

Efectos de un cultivo de cobertura invernal consociado sobre la dinámica hídrica y la producción del cultivo estival en la región central de Córdoba, Argentina

Pietrarelli, L.; J. L. Zamar, M. Arbornó, J. Sanchez y H.L. Leguía

RESUMEN

La incorporación de cultivos de cobertura es una práctica agroecológica que actúa sobre los problemas generados por la simplificación productiva. Se estudiaron los efectos de un cultivo de cobertura invernal consociado de *Vicia dacycarpa* y *Triticum secale* sobre la dinámica hídrica y el rendimiento del cultivo de soja. La experiencia se desarrolló en sistemas de producción agrícola, en Lozada (Córdoba, Argentina). El diseño experimental fue de bloques completamente aleatorizados (tres sistemas productivos) con dos tratamientos: barbecho y cultivo de cobertura en la secuencia soja-soja. Se calcularon la humedad gravimétrica, volumétrica, disponibilidad de agua útil y porcentaje de agua útil hasta 100 cm, a la siembra del cultivo de cobertura, al momento de su secado y a la siembra del cultivo estival. Se determinó biomasa del cultivo de cobertura y del cultivo de soja posterior. Si bien el contenido hídrico del suelo del cultivo de cobertura al momento del secado fue menor que el testigo, no provocó un efecto negativo en el rendimiento de la soja. Con suficiente precipitación primaveral se logra una acumulación aceptable de biomasa del cultivo de cobertura y una mayor eficiencia en la recarga del perfil superior al momento de la siembra del cultivo estival.

Palabras clave: cultivos de cobertura, dinámica hídrica, monocultivo de soja, práctica agroecológica

Pietrarelli, L.; J. L. Zamar, M. Arbornó, J. Sanchez and H.L. Leguía, 2014. Effects of consociated winter cover crop on water dynamics and summer crop production in the central region of Córdoba, Argentina. Agriscientia 31 (1): 43-48

SUMMARY

Introducing cover crops is an agroecological practice that could contribute to reduce the problems generated by simplified production schemes. The effects of a consociated winter cover crop of *Vicia dacycarpa* and *Triticum secale* were studied in relation to water dynamics and yield in soybean. The experience was developed in agricultural production systems, of the town of Lozada

(Córdoba, Argentina). The experimental design was a randomized complete block (three production systems) with two treatments: fallow or cover crops in soybean - soybean sequences. Gravimetric and volumetric moisture, soil available water and percentage of available water to 100 cm were calculated at the sowing of the cover crops, at cover crops killing, and at soybean sowing. Above-ground biomass production by cover crop and subsequent soybean crop was determined. Water use by cover crops did not affect the soybean crop production. With sufficient spring rainfall, an acceptable accumulation of cover crop biomass and a more efficient profile recharge are achieved at the time of sowing of the summer crop.

Key words: cover crops, water dynamics, soybean monoculture, agroecological practice

Pietrarelli, L.; J. L. Zamar, M. Arborno, J. Sanchez y H.L. Leguía. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Valparaíso s/n, C.C. 509, 5000, Córdoba, Argentina. Correspondencia a: lipietra@agro.unc.edu.ar

Los sistemas agropecuarios extensivos de la región central de Córdoba, Argentina, han sufrido a partir de la década del '90 transformaciones en su estructura y función; ello significó un proceso de simplificación productiva que generó una intensa degradación del medio biofísico y una disminución general de los mecanismos de autorregulación (Leguía *et al.*, 2004). Varios procesos contribuyeron a esta simplificación: la agriculturización en general, la sojización posterior, la difusión de la siembra directa (SD), la incorporación de materiales transgénicos, el uso de insumos químicos y biotecnológicos y una orientación, casi excluyente, a la producción de granos (Pengue, 2009).

El paquete tecnológico de la SD (SD-soja transgénica-glifosato) favoreció la expansión de la frontera agrícola reemplazando superficies ganaderas, áreas de vegetación natural y de cultivos tradicionales (maíz, maní, sorgo y poroto), lo que determinó una drástica reducción de la agrobiodiversidad tecnológica y biológica y la pérdida de servicios ambientales asociados a la biodiversidad (Alessandria *et al.*, 2001).

El cultivo de soja aporta pocos residuos, su sistema radicular no contribuye mayormente a la generación de poros, ni favorece a la fertilidad química; si bien es una leguminosa, no llega a generar un excedente de N y se lo considera un cultivo extractivo (Andriulo *et al.*, 1999; Sasal *et al.* 2006).

