



CULTIVOS DE COBERTURA Y GESTIÓN DEL AGUA DEL SUELO EN EL BARBECHO

Bonvecchi V.E.^{1,*}, N. Nivoida¹, J. Irigoín¹, L. Bulos¹, M. Petrasek¹, J.A. Ramírez¹, G. Fernández¹

¹ Edafología, Dpto. de Tecnología, Universidad Nacional de Luján.
Ruta 5 y Av. Constitución, B6700 Luján, Provincia de Buenos Aires.
* virginiabonvecchi@gmail.com

RESUMEN

Los cultivos de cobertura (CC) en sistemas agrícolas simplificados de la Pampa Ondulada son una alternativa para asegurar sistemas ambientalmente más sustentables, que provean diversos servicios ecosistémicos. Entre los principales beneficios se reconoce un mejor aprovechamiento de los recursos, fundamentalmente una mayor eficiencia en el uso del agua. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes CC sobre la gestión del agua del suelo durante el período de barbecho invernal. Se realizó un ensayo en el campo experimental de la Universidad Nacional de Luján bajo siembra directa. Los tratamientos fueron: avena (A), avena-vicia (A-V), avena fertilizada (AF) con N, vicia (V) y testigo sin CC (T). Los CC se sembraron en dos fechas diferentes: 07/04/21 y 03/06/21 y se secaron el 27/10/21. El diseño fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se determinó el agua disponible (AD) del suelo a la siembra y secado de los CC, acumulado de 0-40 cm. Se calculó el costo hídrico (CH), uso consuntivo (UC), la producción de biomasa aérea y la eficiencia en la utilización del agua (EUA). Los diferentes CC presentaron diferencias en el AD al secado, en la producción de biomasa y en la EUA. La avena sembrada en segunda fecha fue más eficiente (105.4 kg MS mm⁻¹) que la sembrada en primera fecha (54,6 kg MS mm⁻¹). Similar comportamiento mostró la avena-vicia. La fertilización nitrogenada resultó efectiva para las condiciones del ensayo, como estrategia para equiparar la producción de biomasa de segunda fecha de siembra con la de primera fecha. Se concluyó que la inclusión de estas especies invernales como CC se presentan como una alternativa viable para mejorar la gestión del agua en los sistemas agrícolas simplificados de la región pampeana, aún en condiciones de baja oferta hídrica.

Palabras clave: eficiencia de uso del agua, cultivos de servicio, fecha de siembra.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de cobertura (CC) en sistemas agrícolas simplificados de la Pampa Ondulada son una alternativa para asegurar sistemas ambientalmente más sustentables, que provean diversos servicios ecosistémicos. Los principales beneficios son el incremento del carbono orgánico del suelo (Hendrix *et al.*, 1998; Ding *et al.*, 2006), la captura de nutrientes (Nyakatawa *et al.*, 2001; Strock *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2005) el control de malezas (Liebman y Davis 2000; Fisk *et al.*, 2001) y la mayor EUA del suelo (Fernández *et al.*, 2005). En una encuesta de Aapresid, se identificó que la falta de conocimiento en el tema es el principal factor que dificulta la adopción de los CC y, en segundo lugar, el costo y el consumo de agua que podría comprometer el rendimiento del cultivo sucesor. Además, se menciona que las especies adaptadas a cada zona y su manejo agronómico son los temas que aún demandan mayor información (REM-Aapresid, 2018). Por lo tanto, conocer el comportamiento zonal y el manejo de algunas especies de CC, es importante para avanzar en una tecnología de procesos que requiere mayor ajuste que una tecnología de insumos.

Actualmente, son diversas las especies que se siembran como coberturas. Trabajos realizados en el Partido de Luján, mostraron que la producción de MS es variable según la especie, la fecha de secado del CC y el



manejo aplicado (Angiolini, 2016). Por otra parte, el consumo de agua por los CC, en años con excesos hídricos, tiene un efecto positivo en el sistema de producción ya que contribuye a disminuir el nivel freático. En años con precipitaciones normales o escasas, el CC puede disminuir la disponibilidad de agua para el cultivo siguiente, especialmente para especies sensibles como el maíz (Andriulo y Cordone, 1998). Por otro lado, en un ensayo con cultivo de soja y avena como CC, no se observaron diferencias en el agua disponible a la siembra y en el rendimiento de soja (Bonvecchi *et al.*, 2014, Costa *et al.*, 2014). Por esa razón, el manejo del CC, desde la elección de la especie, el momento de secado y la duración del barbecho, son fundamentales para asegurar los recursos (agua y nutrientes) para el cultivo de verano.

