

EVALUACIÓN DE CULTIVOS DE SERVICIO INVERNALES PARA EL SUDOESTE BONAERENSE

Duval, M.E.^{1,2,*}, M. De Lucia¹, E. Rodríguez¹, M. Bouza¹, L. Rodríguez¹

¹ Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, ² Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS); * San Andrés 800, (8000) Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires, mduval@criba.edu.ar

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la factibilidad de incluir cultivos de servicio (CS) en sistemas agropecuarios del sudoeste bonaerense, durante cuatro años (2019 a 2022) se evaluaron distintas especies como CS sobre un haplustol éntico. Las especies utilizadas fueron: centeno (C), avena (A), vicia (V), sus consociaciones (C+V y A+V) y un testigo (barbecho) sobre el cual no se hizo CS. Se evaluó producción de materia seca (MS), uso consuntivo (UC), eficiencia de uso del agua (EUA) y costo hídrico (CH). El promedio general de MS fue de 3683 kg ha⁻¹, destacándose centeno puro y consociado, los cuales superaron los 4400 kg ha⁻¹. El UC promedio para los CS fue de 196 mm y en el testigo de 152 mm. La EUA promedio fue de 21 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹, destacándose C con 27 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹, con valores entre 10 y 50 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹ dependiendo del año. El resto de las gramíneas puras o consociadas tuvo una EUA entre 20 y 25 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹, mientras que V presentó una EUA promedio de 10 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹, siendo significativamente inferior al resto de los CS para la mayoría de los años. El CH promedio fue de 42 mm, con un máximo de 71 mm y un mínimo de 13 mm. Los mayores CH ocurrieron en el año con mayor producción de MS (2020). Teniendo en cuenta la información generada en este trabajo, en años con precipitaciones inferiores a la media histórica, la inclusión de CS en el sudoeste bonaerense es una práctica que permitiría intensificar los planteos productivos incrementando los aportes de carbono y cobertura al suelo sin un CH que ponga en riesgo el cultivo posterior. Además, en el mismo periodo que los CS, el barbecho tradicional presentó una eficiencia del 6 al 42%, poniendo de manifiesto la ineficiencia de dicha práctica para retener agua durante el invierno.

PALABRAS CLAVE: centeno, vicia, dinámica hídrica.

INTRODUCCION

Los actuales sistemas agrícolas de la región pampeana presentan una escasa reposición del carbono y nutrientes al suelo (Sainz Rozas *et al.*, 2019) ya que, a partir de la década del 90, se intensificó el uso agrícola de los suelos aumentando tanto en superficie como en productividad a causa de un mayor uso de tecnologías (Satorre, 2003). El sudoeste bonaerense (SOB) semiárido no escapó a estos cambios y, por su vulnerabilidad ecosistémica, presenta un desafío importante a la hora de mantener la sustentabilidad de dichos sistemas (De Leo *et al.*, 2020). En el SOB, los cereales de invierno (trigo y cebada) predominan en las secuencias agrícolas y, en los últimos años, ha aumentado la participación del maíz baja densidad con el objetivo de diversificar la producción, cortar el ciclo de algunas malezas problemáticas y mejorar la rentabilidad de la empresa agropecuaria. Estos sistemas se caracterizan por largos períodos de barbecho otoño-invernal, generando una subutilización de recursos agua, luz y nutrientes. A su vez, durante el período de barbecho se producen las mayores pérdidas de agua por evaporación, siendo una práctica poco eficiente para conservar



el agua en regiones semiáridas. En este escenario, la inclusión de cultivos de servicio (CS) durante parte del período de barbecho sería una alternativa agronómica viable que colaboraría a mejorar la economía del agua y aumentar los aportes de carbono.

