



TRABAJO DE TESIS PARA ALCANZAR EL GRADO DE INGENIERO
AGRÓNOMO

**“El impacto de los cultivos de
cobertura en áreas marginales y su
aporte a la fertilidad química de
los suelos en distintos ambientes
edáficos”**

PRATO, Ileana; RODRIGUEZ, Ana Valeria

Director: NOELLEMAYER, Elke

2010

Introducción

La clásica rotación de pasturas perennes con cultivos anuales, que mantenía cierto equilibrio en los contenidos de materia orgánica (MO) y propiedades físicas y químicas de los suelos, se ha modificado sustancialmente debido a una intensificación en los cultivos de cosecha. El uso continuo de los suelos para la agricultura ha significado, en muchos casos, una importante reducción en el aporte de residuos y en los contenidos de MO, acentuándose los procesos de degradación física y de pérdidas de suelo por erosión (Quiroga *et al.*, 2009). Este proceso también afectó la dinámica de algunos nutrientes especialmente en barbechos entre cultivos de verano (febrero/marzo-octubre/noviembre) y en suelos con baja capacidad de retención de agua, situación que propenden a mayores tasas de lixiviación de los nutrientes más solubles.

Los cultivos de cobertura constituyen una interesante alternativa de manejo a evaluar. Los cultivos de cobertura se definen como aquellos que crecen específicamente para mantener el suelo cubierto, protegiéndolo de la erosión, evitando la pérdida de nutrientes por lavado y escurrimiento y en caso de ser una leguminosa, se logra además, un ingreso adicional de nitrógeno, lo que puede significar una ventaja económica adicional. Se diferencian de una pastura porque no son de renta directa y crecen fuera de estación dentro de un sistema de siembra de cultivos anuales, están limitados por la temperatura invernal y la disponibilidad de agua de la estación de crecimiento. (Reeves y Touchton, 1991).

Los CC pueden ser no leguminosas como centeno (*Secale cereale*) o leguminosas. En el primer caso, el aporte de nitrógeno para el cultivo siguiente resulta de reducir las pérdidas del nutriente que ocurren durante el periodo de barbecho. Cuando el CC es una leguminosa existe un aporte adicional de nitrógeno producto de la

fijación simbiótica. (Smith *et al.*, 1987). La cantidad de nitrógeno fijado está directamente relacionada a la producción de materia seca (MS) de la leguminosa. Por lo tanto las condiciones climáticas durante el periodo de crecimiento son determinantes del éxito de los CC. Para lograr la máxima fijación de nitrógeno se requiere que haya condiciones climáticas y de suelo que favorezcan la acumulación de MS.

El consumo hídrico de los CC durante el invierno podría interferir en la normal oferta de agua para el cultivo sucesor (Duarte, 2002), dicho efecto dependería de la cantidad y distribución de las precipitaciones, la infiltración y evaporación del agua del suelo, y la transpiración del CC (Frye *et al.*, 1988). Es por ello que el momento de terminación del crecimiento de los CC se vuelve un factor más crítico a medida que la probabilidad de precipitaciones esperadas decrece (Unger y Vigil, 1998), debiendo ajustarse zonalmente a las precipitaciones de cada región para asegurar la recarga del perfil con las lluvias de primavera (Ruffo, 2003). El CC podría limitar la disponibilidad de agua del cultivo sucesor cuando no existe recarga del perfil durante el período de barbecho posterior al CC (Corak, *et al.*, 1991; Stute y Posner, 1995).

Para el presente estudio se propone las siguientes hipótesis:

1. En suelos de textura arenosa, los CC no afectarían la disponibilidad de agua para el cultivo sucesor, debido a la baja capacidad de retención en estos suelos.
2. Los CC serán capaces de retener los nitratos frente a la lixiviación que se produce en los suelos arenosos y de esta manera aumentarían la disponibilidad de este nutriente por parte del cultivo sucesor.