OBJETIVO

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes CC sobre la gestión del agua del suelo durante el período de barbecho invernal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó sobre un lote agrícola en el campo experimental de la Universidad Nacional de Luján, provincia de Buenos Aires (61°70'92" S 30°94'66" O) en un suelo Argiudol típico, serie Mercedes, familia fina illítica térmica, con textura superficial franco limosa. El clima es templado húmedo con medias en invierno de 13° C y medias en verano de 23° C (Goldberg *et al.*, 1995) y la precipitación media anual es de 1097 mm. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con tres repeticiones y en parcelas de 50 m². Los CC fueron avena (A), avena-vicia (A-V), avena fertilizada con N (AF), vicia (V) y testigo sin CC (T) y se sembraron en dos fechas: FS1 (07/04/2021) y FS2 (03/06/2021). La densidad de siembra de los distintos CC fue de 100 kg/ha de avena para el tratamiento A, 100 kg/ha avena +100 kg urea ha⁻¹ para la AF, 50 kg/ha de avena y 25 kg/ha vicia para A-V y 40 kg/ha para V, en siembra directa. El T se mantuvo libre de malezas mediante el control químico. El secado de los CC se efectuó el 27 de octubre con glifosato (2,5 Lha⁻¹), en estado de madurez fisiológica.

Se tomaron muestras de suelo a la siembra y secado de los CC a 0-10,10-20 y 20-40 cm, de profundidad para la determinación del contenido de agua útil por gravimetría. Se utilizaron los datos de humedad gravimétrica a punto de marchitez permanente determinados previamente en la caracterización del lote, los cuales fueron 14.5 % para 0-10 cm, 13.5 % 10-20 cm y de 15.9 % para la profundidad de 20-40 cm. Para el análisis de los datos de humedad se consideró la lámina acumulada de agua disponible de 0-40 cm (AD en mm).

El costo hídrico (CH) se calculó como la diferencia de agua útil disponible en el suelo en los diferentes tratamientos con CC al momento de secado en relación al tratamiento control (sin CC), Fernández *et al.*, 2007. Además, se obtuvieron datos de precipitaciones provenientes de la estación agrometeorológica-CIDEPA-UN-Lu (34°36'S y 59°04'O, 28 msnm) para la campaña 2021 y datos históricos (1988-2017). En la Figura 1, se indica el comportamiento de las lluvias durante el período 2021 y las precipitaciones históricas. Según se observa en el gráfico, las precipitaciones mensuales previas a la siembra de los CC fueron inferiores respecto al promedio histórico. Por su parte, el período en que se desarrolló el CC, incluye a los meses en que ocurrió el mayor déficit de lluvias respecto a los registros medios históricos.



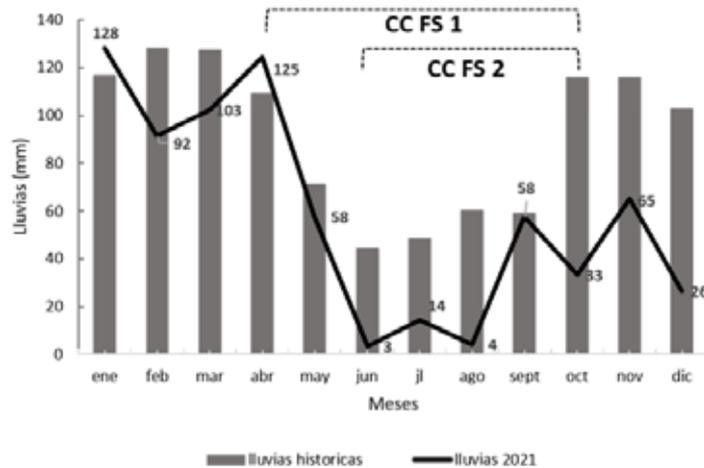


Figura 1. Lluvias mensuales registradas para el año 2021 y medias mensuales históricas registradas por la Estación Meteorológica CIDE-PA-UNLu. Donde: CC FS 1 corresponde al ciclo de los CC en primera fecha de siembra y CC FS 2 ciclo de los CC en segunda fecha.