Los CS, cuyo objetivo es mejorar aspectos del suelo o los cultivos que se realizan en la rotación con fines productivos (Lu *et al.*, 2000; Duval *et al.*, 2015), también pueden reducir la cantidad de agua almacenada en el perfil del suelo respecto al barbecho pudiendo afectar negativamente los rendimientos del cultivo de cosecha (Unger & Vigil, 1998). Esa disminución del contenido de agua del suelo se conoce como costo hídrico (CH), el cual se encuentra entre 30 a 40 mm y 40 a 80 mm para leguminosas y gramíneas respectivamente (Baigorria & Cazorla, 2010). La decisión de finalizar los CS debe adaptarse a dos premisas fundamentales (Ruffo, 2003); (i) lograr una acumulación de biomasa que garantice cobertura y aporte de carbono y, (ii) ajustarse a las precipitaciones de la región con la finalidad de garantizar la recarga del perfil. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la factibilidad de incluir cultivos de servicio (CS) a través del análisis durante cuatro años (2019 a 2022) la dinámica del agua en el suelo y la producción de materia seca de los CS.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en un lote del Campo Experimental Napostá (convenio UNS y MDA-PBA) (38° 26' 30" LS; 62° 15' 59" LW). El suelo clasifica como Haplustol éntico, franco grueso, mixto, térmico (Soil Survey Staff, 2010), con una secuencia de horizontes Ap-A2-AC-C-Ck₁-2Ck₂-3Ck₃. Las lluvias le otorgan a la región un carácter subhúmedo o de transición, con un valor medio anual de precipitaciones de 562 mm (Figura 1). Sobre un diseño en bloques completos aleatorizados con 4 repeticiones se evaluaron diferentes especies utilizadas como CS: centeno (C), avena (A), vicia (V), sus consociaciones (C+V y A+V) y un barbecho (B) testigo sobre el cual no se realizaron CS.

Manejo de los cultivos

Entre marzo y abril de cada año se sembraron los CS bajo el sistema de siembra directa. La supresión del crecimiento de los CS se realizó entre los meses de agosto y octubre, aproximadamente a los 155 días desde su siembra, en estadios reproductivos. El criterio que se tuvo en cuenta para definir el momento de supresión fue que los cultivos de gramíneas llegaran a floración, a fin de lograr una elevada producción de materia seca total (MS). Información adicional sobre fechas y manejo, se detallan en la Tabla 1.

Muestreo de los cultivos de cobertura

La producción MS de las distintas especies de CS se determinó al momento de secado de los mismos, tomando una muestra de 0,25 m² por parcela, mediante cortes al ras del suelo. Las muestras fueron secadas a 40°C de temperatura para la determinación del peso seco.

Monitoreo del contenido hídrico del suelo

Al inicio del ensayo (2019), se determinaron las constantes hídricas: capacidad de campo mediante olla de presión a 33 kPa (Klute, 1986) y el punto de marchitez permanente mediante membrana de presión a 1500 kPa (Richards, 1947). El agua útil (AU) del suelo se calculó como la diferencia entre el contenido de agua a capacidad de campo y punto de marchitez permanente. La densidad aparente se determinó mediante muestras sin disturbar por el método del cilindro (Blake & Hartge, 1986). Se determinó el contenido de humedad del suelo por método gravimétrico en hasta los 100 cm de profundidad a la siembra y secado de los CS. Las muestras extraídas se pesaron en húmedo y se secaron en estufa a 105 °C hasta peso constante.

Se registraron las precipitaciones diarias para evaluar el balance hídrico. Los datos de precipitación diaria se obtuvieron de la estación meteorológica automática davis vantage pro2, ubicada a 1,2 km dentro del campo experimental. Mediante los valores de humedad y las precipitaciones se estimó el uso consuntivo (UC). Se calculó la eficiencia en el uso del agua, el consumo de agua (costo hídrico) y eficiencia de barbecho.

Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó regresiones lineales simples y Análisis de la Varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los tratamientos en cada variable y se utilizó el método LSD Fisher para la separación de medias. Todos los análisis estadísticos se elaboraron a partir del software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2016).

Tabla 1. Densidad de siembra, fechas de siembra y secado, y precipitaciones durante el ciclo de los cultivos de servicio.

Año	Tratamientos	Densidad de siembra (kg ha ⁻¹)	Fecha		Ciclo (días)	PP (mm)	Barbecho (mm)*
			Siembra	Supresión			
2019	Centeno (C)	60	29/4/2019	4/10/2019	158	130	106
	Avena (A)	62					
	Vicia (V)	20					
	C + V	50 + 12					
	A + V	48 + 12					
2020	C	40	20/4/2020	23/9/2020	156	160	85
	A	60					
	V	14					
	C + V	30 + 10					
	A + V	50 + 10					
2021	C	40	31/3/2021	23/9/2021	176	202	104
	A	60					
	V	18					
	C + V	17 + 8					
	A + V	27 + 8					
2022	C	39	16/3/2022	18/8/2022	155	360	--
	A	58					
	V	23					
	C + V	15 + 15					
	A + V	15 + 15					

*Periodo de tiempo transcurrido entre la supresión de los CS y la siembra del cultivo de verano.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se muestra la distribución de las precipitaciones mensuales para los 4 años de ensayo, las cuales, en general fueron inferiores al promedio histórico con un déficit hídrico para los meses de enero, febrero y agosto generando condiciones adversas para el establecimiento y crecimiento de los CS. Las precipitaciones durante el ciclo de los CS fueron entre 130 a 360 mm, mientras que las precipitaciones registradas entre el secado de los CS y la siembra del cultivo de verano fue entre 85 y 106 mm (Tabla1).