3. Las leguminosas como CC aumentarían el aporte de N disponible al cultivo sucesor, con respecto a CC de gramíneas.

El objetivo de este trabajo es comprobar el aporte de nitrógeno y de humedad en el perfil dado por los CC, con y sin leguminosas para suelos en diferentes ambientes edáficos en la región pampeana semiárida.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el establecimiento Flor de Lis a 5 km al sur de la localidad de Doblas (L.P.).

La caracterización del suelo se presenta en la siguiente tabla N°1:

Tabla 1: Características edáficas (0-20 cm) de suelo donde se realizó la experiencia.

AMBIENTE	TEXTURA	L+A %	D ap. (kg/m ³)	pH	CE	ppmP	MO %	MO jov%
Loma	arenosa	10	1300	6,5	0,23	21,0	0,49	0,002
Media loma	s/d	s/d	1300	6,9	0,28	29,5	0,93	0,006
Bajo	franco-arenosa	25	1200	8,5	0,86	18,2	1,58	0,015

(L+A = partículas menores de 50 µm, D ap. = Densidad aparente; CE = conductividad eléctrica, MO = Materia orgánica, MO Jov = Materia orgánica joven, s/d = sin datos.)

El ensayo se realizó en distintos ambientes: loma, media loma y bajo, utilizándose un diseño de franjas apareadas de distintos cultivos de cobertura (CC) con un ancho de 4,2 m. El largo del ensayo abarcaba los 3 ambientes. Con una sembradora “Juber” se sembraron los siguientes tratamientos:

- C: centeno Quehue (80 kg/ha),
- V: vicia SP (40 kg/ha),
- C+V: centeno Quehué + vicia (65 Kg/ha + 15 Kg/ha)
- TM: testigo con malezas,

Se presenta un plano del diseño del ensayo (Fig. N°1).

La fecha de siembra fue el 19 de marzo de 2009. Cada ambiente contenía tres repeticiones. El día 21 de marzo de 2009 se pulverizaron todas las parcelas menos la de TM con 1,5 lts/ha de Glifosato 74,7% p/p (747 gr/kg) SG (Gránulos Solubles) (Roundup ultramax). La fecha de quemado fue el 2 de diciembre.

Se realizaron dos muestreos para determinar contenido de NO₃ y contenido de humedad a dos profundidades (0-20 cm y 20-60 cm), el primero en macollaje (01/06/09) y el segundo días después del quemado del cultivo (16/12/09). El contenido de nitratos del suelo se determinó en extractos acuosos mediante colorimetría con ácido salicílico (Cataldo *et al.*, 1975) y el contenido de humedad por el método gravimétrico. La segunda fecha de muestreo se retrasó por el bajo desarrollo de los cultivos.

Los contenidos de nitratos se convirtieron en valores de masa (kg NO₃/ha), y los contenidos de humedad a mm, a su vez para ambos casos se sumaron los contenidos de las 2 profundidades, para transformarlas a un solo dato por parcela (para 0-60 cm de profundidad de suelo).

Los resultados se analizaron por ANOVA utilizando el software InfoStat (InfoStat, 2008) y las diferencias entre medias mediante el test de LSD ($p < 0,05$).

<u>BAJO</u>	<u>ML</u>	<u>LOMA</u>
CV	CV	CV
V	V	V
C	C	C
TM	TM	TM
CV	CV	CV
V	V	V
C	C	C
TM	TM	TM
V	V	V
C	C	C
CV	CV	CV
TM	TM	TM

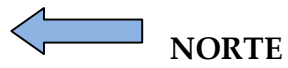


Fig. N°1: Plano del diseño del ensayo. Ancho de la parcela 4,2 m. CV= centeno mas vicia; V=vicia; C= centeno; TM= testigo con maleza.

Resultados

Un factor muy importante que condiciona el crecimiento y desarrollo de los cultivos es el agua. En la región semiárida pampeana existe una probabilidad menor al 20% que las precipitaciones cubran el total de requerimientos de los cultivos invernales para un periodo de 120 días (abril-agosto). Las precipitaciones en los últimos cinco años en la zona no han superado los 600 mm presentando mayor déficit durante los meses de junio a septiembre, como puede observarse en la Figura n°2.

