

■ ■ ■ **Cultivos de cobertura en Molisoles de la región pampeana. Aporte de carbono e influencia sobre propiedades edáficas.**

Ings. Agr. Cristian Álvarez , Carlos Scianca
INTA EEA General Villegas
suelos@correo.inta.gov.ar

La actividad agrícola en la región pampeana, orientada fundamentalmente a la producción de soja, maíz, trigo y girasol, ha experimentado profundas transformaciones a partir de la década del noventa; No solo en cuanto a su expansión en superficie en detrimento de la superficie praderizada, sino también a través de un aumento de su productividad debido a un mayor uso de tecnologías (Satorre, 2003).

Más recientemente, la soja se ha transformado en el cultivo más importante de la región. A modo de ejemplo, un relevamiento realizado por la SAPYA en 13 partidos del noroeste bonaerense durante la campaña 2002-3 mostró que el cultivo ocupó el 48% de la superficie agrícola.

Teniendo en cuenta los limitados aportes de rastrojos de este cultivo, junto con su baja relación C:N, el aumento de su presencia en las secuencias de cultivos agrícolas afectaría a la conservación de los contenidos de materia orgánica (MO) y al mantenimiento de adecuados niveles de cobertura (Rufo, 2003), lo cual podría llevar en el largo plazo al empobrecimiento de los suelos.

Una alternativa para incrementar el aporte de residuos en sistemas de agricultura continua con alta participación de soja es la incorporación de cultivos de cobertura.

Los cultivos de cobertura (CC) son establecidos entre dos cultivos de verano y 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.

Tradicionalmente han sido utilizados para controlar procesos de erosión, pero pueden cumplir múltiples funciones dentro de los sistemas de producción. En zonas templadas las especies más utilizadas son fundamentalmente gramíneas y leguminosas. Entre las gramíneas se encuentran centeno, avena, cebada, trigo, triticale y rye grass, mientras que en leguminosas tréboles y vicias

Para que hacer un cultivo de cobertura?:

a) Fijar carbono (C):

Uno de los indicadores más utilizados para evaluar los cambios en la calidad de los suelos es la MO. La importancia de la misma no radica tan solo en la cantidad sino también en su calidad (estructura y composición) y distribución de fracciones individuales (ácidos húmicos, polisacáridos) que son importantes para mantener la fertilidad y estructura del suelo (Ding et al., 2005).

El aporte de C por parte de los residuos de cultivos es el principal factor que afecta la MO (Hendrix et al., 1998) y consecuentemente las propiedades edáficas relacionadas con el coloide orgánico. Wander y Traina (1996) comprobaron que los contenidos de MO fueron

significativamente mayores cuando se incorporaron cultivos de cobertura a la rotación. Por su parte Ding et al., (2005) comprobaron que la inclusión de cultivos de cobertura afectó positivamente y en mayor grado las fracciones livianas de la MO.

b) Capturar nutrientes móviles como nitrógeno (N) y azufre (S):

La captura de NO₃ durante el largo periodo de barbecho que tiene lugar entre cultivos de verano (marzo-octubre) es otro de los objetivos perseguidos al establecer CC, minimizando la lixiviación durante el otoño, principalmente en suelos arenoso franco y franco arenoso de la Planicie Medanosas (Fernández et al., 2005). En relación con este objetivo, Strock et al., (2004) reportaron que las pérdidas de N de NO₃ por lixiviación en un suelo moderadamente drenado se redujeron en un 13 % en una rotación maíz-soja cuando un cultivo de centeno se implantó durante el periodo de barbecho. Nyakatawa et al., (2001) comprobaron observaron un 23 a 82 % menos de NO₃ en CC que bajo barbecho desnudo. Similares resultados fueron obtenidos por Quiroga et al., (1999) quienes trabajando sobre Haplustoles Enticos determinaron entre 70 y 83% menos de NO₃ bajo verdeo de invierno. Este efecto puede resultar de suma importancia si consideramos que al incrementarse la proporción de residuos con menor relación C/N (soja) puede resultar inferior la inmovilización por parte de microorganismos. La relación C/N de los rastrojos fluctúa entre 30/1 (leguminosas) y 80/1 (gramíneas), dependiendo directamente del cultivo en cuestión (Tisdale, 1991).

Al respecto estudios muestran que además de la absorción por parte de los CC, el contenido de NO₃ también estuvo influenciado por la inmovilización de la fauna microbiana durante etapas tempranas de descomposición de los residuos (Sainju et al., 1993).

c) Eficiencia en el uso del agua (barbechos largos):

Fernández et al., (2005) y Duarte (2002) trabajando sobre Haplustoles comprobaron que en años con precipitaciones normales durante barbechos largos y en suelos de baja capacidad de retención de agua (CRA) los CC aumentaron la eficiencia del uso del agua para capturar carbono, con respecto al testigo (sin CC).

Esto 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, Fernandez et al (2005) comprobaron una reducción importante en los contenidos de agua por efecto de CC, principalmente Ray grass. (Fig. 1)

