

## Efectos del manejo de cultivos de cobertura sobre la dinámica hídrica en secuencia con maíz tardío

M. Barraco<sup>1\*</sup>; C. Álvarez<sup>2</sup>; M. Ramo<sup>1</sup>; P. Girón<sup>1</sup>; W. Miranda<sup>1</sup>; H. M. Lobos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> EEA INTA General Villegas; <sup>2</sup> AER INTA General Pico; <sup>3</sup> Becario Doctoral INTA-CONICET

\* [barraco.miriam@inta.gob.ar](mailto:barraco.miriam@inta.gob.ar)

En la región de la pampa arenosa en la última década se incrementó significativamente la superficie implantada con maíz tardío, dado entre otros factores, a su mayor estabilidad y productividad en ambientes de menor aptitud. Generalmente el cultivo se implanta sobre lotes de soja que permanecen en barbecho 7 a 8 meses al año, quedando el suelo expuesto a la erosión, lavado de nutrientes, y desaprovechando generalmente el aporte del agua de lluvia de este período. Los cultivos de cobertura (CC) son cada vez más utilizados en estas secuencias, los cuales, requieren del ajuste de algunas prácticas como la selección de la especie, su nutrición y momento de secado para no afectar la disponibilidad hídrica y de nutrientes (principalmente nitrógeno) al cultivo siguiente.

Existen antecedentes que muestran que el número de días de crecimiento de los CC determina la producción de biomasa y el agua consumida, pero son escasos los estudios que integren el efecto del manejo de los CC en combinación con la fecha de secado sobre la dinámica hídrica. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes tratamientos de CC (definidos por la especie de CC y/o nutrición) sobre la producción de biomasa y dinámica de agua para tres momentos de secado.

### Metodología

Los ensayos se desarrollaron durante las campañas 2019-2020 y 2020-2021 en la EEA INTA General Villegas, (Bs As) sobre suelos Hapludoles Típicos, con antecesores soja de primera. Se estudiaron dos factores de manejo:

- 1) **Cultivo de cobertura (especie y manejo de la nutrición)** con 6 tratamientos: i) *Vicia villosa* inoculada o "Vicia", ii) *Vicia villosa* inoculada y fertilizada con 20 kg P/ha o "Vicia 20P"; iii) centeno fertilizado con 9 kg P/ha + 40 kg N/ha o "Cent 9P+40N"; iv) centeno fertilizado con 20 kg P/ha + 80 kg N/ha o "Cent 20P+80N"; v) *Vicia villosa* + centeno fertilizado con 20 kg P/ha o "Vicia+Cent 20P"; y vi) barbecho sin CC o "Testigo".
- 2) **Momento del secado** con 3 tratamientos: i) temprano (12/9/19 y 16/9/20), ii) intermedio (7/10/19 y 8/10/20) y iii) tardío (1/11/19 y 30/10/20).

El ensayo presentó un diseño en parcelas divididas con tres bloques. Sobre las parcelas principales se aleatorizaron los momentos de secado y éstas fueron divididas en seis subparcelas donde se aleatorizaron los CC. Los CC (*Vicia villosa* sp y centeno cv Don Ewall) se sembraron el 13/5/19 y 2/5/20 con un distanciamiento entre hileras de 17,5 cm. Las densidades de siembra fueron de 65 semillas/m<sup>2</sup> para las vicias, de 270 semillas/m<sup>2</sup> para los centenos y de 65 semillas/m<sup>2</sup> de vicia + 27 semillas/m<sup>2</sup> de centeno para el tratamiento Vicia+Cent 20P. Como fuente de P se utilizó superfosfato triple (0-46-0) incorporado al momento de la siembra y como fuente de N urea (46-0-0) al voleo 10 días luego de a la siembra.

Previo a la siembra se realizó un control químico de malezas con 1 l/ha de glifosato + 75 cm<sup>3</sup>/ha de carfentrazone. El quemado químico de los CC consistió en aplicaciones de glifosato en mezclas con hormonales y las dosis difirieron según el estadio fenológico de los cultivos. El 3/12/19 y 4/12/20 se sembraron los cultivos de maíz.

