

Consideraciones sobre la dinámica del agua edáfica en la evaluación de tres variantes de cultivo de cobertura introducidas en un sistema agrícola y su comparación con un barbecho desnudo en el Partido de Ramallo (Bs. As.) – Primer año

Pablo Richmond

En el año 2023, la AER INTA San Nicolás inició un ensayo de largo plazo en campo de productor con el objetivo de comparar los efectos acumulados sobre el suelo y la producción del uso de tres alternativas de Cultivos de cobertura en la secuencia Maíz-Soja respecto a la misma rotación utilizando el sistema de producción actual del productor.

Se busca el aporte de C mediante la incorporación de una gramínea, en este caso Avena y aprovechar el potencial de fijación biológica de N a través de *Vicia villosa*. La siembra de ambas especies en diferentes años o consociadas en el mismo permite combinar el aporte de material vegetal y la acción física de dos tipos de raíces diferentes. La incorporación de un Nabo forrajero (*Raphanus* sp) pretende evaluar la capacidad de incidir sobre la compactación del suelo y propiciar la mejora de la infiltración mediante la acción de una poderosa raíz pivotante propia de la especie. Este trabajo presenta los resultados de las observaciones realizadas sobre la dinámica del agua en el suelo a lo largo del primer año de incorporación de Cultivos de cobertura.



Introducción

Una parte importante de los suelos en producción agropecuaria de la zona pampeana han registrado procesos de deterioro ligados a la intensificación de la producción. El abandono progresivo de la rotación entre cultivos agrícolas y pasturas, la disminución de la frecuencia de cultivos que aportan cantidades importantes de carbono (C) al suelo, la baja restitución de los nutrientes exportados desde los lotes y el sistema de arrendamiento predominante figuran entre las principales razones de este deterioro. Esto impactó, entre otros recursos, a nivel del suelo. Se observa una disminución del contenido de C, de fósforo (P) y otros nutrientes, del pH, de la estabilidad de agregados, de la porosidad, así como un incremento de la compactación y la susceptibilidad a la erosión (Sainz Rosas, 2019; Viglizzo, 2010, Andrade, 2020).

En los partidos de San Nicolás y Ramallo, al NE de la pcia. de Buenos Aires predominan suelos clasificados como Argiudoles vérticos. Se caracterizan por contar con un horizonte A de textura franco arcillo limosa que se extiende hasta los 27-30 cm de profundidad en promedio (en las fases no erosionadas). A mayores profundidades los horizontes B cuentan con una textura arcillosa. (González *et al.*, 2013). En situaciones de sequía, con escasa reserva de humedad en el perfil, se dificulta la exploración de las raíces en estos horizontes subsuperficiales, lo que determina que su avance en profundidad se vea limitado a las grietas generadas por la contracción de las arcillas. Estas características hacen que la capacidad productiva de este tipo de suelo esté muy ligada a la condición del horizonte A. En este sentido, es importante la calidad y fertilidad de este espesor de suelo, siendo particularmente importante fomentar el contenido de materia orgánica, la cual es clave para el funcionamiento edáfico (Viglizzo, 2010).

En este contexto, el uso de cultivos de cobertura (CC) constituyen una alternativa para mantener o al menos atenuar la pérdida de C de los suelos (Frasier, 2015) y restaurar funciones edáficas perdidas. El objetivo de incluir CC en los sistemas agrícolas, no es la búsqueda de una renta inmediata sino el aporte a la protección del suelo y del sistema productivo en su totalidad, en el corto y mediano plazo. Los CC se siembran durante el barbecho, entre dos cultivos de cosecha, pudiendo estar compuestos por una o varias especies consociadas. De esta manera se mantiene el suelo cubierto, protegido y con raíces vivas la mayor parte del año. En un momento determinado, se interrumpe el ciclo del CC mediante medios mecánicos o químicos. Esos restos vegetales permanecen en la superficie, descomponiéndose e incorporándose gradualmente al suelo, mientras el lote continúa en producción mediante la siembra de los cultivos propios de la rotación. De esta manera se aprovechan recursos, como las precipitaciones y la radiación solar durante la mayor parte del año para fijar C y ciclar nutrientes, los cuales son incorporados al suelo como restos vegetales, aéreos y subterráneos, que se transforman en materia orgánica. Además, la incorporación de CC a planteos agrícolas produce otros beneficios: mejora la estabilidad de la estructura del suelo, aumenta la generación de macroporos, protege el suelo contra la erosión, mejora de la distribución del agua en el perfil, controla y modula la dinámica de malezas, disminuye las pérdidas de nitrógeno, aporta nitrógeno por fijación biológica en el caso de las leguminosas, modula las pérdidas de agua por drenaje, reduce el ascenso de sales a la superficie y favorece el anclaje de los residuos de cosecha (Kruger *et al.*, 2013).