La variabilidad en la cantidad y distribución de las precipitaciones generó que la producción de MS presente un comportamiento diferente en cada CS debido a la interacción significativa Año x Tratamiento (Tabla 2). En los 4 años de estudio el centeno puro o consociado fue el tratamiento con mayor producción de MS superando en promedio los 4400 kg ha⁻¹, siendo un 22% superior al de avena pura o consociada, mientras que V fue el CS de menor producción de MS (1624 kg ha⁻¹). Estos resultados indicarían que, para años con precipitaciones inferiores a la media histórica, el C sería la especie con mejor comportamiento.

El uso consuntivo (UC) presentó efectos significativos tanto de los tratamientos ($p < 0,001$) como de los años ($p < 0,001$) e interacción no significativa ($p > 0,05$) (Tabla 2). El barbecho fue el de menor UC con 152 mm diferenciándose significativamente de los CS. A su vez, las gramíneas puras o consociadas presentaron consumos similares de agua (200 mm) diferenciándose significativamente de V (182 mm). Las variaciones en el consumo de agua en el barbecho tradicional (UC= 94-274 mm) se asociaron a las precipitaciones durante dicho período ($R^2 = 0,89$, $p < 0,05$) poniendo de manifiesto la ineficiencia de dicha práctica para retener agua durante el invierno. Dicha ineficiencia también se reflejó en la eficiencia hídrica

de barbecho con valores entre 6 y 42%. Estos resultados coinciden con los de otros autores que remarcan la ineficiencia del barbecho para almacenar el agua de las precipitaciones (Quiroga *et al.*, 2003; Fernández *et al.*, 2007).

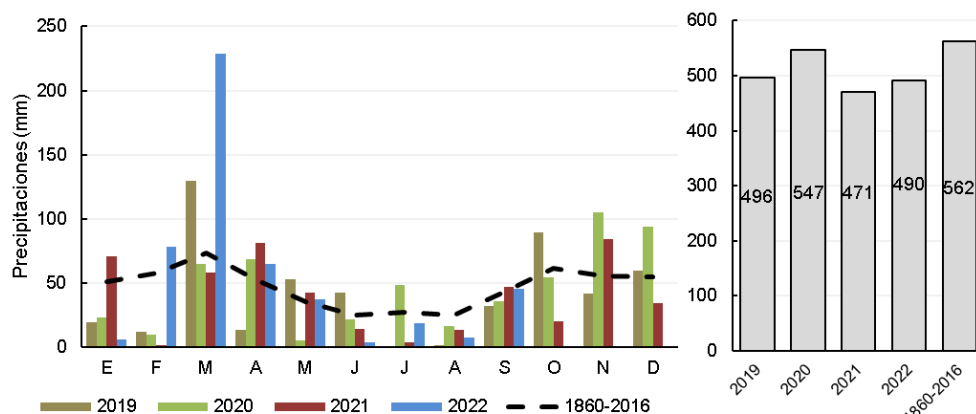


Figura 1. Precipitaciones mensuales registradas durante período 2019-2022* e históricas de la región. *contabiliza las precipitaciones hasta septiembre.

En función de los cambios en la MS y UC, la EUA en los CS varió según el año (Tabla 2). En promedio, los tratamientos con gramíneas presentaron EUA superiores a $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, mientras que la leguminosa fue solamente de $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Las EUA obtenidas en este trabajo fueron similares a la informadas por otros autores bajo condiciones edafoclimáticas similares (Prieto Angueira *et al.*, 2018), mientras que fueron inferiores a la publicadas en otra zona del país con mayor disponibilidad hídrica (Restovich *et al.*, 2012). Frasier *et al.* (2009) evaluando centeno hasta encañazón sobre un haplustol éntico obtuvieron valores de EUA de $35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. La variación interanual en los valores de EUA (9 a $39 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), estuvo asociada principalmente a la cantidad y distribución de las precipitaciones, encontrándose una relación estrecha con las precipitaciones acumuladas en los meses de junio, julio y agosto ($R^2= 0,97$, $p<0,01$), es decir las precipitaciones hacia fines de ciclo de los CS. Diferencias en las precipitaciones entre años pueden modificar el comportamiento de un mismo cultivo afectando la EUA (Huang *et al.*, 2003).