Al secado de los CC se determinó la biomasa aérea mediante cortes sobre una superficie de 0,50 m<sup>2</sup>. A la siembra y secado de los CC y a la siembra de maíz se determinó el contenido de humedad de los suelos por gravimetría hasta los 160 cm. Se calculó el consumo de agua o uso consuntivo (UC) de los CC [agua al secado – (agua a la siembra + precipitaciones)] y las eficiencias de uso de agua (EUA) mediante el cociente entre biomasa producida y el UC. También se calculó el costo hídrico de la inclusión de los CC como la diferencia de agua útil disponible en el suelo en los diferentes tratamientos con CC al momento de secado en relación al tratamiento testigo (sin CC).

Los resultados se analizaron mediante ANOVA usando un diseño en parcelas divididas y test de diferencias de medias de DGC ( $p < 0,05$ ). Para evaluar el efecto de la nutrición en vicias o centenos se hicieron análisis de contrastes ortogonales.

## Resultados

En el año 2019 el ensayo se instaló sobre un suelo con 58 % de arena, con una presencia de capa de tosca entre los 220 y 250 cm, y con una disponibilidad de agua (0-160 cm) de 180 mm, mientras que en el 2020 se estableció sobre un suelo con 50% de arena, con una capa de tosca entre los 190 y 220 cm y con una disponibilidad hídrica inicial de 345 mm.

En la Tabla 1 se detalla las precipitaciones mensuales durante el desarrollo de los estudios y los valores medios históricos de la región (1898-2018), observándose que las precipitaciones desde la siembra de los CC hasta la siembra de los maíces tardíos resultaron inferiores a las medias históricas.

**Tabla 1:** Precipitaciones mensuales (mm) durante el desarrollo del estudio e históricas (Hist) en Drabble (Buenos Aires).

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2019	30,3	29,5	0,0	2,0	20,0	69,2	84,0	105,5
2020	4,0	0,3	1,0	0,0	56,0	41,0	41,2	31,3
Hist	39,5	24,3	21,9	22,4	46,4	90,8	94,6	99,7

## Aporte de biomasa aérea de los CC

En la medida que se atrasó el momento de secado se incrementó la producción de biomasa, con diferencias según las especies de CC consideradas (Figura 1). En la campaña 2019 la producción de biomasa aérea varió entre 1130 y 7886 kg/ha, con interacción significativa entre CC y momento de secado ( $p = 0,04$ ). La mayor producción se obtuvo con Cent 20P+80N en el secado tardío, seguido por este mismo tratamiento con secado intermedio y Cent 9P+40N en secado tardío (sin diferencias entre sí) (Figura 1). En secados tempranos se observó una mayor acumulación de biomasa en los tratamientos con centeno, comportamiento esperado en función de los ciclos de las especies evaluadas. En el primer momento de secado la biomasa de las vicias y de la mezcla fue similar y menor que los centenos ( $p < 0,01$ ), mientras que en los secados intermedio y tardío la menor producción fue para las vicias, intermedio para la mezcla y mayor para los centenos ( $p < 0,01$  y  $p < 0,01$ , respectivamente). En la campaña 2020 la producción de biomasa varió entre 1697 y 6041 kg/ha y se observaron diferencias entre especies ( $p < 0,01$ ), momentos de secado ( $p < 0,01$ ), pero sin interacción entre ambas variables ( $p = 0,36$ ). La mayor producción fue para Cent 20P+80N, seguido Vicia+Cent 20P y Cent 9P+40N (sin diferencias entre sí) y menores producciones para las vicias.

Cuando se realizaron análisis de contrastes para evaluar el efecto de la nutrición en cada especie pura se detectaron diferencias entre los tratamientos con centeno en los momentos de secado intermedio y tardío de la campaña 2019 ( $p < 0,05$ ) e, independientemente del momento de secado, diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) en la campaña 2020. En vicia, aunque los niveles de P extractable

de los suelos eran de medios a bajos (13,0 y 7,3 ppm para las campañas 2019 y 2020, respectivamente), no se observaron incrementos significativos en su producción por el agregado de P en ninguno de los momentos de secado y las campañas evaluadas. Varios estudios en la región subhúmeda y semiárida pampeana muestran que una adecuada nutrición en gramíneas de CC incrementa significativamente la biomasa, lo que permitiría adelantar la interrupción del ciclo del CC entre 20 y 30 días, sobre todo en campañas con menores probabilidades de precipitaciones en primavera. Por otro lado, incrementos en la producción de biomasa, sobre todo en los primeros estadios de desarrollo contribuye a una mejor competencia con las malezas, cumpliendo otro de los objetivos por lo que se incluye CC en las secuencias agrícolas.