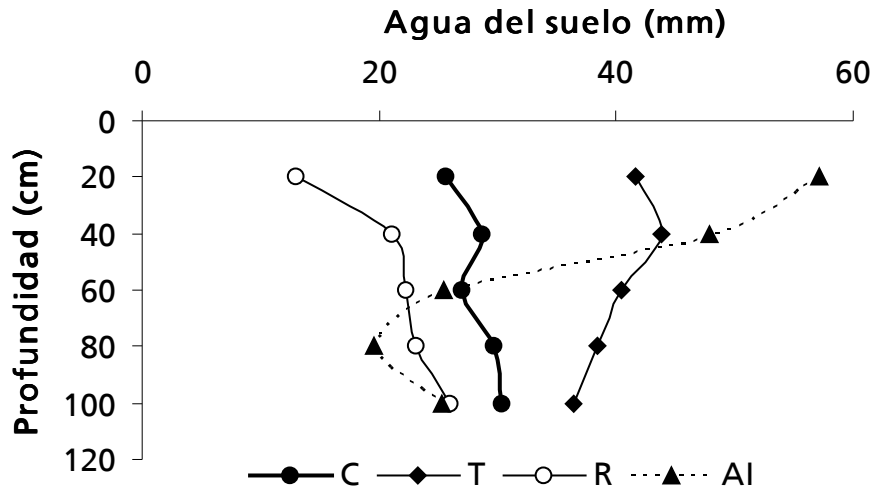


Figura 1: Contenidos de agua (mm) en el perfil de un suelo bajo distintos cultivos de cobertura. AI: agua al inicio del barbecho, C: centeno, R: rye grass, y T: testigo (sin cultivo de cobertura). Adaptado de Fernández et al 2005.

Por otra parte Álvarez et al., (2005) en Hapludoles típicos del Noroeste bonaerense no encontraron diferencias en rendimiento de soja establecida sobre CC con diferentes largo de barbecho, comprobando además bajas eficiencias de barbecho (11%) en todos los tratamientos evaluados.

e) Depresión de la napa freática (mayor transitabilidad):

En aquellos suelos donde la presencia de napa está muy cercana a la superficie, los CC pueden mejorar esta situación consumiendo agua y a su vez nutrientes que se “fijan” en los residuos quedando disponibles en un periodo posterior disminuyendo los riesgos de lixiviación. El consumo de agua en los primeros centímetros del perfil puede además mejorar la transitabilidad de los suelos en períodos húmedos.

Algunos ejemplos de aplicación regional:

Ruffo (2003) propone la inclusión de CC en la rotación Maíz / Gramíneas/ Soja / Leguminosa para sistemas de producción de la Región Pampeana. En este caso la rotación recomendable puede ser Centeno o Avena/ Soja- Vicia o trébol/ Maíz. La presencia de una gramínea invernada sembrada luego de la cosecha de maíz es útil para absorber nitratos residuales, aportar C e incrementar la cobertura de suelo durante el período invernada. La inclusión de una leguminosa entre la soja y el maíz aporta C, genera cobertura y reduce el requerimiento de fertilizante nitrogenado para el maíz.

En una rotación Trigo - Soja 2º/ Maíz / Soja 1º, el mismo autor señala que los CC pueden ser incluidos entre el maíz y la soja de 1º y/o entre la soja 2º y el maíz. Al igual que para la rotación anterior puede resultar recomendable incorporar una gramínea entre el maíz y la soja 1º y una leguminosa entre soja 2º y el maíz.

La información referida a CC es muy escasa en la región, resultando pertinente su evaluación no solo en cuanto a la influencia en las propiedades de suelo, sino también en la respuesta de los cultivos componentes de la rotación.

Resultados preliminares de experiencias conducidas en la EEA INTA General Villegas (Alvarez et al., 2005) y en la EEA INTA Anguil (Fernández et al., 2005) muestran que “los CC pueden realizar un significativo aporte al balance de C en sistemas agrícolas continuos. No obstante se han comprobado diferencias en la eficiencia de captación de carbono y de nitrógeno entre distintas especies y cultivares utilizados como CC, y en la influencia que estos poseen en diferentes condiciones de sitio (tipo de suelo, precipitaciones). Al respecto en la Tabla 1 se indican alguno de los efectos buscados con la inclusión de CC en suelos de distintas características.

Metodología:

Sitios: Se establecieron ensayos de Cultivos de cobertura en los sistemas de producción de la EEA INTA Gral. Villegas y en campos de producción de la zona de influencia, diferenciados por el tipo de suelo.

Sobre Hapludoles Típicos se instaló un ensayo en el año 2003 en donde se evaluaron diferentes momentos de secado de triticale, mientras que en el año 2005 se instalaron 3 ensayos con diferentes especies de gramíneas en suelos Argiudoles Típicos, Hapludoles Thapto Argicos y Hapludoles Típicos, en donde se evaluó el comportamiento de cada especie como antecesora de cultivos de verano.

1) Momentos de secado:

Objetivo General:

Determinar los efectos de largo plazo que tiene la inclusión de cultivos de cobertura de cereales sobre algunas propiedades edáficas y la productividad de cultivos de soja en Hapludoles del noroeste bonaerense según diferentes momentos de secado.

Objetivos específicos:

Corto Plazo: Evaluar la dinámica de agua y nutrientes (N-NO-3).

Largo Plazo: Evaluar la influencia de diferentes niveles de rastrojos aportados sobre la dinámica de materia orgánica total y sus fracciones.

Tratamientos: (momentos de secado del triticale)

- (a) pleno macollaje (agosto).
- (b) inicio de encañazon (septiembre).
- (c) madurez fisiológica (siembra de soja, noviembre).
- (d) producción del cereal bajo pastoreo directo (sin cobertura y con pisoteo) hasta la siembra de soja (noviembre)

Los cultivos de triticale (cv. Tehuelche) fueron sembrados en el mes de abril a una densidad de 80 kg/ha.

Los cultivos de soja (var. Don Mario 4800) fueron sembrados bajo prácticas de cero labranza (control químico de malezas) empleando semillas inoculadas a razón de 26 semillas m⁻¹ y a 0,52 m de distanciamiento entre hileras de siembra.

Evaluaciones:

Contenido de agua útil (0-200 cm). (Agosto-Noviembre) en triticale.

N-NO₃⁻ (0-60 cm). (Agosto y Noviembre)

Contenido de agua útil (0-200 cm). (Noviembre-Marzo) en el cultivo de soja.

Evaluación del costo hídrico para las dos últimas campañas.

Cantidad de rastrojo al momento de la siembra de soja.

Densidad de plantas logradas.

Nodulación (r2).