Filiación de autoría:

Pablo Richmond

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria San Pedro; Agencia de Extensión Rural San Nicolás; Argentina

Cada especie de las utilizadas como CC se asocia a diferentes servicios ecosistémicos. Las leguminosas fijan N biológicamente a través de la simbiosis con bacterias posibilitando la reducción de la aplicación de N a través de fertilizantes inorgánicos. Las gramíneas generalmente producen una abundante biomasa de lenta descomposición debido a su relativamente alta relación C/N, proveyendo protección contra la erosión y aportando a la regulación de la temperatura y la humedad del suelo. Las gramíneas también disponen de raíces en cabellera, fibrosas, que actuando como una malla mejoran la estructura del suelo. Por otra parte, las crucíferas producen raíces pivotantes que penetran profundamente en el suelo reduciendo la compactación (Restovich *et al.*, 2022).

Para diferentes zonas y lotes, en virtud de sus características o sistema de manejo utilizado, puede cobrar distinta relevancia la incorporación de algunos de los beneficios enunciados por parte de los CC. Así, las características y manejo del CC a sembrar deben planificarse de acuerdo a los objetivos buscados. Deben tenerse en cuenta las perspectivas de precipitaciones de acuerdo a la situación del año en relación al fenómeno El Niño (ENOS) y los pronósticos meteorológicos para cada campaña. En relación a esto, uno de los factores críticos a manejar es el consumo de agua por parte del CC que puede condicionar la disponibilidad de humedad para el cultivo de renta posterior, particularmente cuando la recarga del perfil a partir de las precipitaciones durante primavera-verano está por debajo de lo normal (Restovich *et al.*, 2022). Para implementar esta alternativa beneficiosa para el sistema de producción y no comprometer la producción del cultivo de renta se deben generar datos para cada zona de producción y tipo de suelo que ayuden a la toma de decisiones. Esto es particularmente relevante en el contexto de cambio climático, con mayor variabilidad en los patrones de las precipitaciones y con mayor frecuencia de eventos extremos de precipitaciones y sequías (Re y Barros, 2009).

Se deberá tener en cuenta la fecha de interrupción del ciclo del CC de manera de propiciar la recarga del perfil con las precipitaciones primaverales previo a la siembra del cultivo de verano. Esta fecha también determinará la sincronización de la liberación de nutrientes contenidos en los tejidos del CC con el momento que los mismos deben estar disponibles para el cultivo de renta subsiguiente.

Por otra parte, los cambios reportados por los ensayos de CC con especies únicas animan a explorar la utilización de mezclas, buscando combinaciones de beneficios y sinergias potenciales para aumentar la resiliencia y la provisión de servicios ecosistémicos. (Restovich *et al.*, 2019).

En el año 2023, la AER INTA San Nicolás inició un ensayo de largo plazo en campo de productor con el objetivo de comparar los efectos acumulados sobre el suelo y la producción del uso de tres alternativas de CC en la secuencia Maíz-Soja respecto a la misma rotación utilizando el sistema de producción actual del productor.

Se busca el aporte de C mediante la incorporación de una gramínea, en este caso Avena y aprovechar el potencial de fijación biológica de N a través de *Vicia villosa*. La siembra de ambas especies en diferentes años o consociadas en el mismo permite combinar el aporte de material vegetal y la acción física de dos tipos de raíces diferentes. La incorporación de un Nabo forrajero (*Raphanus* sp) pretende evaluar la capacidad de incidir sobre la compactación del suelo y propiciar la mejora de la infiltración mediante la acción de una poderosa raíz pivotante propia de la especie. Este trabajo presenta los resultados de las observaciones realizadas sobre la dinámica del agua en el suelo a lo largo del primer año de incorporación de CC.

Materiales y métodos

En el año 2023, se instaló el ensayo de largo plazo en un lote propiedad de la familia Terzi, ubicado en cercanías de la RN 9, km 212, partido de Ramallo (Bs As). El suelo se ha clasificado como un Argiudol vértico de la serie Ramallo, característico de los suelos agrícolas de la zona. El mismo ha sido sometido durante años a un laboreo intenso con amplio predominio del monocultivo de soja.

El clima de la zona es templado con una precipitación y temperatura media anual de 1060,4 mm y 17,1 °C, respectivamente (Lazari, 2024, Morello, 2012). La medición de las precipitaciones se realiza en el establecimiento agrícola. La serie histórica tomada como referencia corresponde a los registros de precipitaciones del período 1965-2022 de la estación meteorológica de la EEA INTA San Pedro, ubicada a una distancia de 41 km del lote.

El ensayo tiene un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones por tratamiento. Las dimensiones de las parcelas son 4,60 m. de ancho por 18 m. de largo. Los tratamientos evaluados en una rotación soja-maíz continua son los siguientes:

- T1- Avena antes de Soja – *Vicia villosa* antes de Maíz
- T2- Avena + *Vicia villosa* (todos los años)
- T3- Avena + *Vicia villosa* + *Raphanus* sp. (todos los años)
- T4- Testigo (Sin CC)



Vista del ensayo al 20/09/23

El suelo tiene un valor de Materia Orgánica (M.O.) de 1,98 % (equivalente a 1,15 % de C) y la estabilidad estructural se califica como moderada. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de suelos de la EEA INTA San Pedro.

En este año el T1 se sembró con *Vicia* como antecesor de Maíz.

La semilla de Avena sativa es de producción propia del productor mientras que la de *Vicia villosa* y *Raphanus* sp (Radix 300) fueron proporcionadas por la empresa Gentos (Pergamino).

