con vicia como antecesor, la misma superó en un 32,38 % al testigo (B) sin CC (Figura 6d). Probablemente estas diferencias se deban a que el maíz no fue fertilizado con N y a la fijación biológica de  $N_2$  por parte de la leguminosa. Trabajos de Sá Pereira *et al.* (2014) en Argiudoles típicos de Coronel Suárez, determinaron en promedio aumentos de producción de materia seca del 17,42 %, con el mismo antecesor y sin fertilización.

Respecto del momento de secado existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), observándose un mayor rendimiento en el secado tardío que en el secado temprano (Figura 6a). Esto probablemente se vincule a una mayor tasa de infiltración y disponibilidad de humedad en el suelo con CC secados próximos a la siembra de maíz, que con aquellos CC secados temprano, lo cual también impactó en la EB obtenida.

En la campaña 2014/15 (E2) y de la evaluación de N ( $kg\ ha^{-1}$ ) del espesor de suelo 0,60 m a la siembra del cultivo de maíz (Figura no presentada), surge que, con secado tardío y en promedio se obtuvieron: 148,4; 122,2 y 50,5  $kg\ ha^{-1}$  de N disponible con antecesor vicia, cebada y testigo (B) sin CC respectivamente.

**Parámetros de producción de maíz para los distintos antecesores en 2013, para cada momento de secado. a) Rendimiento de maíz b) Peso de 1000 granos de maíz. Las líneas verticales en cada columna muestran el error estándar de la media. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según Test de Fisher (LSD) según CC y momento de secado de los CC.**

