



# Cultivos puente verde como herramienta para manejar la nutrición nitrogenada de maíz

El uso de cultivos puente verde se viene generalizando en la región y resulta muy importante conocer en qué medida se ve afectada la disponibilidad de agua y nitrógeno en el cultivo de maíz. Este artículo nos acerca resultados respecto a ello.

Crespo, Cecilia<sup>1,2\*</sup>; Corral, Raúl A.<sup>2,4</sup>; Diez, Santiago N.<sup>5</sup>; Delgado, Santiago G<sup>1</sup>; Domínguez, Germán F.<sup>1</sup>; Agostini, María A.<sup>1</sup>; Cendoya, M. Gabriela<sup>1</sup>; Sainz-Rozas, Hernán R.<sup>1,3,4</sup>; García, Gisela V.<sup>1,4</sup>; Studdert, Guillermo A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias - UNMdP, Unidad Integrada Balcarce, (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Chacra Experimental Integrada Barrow, MDA-INTA, Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Unidad Integrada Balcarce.

<sup>4</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

<sup>5</sup> Facultad de Agronomía, UBA, C. A. Buenos Aires, Argentina.

\* [crespocecilia92@gmail.com](mailto:crespocecilia92@gmail.com)

Los cultivos puente verde (CPV) sembrados entre dos cultivos de cosecha representan una herramienta agronómica ideal para mejorar la eficiencia en el uso de recursos (agua, radiación, dióxido de carbono). Dependiendo del método de terminación, los CPV son denominados “cultivos de cobertura” (secados con herbicida) o “abonos verdes” (incorporados con labranzas). Hoy en día los CPV son también conocidos como “cultivos de servicio”. Independientemente del método de terminación, se espera que los CPV contribuyan a un mejor rendimiento del siguiente cultivo y a una agricultura sustentable en el mediano a largo plazo.

La producción de biomasa y la acumulación de nitrógeno (N) por parte de

los CPV están sujetas al manejo que se realice. Estos parámetros cambian en función de la especie, la fecha de siembra y el momento de terminación. La combinación de gramíneas y leguminosas como CPV posee varios beneficios. Las gramíneas tienen un sistema radical muy denso y fibroso permitiendo una mayor exploración en el suelo y absorción del N mineral residual. La utilización de leguminosas puede tener un rol en el mantenimiento de la productividad del suelo a través de la fijación de N atmosférico y la recuperación de dicho nutriente en profundidad. Esto representaría una gran ventaja para cultivos de cosecha como el maíz (*Zea mays* L.), que presenta elevados requerimientos nitrogenados para la obtención de altos rendimientos.

Para manejar las recomendaciones de fertilización de N en maíz, se han propuesto modelos simples basándose únicamente en la capacidad de suministro de N del suelo. Sin embargo, esos modelos no tienen en cuenta el efecto de los CPV en la dinámica de disponibilidad de N para el maíz. Dado el creciente uso de CPV en el sudeste bonaerense, es necesario obtener modelos simples que predigan el rendimiento de maíz en función de la capacidad de suministro de N del suelo y también del efecto de los CPV en la disponibilidad de N para el cultivo siguiente.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de la vicia (*Vicia villosa* Roth.) (Vi), la avena (*Avena sativa* L.) (Av) y su mezcla (Av+Vi) como CPV, con diferentes fechas de termina-



**BUCK**  
El apellido de la semilla

Sumate a nuestra  
**#EvoluciónPermanente**

TRIGO  
**BUCK**  
SY109

TRIGO  
**BUCK**  
PACÍFICO

TRIGO  
**BUCK**  
FULGOR

[www.semillasbuck.com.ar](http://www.semillasbuck.com.ar)

ción, sistemas de labranza y aplicación de fertilizante nitrogenado al maíz en la disponibilidad de N del suelo, y la absorción de N y el rendimiento engrano del maíz. Además, se propuso mejorar la predicción del rendimiento del maíz a través de un modelo simple basado en la capacidad de suministro de N del suelo y el efecto de los CPV en la dinámica de disponibilidad de N para el cultivo siguiente.

## Metodología

Se realizaron tres ensayos en la Unidad Integrada Balcarce, comprendidos en las campañas 2012-2013, 2013-2014 y 2014-2015. En cada campaña, se trabajó en una secuencia trigo (*Triticum aestivum* L.)-CPV-maíz. Se analizaron los CPV: Vi, Av, Av+Vi y Testigo (sin CPV), con dos fechas de terminación (temprana [Te] y tardía [Ta]) y sistemas de labranza (labranza convencional [LC] y siembra directa [SD]): TeLC, TeSD, TaLC y TaSD. Sobre dichas combinaciones se trabajaron dos niveles de fertilización con N: 0 y 120 kg N/ha.

Los CPV se sembraron en abril en las tres campañas. La terminación temprana se realizó 41-55 días antes de la siembra de maíz, y la tardía se realizó 5-15 días antes de la siembra de maíz. La fertilización con N se llevó a cabo con urea en V6 del maíz.