La semilla de *Vicia* se sembró inoculada con *Rhizobium* sp., *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens* provistos por la empresa Barembrug (Pergamino).

El lote tuvo como cultivo antecesor una soja de primera extremadamente afectada por la sequía de la campaña 2022/23.

Los CC se sembraron el día 17/05/23, en directa con una sembradora Tanzi de 24 surcos con una distancia entre hileras de 19 cm. La semilla de *Raphanus* se sembró utilizando el cajón alfalfero. Las densidades de siembra se expresan en la Tabla 1.

Tabla 1. Densidades de siembra de los cultivos de cobertura (kg ha⁻¹)

Trat.	Mezcla	Avena	Vicia	<i>Raphanus</i>
1	Vicia	-	20	-
2	Av+Vicia	40	15	-
3	Av+Vic+Nabo	30	12	3

Los CC no fueron fertilizados químicamente. Se secaron con Glifosato + 2,4D el día 19/10/23.

El contenido de humedad del suelo se midió hasta una profundidad de 100 cm en tres momentos: a la siembra y al secado de los CC y a la fecha prevista de siembra del Maíz. A tal efecto se tomaron muestras con barreno cada 20 cm para cada tratamiento, las que fueron secadas en estufa a 80°C hasta peso constante para determinar la humedad gravimétrica (HG). Se calculó la humedad volumétrica (HV) y la lámina de agua total y lámina de agua útil (AU) almacenada en el perfil hasta los 100 cm de profundidad para cada tratamiento y momento de medición. Además, se calculó el uso consuntivo (UC), o sea el consumo de agua de los CC, la eficiencia de uso del agua (EUA), el costo hídrico (CH) de la incorporación de CC al sistema de producción y la eficiencia de barbecho (EB) de cada tratamiento entre el secado y la evaluación final en la fecha prevista de siembra de maíz.

Las constantes hídricas (CCa y PMP) utilizadas son las determinadas para la serie Ramallo.

Se definen a continuación algunos términos hídricos relevantes:

- HG: contenido de humedad en relación a la masa.
- HV: contenido de humedad en relación al volumen.
- Lámina: lámina de agua contenida en un determinado espesor de suelo.
- Capacidad de campo (CCa): contenido de agua que un suelo puede retener luego de haber sido plenamente humedecido y cuando la variación del almacenaje se vuelve prácticamente nula.
- Punto de marchitez permanente (PMP): Contenido de agua en el suelo a partir del cual las plantas dejan de extraer agua y manifiestan síntomas de marchitez total como resultado del estrés hídrico.

Se realizaron los siguientes cálculos:

AU: Lámina actual - Lámina PMP

UC: AU inicial + Precipitaciones - AU final

EUA: MS aérea/UC

EB: (AU final barbecho-AU inicial barbecho)/100/Precipitaciones

CH: AU testigo (T4)- AU CC

La Materia Seca aérea producida (MS) se determinó al momento de interrupción del ciclo del CC, utilizando una superficie de 0,25 m² en lugares representativos de las parcelas y, previa separación del material correspondiente a cada especie, secado en estufa a 60 °C.

El análisis ANOVA se realizó mediante el test LSD Fisher (p≤0.05) utilizando el programa Statistix 8.

Resultados y discusión

Precipitaciones de la zona de estudio

La campaña previa a la instalación del ensayo (2022-2023) transcurrió bajo condiciones extremadamente secas, en el marco de un tercer año consecutivo "Niña" en lo que respecta al fenómeno ENOS, con un total de 650 mm de precipitación en 2022. Durante los primeros meses de 2023 se fue dando una transición a año neutro y posterior Niño. De la comparación de las lluvias registradas en el sitio del ensayo con respecto al registro histórico disponible, se observa que previo a la siembra de los CC se verificaba un fuerte déficit de precipitación (Figura 1).

El período de crecimiento del CC, entre el 17 de mayo y el 19 de octubre, transcurrió con fuerte déficit en los meses de junio, agosto y septiembre. La suma de agua caída fue de 216,5 mm, 63 mm (o 23 %) menor a la media histórica para ese lapso. Esta restricción hídrica previo y durante el ciclo del CC podría a priori inducir a pensar que la inclusión de CC atendería contra la disponibilidad hídrica para el cultivo posterior de Maíz.