Existen diversas prácticas agroecológicas basadas en tecnologías de procesos, que permiten atacar los problemas generados; entre ellas puede citarse a la incorporación de cultivos de cobertura invernal (CdeC), que proporciona una fuente adicional de cobertura viva y una cantidad importante de residuos, mejorando el balance de carbono orgánico del suelo (Liu *et al.*, 2005; Basanta *et al.*,

2008). Además, favorece la condición física al incrementar la agregación, la infiltración y la porosidad total, a la vez que disminuye la compactación (Villamil *et al.*, 2006). Asimismo, los CdeC de gramíneas y leguminosas contribuyen de diferente modo al aporte, reciclado y disponibilidad de nutrientes (Kuo & Jellum, 2000), inhiben la emergencia de malezas (Teasdale, 1993; Scianca *et al.*, 2008), estimulan la diversidad y actividad de los microorganismos edáficos (Abril, 2002) y proveen alimento y refugio a insectos depredadores, parásitos y parasitoides (Altieri, 1999).

En la zona central de Córdoba la disponibilidad hídrica es la principal limitante ambiental para la agricultura de secano, debido a la cantidad restringida de precipitaciones anuales y su concentración en el período octubre-marzo. La fecha de inicio del período lluvioso es muy variable y ocurre entre los meses de setiembre a diciembre, lo que condiciona la fecha de siembra de los cultivos estivales y su posterior cosecha. El retraso en el momento de la trilla de estos cultivos afecta la posibilidad de implantar un cultivo de cobertura invernal debido a la progresiva pérdida de humedad superficial del suelo y a la escasa probabilidad de lluvias otoñales. Se reconoce también que el consumo hídrico de los cultivos de cobertura puede llegar a afectar el establecimiento del cultivo posterior o comprometer su rendimiento (Cosentino, 2008). No obstante, Restovich *et al.* (2008) demostraron que con el secado oportuno del CdeC, antes de la etapa reproductiva, se genera un tiempo suficiente para la recarga de agua del perfil. Además, comparado con el CdeC, los barbechos invernales en la zona semiárida evidencian menor eficiencia en retener el agua del perfil, ya que ocurren procesos de pérdida de agua del suelo, aun bajo SD (Basanta *et al.*, 2008).

El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos de un cultivo de cobertura invernal consociado de gramínea-leguminosa (*Triticum secale* y *Vicia dacycarpa*) sobre la dinámica hídrica y la producción del cultivo de soja que lo sucede, en la región central de Córdoba.

La experiencia se desarrolló en sistemas de producción, predominantemente agrícolas, de la localidad de Lozada (Dpto. Santa María, Córdoba, Argentina), en una zona climática y edáfica homogénea. Los establecimientos estudiados se ubican en una región geomorfológica de la cuenca Rafael García-Lozada denominada Planicie Central, con un complejo de suelos clasificados como Argiustoles típicos, con textura mayoritariamente franco-limosa (Sanabria *et al.*, 1997). El clima corresponde al dominio semiseco, con tendencia al semihúmedo, con déficit hídrico, sin invierno térmico (Capitelli, 1979). La precipitación media anual de la serie 2004-2012 para la zona de estudio fue de 686,1 mm, conforme a datos registrados por productores de la zona (Orlando Delgado, 2012, comunicación personal). El período lluvioso, de octubre a marzo, tuvo un promedio de 586,6 mm, que representó 85% de la precipitación anual. La evapotranspiración supera los 850 mm anuales, lo que determina la existencia de períodos con deficiencia de agua edáfica (Vettorello, 2008).

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados (tres sistemas productivos) con dos tratamientos: barbecho en secuencia soja-soja y cultivo de cobertura en secuencia soja-soja. Estas unidades de producción familiares son representativas de procesos de adopción de tecnologías de insumos y de simplificación de la estructura y dinámica de los sistemas productivos de la región central de Córdoba.

El cultivo de cobertura se sembró en siembra directa el 7 de junio de 2012 con una combinación de *Vicia dacycarpa* (cultivar Tolse FCA) y *Triticum secale*, utilizando 68 kg /ha en una proporción de 57% y 43% respectivamente; la distancia entre hileras fue de 17,5 cm. Cada parcela tuvo una superficie promedio de 1500 m². La fecha del secado químico (glifosato a 2 l/ha) fue a mediados de noviembre (estado de antesis). Se midió humedad gravimétrica (HG) en las siguientes profundidades: cada 10 cm hasta los 40 cm y luego cada 20 cm hasta completar los 100 cm, en tres sitios por tratamiento. Estos muestreos se realizaron en el momento de siembra del CdeC, al momento de su secado y a la siembra del cultivo estival.