El uso consuntivo (UC) se calculó mediante la suma del contenido de agua útil disponible al momento de la siembra y las precipitaciones ocurridas durante el ciclo de los CC, a la cual se le restó el contenido de agua útil disponible al momento de finalizar el ciclo de los CC.

Previo al momento de secado del CC, se tomaron 5 muestras por parcela de 0.25m² cada una para la determinación de biomasa aérea. Las muestras fueron llevadas inmediatamente al laboratorio y colocadas en estufa a 60 °C por 72 h hasta peso constante. Se registró el peso seco y se calculó la producción de materia seca de cada tratamiento por hectárea.

La eficiencia en la utilización del agua (EUA) se calculó mediante el cociente entre la MS y el UC.

Los resultados se analizaron mediante ANOVA, considerando los distintos CC y las fechas de siembra como factores fijos. Posteriormente, se analizaron individualmente cada CC en las distintas FS. Se utilizó el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013) y las diferencias entre medias fueron analizadas mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de agua disponible (AD) al momento de la siembra, no presentó diferencias entre tratamientos en la FS1, mientras que en la FS2, el CC avena-vicia mostró un contenido de AD 21.1 mm superior al tratamiento avena.

El AD al secado del cultivo de cobertura presentó diferencias solamente en la FS1, con menores contenidos de AD en los tratamientos A y AF, respecto al resto (Tabla 1 y 2). Desde la siembra del CC al momento de secado del CC llovieron para la FS1 284 mm y para la FS2 102 mm. Este importante diferencial a favor de la primera fecha de siembra fue aprovechado por la A y AF dado que son especies que presentan un crecimiento y desarrollo más rápido que la vicia.

En relación al uso consuntivo (UC), se observaron diferencias significativas entre fechas siendo mayor el UC en la FS1 (317 mm) en relación a la FS2 (134 mm). Estos resultados son esperables debido a que entre las dos fechas de siembra se registró una diferencia en la precipitación de 182 mm. Es importante destacar que para la campaña del ensayo (2021) la precipitación anual fue de 708.3 mm, muy por debajo de los valores medios históricos y se corresponden con una probabilidad de ocurrencia del 20 %, quintil 1 (< 887.5 mm año⁻¹), clasificada como muy baja. Por lo tanto, los resultados obtenidos estarán claramente condicionados por la restricción hídrica descrita.



Para la FS1 el tratamiento avena fertilizada presentó el mayor UC (338.2 mm) y presentó diferencias significativas ($p < 0.1$) con los tratamientos vicia (312.0 mm) y avena-vicia (312.9 mm), Tabla 1. Sin embargo, para la segunda fecha de siembra no hubo diferencias entre tratamientos, Tabla 2.

La máxima producción de materia seca (biomasa área) aportada por los CC fue para la avena de 15.4 Mg MS ha⁻¹. No hubo interacción entre CC-fechas de siembra y sólo se diferenció la vicia del resto de los CC, con el menor valor de biomasa aérea (4.7 Mg MS ha⁻¹). Sin embargo, al analizar el comportamiento de cada CC para ambas fechas de siembra, se observó que en la FS1, el tratamiento de avena pura presentó una producción de biomasa significativamente superior (17.6 Mg MS ha⁻¹) ($p < 0,1$) respecto de la FS2 (13.3 Mg MS ha⁻¹). Similar comportamiento obtuvo la vicia con valores de 5.7 Mg MS ha⁻¹ para la FS1 y 3.8 Mg MS ha⁻¹ para la FS2. El resto de los CC no presentaron diferencias entre fechas con valores promedio para la avena fertilizada de 15.1 Mg MS ha⁻¹ y avena-vicia de 13.2 Mg MS ha⁻¹. Si bien se han reportado incrementos en la producción de materia seca, asociadas a la mayor disponibilidad de agua y a la fertilización nitrogenada en los CC (Quiroga, A., 2007, Ruti *et al.*, 2016), es probable que la escasa precipitación ocurrida en el período de crecimiento haya sido la principal limitante en la producción de biomasa aérea.