Intensidad de verdor (r4) (lecturas con SPAD Minolta®).

Productividad del cultivo (r4) número de vainas por planta, por unidad de superficie y rendimiento en madurez fisiológica.

Diseño experimental:

Bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones y parcelas de 70 m²

Resultados: (3 Años de evaluación)

Año 1 (2003)

En el momento de la siembra de los cultivos se observó que los aportes superficiales de rastrojos de triticale variaron entre 917 y 11397 kg ha⁻¹ mostrando una mayor acumulación en los tratamientos con secado de rastrojos en estadios reproductivos que durante etapas vegetativas o bajo pastoreo (Tabla 1).

Los contenidos de N-NO₃⁻ en el momento de la siembra variaron entre 16,2 y 58,4 kg ha⁻¹, mostrando una mayor acumulación en el tratamiento con mayor duración del barbecho (Tabla 1). Los resultados provistos por este estudio son similares a los encontrados por (Quiroga et al. 1996 y Duarte, 1999).

La implantación de los cultivos, si bien varió entre 33 y 39 plantas m⁻² no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de manejo del cultivo de cobertura (Tabla 1). En cambio, la nodulación en soja fue mayor en el tratamiento con secado del triticale durante el macollaje que en los tratamientos iniciados a partir de la encañazón o bajo pastoreo (Tabla 1).

Tabla 1: Efectos del manejo de cultivos de triticale antecesores de soja en un Hapludol del noroeste bonaerense. Diferentes letras en sentido horizontal muestran diferencias significativas entre tratamientos (LSD, $p < 0,05$). SD: sin datos.

	Cobertura de triticale			
	pastoreada	secada en macollaje	secada en encañazón	secada en madurez fisiológica
Duración del barbecho (días)	0	91	59	0
Lluvias durante el barbecho (mm)	0	94,8	94,8	0
Rastrojos en superficie en la siembra (kg ha^{-1})	917 c	4757 b	7356 b	11397 a
N-NO_3^- en la siembra (kg ha^{-1})	SD	58,4 a	42,2 a	16,0 b
Plantas m^{-2} logradas a los 15 días de la siembra	37,1 a	37,9 a	39,7 a	33,8 a
Nódulos planta ⁻¹ en r2	14,1 b	26,2 a	24,1 ab	17,5 ab
Intensidad de coloración verde (unidades SPAD) en r4	42,6 a	43,0 a	41,9 a	40,6 a
Vainas planta ⁻¹ en r5	20,1 b	33,1 a	26,1 a	26,2 a
Vainas m^{-2} en r5	19,4 b	31,8 a	25,2 ab	25,1 ab

La intensidad de verdor de los cultivos de soja determinada en estadios de llenado de granos, medición indirecta del estado de nutrición nitrogenada a partir de evaluaciones de concentración de clorofila (Díaz-Zorita et al. 2002) varió entre 40,6 y 43,0 unidades de SPAD sin mostrar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Tabla 1). No obstante, esta variable se correlacionó positivamente con la oferta de N del suelo y en menor medida con la cantidad de nódulos. La productividad de vainas de soja fue mayor tanto en plantas individuales como en el cultivo en el tratamiento con mayor duración del barbecho que en los tratamientos de secado en estadios reproductivos o bajo pastoreo (Tabla 1). Sin embargo en la producción de grano, se obtuvo menor rendimiento en los tratamientos con secado anticipado, a pesar de que estas diferencias no fueron relevantes. A su vez, se observó mayor rendimiento en las parcelas pastoreadas, lo cual concuerda con lo visto por Díaz-Zorita en cultivos de soja de la región y en la misma campaña en estudio (comunicación personal) (Fig. 3).

Los contenidos de agua útil hasta los 200 cm. de profundidad en el momento de la siembra variaron entre 161 y 226 mm., observándose una mayor oferta de agua en los tratamientos secados con anterioridad al momento de la siembra (Fig. 2). Las diferencias en la cantidad de agua acumulada entre tratamientos sería parcialmente explicada por diferencias en el consumo de agua por el cultivo de cobertura junto con la ocurrencia de lluvias insuficientes hasta esta evaluación. Durante el barbecho posterior al secado en estadios vegetativos y en encañazón se registraron 94,8 mm. de precipitaciones sin diferencias entre estos momentos de secado del cereal.

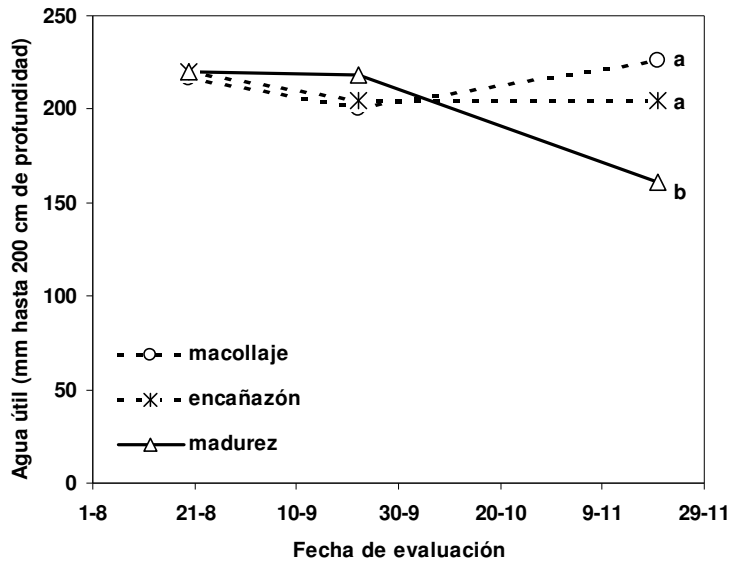


Figura. 1: Evolución del contenido de agua útil de un Hapludol según 3 momentos de secado de un cultivo de triticale antecesor de soja.