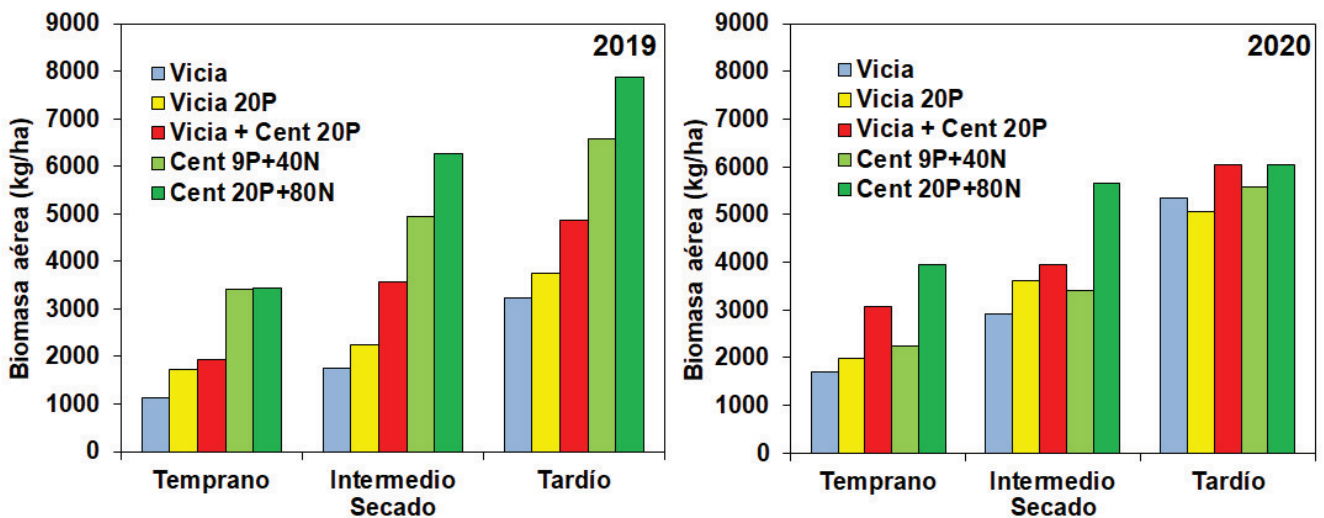
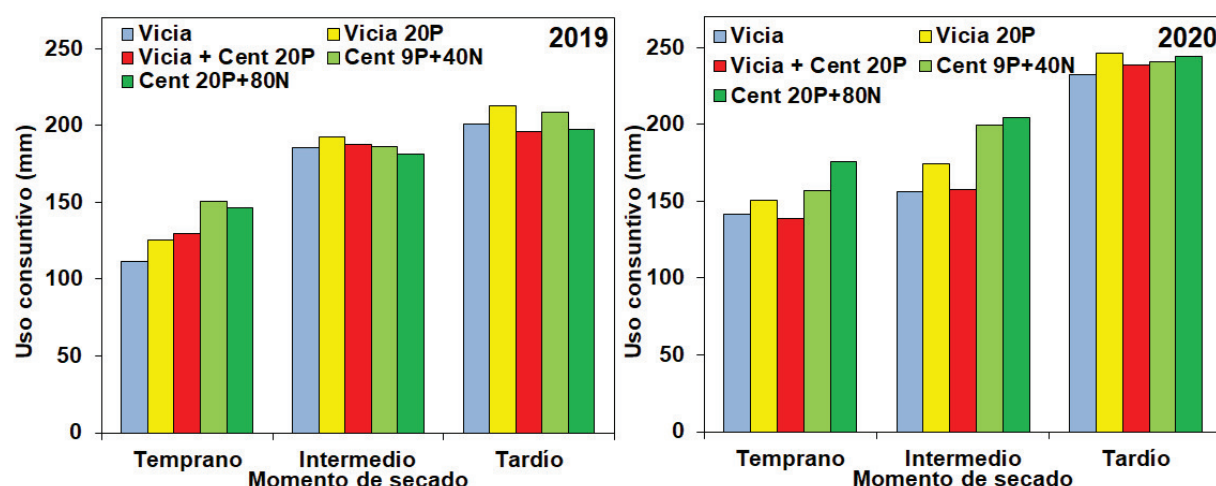


Figura 1. Producción de biomasa aérea de cultivos de cobertura (CC) según momento de secado. Cent=centeno, P=kg de fósforo/ha, N=kg de nitrógeno/ha.