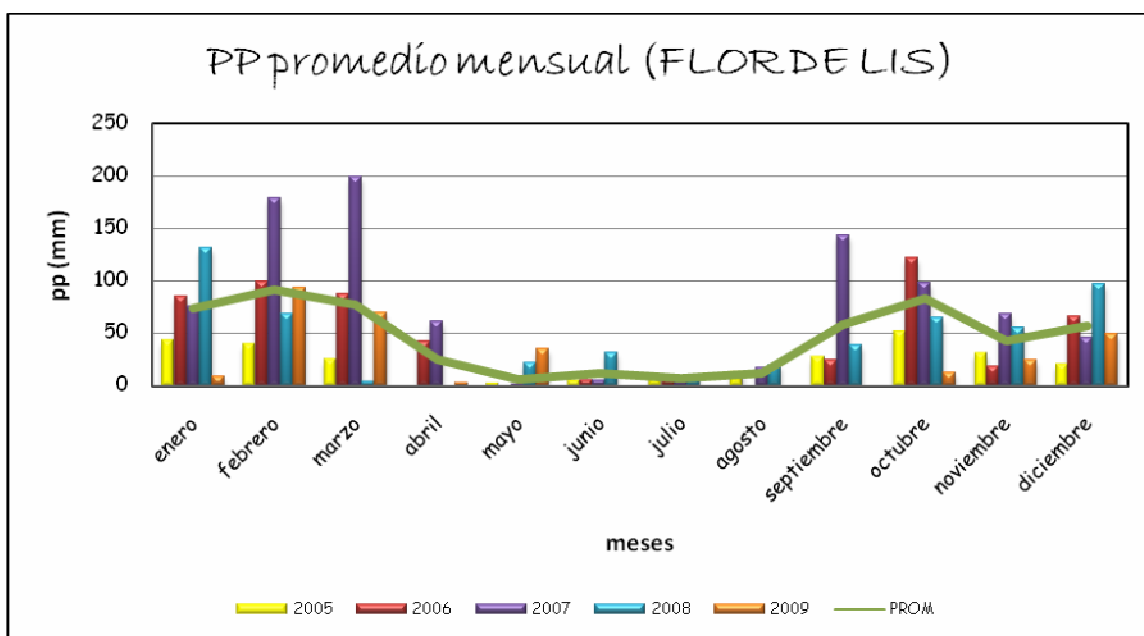


Fig. N°2: Precipitaciones (promedio mensual) de los últimos 5 años en Est. "Flor de Lis", Doblas, L.P. (Fuente: Estación meteorológica del Est. "Flor de Lis")

De acuerdo a los datos de precipitaciones del año 2009, este fue uno de los años más secos de la serie. Las precipitaciones registradas durante el mes previo a la siembra fueron de 70 mm, mientras que durante el ciclo del cultivo (marzo a diciembre) la contribución por lluvia fue solo de 76 mm (Fig. n°3). Acentuándose la falta de precipitaciones durante los meses de junio- septiembre.