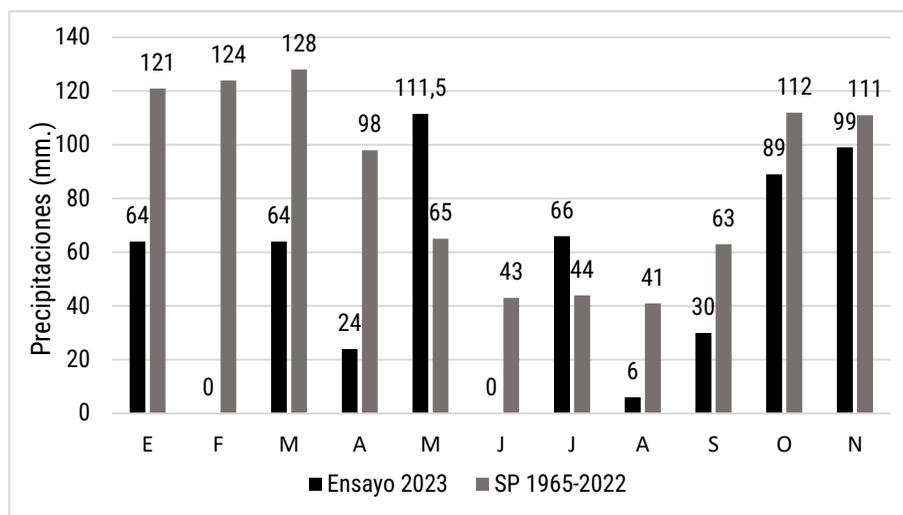
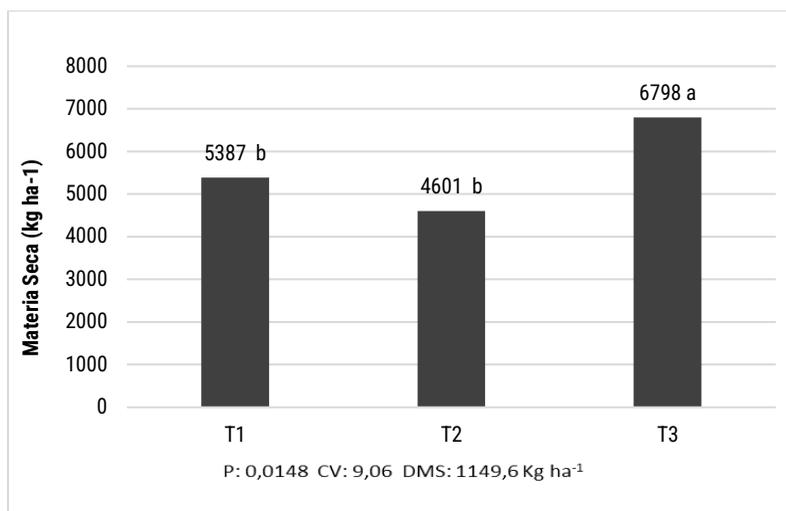


Figura 1. Precipitaciones mensuales año 2023 y media histórica

Producción de materia seca aérea de los CC

La producción de materia seca (MS) de los CC varió entre 4601 kg ha⁻¹ para la mezcla de Avena + Vicia (dominada por Avena) (T2) y de 6798 kg ha⁻¹ para la mezcla de Avena + Vicia + *Raphanus* (dominado por esta última especie) (T3) (Figura 2). El T3 se diferenció significativamente de T1 y T2 que no se diferenciaron estadísticamente entre sí.



*T1: Vicia - T2: Avena + Vicia - T3: Avena + Vicia + *Raphanus* | *Letras distintas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

Figura 2. Producción de materia seca aérea de los CC

La Tabla 2 muestra la participación porcentual de cada especie respecto al total de la MS cosechada por cada tratamiento. Durante este primer año de evaluación, se observaron problemas de dominancia de unas especies sobre otras. En T2 dominó la Avena, que posteriormente sufrió un fuerte ataque de roya, disminuyendo el total de MS cosechada al momento de interrupción del ciclo, y en T3 predominó el *Raphanus*. Seguramente estos efectos indeseados se debieron a un inadecuado ajuste de la proporción de semilla de cada especie en las mezclas, sumado al efecto de la cantidad y oportunidad de las precipitaciones registradas durante el desarrollo de los CC. En la siguiente campaña debería aumentarse la densidad de Vicia en T2 y T3 y disminuir la de *Raphanus* en T3.

Tabla 2. Participación por especie en la mezcla de los tratamientos (% MS)

Tratamiento	Especie	Porcentaje
1	<i>Vicia villosa</i>	100
2	<i>Avena sativa</i>	92,7
	<i>Vicia villosa</i>	7,3
3	<i>Avena sativa</i>	7,8
	<i>Vicia villosa</i>	3,4
	<i>Raphanus sp</i>	88,8

Dinámica y eficiencia del uso del agua

La Figura 3 muestra el contenido de humedad del lote hasta 100 cm de profundidad en el momento de la siembra de los CC, uniforme para todos los tratamientos, y para cada uno de ellos al momento del secado, en relación a las constantes hídricas Capacidad de campo (CCa) y Punto de marchitez permanente (PMP) determinadas para la serie Ramallo.