El CH de la inclusión de CS presentó efectos significativos tanto de los tratamientos ($p < 0,001$) como de los años ($p < 0,001$) e interacción no significativa ($p > 0,05$) (Tabla 2). El CH promedio fue de 42 mm, con un máximo de 71 mm y un mínimo de 13 mm con respecto del barbecho largo. Dicha variabilidad en el CH estuvo asociada principalmente a la MS producida por los CS ($R^2= 0,58$, $p < 0,001$). A su vez, se observaron diferencias significativas entre CS, donde las gramíneas puras o consociadas presentaron en promedio más de 40 mm de CH, mientras que V fue de 29 mm (Tabla 2). Estos resultados coinciden con los reportados en ambientes semiáridos que demuestran que el contenido de agua disminuye entre 30 y 100 mm al realizar un CC (Quiroga *et al.*, 2007; Fernández *et al.*, 2012). Conocer el efecto de los CC sobre la dinámica del agua en el suelo es una herramienta fundamental para el manejo de los CC en regiones semiáridas. En este caso la fecha de secado de los CC es una herramienta clave para su inclusión en regiones con déficit hídrico. En tal sentido, Fernández *et al.* (2012) evaluando al centeno como CC, obtuvieron mayor agua útil en aquellos tratamientos con fechas de secado julio/agosto comparadas con el barbecho tradicional. Para el presente estudio, considerando la distribución histórica de las precipitaciones (Figura 1), secando el CS antes de septiembre y sembrando el CV a partir de noviembre, sería viable poder realizar un CS sin un costo hídrico restrictivo para el cultivo de verano. Kriger, (2021) trabajando sobre el mismo ensayo, estimó una probabilidad de recarga del perfil de suelo superior al 60% con supresión de los CS en septiembre.

Tabla 2. Uso consuntivo (UC), materia seca (MS), eficiencia de uso del agua (EUA) y costo hídrico (CH) de los cultivos de servicio durante los 4 años de evaluación.

Año	Tratamiento	UC	MS	EUA	CH
		mm	kg ha ⁻¹	kg MS ha ⁻¹ mm ⁻¹	mm
2019		145 c	2980	21	28 c
2020		153 b	5528	39	65 a
2021		152 bc	1809	14	39 b
2022		303 a	2410	9	36 bc
	B	152 c	--	--	--
	V	182 b	1624	10	29 b
	C	200 a	4748	27	46 a
	C+V	197 a	4464	25	40 a
	A	201 a	3937	22	49 a
	A+V	200 a	3641	20	47 a
2019	B	122	1588 cd	13 d	--
	V	133	1434 d	11 d	13 b
	C	158	4732 a	30 a	37 a
	C+V	150	4100 ab	27 ab	28 a
	A	153	3184 b	21 bc	32 a
	A+V	155	2841 bc	18 cd	33 a
2020	B	94	1113 b	12 b	--
	V	153	1839 b	12 b	55 a
	C	166	8109 a	50 a	68 a
	C+V	170	7377 a	44 a	64 a
	A	169	7519 a	45 a	71 a
	A+V	169	7212 a	43 a	69 a
2021	B	118	--	--	--
	V	150	1391 b	9 b	30 b
	C	162	2962 a	19 a	42 ab
	C+V	159	2762 a	18 a	33 b
	A	165	2065 ab	12 ab	48 a
	A+V	163	1677 b	11 b	44 ab
2022	B	274	--	--	--
	V	291	1833 b	7 b	18 b
	C	312	3191 ab	10 ab	39 a
	C+V	309	3619 a	12 a	36 ab
	A	318	2983 ab	9 ab	45 a
	A+V	315	2833 ab	9 ab	41 a
	Tratamiento	***	***	***	**
	Año	***	***	***	***
	Año x Tratamiento	ns	***	***	ns

Para cada variable, letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos o años (LSD de Fisher, $p < 0,05$).