En relación a la estrategia de fertilización nitrogenada no se observaron diferencias al comparar la producción de biomasa del tratamiento avena FS1 con avena fertilizada FS2, De esta manera, la práctica de la fertilización nitrogenada conforme se retrasa la fecha de siembra sería una alternativa para compensar la producción de biomasa con un ciclo del CC más corto.

Respecto a la EUA y al UC en la FS1, se puede observar que el tratamiento vicia fue el que presentó los menores valores (18.3 kg MS mm⁻¹; 312 mm) y el único que se diferenció significativamente del resto de los tratamientos que presentaron valores medios de 50.4 kg MS mm⁻¹, y 324.6 mm (Tabla 1). Por el contrario, para la FS2 no se observaron diferencias significativas en ninguno de los dos parámetros.

Al comparar para cada CC el efecto de la fecha de siembra sobre la EUA se determinó que la avena sembrada en segunda fecha (105.4 kg MS mm⁻¹) fue más eficiente que la sembrada en primera fecha (54,6 kg MS mm⁻¹). Similar comportamiento mostró el tratamiento mezcla de avena-vicia con una eficiencia mayor en segunda fecha (Tabla 1 y 2). Para el resto de los tratamientos el efecto de la fecha de siembra no fue significativo.

Tabla 1. Agua disponible de 0-40 cm, a la siembra y al momento de secado de los cultivos de cobertura, costo hídrico (CH), uso consuntivo, eficiencia de uso del agua (EUA) y precipitaciones (PP) durante el período de crecimiento para FS1. Letras distintas muestran diferencias entre los tratamientos dentro de una misma variable.

Tratamiento	AD a la siembra del CC (mm)	AD al secado del CC (mm)	CH (mm)	Uso Consuntivo (mm)	EUA kg MS mm ⁻¹	PP en el CC (mm)
Testigo	54,1 a	28,9 b	-	-	-	284
Avena	43,2 a	4,9 a	-24.0 a	322,6 ab	54,6 b	
Avena/Vicia	58,2 a	29,6 b	-6.0 a	312,9 a	47,6 b	
Vicia	55,7 a	28,0 b	-0.97 a	312,0 a	18,3 a	
Avena fert.	59,3 a	5,4 a	-23.5 a	338,2 b	48,8 b	



Tabla 2. Agua disponible de 0-40 cm, a la siembra y al momento de secado de los cultivos de cobertura, costo hídrico (CH) uso consuntivo, eficiencia de uso del agua (EUA) y precipitaciones (PP) durante el período de crecimiento para FS2. Letras distintas muestran diferencias entre los tratamientos dentro de una misma variable.

Tratamiento	AD a la siembra del CC (mm)	AD al secado del CC (mm)	CH (mm)	Uso Consuntivo (mm)	EUA kg MS mm ⁻¹	PP en el CC (mm)
Testigo	52,7 ab	28,9 a	-	-	-	102
Avena	44,3 a	18,7 a	-10.2 a	127,6 a	105,4 a	
Avena/Vicia	65,4 b	22,3 a	-6.6 a	145,1 a	80,0 a	
Vicia	62,2 ab	27,6 a	-1.3 a	136,5 a	52,9 a	
Avena fert.	51,8 ab	18,5 a	-10.4 a	135,5 a	131,3 a	

Con respecto al CH se pudo observar en la FS1 una disminución de la oferta hídrica para el cultivo de verano debido a la inclusión de un CC. El mayor CH fue para la avena fertilizada y el menor para la vicia, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Fernández *et al.* (2005) y Carfagno *et al.* (2008) reportaron costos hídricos bajos de CC (entre 30 y 60 mm) debido a la inclusión de un CC. Si bien las gramíneas tuvieron altos valores de costo hídrico, éste fue compensado con la alta producción de MS aérea.

Los resultados presentados indican que los CC son una alternativa muy eficiente para la generación de biomasa y de aporte de C al suelo, sin producir un costo hídrico extra en el período de barbecho. Similares resultados fueron reportados por Fernandez, *et al.*, 2012. Por lo tanto, la inclusión de CC en la rotación es una alternativa viable para la zona de estudio seleccionando la especie adecuada y ajustando la fecha de siembra y secado del CC.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones hídricas de este estudio se concluye que la inclusión de un CC previo a un cultivo de verano determinó según la especie y fecha de siembra, una diferente oferta hídrica al momento de secado. El cultivo de avena presentó el mayor costo hídrico y la vicia el menor, en ambas fechas de siembra. Sin embargo, el atraso en la fecha de siembra determinó que al momento del secado no se observaran diferencias en la disponibilidad de agua entre los distintos CC.