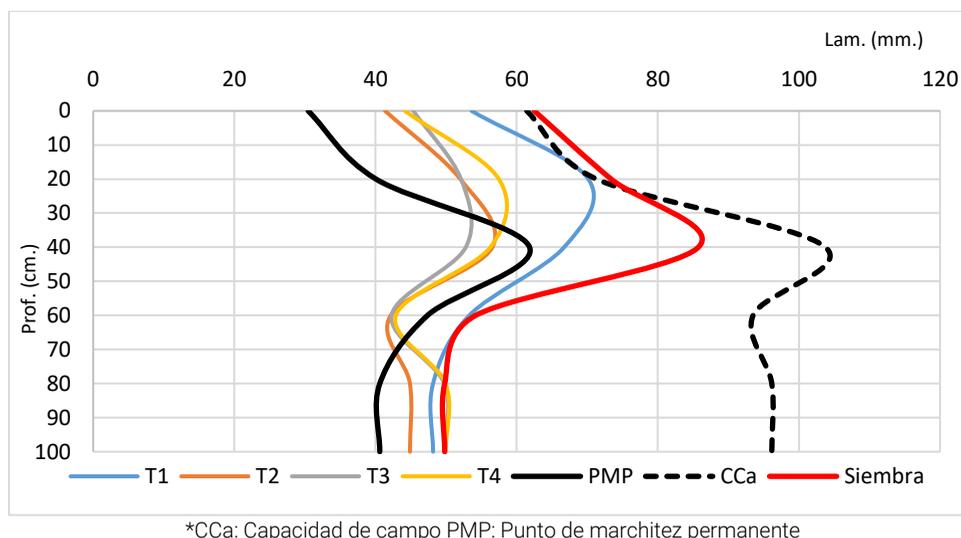


Figura 3. Lámina total acumulada a la siembra y al secado de los CC

Se observa que se partió de una situación de excelente contenido de humedad total a la siembra hasta los 60 cm de profundidad, fruto de precipitaciones ocurridas días antes. Al momento del secado este contenido disminuyó hasta esta misma profundidad, destacándose T1 por haber registrado la menor disminución de contenido hídrico entre todos los tratamientos con CC. Los demás tratamientos estuvieron cercanos o por debajo del PMP a partir de los 40 cm. de profundidad.

La Figura 4 muestra la lámina de agua acumulada al finalizar el período de barbecho, al 15 de noviembre de 2023.

Durante ese mes, hasta la evaluación de humedad edáfica, habían precipitado 84 mm, con una lluvia de 35 mm 5 días antes de la medición.

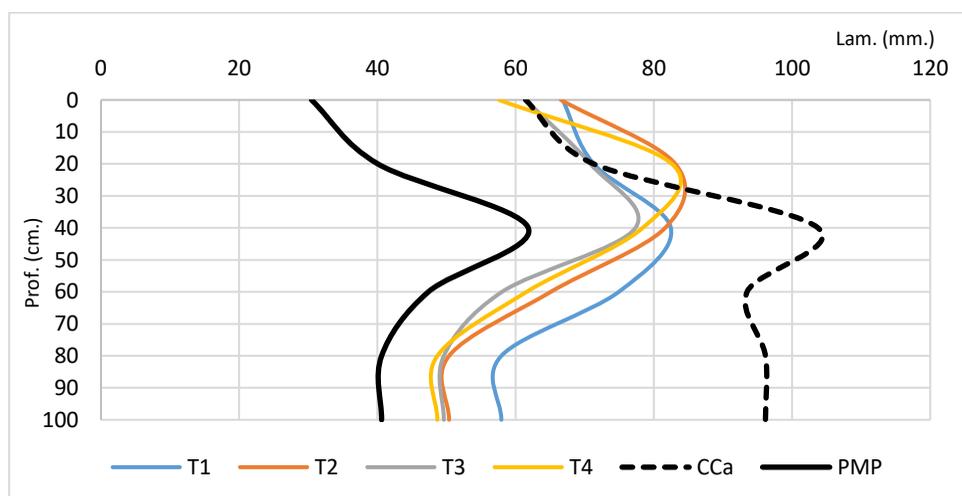


Figura 4. Lámina total acumulada al final del barbecho

Al final del período de barbecho, a la siembra del Maíz el contenido hídrico total se había recuperado a niveles iniciales para todos los tratamientos hasta aproximadamente 40 cm. de profundidad. El consumo de agua de los CC en general se concentra en los primeros espesores del suelo y estos se recargan con las precipitaciones de primavera (Cordone *et al.*, 1986; Quiroga *et al.*, 2009; Restovich *et al.*, 2011; De Sá Pereira *et al.*, 2013).

Pasando a considerar la lámina de agua útil (A.U.), o sea el agua almacenada ente CCa y PMP para cada tratamiento, la Figura 5 muestra su evolución para los tres momentos.

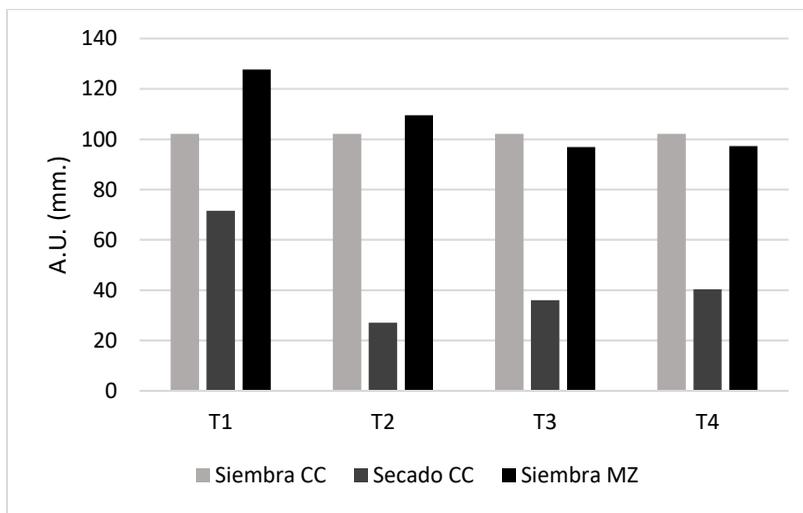


Figura 5. Evolución de la lámina de AU en el suelo (0-100 cm)