A partir de los datos obtenidos de humedad gravimétrica, se calculó para cada intervalo de profundidad la humedad volumétrica (HV) en fun-

ción de la densidad aparente (DA) y la lámina actual (LA) de agua. La lámina total (LT) del perfil se obtuvo de la sumatoria de los diferentes espesores. En función de las constantes hídricas –punto de marchitez permanente (PMP) y capacidad de campo (CC) de la zona (Vettorello, 2008)– se obtuvo el agua útil total (AUT). Además, en cada momento de muestreo se calcularon la disponibilidad de agua útil del suelo (DAU) como la diferencia entre LA y PMP y el porcentaje de agua útil disponible (%AU), como el cociente entre DAU y AUT expresado en porcentaje.

Al momento del secado se determinó el peso seco aéreo de cada especie del CdeC, utilizando ocho unidades muestrales (0,25 m² cada una) por parcela. El 22 de diciembre de 2012 se sembró el cultivo de soja (variedad Don Mario 4870) en siembra directa, a 0,52 m entre surcos y con una densidad de 15 plantas/m. Al final del ciclo del cultivo de soja se determinó el peso seco aéreo total y el rendimiento en grano, utilizando 10 unidades muestrales (1 m lineal) por tratamiento, en el mes de abril de 2013.

Se realizó un análisis de varianza para las variables lámina de agua y disponibilidad de agua útil para cada fecha de registro y el rendimiento del cultivo estival. La comparación de medias entre tratamientos se realizó con el test LSD de Fisher $p < 0,10$. Se utilizó el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

En la Figura 1 se presenta la distribución de las precipitaciones del año 2012. La precipitación previa a la siembra del CdeC (octubre de 2011 a mayo de 2012) fue de 537 mm, mientras que en el ciclo del cultivo fue de 218 mm, concentrados entre agosto y noviembre. Durante el ciclo del cultivo de cobertura, las precipitaciones se presentaron de manera temprana, a partir de agosto. Debido a la ocurrencia de precipitaciones significativas en oc-

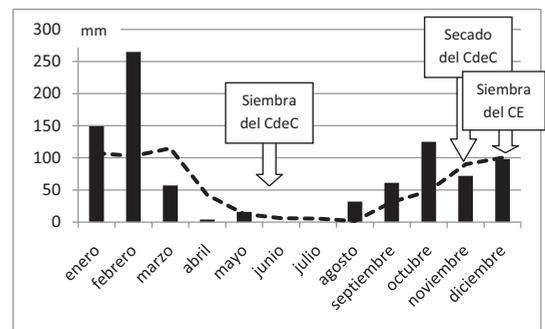


Figura 1. Precipitación mensual del año 2012 (barras) y promedio mensual de la serie local 2004-2012 (línea), de la zona rural de Lozada, Córdoba.

tubre, que influyeron en el crecimiento del cultivo, se postergó el momento de secado a fin de capitalizar el incremento de biomasa y lograr una mayor cobertura. Entre la fecha del secado del CdeC y la siembra del cultivo estival se produjo una precipitación acumulada de 170 mm.

Al momento de la siembra del CdeC, entre los tratamientos no se revelaron diferencias significativas en los valores de DAU (Figura 2).

La parcela con CdeC, al momento de secado, presentó un valor de DAU total menor que el testigo ($<0,0001$) (Tabla 1), resultado coincidente con lo observado por Basanta *et al.* (2008) y Restovich *et al.* (2012). Al analizar cada profundidad se observó que la diferencia fue significativa en todos los intervalos medidos del perfil, pero los contrastes fueron máximos en las profundidades 40-60 y 60-80 (Figura 3a). En este momento, el CdeC alcanzó valores de DAU negativos, es decir, se mantuvo por debajo del PMP. Esto puede explicarse considerando que el cultivo de cobertura tuvo una capacidad de explorar horizontes por debajo de 1 m de profundidad (White & Kirkegaard, 2010). La pérdida de agua del barbecho se produjo fundamentalmente por evaporación en la zona superficial (0-20 cm) (Figura 3a). El % AU en este momento fue de 40% en el testigo (AUT = 149 mm); esto contrasta con valores mayores observados en zonas más húmedas, que superan el 80% en inviernos con mayor disponibilidad hídrica, mientras que en años excepcionalmente secos alcanzan un valor de 64% (Restovich *et al.*, 2012).