En floración y en madurez fisiológica de los cultivos de soja no se detectaron diferencias en la disponibilidad de agua entre los tratamientos de manejo del CC, lo cual indica un consumo de lujo por parte de cultivo en los tratamientos de secado anticipado (Fig. 2)

Los rendimientos variaron entre 2375 y 2566 no mostrando diferencias significativas entre tratamientos (Fig. 3)

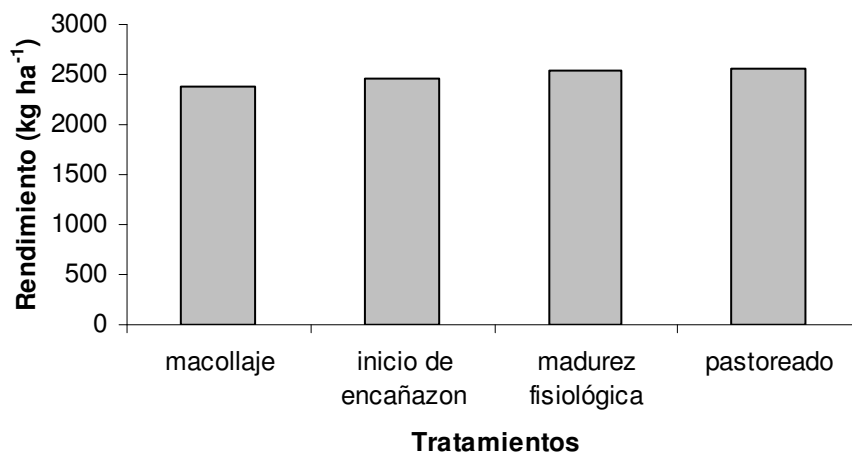


Figura 3: Rendimiento de soja en función de los tratamientos de secado del cultivo antecesor.

Año 2 (2004)

En el momento de la siembra de los cultivos se observó que los aportes superficiales de rastrojos de triticale variaron entre 2773 y 9073 kg ha⁻¹ mostrando una mayor acumulación en los tratamientos con secado de rastrojos en estadios reproductivos que durante etapas vegetativas (Tabla2).

Los contenidos de N-NO₃⁻ en el momento de la siembra variaron entre 16,6 y 81,3 kg ha⁻¹, mostrando una mayor acumulación en el tratamiento con mayor duración del barbecho (Tabla 2).

La implantación de los cultivos, si bien varió entre 31.4 y 34.6 plantas m⁻² no mostró diferencias significativas en los tratamientos de manejo del CC (Tabla 2). En cambio, la nodulación fue mayor en el tratamiento secado en madurez fisiológica del triticale que en el resto de los tratamientos evaluados (Tabla 2). La mayor presencia de nódulos podría deberse al menor contenido de nitratos al momento de la siembra.

La intensidad de verdor de los cultivos de soja determinada en r3 varió entre 35.4 y 37,9 unidades de SPAD mostrando diferencias significativas en los tratamientos evaluados (Tabla 2). Además, esta variable se correlacionó positivamente con la oferta de N del suelo y en menor forma negativa con la cantidad de nódulos. La cantidad de materia seca por ha en r2 no mostró diferencias estadísticas significativas en los tratamientos (Tabla 2).

En esta campaña los contenidos de agua útil fueron menores a la anterior; sin embargo, los contenidos de nitratos al momento de la siembra fueron similares entre campañas mostrando un mayor contenido en los tratamientos de quema anticipada (macollaje).

También se observó que la cantidad de rastrojo aportados en esta campaña fueron menores que las evaluaciones realizadas en la campaña anterior.

Tabla 2: Efectos del manejo de cultivos de triticale antecesores de soja en un Hapludol del noroeste bonaerense. Diferentes letras en sentido horizontal muestran diferencias significativas entre tratamientos (LSD, p<0,05).

	Cobertura de triticale			
	Testigo	secada en macollaje	secada en encañazón	secada en madurez fisiológica
Duración del barbecho (días)	211	97	78	0
Lluvias durante el barbecho (mm)	377.5	243	243	0
Rastrojos en superficie en la siembra (kg. ha ⁻¹)	2849.3 b	2773.3 b	3762.7 b	9073.3 a
N-NO ₃ ⁻ en la siembra (kg. ha ⁻¹)	71.7 a	81.3 a	76.0 a	16.6 b
Plantas ha logradas	32.0 a	31.4 a	34.6 a	33.9 a
Nódulos planta ⁻¹ en r2	115 a,b	107 a,b	103 b	176 a
Intensidad de coloración verde (unidades SPAD)	37.9 a	37.6 a	37.5 a	35.4 b
MS de Soja (kg ha ⁻¹) r2	2064 a	1949 a	2431 a	2088 a

Los contenidos de agua útil hasta los 200 cm de profundidad en el momento de la siembra variaron entre 159 y 202 mm., observándose una mayor oferta de agua en los tratamientos secados con anterioridad al momento de la siembra (Fig. 4). Las diferencias en la cantidad de agua acumulada entre tratamientos sería parcialmente explicada por diferencias en el consumo de agua por el cultivo de cobertura junto con la ocurrencia de lluvias insuficientes hasta esta evaluación. Durante el barbecho posterior al secado en estadios vegetativos y en encañazón se registraron 377 mm de precipitaciones. Por lo que la eficiencia de barbecho para este año fue de (202-159)/377= 11.4 %, coincidiendo esta eficiencia tan baja con las encontradas por Quiroga (com. Pers.) en la región semiárida pampeana.