Se observa que al momento del secado de los CC la lámina de AU disminuyó en todos los tratamientos respecto a la fecha de siembra. El tratamiento T4, testigo sin CC, disminuyó en un grado similar a T3 y menor que T2, mientras que en T1 esa disminución fue la menor. Los tratamientos con CC utilizaron el agua para producir MS y fijar carbono. El T4, representativo del manejo habitual del barbecho, sea por escurrimiento, evaporación y/o percolación perdió 281 mm de la suma de AU a la siembra más precipitación durante el ciclo del CC. En todo momento el T1 (Vicia) se destacó porque dispuso de mayor contenido de humedad, siendo el de menor consumo de agua (Figura 6).

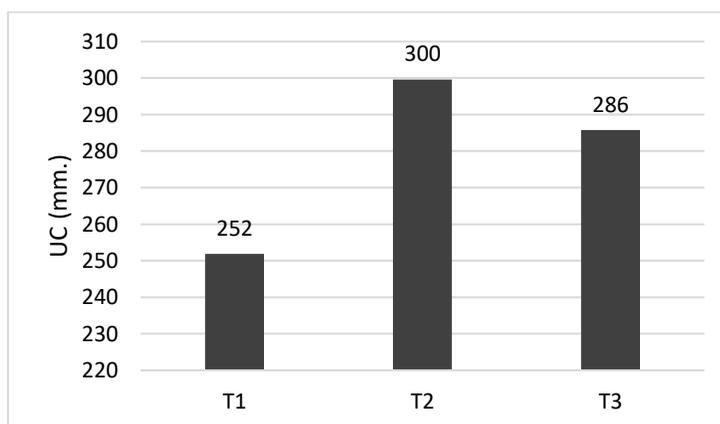


Figura 6. Uso Consuntivo de Agua de los CC

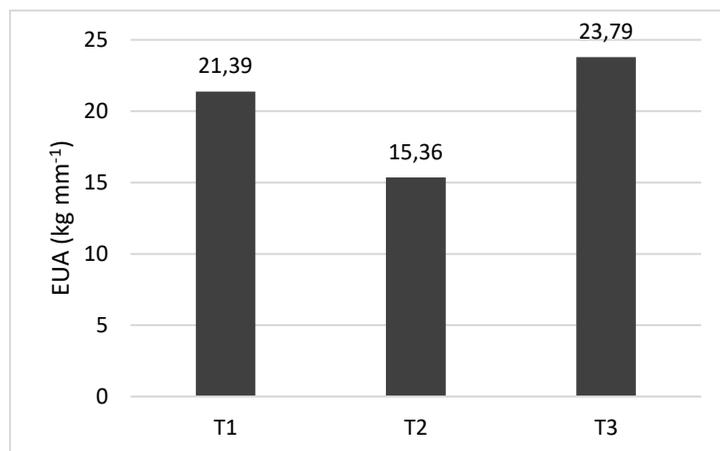


Figura 7. Eficiencia del uso del agua de los CC

Relacionando las Figuras 2, 5, 6 y 7 se observa que T1, (Vicia pura), tuvo el menor consumo, con la segunda mayor EUA, lo que se relaciona con el mayor contenido de agua del suelo respecto a los otros tratamientos, tanto al secado como al final del barbecho. Su producción de MS fue intermedia (79,2 % respecto a T3 que presentó la mayor producción de MS). El tratamiento T2, dominado por avena, tuvo el mayor consumo de agua (UC), con la menor EUA. Su producción de MS fue la menor (67,7 % respecto a T3). La avena se vio perjudicada en la etapa final por un ataque de Roya.

El tratamiento T3 tuvo el segundo mayor consumo, con la mayor EUA y la mayor producción de MS. Estos resultados coinciden con trabajos de Restovich *et al.* (2011) donde expresa que el contenido de agua al momento de secado de los CC está asociado a la especie utilizada como CC, momento de secado y producción de biomasa. En este mismo trabajo comparando diferentes especies tuvo resultados que sugieren una alta EUA de las especies de la familia de las crucíferas, como colza y nabo forrajero.

Tabla 3. Costo hídrico (CH) de los cultivos de cobertura (mm)

Momento	T1	T2	T3
Secado CC	-29	18	5
Siembra Mz.	-40	-14	-1

La Tabla 3 muestra que la inclusión de CC tuvo un escaso impacto como CH evaluado en dos momentos. El efecto al secado de los CC fue nulo en T1 (Vicia) y leve en T2 (Avena + Vicia) y T3 (Avena + Vicia + *Raphanus*), mientras que al fin del barbecho los tratamientos con CC mostraron igual o superior contenido de agua que T4 (valores negativos). En este contexto, T2, que tuvo la menor producción de MS tuvo el mayor CH al momento de secado.