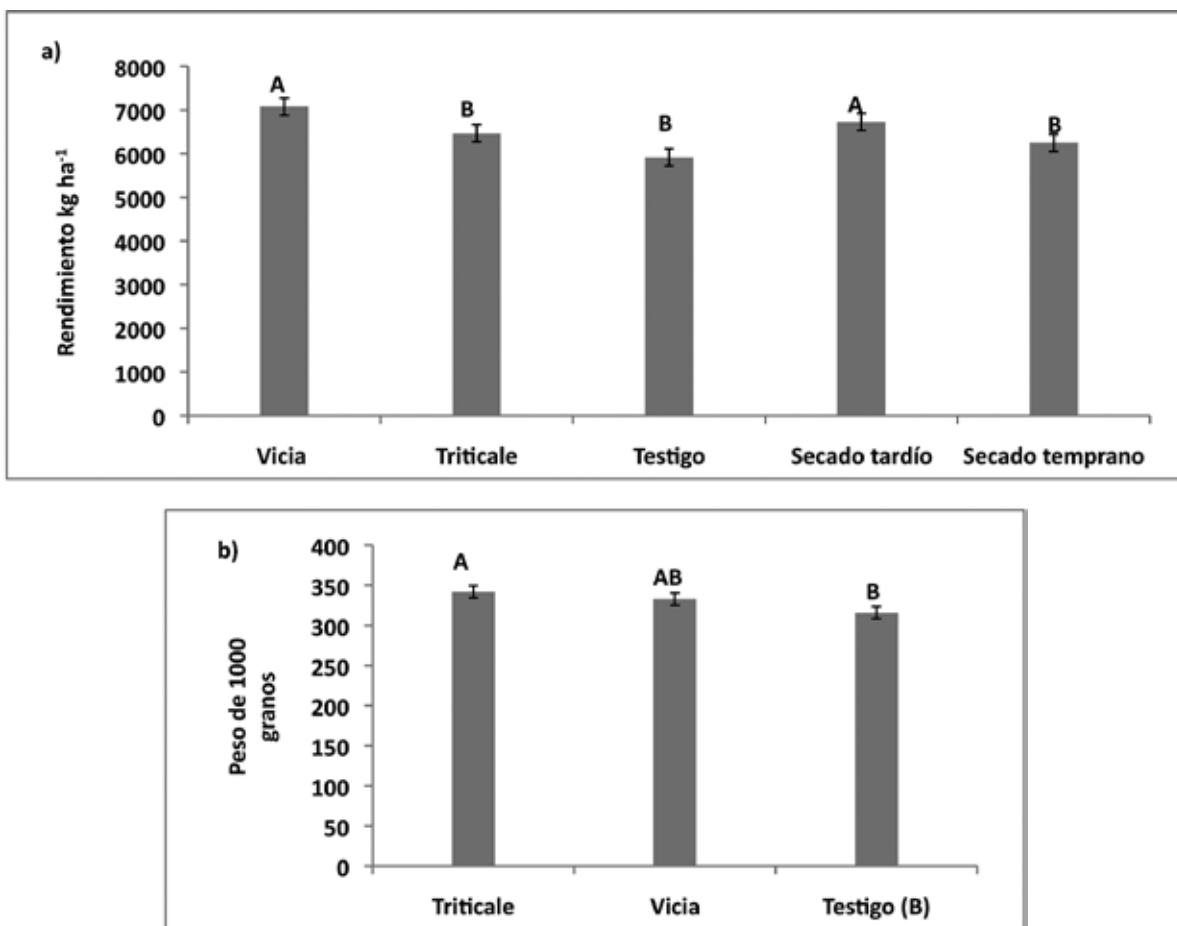
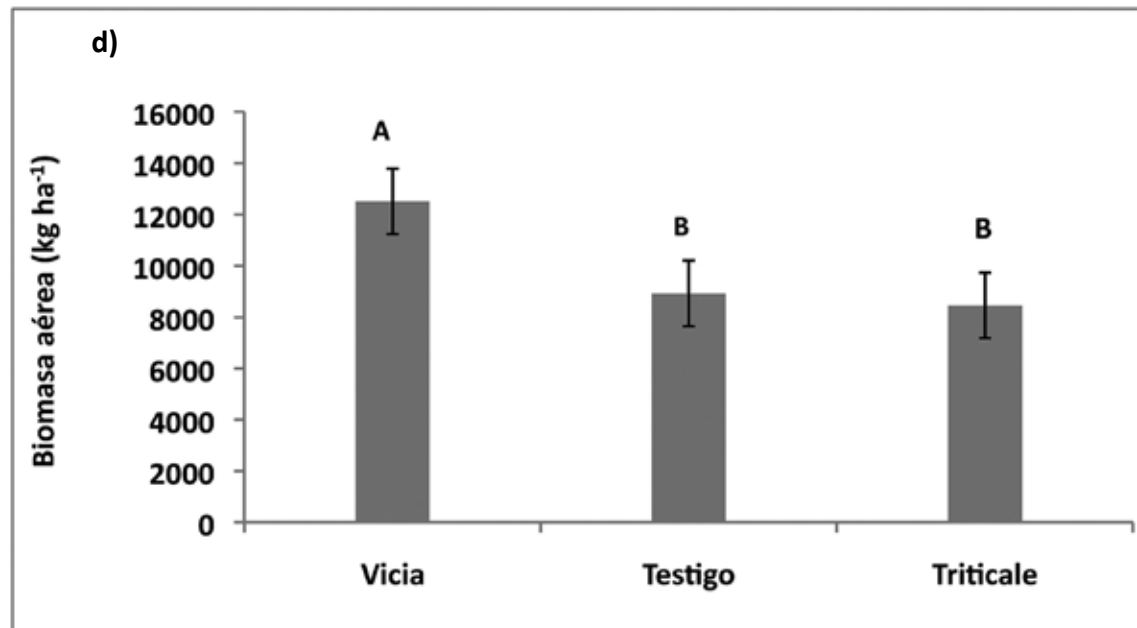
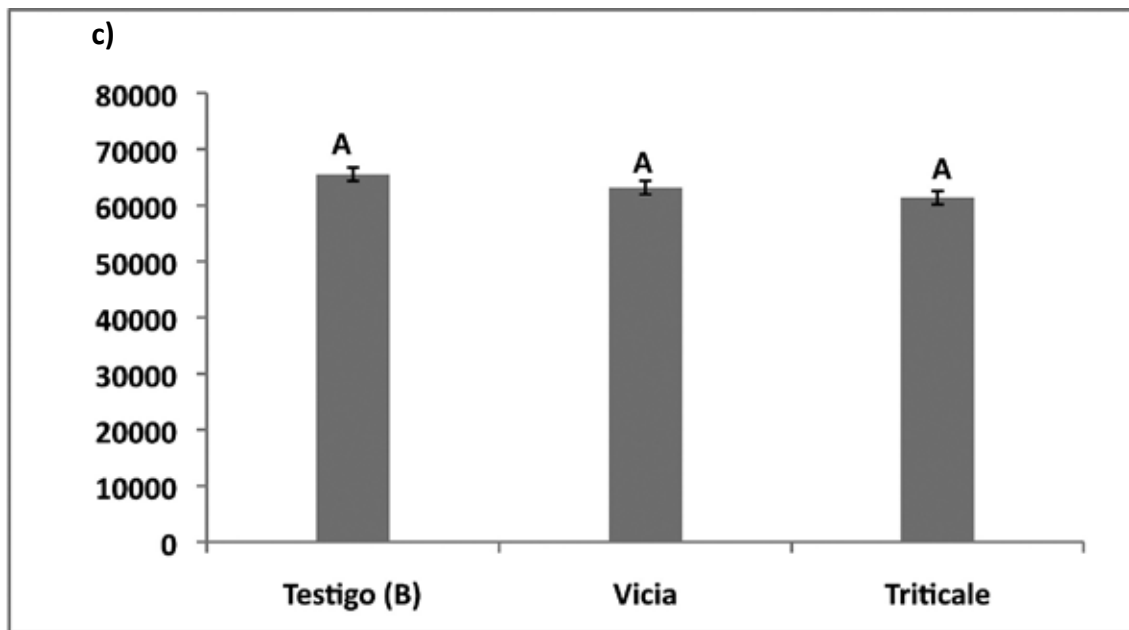