La fertilización nitrogenada como estrategia de manejo para equiparar la producción de biomasa de segunda fecha de siembra con la de primera fecha, resultó efectiva para las condiciones del ensayo.

La gramínea (avena) fue más eficiente que la leguminosa (vicia) en producir MS y por consiguiente, en el aporte de carbono orgánico al suelo.

Por lo tanto, la inclusión de estas especies invernales como CC se presentan como una alternativa viable para mejorar la gestión del agua y los nutrientes en los sistemas agrícolas simplificados de la región pampeana.

BIBLIOGRAFÍA

- Angiolini, JF y Bonvecchi VE. 2016. Evaluación de diferentes especies como cultivos de cobertura: efecto sobre la eficiencia de uso del agua y la captura de nitratos, en sistemas de secano bajo siembra directa. Consejera: Bonvecchi Virginia. Universidad Nacional de Luján.
- Andriulo, A.; Cordone, G. 1998. Impacto de labranza y rotaciones sobre la materia orgánica de suelos de la región pampeana húmeda. En: Panigatti, J.L.; Marelli, H.; Buschiazzo, D.; Gil, R. (Eds.). Siembra directa. INTA. Hemisferio Sur. p.65-96.
- Bonvecchi, V.E.; Costa, M.C.; Irigoien, J.; Dettler, A.; Bulos, L.; Ruti, S. 2014 "Cobertura de rastrojos y eficiencia en el uso de agua del suelo". XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional "Materia Orgánica y Sustancias Húmicas". Bahía Blanca, 5 al 9 de mayo de 2014.
- Costa, M.C.; Bonvecchi, V.E.; Irigoien, J.; Dettler, A.; Ruti, S.; Bulos, L. 2014. "Cultivos de cobertura: longitud de barbecho y disponibilidad



- hídrica". XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional "Materia Orgánica y Sustancias Húmicas". Bahía Blanca, 5 al 9 de mayo de 2014.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Fernández, R; A Quiroga; F Arenas; C Antonini & M Saks. 2007. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. En: Quiroga, A & A Bono (eds). Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Pp. 51-59. INTA. EEA Anguil, Argentina.
- Fernández R, Funaro D. y A. Quiroga. 2005. Influencia de cultivos de cobertura en el aporte de residuos, balance de agua y contenido de nitratos. Boletín de divulgación técnica N° 87. Aspectos del manejo de los suelos en sistemas mixtos de las regiones semiárida y subhúmeda Pampeana.
- Fisk J, Hesterman O, Shrestha A, Kells J, Harwood R, Squire J. y C. Sheaffe. 2001. Weed Suppression by Annual Legume Cover Crops in No-Tillage Corn Agronomy Journal 93:319-325.
- Goldberg, S & Cirera, I. 1995. Caracterización climática y agroclimática de la cuenca del Río Luján. Actas Jornada sobre la cuenca del Río Luján. Pp 13-19.
- Liebman M. y A. Davis. 2000. Integration of soil, crop, and weed management in low- external- input farming systems. Weed Res. 40:27-47.
- Nyakatawa E, Reddya K. y K.Sistanib. 2001. Tillage, cover cropping, and poultry litter effects on selected soil chemical properties. Soil. Till. Res. 58:69-79.
- REM-Aapresid, 2018. Red de manejo de plagas -Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. Fecha de acceso: 14/08/2019 <http://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2018/03/Analisis-encuesta-sobre-CC-web.pdf>
- Ruti MS, Costa MC, Bonvecchi VE, Bulos L e Irigoien J. 2016. "Momentos de secado y fertilización en cultivo de cobertura: efecto sobre disponibilidad de agua edáfica". XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Río Cuarto, Córdoba. Del 27 de junio al 1 de julio.
- Strock J, Porter P. y M. Russelle. 2004. Cover cropping to reduce nitrate loss through subsurface drainage in the northern U.S. Corn Belt. J. Environ. Qual. 33: 1010-1016.