Durante el período de barbecho post secado de los CC todos los tratamientos recuperaron su contenido hídrico, llegando a la siembra de Maíz con una lámina de agua en el perfil igual o superior a T4 (Testigo sin CC), destacándose T1 y en menor medida T2. Esto está relacionado con la recarga del perfil por las precipitaciones. Además, este resultado podría estar relacionado con la cobertura, disminuyendo el impacto de las gotas sobre el suelo que propician el planchado. También a la generación de mayor cantidad de vías de entrada de agua al suelo por el efecto de las raíces y la disminución de la compactación superficial. Estos factores darían mayor oportunidad de infiltración del agua caída. Es posible también que la cobertura haya contribuido a una menor evaporación. Esta situación se refleja en la Eficiencia de Barbecho (Figura 8) que muestra la capacidad de retener el agua de las precipitaciones caídas durante este período (Secado CC - Siembra de Maíz).

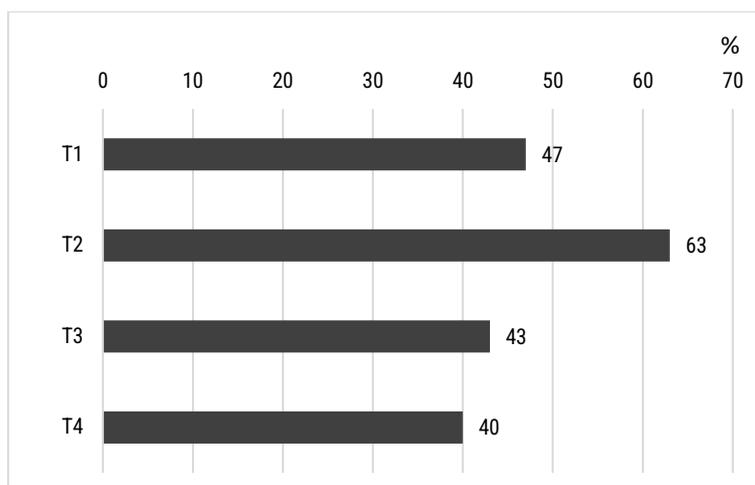


Figura 8. Eficiencia de barbecho luego de CC

Se observa en la Figura 8 que mientras el tratamiento T4, secuencia sin CC, capturó el 40 % de la precipitación en el perfil del suelo, hubo en los CC una tendencia a que dicho porcentaje fuera mayor, en especial en el tratamiento T2, el que incluye avena-vicia en la secuencia soja-maíz.

Estos valores de EB de los CC son coincidentes con trabajos de Gonzalez *et al.* (2017).

Es muy posible que la incorporación de la práctica de siembra de CC genere un efecto acumulado en el tiempo que acentuaría este efecto. Si se considera para T4 el período total de barbecho entre la fecha de siembra de los CC y la fecha prevista de siembra de maíz, la lámina de agua útil acumulada en el perfil disminuyó en 5 mm.

Conclusiones

Resultó dificultosa la combinación de dos o tres especies, observándose dominancia de Avena en su mezcla con Vicia y de *Raphanus* en su mezcla con Avena y Vicia. En los años por venir deberían variarse y ajustar las densidades de siembra relativas entre especies, aumentando la de Vicia en T2 y T3 y disminuyendo la de *Raphanus* en T3.

La secuencia de cultivo sin CC (T4) presentó similar o menor contenido hídrico (AU) que los tratamientos que incluyeron CC al momento de secado, a pesar de la restricción hídrica registrada respecto a la media histórica en el período previo y durante el ciclo de desarrollo de los mismos.

La recarga del perfil posterior al secado de los CC fue superior o igual a T4 en todos los tratamientos con CC llegando a la siembra del maíz con igual o mayor lámina de AU almacenada en el perfil que el tratamiento sin CC.

El uso de Vicia como CC, se destacó por mantener el mayor contenido hídrico al secado de los CC y al final del barbecho, fecha prevista de siembra de Maíz.

Aunque no resultaron contundentes las diferencias entre tratamientos con CC, sí se observó un efecto beneficioso respecto al manejo del agua y el aporte de materia seca a partir de la inclusión de CC respecto al barbecho desnudo.

Es necesario continuar evaluando el uso de CC en estos sistemas, acumulando los efectos sobre el suelo y la producción, lo que permitirá continuar aportando información para el manejo de esta alternativa a los productores de la zona como así también poder extraer conclusiones con mayor grado de certeza.

Agradecimientos

Al Sr Mauricio Terzi y familia, propietarios del establecimiento y a su personal (Sr. Orlando Camarri), por el continuo interés y colaboración para la realización de esta experiencia.

A la Ing. Agr. (M Sc., Dra.) Silvina Restovich (EEA Pergamino) por sus valiosos aportes y recomendaciones para la realización del ensayo y la lectura crítica del presente artículo.

Al Laboratorio de Suelos de la EEA INTA San Pedro (Lic. Martín Barbieri y Tec. Soledad Muñoz).

Al Laboratorio de Estudios Ambientales (LEA) de UTN sede San Nicolás, en especial la Dra. Patricia Blanes por la colaboración en el procesamiento de muestras vegetales y de suelo.

A la empresa Gentos, por colaborar con el aporte de semillas.

A la empresa Barembrug por la colaboración en la provisión de inoculantes.