### Uso consuntivo y eficiencia de uso de agua de los CC

En la campaña 2019 el UC de los CC varió entre 111 y 213 mm, con interacción significativa entre momento de secado y CC ( $p < 0,05$ ). Los menores UC se registraron en el primer momento de secado y dentro de éste fueron mayores para los centenos. Esto se debería fundamentalmente a la precocidad de esta especie, con respecto a las leguminosas. Los UC del secado intermedio y tardío fueron similares entre sí y entre CC, con un valor medio de 195 mm (Figura 2). En la campaña 2020 el UC varió entre 139 y 246 mm, con interacción entre especies y momento de secado. En los secados temprano e intermedio los mayores consumos de agua se registraron también en centeno, mientras que en el secado tardío el consumo de agua se incrementó considerablemente y no se observaron diferencias entre especies. Estos resultados corroboran un incremento significativo en el consumo de agua para las vicias durante el mes de octubre, coincidente con el período de alta acumulación de biomasa.



**Figura 2.** Uso consuntivo de los cultivos de cobertura (CC) según momento de secado y tratamiento de CC. Cent=centeno, P=kg de fósforo/ha, N=kg de nitrógeno/ha.

La EUA se modificó en mayor magnitud por el manejo de los CC que por la fecha de secado (Tabla 2), sin interacción entre ambas variables. En la campaña 2019 la EUA de los CC varió entre 12,2 y 32,9 kg MS mm<sup>-1</sup> y difirió entre momentos de secado ( $p < 0,05$ ) y entre CC ( $p < 0,01$ ). Las EUA fueron mayores para el secado tardío, mientras que las EUA de secado temprano e intermedio no difirieron entre sí. En cuanto a los CC la mayor EUA se obtuvo con Cent 20P+80N. En la campaña 2020 las EUA fueron similares entre momentos de secado ( $p = 0,15$ ), con diferencias significativas entre tratamientos de CC ( $p < 0,01$ ). Las mayores EUA se observaron en Cent 20P +80N y la mezcla de Vicia + Centeno, mientras que la EUA media de Cent 9P+40N fue muy baja debido al escaso aporte de biomasa en los primeros estadios de desarrollo.

**Tabla 2:** Eficiencia de uso del agua (EUA) según el momento de secado y/o tratamiento de cobertura (CC). Interm= Intermedio, Cent=centeno, P=kg de fósforo ha<sup>-1</sup>, N=kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos de secado o CC para cada Campaña evaluada.

Campaña	Momento de secado			Tratamiento de Especies de CC				
	Temprano	Interm	Tardío	Vicia	Vicia20P	Vicia+Cent 20P	Cent 9P+40 N	Cent P+80 N
2019	17,3 b	20,2 b	26,8 a	12,2 d	14,3 d	20,4 c	27,3 b	32,9 a
2020	16,7 a	22,0 a	23,0 a	17,8 b	18,4 b	23,7 a	18,2 b	25,1 a

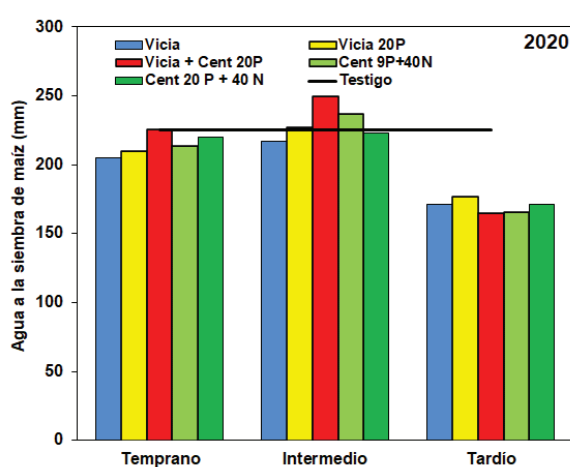
Si consideramos el costo hídrico de la inclusión de los CC en relación al barbecho tradicional (testigo) en la campaña 2019 se observó interacción significativa entre los factores evaluados. El menor costo hídrico se observó para las Vicias y Vicia+Cent 20P en secado temprano (con un valor medio de 68 mm), seguido por Cent 20P+40N en secado temprano y todos los tratamientos de especies con secado intermedio (116 mm) y un incremento significativo para todas las especies en el secado tardío sin diferencias entre especies (156 mm). En cambio, en la campaña 2020, el costo hídrico no se modificó por el momento de secado ( $p = 0,27$ ), con un valor medio de 44 mm, mientras que entre tratamientos de CC fue mayor para los centenos (56 mm de promedio) que las vicias o la mezcla (37 mm en promedio). Estos resultados muestran que los CC invernales pueden aprovechar una parte de agua que sino se perdería en los barbechos tradicionales por evaporación o percolación profunda.