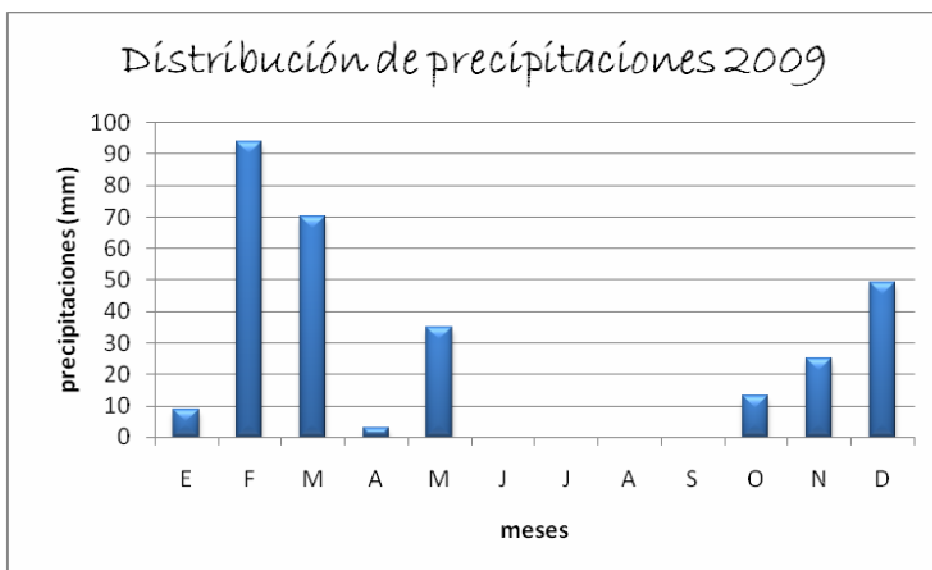


Fig. N°3: Distribución de precipitaciones durante el año 2009. Base de datos FDL

Esta falta de lluvias durante el 2009 condicionó el contenido hídrico del suelo como puede observarse en la Fig. N°4, a y b. En la primer fecha de muestreo para todos los CC no hubo diferencias humedad del suelo entre loma y media loma, no siendo así en el bajo donde se encontraron diferencias significativas entre el TM el cual concentraba mayor cantidad de agua (5,2mm) con respecto a los demás cultivos. Entre los otros tratamientos no se observaron diferencias significativas (2,9mm, 2,1mm y 1,9mm, en C, V y C+V respectivamente), y a su vez, V y C+V no presentaron diferencias entre los ambientes.

En la segunda fecha de muestreo, loma y media loma tuvieron un comportamiento similar a la primer fecha para todos los cultivos. En el bajo siguió predominando el TM con mayor acumulación de agua (5,4 mm), encontrándose diferencias significativas en comparación con los demás cultivos. La V (2,1 mm) también presentó diferencias significativas con TM y C+V pero no así con C (1,9 mm). Ambos cultivos, C y V tuvieron comportamiento similar a la primera fecha de

muestreo, mientras que se encontraron diferencias en la acumulación de agua en C+V (3,3 mm vs 1,9 mm en 1° fecha).