Para evaluar la influencia del cultivo de cobertura sobre la disponibilidad de agua a la siembra (costo hídrico en relación a la biomasa producida) resulta necesario considerar la

capacidad de almacenaje de agua de este suelo. Este parámetro es de suma importancia ya que define el tiempo de recarga del perfil (fin de ciclo del verdeo). Por ejemplo en los lotes en estudio, la capacidad de retención de agua (mm. / 200 cm.) es de 250 mm., por lo tanto puede inferirse que el momento de secado del CC va a depender del efecto año, o sea de las precipitaciones en el año en evaluación. Consideremos que las precipitaciones durante el periodo fueron de 377,5 mm., las que sumadas al contenido de agua inicial (145 mm.) dan una lámina de 523 mm., es evidente que la mayor parte la misma no puede ser almacenada en los primeros 200 cm del perfil. De esta manera se comprueba que el tratamiento testigo finalizó con 192 mm de los 523 mm que potencialmente podría haber almacenado. Es decir que 331 mm no fueron almacenados en el perfil y por lo tanto de los 387 mm de uso consuntivo, 331 mm. deben ser descontados y consecuentemente el costo hídrico para el cultivo de verano siguiente soja sería 56 mm.

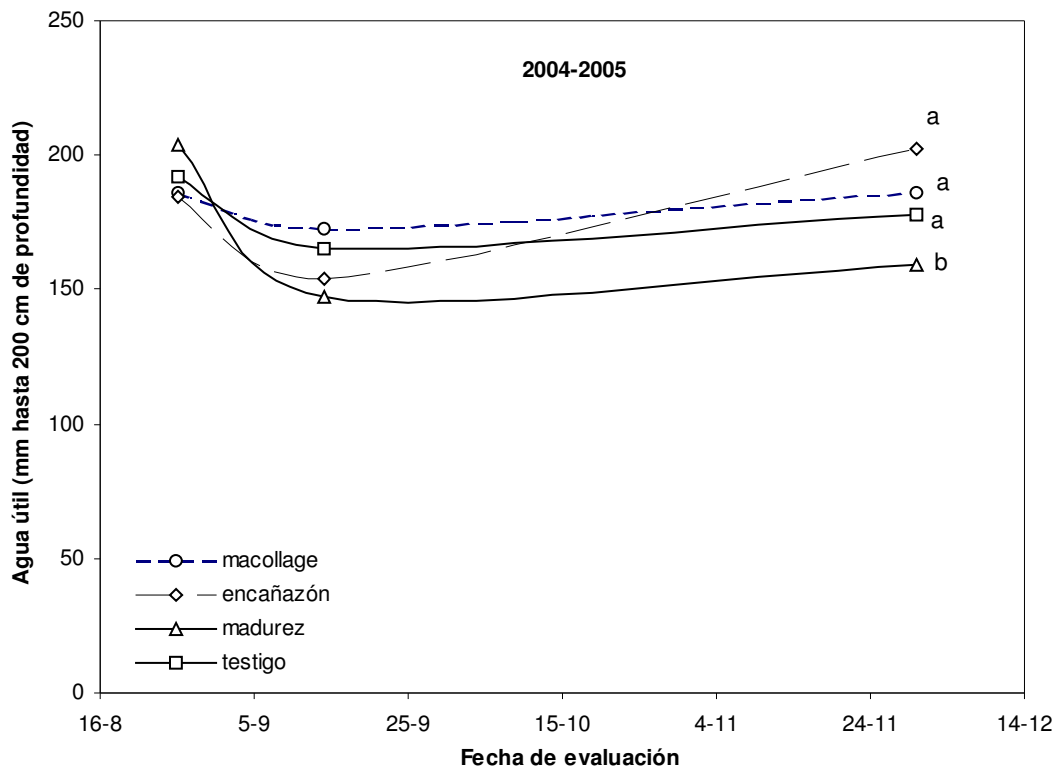


Fig. 4: Evolución del contenido de agua útil de un Hapludol según 4 momentos de secado de un cultivo de triticale antecesor de soja.

Los rendimientos del cultivo de soja variaron entre 3932 y 2916 no mostrando diferencia significativas entre tratamiento (Fig. 5)

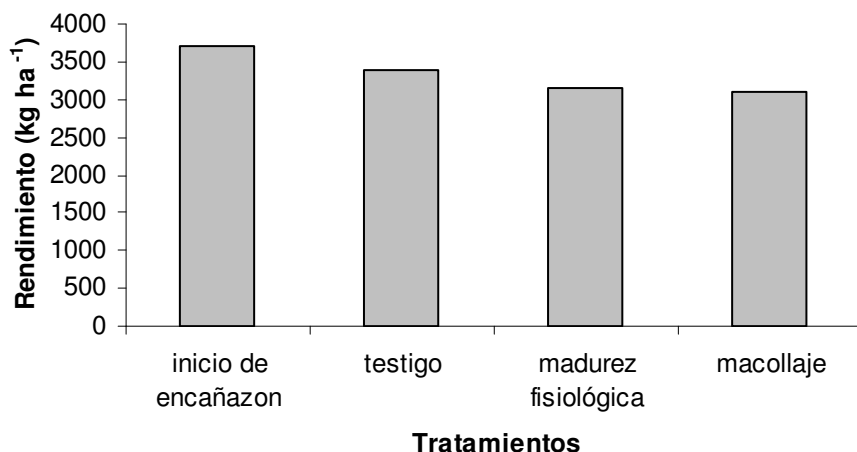


Figura 5: Rendimiento de soja en función de los tratamientos de secado del cultivo antecesor.

Año 3 (2005)

En el momento de la siembra de los cultivos se observó que los aportes superficiales de rastrojos de triticale variaron entre 1998 y 8832 kg ha⁻¹ mostrando una mayor acumulación en los tratamientos con secado de rastrojos en estadios reproductivos (Tabla 3), no obstante estos aportes resultaron inferiores a los medidos en las campañas anteriores.

Los contenidos de N-NO₃⁻ en el momento de la siembra variaron entre 16,6 y 139,43 kg ha⁻¹, mostrando una mayor acumulación en el tratamiento con mayor duración del barbecho (Tabla 3).