### Agua disponible a la siembra de maíz

El agua disponible a la siembra de maíz está condicionada por el consumo de agua de los CC hasta su secado, las precipitaciones ocurridas entre el secado y la siembra y la eficiencia de captura del agua de lluvia.

En el 2019 el agua disponible hasta los 160 cm fue en promedio de  $127 \pm 16$  mm, y no se modificó por la fecha de secado ( $p=0,18$ ), tratamiento de CC ( $p=0,31$ ) y tampoco se observó interacción entre los factores ( $p=0,52$ ) (datos no presentados). Las precipitaciones ocurridas desde el secado de los CC hasta la siembra de maíz fueron de 155, 150 y 86 mm para el secado temprano, intermedio y tardío, respectivamente y permitieron la recarga de los perfiles a valores similares al testigo sin CC.

En la campaña 2020 el agua disponible varió entre 164 y 250 mm, con una tendencia a interacción entre momento de secado y tratamiento ( $p=0,08$ ) (Figura 3). Las precipitaciones ocurridas desde el secado hasta la siembra de maíz resultaron inferiores (129, 82 y 41 mm para secado temprano, intermedio y tardío, respectivamente) y en muchos casos se dieron en eventos de escasa pluviometría (menores a los 10 mm). Con el secado temprano e intermedio los tratamientos con CC mostraron contenidos de agua similares al barbecho (testigo), mientras que con el secado tardío todos los tratamientos de CC mostraron menor contenido de agua, indicando que las escasas precipitaciones ocurridas no permitieron la recarga de los perfiles.



**Figura 3.** Disponibilidad de agua en el suelo (0-160 cm) al momento de la siembra de maíz. Campaña 2020. Cent=centeno, P=kg de fósforo/ha, N=kg de nitrógeno/ha.

## Conclusiones

En las condiciones de estos estudios, el manejo nutricional de los CC modificó la producción de biomasa de centeno, pero no de vicia. La siembra consociada de vicia con centeno produjo una producción intermedia para la campaña 2019 y similar a la de centeno con la aplicación del mayor nivel de nutrición en la campaña 2020. Los UC y las EUA de los CC se incrementaron en la medida que se atrasó el momento de secado, siendo la EUA menor en CC de vicia que en los de centeno.

El secado temprano e intermedio permitió la recarga de los perfiles a valores similares al barbecho en ambas campañas, mientras que con el secado tardío en la campaña 2020 los tratamientos con CC presentaron en promedio 55 mm menos que el barbecho tradicional.

A modo de síntesis se concluye que el manejo nutricional de las gramíneas resulta clave para lograr cultivos de alta producción de biomasa, que permitan cubrir rápidamente el suelo y competir con malezas. En el caso de vicia se requiere evaluar la contribución de la nutrición fosfatada en ambientes de menor disponibilidad a los evaluados en este estudio.

Con respecto al momento de secado es conveniente considerar los pronósticos climáticos para prever la oferta hídrica para el cultivo siguiente. Con centeno los secados hasta principios de 10 de octubre permiten aportar adecuados niveles de biomasa, que contribuyen a lograr varios de los objetivos perseguidos al sembrar un cultivo de cobertura sin afectar la disponibilidad hídrica de maíz. En el caso de vicia se requeriría adelantar el secado previo a la máxima acumulación de biomasa en campañas de menor oferta hídrica o evaluar otras estrategias de manejo como el adelanto de la fecha de siembra para lograr una acumulación biomasa más temprana.