Bibliografía

Andrade, F. (2020) Impacto ambiental en la agricultura. En: F. Andrade. *Los desafíos de la agricultura global*. (p. 39-64) Ediciones INTA. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/9137>

Cordone, G., & Hansen, W. (1986). *Los abonos verdes y el efecto sobre el rendimiento*. Carpeta de Maíz. CVP n° 77. INTA EEA Pergamino.

De Sá Pereira, E., Galantini, J., y Quiroga, A. (2013). Sistemas de cultivos de cobertura de suelo de otoño-invierno: sus efectos sobre la disponibilidad de agua. En: C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero. *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (p. 77-83). Ediciones INTA.

Fernández R., Quiroga, A., y Noellemeyer, E. (2012). Cultivos de cobertura, ¿una alternativa viable para la región semiárida pampeana?. *Ciencia del suelo* 30(2), 137-150

Frasier, I. (2015). *Efecto de Vicia y Centeno como cultivo de cobertura sobre el balance de carbono y nitrógeno en un sistema de siembra directa de la región semiárida pampeana*. [Tesis de doctorado. Universidad Nacional del Sur].

González, A., Eiza, M., y Carfago, P. (2017). Eficiencia del uso del agua y de barbechos en rotaciones con cultivos de cobertura. *Revista de la Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias* 8 (15-16), 95-111

González, J., Cruzate, G., y Panigatti, J. (2013). *Suelos de la costa NE del río Paraná (prov. de Buenos Aires)*. Ediciones INTA. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/142>

Kruger, H., y Quiroga, A. (2013) La interfase suelo-atmósfera y su valor estratégico en regiones semiáridas. En: C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, & M. Bodrero. *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (p. 5-6). Ediciones INTA

Lazzari, F., & Delprino, M. R. (2024) *Información agrometeorológica* INTA EEA San Pedro. <https://linktr.ee/meteointasp>

Morello, J., Matteucci, S., Rodríguez, A., y Silva, M. (2009). *Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos*. Orientación Gráfica.

Quiroga, A., Fernández, R., Frasier, I., y Scianca, C. (2009) Cultivos de cobertura. Análisis de su inclusión en distintos sistemas de producción. En: *Jornadas de Cultivos de Cobertura. Bahía Blanca Agosto 2009*. (p. 16). UNS-CERZOS,CRIBABB

Re, M., & Barros, V. (2009). Extreme rainfalls in SE South America. *Climatic Change* 96, 119–136. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9619-x>

Restovich, S., Andriulo, A., Armas-Herrera, C., Beribe, M.J., & Portela, S. (2019). Combining cover crops and low nitrogen fertilization improves soil supporting functions. *Plant Soil* 442, 401–417 <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04205-8>

- Restovich, S., Andriulo, A., & Portela, S. (2011). Introduction of cover crops in a maize-soybean rotation of the Humid Pampas: Effects on Nitrogen and water dynamics. *Field Crops Research* 128, 62-70.
- Restovich, S., Andriulo, A., y Portela, S. (2018). Mezcla de Cultivos de cobertura: aumento de la diversidad de especies y multibeneficios ecosistémicos. En: *XXVI Congreso Argentino de Ciencia del Suelo*, San Miguel de Tucuman, 15 al 18 de mayo de 2018. Asociación Argentina Ciencia del Suelo. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/2733>
- Restovich, S., Andriulo, A., & Portela, S. (2022). Cover crop mixtures increase ecosystem multifunctionality in summer crop rotations with low N fertilization. *Agronomy for Sustainable Development* 42 (2), 19. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00750-8>
- Sainz Rosas, H., Eyherabide, M, Larrea, G., Martínez Cuesta, N., Angelini, H., Reussi Calvo, N., y Wyngaard, N. (2019). Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. En: *Simposio Fertilidad 2019: Conocer más, crecer mejor. Santa Fe, Argentina, 8 y 9 de mayo 2019.* (p. 141-158). Fertilizar Argentina. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/11824>
- Viglizzo, E.F. (2010) Agricultura y ambiente en Argentina y el mundo. En: Viglizzo, E., y Jobbagy, E. (eds.) *Expansión de la frontera agropecuaria en la Argentina y su impacto ecológico-ambiental.* (p. 63-66). Ediciones INTA.

Cita sugerida:

Richmond, P. (2024). *Consideraciones sobre la dinámica del agua edáfica en la evaluación de tres variantes de cultivo de cobertura introducidas en un sistema agrícola y su comparación con un barbecho desnudo en el Partido de Ramallo (Bs. As.) – Primer año.* INTA EEA San Pedro.

✉ richmond.pablo@inta.gob.ar

Marzo 2024

Se enmarca dentro de la Plataforma de Innovación Territorial de Producciones intensivas del norte bonaerense, el PE-I012 Intensificación Sostenible de la Agricultura Extensiva en la Región Pampeana y el PE-I010 Mitigación de externalidades de los sistemas productivos Pampeanos.

Autoría:

Pablo Richmond

INTA Estación Experimental Agropecuaria San Pedro
Ruta 9 km 170 - San Pedro - Buenos Aires - Argentina



   @intasanpedro
www.inta.gob.ar/sanpedro