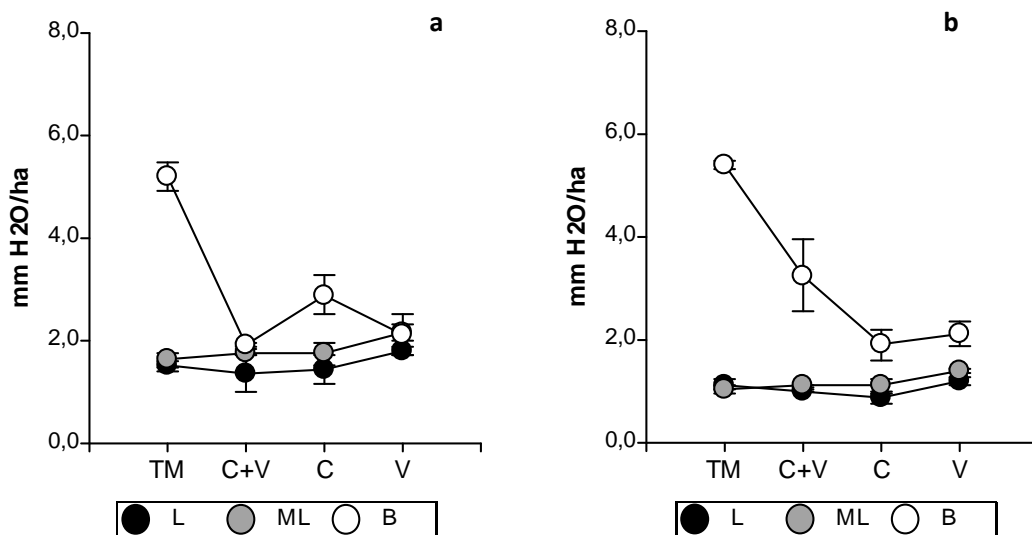


Fig. N°4 a) mm de H2O/ha en la primer fecha de muestreo

b) mm de H2O/ha en la segunda fecha de muestreo

L = loma, ML= media loma, B=bajo

TM= testigo, C+V=centeno más vicia, C=centeno, V= vicia

En cuanto al análisis de contenido de NO₃(Fig. N° 6, a y b) se encontraron diferencias significativas relacionadas con los distintos ambientes, predominando mayor concentración en el bajo (28,48 kg/ha), siguiendo media loma (19,84kg/ha) y en menor medida la loma (11,19kg/ha). Con respecto a los distintos tratamientos, en general las diferencias encontradas no fueron significativas. El único tratamiento que tuvo una diferencia significativa con los demás fue V, que presentó el mayor contenido de N en el ambiente loma.

El análisis del segundo muestreo arrojó que se manifestaron diferencias no solo entre los ambientes, sino también se halló una interacción entre ambientes y cultivos.

En general, el bajo fue el ambiente con mayor contenido de NO₃ (26,81kg/ha), siguiendo media loma (16,71 kg/ha) y loma (10,06 kg/ha). Cuando se analizó lo sucedido con los cultivos se manifestaron diferencias significativas entre el TM (14,28 kg/ha) y los demás tratamientos V (17,41 kg/ha), C+V (18,71 kg/ha) y C (21,03kg/ha).

Comparando con la primera fecha, en el bajo la V y TM tuvieron una disminución en el contenido de NO₃, mientras que en C y C+V hubo un leve incremento. En media loma C mantuvo el contenido de NO₃, V aumentó y TM y C+V disminuyeron estos valores. En cambio, en la loma estos dos últimos incrementaron levemente el contenido de NO₃ mientras en V y C éste disminuyó. (Fig. N°5, a y b)

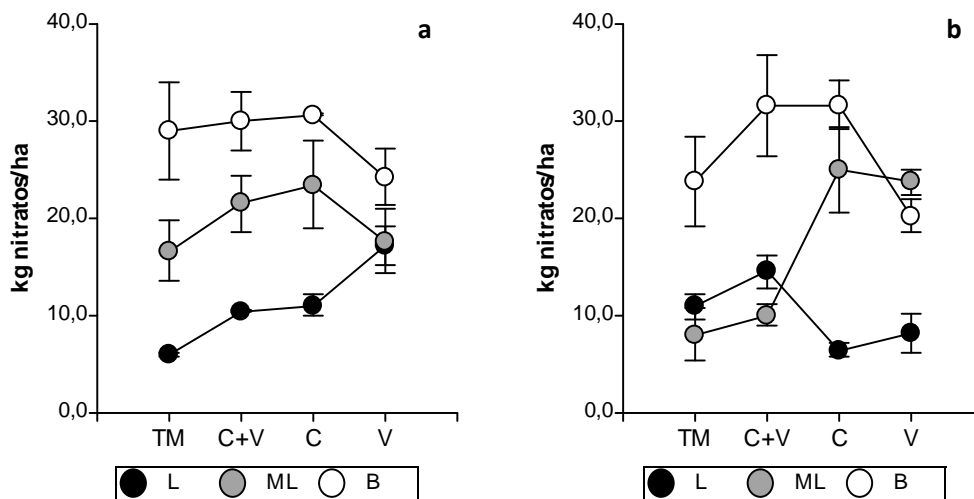


Fig.n°5: a) kg NO₃/ha en primeros 60 cm del perfil en la 1° fecha de muestreo

b) kg NO₃/ha en primeros 60 cm del perfil en la 2ª fecha de muestreo

L = loma, ML= media loma, B=bajo

TM= testigo, C+V=centeno más vicia, C=centeno, V= vicia

Discusión

Para evaluar convenientemente la influencia de los CC sobre la disponibilidad de agua resulta necesario considerar la capacidad de almacenaje de agua de los suelos. Este aspecto es particularmente importante ya que define de alguna manera el periodo necesario para la recarga del perfil (fin del cultivo de cobertura). Además otro de los factores que incide es la fecha de siembra del cultivo sucesor para ver cuando los CC deberían finalizar la extracción de agua antes. (Quiroga et al, 2009).