Comparando los tres años de evaluación podemos observar que el comportamiento en cuanto perfil de humedad a la siembra de la soja fue similar, si bien en esta campaña los contenidos de agua útil fueron menores a la anteriores.

Tabla 3: Efectos del manejo de cultivos de triticale antecesores de soja en un Hapludol del noroeste bonaerense. Diferentes letras en sentido horizontal muestran diferencias significativas entre tratamientos (LSD, p<0,05).

	Cobertura de triticale			
	Testigo	secada en macollaje	secada en encañazón	secada en madurez fisiológica
Duración del barbecho (días)	209	83	27	0
Lluvias durante el barbecho (mm.)	216.1	83.8	161.3	0
Rastrojos en superficie en la siembra (kg. ha ⁻¹)	1998 c	2012 c	3643 b	8832 a
N-NO ₃ ⁻ en la siembra (kg. ha ⁻¹)	139.45 a	104.87 a	61.88 b	16.03 c
Plantas ha logradas	35.8 b	44.8 a	44.2 a	39.1 a
Intensidad de coloración verde (unidades SPAD)	33.10 a	33.63 a	32.60 a	32.16 a
MS(kg. Ha ⁻¹) r ²	2668 a	2481 a	2164 b	2106 b

Los contenidos de agua útil hasta los 200 cm de profundidad en el momento de la siembra variaron entre 59 y 195 mm., observándose una mayor oferta de agua en los tratamientos secados con anterioridad al momento de la siembra (Fig. 6). Las diferencias en la cantidad de agua acumulada entre tratamientos serían parcialmente explicadas por diferencias en el consumo de agua por el cultivo de cobertura junto con la ocurrencia de lluvias insuficientes hasta esta evaluación. Durante el barbecho posterior al secado en estadios vegetativos y en encañazón se registraron 216,1 mm. de precipitaciones, por lo que la eficiencia de barbecho para este año fue de $(195-59)/216= 63 \%$.

Para evaluar la influencia del cultivo de cobertura sobre la disponibilidad de agua a la siembra de soja consideremos que las precipitaciones durante el periodo fueron de 216 mm., las que sumadas al contenido de agua inicial (172 mm) dan una lámina de 388 mm., la cual no puede ser almacenada en su totalidad en los primeros 200 cm. del perfil. El tratamiento testigo finalizó con 159 mm de los 388 mm que potencialmente podría haber almacenado (figura 6), es decir que 269 mm no fueron almacenados en el perfil; Por lo tanto de los 348 mm de uso consuntivo del CC, 269 mm deben ser descontados y consecuentemente el costo hídrico para el cultivo de verano siguiente sería de 79 mm.

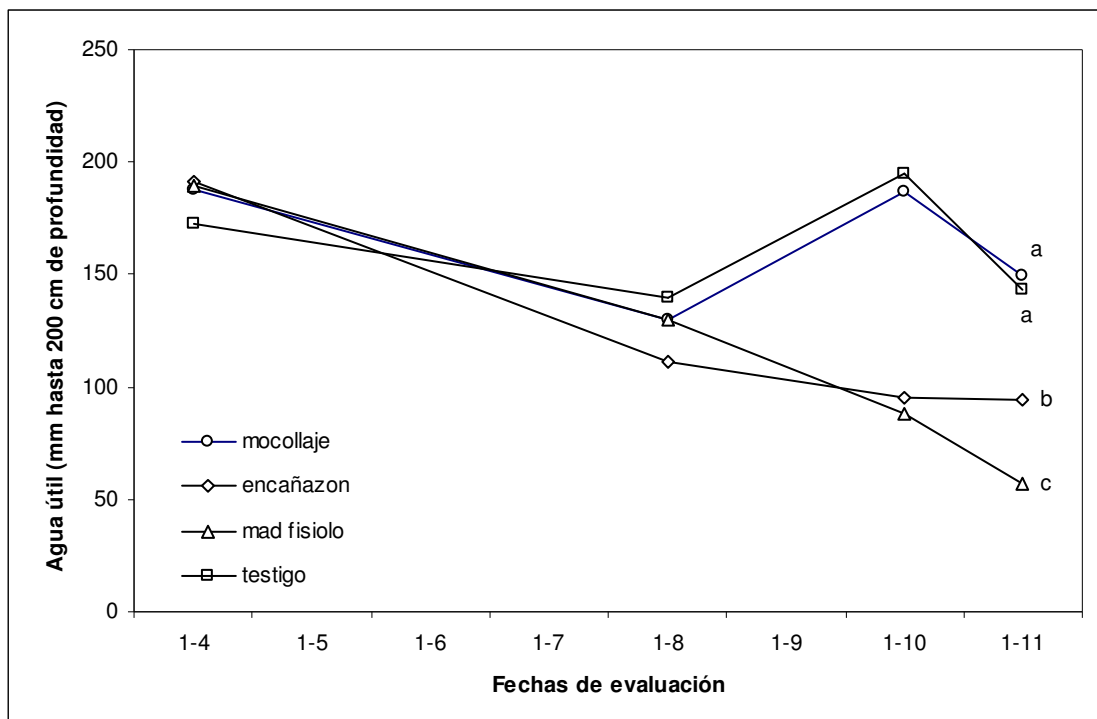


Fig 6: Evolución del contenido de agua útil de un Hapludol según 4 momentos de secado de un cultivo de triticale antecesor de soja.

La implantación de los cultivos, si bien varió entre 35.8 y 44.8 plantas m⁻² no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de manejo del cultivo de cobertura (Tabla 3).

La intensidad de verdor de los cultivos de soja varió entre 32,13 y 33,63 unidades de SPAD sin mostrar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, mientras que la cantidad de materia seca de soja en r₂ no mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tabla 3).

Resultados de largo plazo...