Figura 6



Parámetros de producción de maíz para los distintos antecesores en 2013, para cada momento de secado. c) N° de Plantas ha<sup>-1</sup> de maíz d) Biomasa aérea de maíz. Las líneas verticales en cada columna muestran el error estándar de la media. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) según Test de Fisher (LSD) según CC y momento de secado de los CC.



## Comentarios

- Para las condiciones planteadas, en una secuencia de trigo/maíz continua bajo SD sobre un Argiudol típico de Coronel Suárez, la inclusión de CC aumentó la producción de MS y los rendimientos en grano de maíz, cuando se utilizó la vicia como antecesor, respecto a la situación de barbecho tradicional. Esto a su vez condujo a una mayor eficiencia en la utilización del agua, que en el manejo del barbecho largo tradicional, comúnmente realizado por los productores del sudoeste bonaerense. La mayor eficiencia en el uso del agua, corresponde al triticale y vicia (cobertura seca + verde), lo cual indica que son especies adaptadas a ambientes subhúmedos y que aportan mayor cobertura, mejorando la infiltración, cuando se los utiliza en la rotación trigo/maíz. En este tipo de suelo, la EB de secado temprano y tardío con residuos de CC, son significativamente mayores que las de barbecho tradicional, mientras que la disminución de la longitud de barbecho afecta la EB, encontrándose eficiencias negativas con antecesor triticale. Bajo las condiciones de estudio, la cantidad de agua disponible al momento de la siembra de maíz estuvo relacionada con las precipitaciones en el momento de la recarga y con el momento de finalización del CC. Los resultados permiten concluir que es posible incluir CC en dicha rotación sin afectar la oferta hídrica del cultivo siguiente, aún en años con precipitaciones anuales reducidas. La cobertura y sistema radicular de los CC mejoran la infiltración del agua en el suelo.

### Agradecimientos:

Un especial agradecimiento al Sr. Luis Balzi, productor de Cambio Rural de INTA y a la Chacra de Pasmán (MAA).