Al momento de la siembra del CE se produjo una recarga del perfil debido a las lluvias primaverales. En esta época la DAU no tuvo diferencias significativas entre el CdeC y testigo (Tabla 1); sin embargo, éstas fueron significativas entre las profundidades analizadas. En los horizontes superio-

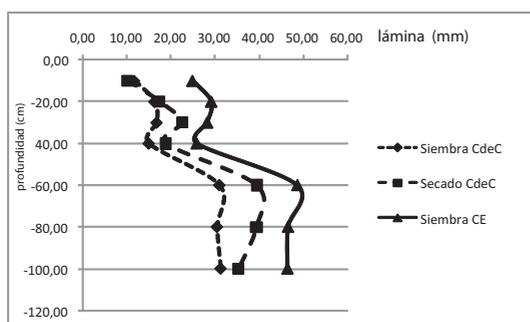
Tabla 1. Promedios de lámina total (LT) en mm, disponibilidad de agua útil (DAU) en mm y porcentaje de agua útil disponible (% AU) para el perfil 0-100 cm, en el momento de la siembra del Cultivo de Cobertura (CdeC), su secado y a la siembra del cultivo estival (CE) para los tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

Fecha	Variables	Barbecho	CdeC
Siembra CdeC	LT	152,67 a	159,47 a
	DAU	28,50 a	35,30 a
	% AU	19,08 a	23,64 a
Secado CdeC	LT	183,75 a	101,06 b
	DAU	59,58 a	-23,11 b
	% AU	39,90 a	-15,48 b
Siembra CE	LT	250,24 a	229,81 a
	DAU	126,07 a	105,64 a
	% AU	84,43 a	70,75 a

res (0-20 cm) el tratamiento con el CdeC superó al testigo ($P = < 0,0236$ en el estrato 0-10 y $p = < 0,0016$ en el estrato 10-20), lo que demostró un mejor comportamiento frente a la infiltración y una disminución de la evaporación por efecto de la mayor cobertura del suelo (Figura 3b). En este sentido, Blanco-Canqui *et al.* (2011) plantean que el contenido de humedad está altamente correlacionado con la temperatura del suelo y que ésta explica un alto porcentaje de la variabilidad del contenido de agua entre los 0-15 cm de profundidad. De manera similar, Miranda *et al.* (2012) en un hapludol típico observaron una mayor recarga del perfil superior en los tratamiento con CdeC. En las capas más profundas, el testigo presentó los mayores valores, principalmente entre los 80 y 100 cm (Figura 3b).

La biomasa total promedio del CdeC fue de 2754,8 kg de materia seca por hectárea, correspondiéndole la mayor proporción al triticale (63,4%). La eficiencia del uso del agua fue de 10,0

a) Barbecho



b) CdeC

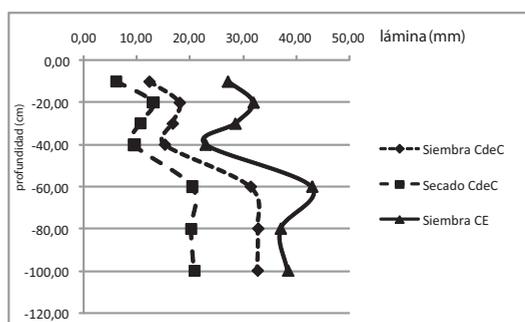
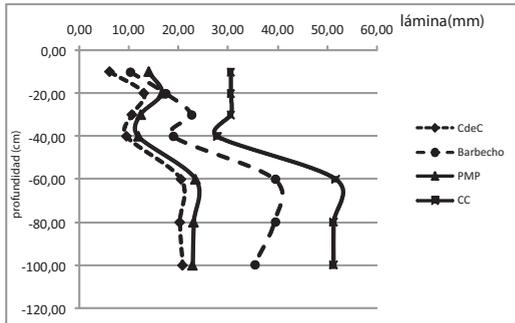


Figura 2. Lámina total en diferentes momentos de la experiencia para barbecho (a) y cultivo de cobertura (b). Valores promedios para los tres sistemas productivos.

a) Tratamientos al momento del secado



b) Tratamientos al momento de la siembra del cultivo estival

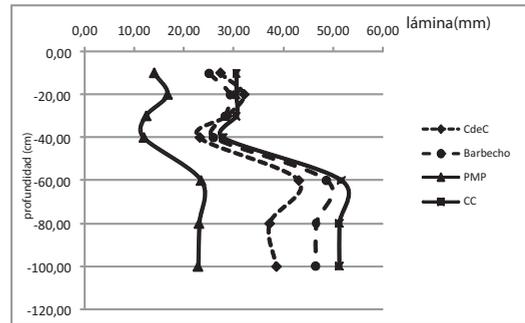


Figura 3. Lámina total en los tratamientos en dos momentos: secado del cultivo de cobertura (a) y siembra del cultivo estival (b). Se presentan las dos constantes: punto de marchitez permanente (PMP) y capacidad de campo (Cap. C).