CONCLUSIONES

El barbecho largo (>6 meses) es una práctica ineficiente para el almacenamiento de agua en suelos del sudoeste bonaerense, perdiéndose más del 60% de las precipitaciones que ocurren en dicho período. La inclusión de CS en el sistema permitió disminuir las pérdidas de agua producidas durante los barbechos largos tradicionales.

Las gramíneas puras o consociadas provocan un mayor consumo de agua que la leguminosa (vicia), siendo el consumo directamente proporcional a la materia seca producida. A su vez, el centeno acumuló el nivel más alto de biomasa junto con una mayor EUA.

A partir de los resultados recopilados durante cuatro años, los CS serían una alternativa eficiente en las regiones semiáridas, para la generación de biomasa, y por ende el aporte de carbono al suelo, donde su CH no afectaría al cultivo siguiente siempre y cuando se maneje correctamente la fecha de secado de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

- Baigorria, T & C Cazorla. 2010. Eficiencia del uso del agua por especies utilizadas como cultivos de cobertura. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, 31 de mayo al 4 de junio del 2010.
- De Leo, G; C Torres Carbonell; A Lauric; F Ross; J Massigoge; M Vigna; J Irastorza & M Dumrauf. 2020. Evaluación de cultivos de servicio en maíces de baja densidad en el sudoeste bonaerense semiárido. INTA – Centro Regional Buenos Aires Sur. 15 pp.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Duval, ME; JE Capurro; JA Galantini & JM Andriani. 2015. Utilización de cultivos de cobertura en monocultivos de soja: Efectos sobre el balance hídrico y orgánico. Ci. Suelo 33(2) 247-261.
- Fernández, R; A Quiroga; F Arena; 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. Quiroga, A. & A Bono (Eds). Manual de fertilidad y evaluación de suelos. EEA INTA ANGUIL. Publicación técnica 71: 51-59.
- Fernández R, A Quiroga & E Noellemeyer. 2012. Cover crops: ¿A viable alternative for the semiarid Pampa region? Ci. Suelo 30: 137-150.
- Huang, M; M Shao; L Zhang & Y Li. 2003. Water use efficiency and sustainability of different long-term crop rotation systems in the Loess Plateau of China. Soil Till. Res. 72: 95-104.
- Kruger, A. 2021. Prácticas de manejo que condicionan la eficiencia hídrica del barbecho en el sudoeste bonaerense. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. 33 pp.
- Lu, YC; KB Watkins; JR Teasdale & AA Abdul-Baki. 2000. Cover crop in sustainable food production. Food Rev. Int. 16: 121-157.
- Prieto Angueira, S; MC Berton & J Ventura. 2018. Cultivos de cobertura en Santiago del Estero: I. biomasa, evapotranspiración y eficiencia de uso del agua. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Tucumán, 15 al 18 de mayo del 2018. ISBN 978-987-46870-0-5.
- Quiroga, A; D Funaro & O Ormeño. 2003. Aspectos del manejo del agua del suelo para el cultivo de trigo. En: Trigo actualización 2003, INTA Anguil, Bol. Tec. 76:33-44.
- Quiroga A, P Carfagno, MJ Eiza & R Michelena. 2007. Inclusión de cultivos de cobertura bajo agricultura de secano en la Región Semiárida Pampeana. Jornadas de Cultivos de Cobertura. 28 y 29 de septiembre de 2007, General Villegas y General Pico.
- Restovich, SB; A. Andriulo & SI Portela. 2012. Introduction of cover crops in a maize-soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. Field Crops Res. 128: 62-70.
- Ruffo, ML. 2003. Factibilidad de inclusión de cultivos de cobertura en Argentina. XI Congreso de AAPRESID: 171-176.
- Sainz Rozas, HR; M Eyherabide; GE Larrea; N Martínez Cuesta; HP Angelini; NI Reussi Calvo & N Wyngaard. 2019. Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. Simposio de fertilidad. Fertilizar AC. 141-158.
- Satorre, E. 2003. Las posibilidades ambientales y tecnológicas de la pradera pampeana para la producción de granos. En: Bolsa de Cereales de Buenos Aires (Ed.). Las Ciento y Una “Hacia los 100 millones de toneladas de granos y la exportación de 1 millón de toneladas de carne”. 37-38.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. USDA-Natural Resources 22 Conservation Service, Washington, DC.
- Unger, PW & MF Vigil. 1998. Cover crop effects on soil water relationships. J. Soil Water Conserv. 53: 224-229.