En nuestros resultados se observó un efecto del ambiente sobre los distintos tratamientos en cuanto a disponibilidad de agua. En loma y media loma, no hubo diferencias entre TM y los tratamientos de CC, por lo que no hay un efecto de los CC sobre el cultivo sucesor. Mientras que en el ambiente bajo se observó un efecto negativo de los CC debido a que el suelo bajo CC presentó menor disponibilidad de agua que el que estaba bajo TM al final del ciclo del CC. Esto lleva a determinar que los CC podrían interferir en la normal oferta de agua para el cultivo sucesor.

Otro de los objetivos perseguidos al establecer CC es la captura de nitratos durante el largo periodo de barbecho que tiene lugar entre cultivos de verano (marzo-octubre), minimizando la lixiviación durante el otoño y principios de la primavera. En relación a ello, Nyakatawa *et al.*, (2001) comprobaron sobre un Paleudult Típico entre 23 y 82 % menos de NO₃ bajo CC que bajo barbecho. Similares resultados fueron obtenidos por Quiroga *et al.*, (1999) quienes trabajando sobre Haplustoles Enticos determinaron entre 70 y 83% menos de NO₃ bajo cereal de invierno que bajo barbecho. De las experiencias realizadas sobre Haplustoles Enticos de la región semiárida pampeana se comprueba que los contenidos de N-NO₃

resultaron menores (20-30 kg/ha) en los suelos bajo centeno y raigrás. (Quiroga *et al.*, 2009)

Analizando la retención de NO₃ en distintos ambientes hemos encontrado diferencias significativas entre los mismos.

Se observó que TM mostró los valores más bajos de NO₃ en los ambientes de loma y bajo, similares a los de C+V y V, mientras en la media loma C y V tuvieron valores significativamente más altos. Esto podría indicar que C+V retuvo más N en la media loma que C y V respectivamente. En este sentido, Hauggaard-Nielsen *et al.*, (2009) encontraron que la incorporación de un cultivo asociado a una leguminosa es un 30-40% más eficiente en el uso de N comparado con los cultivos por separado.

En el bajo, V tuvo un bajo valor de NO₃ al igual que TM, mientras que C junto a C+V presentaron valores superiores. Cabe destacar que V presentó valores similares a la primera fecha de muestreo no ocurriendo lo mismo con TM que disminuyó. Esto podría indicar que en este último tratamiento ocurrió lixiviación de NO₃ a lo largo del ciclo del ensayo, mientras V fijó éstos en su biomasa.

Ernst *et al.*,(1992) citado en www.cidicco.htn/publicaciones, afirmaron que cuando se usa como CC una leguminosa existe un aporte adicional de N, producto de la fijación simbiótica. Si bien este aporte puede variar entre 60 y 100 kg/ha de N, ello dependerá de la producción de MS del cultivo y del manejo. Lathwell (1990), citado en www.cidicco.htn/publicaciones indica que bajo condiciones favorables, grandes cantidades de N pueden ser fijadas. Para lograrlo las leguminosas deben primero estar bien adaptadas a las condiciones agroclimáticas de la región. La situación de menor aporte se da en casos en donde el rendimiento del cultivo es

limitado por otro factor como la disponibilidad de agua e implantación (Ernst *et al.*, 1992). En nuestro caso la V no realizó el aporte esperado en el ambiente bajo, donde se daban las mejores condiciones edáficas, lo cual se atribuye a la escasez de las precipitaciones y un reducido stand de plantas. Sin embargo se encontró que en media loma tuvo el mayor efecto comparada con los demás tratamientos.

Conclusiones

Debido a que las precipitaciones durante el ensayo resultaron inferiores al promedio histórico, los CC pueden transformarse en una limitante para el cultivo sucesor ya que afectarían la disponibilidad de agua para los mismos. Siendo entonces una práctica no viable en los sistemas de la región en años secos.

Los CC tienden a retener los NO₃ evitando su lixiviación, sin embargo la magnitud de retención depende del ambiente en que se presentan, ya que el ambiente donde la proporción de arena es elevada (loma), la retención por parte de los CC fue de escasa magnitud y evidente solo en C y V.