Tabla 2. Biomasa aérea total y rendimiento de granos del cultivo de soja para los diferentes tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Variable	Tratamiento	Valores en Kg/ha
Biomasa aérea total	Soja bajo CdeC	3494,04 a
	Soja sin CdeC	3990,39 a
Rendimiento de granos	Soja bajo CdeC	1934,23 a
	Soja sin CdeC	2215,00 a

kg MS/mm, que se ubica entre los rangos inferiores a los reportados para zonas más húmedas (Baigorria & Casorla, 2010; Rillo *et al.*, 2012). El mayor incremento de biomasa se manifestó en el último mes del ciclo, cuando se produjo un 60% de la precipitación total del período, habiendo transcurrido los tres primeros meses del ciclo sin ocurrencia de lluvias.

La parcela de mayor producción de biomasa del CdeC correspondió con el mayor consumo de agua; al momento de la siembra del CE la recarga del perfil se produjo sólo hasta los primeros 30 cm. Esto, si bien mejoró su valor de EUA, repercutió sobre la dificultad de la recarga en la zona más profunda, donde presentó valores significativamente menores que en las parcelas con producción de biomasa más reducida.

El rendimiento de biomasa total y de granos del cultivo de soja que sucedió al CdeC, de manera semejante a lo reportado por Scianca (2010) y Rillo *et al.* (2012), no tuvo diferencias significativas con aquel que se sembró sobre el testigo (Tabla 2). En el balance de materia seca producido se registró un aporte total de biomasa aérea de 4314,64 kg/ha (1559,81 kg/ha del rastrojo más 2754,83 kg/ha del CdeC) contra solo 1775,39 kg/ha aportados por el testigo.

Bajo las condiciones hídricas de este estudio, los resultados obtenidos permiten concluir que si bien el contenido hídrico del suelo del CdeC al

momento del secado fue menor que el tratamiento testigo, no provocó un efecto negativo en el rendimiento de la soja.

En años con suficiente precipitación primaveral se logra una aceptable acumulación de biomasa del CdeC y una mayor eficiencia en la recarga del perfil superior al momento de la siembra del cultivo estival.

La inclusión del CdeC invernal contribuye a la utilización del agua para formar biomasa vegetal y lograr una mayor cobertura del suelo, lo que mejora las condiciones biofísicas.

Es necesario continuar evaluando el impacto de CdeC en la dinámica del agua en regiones semiáridas y determinar su introducción como antecesor de cultivos estivales.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A., 2002. La microbiología del suelo: su relación con la agricultura sustentable. En: Sarandon, S. (Ed) Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. ECA, La Plata, Argentina, pp 153-173.
- Alessandria, E.; H. Leguía, L. Pietrarelli, J. Sánchez, S. Luque, M. Arborno, J. Zamar y D. Rubin, 2001. La agrobiodiversidad en sistemas extensivos. El caso de Córdoba. LEISA 16: 10-11.
- Altieri, M., 1999. Cultivo de cobertura y utilización de mulch. En M. Altieri (Ed.): Bases científicas para una agricultura sustentable, pp. 203-215.
- Andriulo A., B. Mary and J. Guérif. 1999. Modeling soil carbon dynamics with various cropping sequences on the rolling pampas. Agronomie. 19: 365-377.
- 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. (En CD).