Tabla 4: Contenido de Materia Orgánica total de los primeros 5 cm. de profundidad para los dos años evaluados. Diferentes letras en sentido horizontal muestran diferencias significativas entre tratamientos (LSD, $p < 0,05$).

Tratamiento	1 Año	3 Año
Macollaje	3.15 a	3.09 a
Encañazon	3.32 a	3.18 a
Mad. Fisiológica	3.01 a	3.21 a
Testigo	3.22 a	2.86 a

Si bien los resultados no muestran diferencias significativas en el contenido de MOt entre años en ninguno de los tratamientos evaluados se observa una tendencia a disminuir en los primeros 5 cm de suelo. Es evidente que el promedio de los tratamientos con cobertura tiende a ser mayor que el promedio del monocultivo. Por la cual es conveniente seguir evaluando estas diferencias con efecto acumulado de diferentes niveles de rastrojo en el largo plazo.

Conclusiones

Estos resultados preliminares sugieren que en las condiciones hídricas de las tres campañas en estudio, la oferta de agua útil es modificada por diferencias en la duración del barbecho según momentos de secado del cultivo de cobertura, detectadas solamente en el momento de la siembra de soja. Por esto podemos decir que la mayor oferta hídrica corresponde a los tratamientos de secado en macollaje, espigazón y testigo.

Los contenidos de nitratos al momento de la siembra fueron similares entre campañas mostrando un mayor contenido en los tratamientos de quema anticipada.

El estado de nutrición nitrogenada de soja en floración se correlacionó positivamente con el contenido de agua útil presente en el momento de la siembra.

Al aumentar la duración del barbecho la cantidad de vainas de soja m-2 aumentaron. Sin embargo, el rendimiento en grano no mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en las dos campañas evaluadas.

Mientras que los niveles de MOt (0-5 cm) muestran tendencias negativas en bajos niveles de rastrojo, especialmente en el tratamiento monocultivo, los tratamientos de altos volúmenes de rastrojos logran mantenerla. Esta información corresponde a los tres primeros ejercicios de un estudio de larga duración que pretende contribuir al conocimiento de los aportes acumulados de cultivos de cereales invernales sobre el manejo del balance de carbono en suelos donde esta propiedad edáfica es insustituible para el logro de cultivos de alta producción. Suponemos que al producir y mantener rastrojos con alta relación C:N (cereales) se logrará mejorar el manejo de la disponibilidad de agua del cultivo, además de favorecer el sistema radical, fundamentalmente, el desarrollo de sistemas estructurales capaces de una mejor captación y provisión de agua.

2) Especies y transectas edafo-climáticas

Objetivo General:

Evaluar el comportamiento de distintas especies de gramíneas (utilizadas como cultivos de cobertura) como antecesoras de cultivos de verano

Objetivos específicos:

Corto Plazo: Evaluar la dinámica de agua y nutrientes (N-NO₃)

Largo Plazo: Evaluar la influencia de rastrojos de diferentes especies sobre la dinámica de materia orgánica total y sus fracciones.

Metodología

En cada sitio fueron establecidos 3 CC (avena, centeno y rye grass) y un testigo (siempre limpio con herbicidas) durante el periodo de barbecho entre 2 cultivos de verano Abril-Septiembre.

Tabla 5: Descripción de los sitios experimentales

Sitio	Ubicación	Tipo de Suelo
1	Porvenir	Argiudol Típico
2	Villegas	Hapludol Thapto Árgico
3	Villegas	Hapludol Típico

Los cv. utilizados fueron:

Avena Cristal (80 Kg/ha)

Centeno Quehue (70 Kg/ha)

Rye grass Bill (22 Kg/ha)

Tabla 6: Caracterización de los sitios experimentales

	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
MO (%)	3.20	2.90	2.44
P (ppm)	8.6	17	13.3
Contenido de agua inicial (mm)	187	170	121
Contenido de N-NO ₃ - inicial (kg/ha)	40.8	46.3	135

Diseño: Los tratamientos fueron dispuestos en bloques completos al azar con tres repeticiones (parcelas de 100 m²).

Evaluaciones:

Contenido de agua útil (0-140 cm). Durante el ciclo de los CC (Mayo-Noviembre)

N-NO₃- (0-60 cm). (Mayo y Noviembre)

Tasa de acumulación total de materia seca

Contenido de agua útil (0-140 cm) en el cultivo de soja (Noviembre-Marzo)

Cantidad de rastrojo al momento de la siembra de soja.

A partir de las precipitaciones y variación en los contenidos de agua del suelo entre inicio y fin del ciclo de CC se calculo el Uso consuntivo (UC) y la eficiencia en el uso del agua en cada una de las especies evaluadas.

En el sitio 2 se evaluó nodulación (r2) e intensidad de verdor (r2) (lecturas con SPAD Minolta®) en el cultivo de soja siguiente.

Resultados Parciales:

La producción de materia seca fue muy diferente entre sitios, los mayores valores se obtuvieron en el sitio 1. En todos los sitios el centeno produjo la mayor cantidad de materia seca seguido en orden decreciente por la avena y el rye grass (tabla 7). En cuanto a la eficiencia del uso del agua también encontramos diferencias entre sitios y especies, siendo las mayores eficiencias las correspondientes al sitio 1 y al igual que la producción de materia seca el más eficiente fue el centeno seguido en orden decreciente por la avena y el rye grass. (tabla 7)

Tabla 7: Contenido de agua útil (0-140 cm) al momento del secado de los CC y producción acumulada de materia seca (kg ha⁻¹) para los 4 tratamientos

Sitio	Avena		Centeno		Rye gras		Testigo	
	Agua útil (140 cm)	MS (kg/ha)	Agua útil (140 cm)	MS (kg/ha)	Agua útil (140 cm)	MS (kg/ha)	Agua útil (140 cm)	Eficiencia de barbecho (%)
1	201	7443	211	10505	213	6384	202	6.8
2	108	6080	131	6124	110	3800	195	17.8
3	160	5952	162	8428	156	4463	205	36.0

Tabla 8: Precipitaciones (Pp), Uso consuntivo y eficiencia de uso de agua para los 4 tratamientos de CC.