En ambientes en donde la vicia no pudo adaptarse, como ocurrió en nuestro ensayo, con textura donde predomina la arena y con condiciones climáticas adversas, el aporte de N fue prácticamente nulo. Por lo que sería necesario probar con especies que genéticamente se adapten a estas condiciones edafo-climáticas.

Bibliografía

- (Ernst *et al.*, 1992) citado en www.cidicco.htn/publicaciones consultada el 10 de diciembre de 2009.
- Cataldo, D.A, M. Haroon, L.E. Schrader y V.L. Youngs (1975). Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 6: 71-80.
- Corak, S. J.; Frye, W. W. y Smith, M. S. 1991. Legume and nitrogen fertilizer effects on soil water and corn production. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 55: 1395-1400.
- Duarte G. 2002. Sistemas de Producción de girasol en la región húmeda de Argentina. En *Manual práctico para el cultivo de girasol*. Editores Díaz-Zorita y Duarte, 313 pp.
- Frye W., Blevins R., Smith M. Corak S. y Varco J. 1988. Role of annual legume cover crops in efficient use of water and nitrogen. Pp. 129-154. In: Hargrove W. (ed.) *Cropping strategies for efficient use of water and nitrogen*. ASA Special Publication 51.
- H. Hauggaard-Nielsen, M. Gooding, P. Ambus, G. Corre-Hellou, Y. Crozat, C. Dahlmann, A. Dibet, P. von Fragstein, A. Pristeri, M. Monti, E.S. Jensen. Pea-barley intercropping for efficient symbiotic N₂-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research* 113 (2009) 64-71.
- InfoStat. 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- Lathwell (1990) citado en www.cidicco.htn/publicaciones consultada el 10 de diciembre de 2009.
- Nyakatawa *et al.*, (2001) citado en Quiroga A., R. Fernández, I. Frasier, C. Scianca. 2009. Cultivos de cobertura. Análisis de su inclusión en distintos sistemas de producción. Actas Jornadas “Sistemas Productivos Sustentables: Fósforo, Nitrógeno y Cultivos de Cobertura”. Organizado por la AACCS, Bahía Blanca.
- Quiroga A., R. Fernández, I. Frasier, C. Scianca. 2009. Cultivos de cobertura. Análisis de su inclusión en distintos sistemas de producción. Actas Jornadas “Sistemas Productivos Sustentables: Fósforo, Nitrógeno y Cultivos de Cobertura”. Organizado por la AACCS, Bahía Blanca.
- Quiroga *et al.*, (1999) citado en Quiroga A., R. Fernández, I. Frasier, C. Scianca. 2009. Cultivos de cobertura. Análisis de su inclusión en distintos sistemas de producción. Actas Jornadas “Sistemas Productivos Sustentables: Fósforo, Nitrógeno y Cultivos de Cobertura”. Organizado por la AACCS, Bahía Blanca.
- Reeves, D. W. y Touchton, J. T. 1991. Influence of fall tillage and cover crops on soil water and nitrogen use efficiency of corn grown on a Coastal Plain Soil. 76-77. In: W. L. Hargrove (ed.) Cover crops for clean water. Proc. Of an International Conference, April 9-11, 1991, Jackson, TN Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA.
- Ruffo M. 2003. Factibilidad de inclusión de cultivos de cobertura en Argentina. Actas XI Congreso de AAPRESID I: 171-176.

- Smith, M. S.; Frye, W. W. y Varco, J. J. 1987. Legume winter cover crops. In: B.A. Stewart (ed.) *Advances in Soil Science* Vol. 7: 95-139. Springer- Verlag, New York, NY.
- Stute, J. K. y Posner, J. L. 1995. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper Midwest. *Agron. J.* 87: 1063- 1069.
- Unger P. y Vigil M. 1998. Cover crop effects on soil water relationships. *Journal of soil and water conservation*. Pp. 2000-2007.
- www.cidicco.htn/publicaciones consultada el 10 de diciembre de 2009.