- Basanta, M.; J. Giubergia, E. Lovera, C. Alvarez, E. Martelotto, E. Curto y A. Vaglianco, 2008. Manejo del barbecho invernal y su influencia en la disponibilidad hídrica para el cultivo estival en un haplustol de la región central de Córdoba. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de Funes. (En CD).
- Blanco-Canqui, H.; M.M. Mikhab, R. Presley y M. M. Claassend, 2011. Addition of cover crops enhances no-till potential for improving soil properties. *J. Soil & Water Management & Conservation* Volume 75: Number 4 a July—August 2011.
- Capitanelli, R., 1979. Clima. En Vázquez, J.; R. Miatello y M. Roqué (dirs.), *Geografía Física de la Provincia de Córdoba*, pp. 45-138. Editorial Boltdt. Buenos Aires.
- Cosentino, D.J.; A.O. Constantini y C. Galarza, 2008. Efectos del cultivo de cobertura y la fertilización sobre algunas propiedades de un Argiudol pampeano y el rendimiento del cultivo de maíz. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de Funes. (En CD).
- Di Rienzo J.A.; F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C.W. Robledo, 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Kuo S. and E.J. Jellum, 2000. Long-term winter cover cropping effects on corn (*Zea mays* L.) production and soil nitrogen availability. *Biol Fert Soil* (2000) 31:470–477.
- Leguía, H., Pietrarello, L., Luque, S.M., Sanchez, J., Alesandria, E., Arborno, M. y J.L. Zamar. 2004. "El bosque nativo como referente del deterioro de los suelos agrícolas". *LEISA, Revista de Agroecología*. 19 (4): 28-31.
- Liu, A.; B.L. Ma and A.A. Bomke, 2005. Effects of cover crops on soil aggregate stability, total organic carbon, and polysaccharides. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69: 2041-2048.
- Miranda, W.; C. Scianca, M. Barraco, C. Álvarez y A. Lardone, 2012. Cultivos de cobertura: dinámica del agua luego de dos momentos de secado. *Actas XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*. Mar del Plata. (En CD)
- Pengue, W., 2009. El desarrollo rural sostenible y los procesos de agriculturización, ganaderización y pampeanización en la llanura Chaco-Pampeana. En Morllo, J. y A. Rodríguez (Eds.): *El Chaco sin Bosques: La pampa o el desierto del futuro*. Orientación Gráfica Editora. pp. 111-146.
- Restovich, S. B.; A. E. Andriulo y C. Amendola, 2008. Definición del momento del secado de diferentes cultivos de cobertura en la secuencia soja-maíz. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. (En CD).
- Restovich S. B.; A. E. Andriulo and S. I. Portela, 2012. Introduction of cover crops in a maize-soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. *Field Crops Research* Volume 128, 14 March, pp 62–70.
- Rillo, S.; C. Álvarez, R. Bagnato y E. Noellemeyer, 2012. Cultivos de cobertura: gramíneas y leguminosas en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires. En Álvarez, C., A. Quiroga, D. Santos y M. Bodrero (Eds.): *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción*. Ediciones INTA, pp. 58-68.
- Sanabria, J.A.; G.L. Argüello, A. Balbis, C. Dasso y O. Barbeito, 1997. Evaluación de los aspectos geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos de la Cuenca Rafael García-Lozada, para el control de la erosión hídrica. *Informe Final Secr. Ciencia y Tecnología de la U. N. de Córdoba*, 123 pp.
- Sasal, M.C.; A.E. Andriulo and M.A. Taboada, 2006. Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian Pampas. *Soil Till. Res.* 87: 9-18.
- Scianca, C., M. Barraco, C. Álvarez y A. Quiroga, 2010. Cultivo de cobertura en Hapludol Thapto Argico: Análisis de cinco campañas. *Memoria Técnica 2009-2010*. EEA- INTA General Villegas. pp. 14-16.
- Scianca, C., C. Álvarez, M. Barraco, A. Quiroga y M. B. Pérez, 2008. Impacto de diferentes coberturas invernales sobre propiedades edáficas, población de malezas y productividad de soja. *E.E.A. General Villegas. Publicaciones regionales. Memoria técnica 2007-2008*. pp. 55-58.
- Teasdale, J. R., 1993. Interaction of light, soil moisture, and temperature with weed suppression by hairy vetch residue. *Weed Science* 41: 46-51.
- Vettorello, C. I., 2008. Análisis comparativo de formas contrastantes de manejo del suelo. Su impacto ambiental. Tesis de maestría. Escuela de Posgrado de la F.C.A - U. N. de Córdoba.
- Villamil, M.B; G.A. Bollero, F. Darmody, F.W. Simmons and D.G. Bullock, 2006. No-till corn/soybean systems including winter cover crops: effects on soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 1936-1944.
- White, R.G. and J. A. Kirkegaard, 2010. The distribution and abundance of wheat roots in a dense, structured subsoil – implications for water uptake. *Plant, Cell & Environment* 33(2): 133–148.