Sitio	Pp (mm)	Avena		Centeno		Rye gras	
		Uso consuntivo (mm)	EUA (Kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Uso consuntivo (mm)	EUA (Kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Uso consuntivo (mm)	EUA (Kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
1	218	204.47	36.4	194.17	54.10	191.85	33.28
2	140	202.67	30.0	179.74	34.1	200.12	19.0
3	234	303.5	19.6	301.4	27.9	307.21	14.5

En el sitio 1 los contenidos de agua útil al momento del secado no mostraron diferencias significativas entre los diferentes CC ni tampoco entre éstos y el testigo Sin embargo, en los sitios 2 y 3 los tratamientos con CC mostraron valores de agua útil menores que el tratamiento testigo. Los valores de eficiencia de barbecho variaron entre 6.8% en el sitio 1 a 36% en el sitio 3. Estos resultados nos permiten inferir que en el sitio 1 (con Pp de 218 mm durante el período de crecimiento de los CC) no sería necesario hacer barbechos largos (si lo analizamos solamente desde el punto de vista del agua) ya que la eficiencia de barbecho fue muy baja (tabla 8).

Tabla 9: Disponibilidad de N (kg/ha) al momento de la siembra de soja y características del cultivo en el sitio 2 (letras horizontales muestran diferencias significativas entre tratamientos de CC)

	Testigo	Cultivo de Cobertura		
		Avena	Centeno	Rye grass
N-NO ₃ ⁻ en la siembra (kg. ha ⁻¹)	55.1 a	15.5 b	18.8 b	13.9 b
Plantas ha logradas				
Nódulos planta ⁻¹ en r2	30.6 a	25.6 a	20.3 a	17.3 b
Intensidad de coloración verde (unidades SPAD)	28.1 a	25.5 b	26.2 b	25.4 b

En el sitio 2 la disponibilidad de N-NO₃⁻ al momento de la siembra del cultivo de soja mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos. Los CC presentaron valores de N-NO₃⁻ menores que el tratamiento control, sin observarse diferencias entre especies. También la cantidad de nódulos/planta fue inferior en los tratamientos con CC, como así también la intensidad de verdor de los cultivos. Se observó una relación positiva ($r^2=0.96$) entre la intensidad de verdor (SPAD) en soja y la disponibilidad de N-NO₃⁻ al momento de la siembra.

Bibliografía:

- Alvarez C., Barraco M., Díaz- Zorita M., Pecorari C., 2005. Uso de cultivos de cobertura con base soja en el noroeste bonaerense. Resultados de dos años de evaluación. Boletín para profesiones. Jornada Profesional Agrícola. 2005. 17 de febrero de 2005. pp 17-25.
- Ding G., Liu X., Herbert S., Novak J., Dula A., Xing B. 2005. Effect of cover crop management on soil organic matter. Geoderma. Article in Press
- Duarte G. 2002. Sistemas de Producción de girasol en la región húmeda argentina. In Manual práctico para el cultivo de girasol. Edictores Díaz-Zorita M. y Duarte G., 2002. 313 pp.
- Fernandez, R., Funaro, D. y Quiroga, A. 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 (en prensa)
- Hendrix, P.F., Franzluebbers, A.J., McCracken, D.V., 1998. Management effects on C accumulation and loss in soils of the southern Appalachian Piedmont of Georgia. Soil Till. Res.47: 245-251.
- Fisk J., Hesterman O, Shrestha A, James J. Kells, Richard R. Harwood, John M. Squire and Craig C. Sheaffe 2001. Weed Suppression by Annual Legume Cover Crops in No-Tillage Corn *Agronomy Journal* 93:319-325.
- Liebman, M, Davis A.S. 2000.Integration of soil, crop, and weed management in low- external- input farming systems. Weed Res. 40: 27-47.
- Mohler, C.L, Teasdale.J.R. 1993. Response of weed emergence to rate of vicia villosa Roth and secale cereale L. residue. Weed Res. 33:487-499
- Nyakatawaa, E.Z., Reddya, K.C, Sistanib K.R. 2001. Tillage, cover cropping, and poultry litter effects on selected soil chemical properties. Soil. Till. Res. 58: 69-79.
- Quiroga, A.; Ormeño, O.; Bono, A.;Rodríguez, N.; Montoya, J.; Babinec, F. 1999. Aspectos del manejo de suelo y productividad del girasol en la región semiárida pampeana. Bol. Tec. N° 63 EEA Anguil.
- Rufo M.L. 2003: Factibilidad de inclusión de cultivos de cobertura en Argentina. Actas XI Congreso de AAPRESID: 171-176.
- Sainju, U.M., Singh, B.P., Whitehead, W.F., 1998. Cover crop root distribution and its effects on soil nitrogen cycling. Agron. J. 90: 511-518.
- Satorre E. 2003 Las posibilidades ambientales y tecnológicas de la pradera pampeana para la producción de granos. Las Ciento y Una "Hacia los 100 millones de toneladas de granos y la exportación de 1 millón de toneladas de carne. Bolsa de Cereales de Buenos Aires (Ed). Pp 37-38.
- Strock, j; Porter P., 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
- Teasdale, J.R. 1996. contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems J. Prod: Agri.9: 475-479.
- Tisdale, S. 1991. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. México, Editorial Limusa.760 p.
- Wander, M.M., Traina, S.J., 1996. Organic fractions from organically and conventionally managed soils: I. Carbon and nitrogen distribution. Soil Sci. Soc. Am. J. 60: 1081-1087.