### Bibliografía

- Baumhardt, R & O Jones. 2002. Residue management and tillage effects on soil-water storage and grain yield of dryland wheat and sorghum for a clay loam in Texas. *Soil Till. Res.* 68: 71-82.
- Bennie, A. y Hensley, M. 2000. Maximizing precipitation utilization in dryland agriculture in South Africa, a review. *Journal of Hydrology.* 241:124-139
- Bono, A.; E de Sá Pereira; N Romano & J Montoya. 2006. Efecto de la longitud del barbecho, momentos y formas de aplicación de P en girasol. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta-Jujuy, pp. 609.
- Carfagno, P.F.; Eiza, M.J.; Quiroga, A.; Babinec, F. 2012. Eficiencia de barbechos de diferente duración en monocultivo de soja que incluye cultivos de cobertura. XIX Congreso latinoamericano de la ciencia del suelo XXIII congreso argentino de la ciencia del suelo Mar del Plata, Argentina.
- Carfagno P, Eiza M, Babinec F y Quiroga A. 2013. Inclusión de cultivos de cobertura en la dinámica hídrica de hapludoles y haplustoles del oeste de la provincia de Buenos Aires y noreste de La Pampa. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción: EEA Anguil. Editores: Álvarez C.; Quiroga A.; Santos D; Bodrero M. Cap. 08 – p. 36-49
- Clark, AJ; AM Decker; JJ Meisinger & MS McIntosh. 1997. Kill date of vetch, rye and vetch-rye mixture. I. Cover crop and corn nitrogen. *Agron. J.* 89: 427-434.
- Clark, AJ; JJ Meisinger; AM Decker & FR Mulford. 2007. Effects of grass –selective herbicide in a vetch-rye cover crop system on corn grain yield and soil moisture. *Agron. J.* 99: 43-48.
- Dabney S.M. 1998. Cover crops impacts on watershed hydrology. *J. Soil Water Cons.* 53(3): 207-213
- Ding, G.; Liu, X.; Herbert, S.; Novak, J.; Dula, A. y Xing. B. 2006. Effect of cover crop management on soil organic matter. *Geoderma.* 130:229-239
- Fisk, J.; Hesterman, O.; Shrestha, A.; Kells, J.; Harwood, R.; Squire, J. y Sheaffe C. 2001. Weed Suppression by Annual Legume Cover Crops in No-Tillage Corn *Agronomy Journal* 93:319-325.
- Galantini J. 2008. Cereales de invierno como cultivo de cobertura: su contribución al balance de carbono. En: VII Congreso Nacional Trigo y V Simposio Cereales Otoño Invernales, Resúmenes Santa Rosa. Universidad de La Plata, CD-ROM.
- Mullen M.; Melhorn C., Tyler D., Duck B. 1998. Soil properties in no till corn with different cover crop. *Soil and Water cons.* 53:219-224
- Quiroga, A. Carfagno P.; Eiza M. J. & Michelena R. 2007. Inclusión de Cultivos de Cobertura bajo Agricultura de Secano en la Región Semiárida Pampeana. Resultados parciales de la Red de Ensayos de Cultivos de Cobertura. Jornadas de Cultivos de Cobertura – 28 y 29 de Septiembre de 2007 General Villegas y General Pico.
- Rufo, M.L. 2003: Factibilidad de inclusión de cultivos de cobertura en Argentina. *Actas XI Congreso de AAPRESID:* 171-176.
- Sá Pereira E. de; 2013. Los Cultivos de cobertura y la productividad de maíz en siembra directa. Dinámica del nitrógeno, agua y fracciones orgánicas del suelo. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional del Sur. 188 pp.
- Sá Pereira, E de; Galantini, J A; Quiroga, A & Landriscini M. R. 2014. Efecto de los cultivos de cobertura otoño invernales, sobre el rendimiento y acumulación de N en maíz en el sudoeste bonaerense. *Revista de Ciencia del Suelo v* 32(2).
- Strock, J; Porter, P. y Russelle, M. 2004. Cover cropping to reduce nitrate loss through subsurface drainage in the northern U.S. Corn Belt. *J. Environ. Qual.* 33: 1010-1016.
- Rillo, S.; Álvarez C.; Bagnato R. & Noellemeyer E. 2013. Cultivos de cobertura: gramíneas y leguminosas en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción: EEA Anguil. Editores: Álvarez C.; Quiroga A.; Santos D; Bodrero M. Cap. 08 – p. 58-68.