En los CPV se determinó la materia seca (MS) y el contenido de N en MS al momento de terminación. En el suelo se determinó el contenido de agua y el contenido de N de nitrato (N-nitrato) a la siembra del maíz. También se determinó el contenido de N-nitrato en V6 y el nitrógeno mineralizado en anaerobiosis (Nan) a la siembra (datos no mostrados). En el cultivo de maíz se determinó el contenido de N en biomasa aérea, grano y el rendimiento en grano.

Se evaluó el desempeño del modelo propuesto por Echeverría *et al.* (2014)<sup>1</sup> para predecir el rendimiento relativo en grano (RR) del maíz sin fertilizante nitrogenado mediante la comparación de los valores de RR estimados con los observados en las tres campañas. Este modelo es:

$$RR = 41,5 + 0,49 \text{ N-nitrato V6} + 0,19 \text{ Nan}$$

**TABLA 1** | Materia seca (MS) acumulada en la parte aérea y relación C:N de la biomasa aérea de tres cultivos puente verde (CPV) (avena [Av], vicia [Vi] y avena + vicia [Av+Vi]) en dos fechas de terminación (temprana [Te] y tardía [Ta]) para tres campañas.

Tratamiento		MS acumulada			Relación C:N	
		Campaña			Campaña	
		2012-2013	2013-2014	2014-2015	2012-2013	2013-2014 2014-2015
		----- Ton MS/ha -----			----- Sin unidades -----	
<b>Promedios de todos los tratamientos</b>						
Te	Av	0,71 c	0,94	1,54	23,4 bc	27,6 b
	Vi	0,36 c	0,84	0,64	19,2 c	9,5 d
	Av+Vi	0,48 c	0,93	1,80	23,8 bc	13,3 c
Ta	Av	4,06 a	3,44	3,77	43,4 a	41,0 a
	Vi	0,88 c	3,73	3,22	18,0 c	12,9 c
	Av+Vi	2,20 b	4,26	4,30	27,9 b	13,4 c
<b>Promedios de los factores</b>						
CPV	Av	2,38	2,19 a	2,66 a	33,4	34,3
	Vi	0,62	2,28 a	1,93 b	18,6	11,2
	Av+Vi	1,34	2,60 a	3,04 a	25,8	13,4
Terminación	Te	518	0,91 b	1,32 b	22,1	16,8
	Ta	2381	3,81 a	3,76 a	29,7	22,5

donde RR es el rendimiento relativo de maíz (%), N-nitrato V6 es el contenido de N en forma de nitrato en el estadio de V6 (0-30 cm, kg N/ha), Nan es el N mineralizado en anaerobiosis a la siembra (0-20 cm, mg Nan/kg). Dado que dicho modelo no tiene en cuenta el efecto de los residuos del cultivo anterior sobre la disponibilidad de N, para contemplar el efecto de los CPV, las diferencias entre el RR observado de los tratamientos con CPV y el correspondiente RR estimado con el modelo de Echeverría *et al.* (2014), fueron modeladas y validadas.

## Resultados

Independientemente del sistema de labranza, el tipo de CPV y la fecha de su terminación, el agua disponible en el suelo (0-60 cm) a la siembra de maíz estuvo en todas las campañas por encima o cercana a capacidad de campo. Durante el ciclo del cultivo de maíz, se determinó un déficit hídrico durante el período crítico en la campaña 2014-2015, mientras que, en las dos primeras, si bien no hubo déficit hídrico durante el período, sí hubo alguno de reducida magnitud y en estadios iniciales del ciclo.

Como se puede observar en la Tabla 1, los CPV con terminación tar-

día acumularon más MS que aquéllos terminados temprano. Asimismo, Vi mostró menor acumulación de MS que Av y Av+Vi (Tabla 1). Sólo en 2012-2013 la acumulación de MS en Vi no difirió entre fechas de terminación, y la MS de Vi fue menor que en las otras dos campañas. Esto se debe a que, en esta campaña, la Vi no fue fertilizada con fósforo, lo cual produjo mermas en su producción de MS.

Av presentó la relación C:N más alta, especialmente en la terminación tardía, mientras que Vi mostró la relación C:N más baja y fue bastante constante entre campañas y fechas de terminación. Asimismo, Av+Vi mostró resultados similares a Vi en 2013-2014 y 2014-2015 debido a la alta proporción de MS de Vi en la biomasa aérea.

La Tabla 2 muestra que, independientemente del sistema de labranza, luego de la terminación temprana se observó una tendencia a mayor contenido de N-nitrato que luego de la terminación tardía en todas las campañas. Por otro lado, luego de Vi hubo una tendencia a un contenido de N-nitrato más elevado que luego de los otros CPV.

La acumulación de N y el rendimiento en grano del maíz tendieron a ser superiores con antecesor Vi (pura o en consociación) respecto a Av, mientras que el comportamiento del Testigo tar-

<sup>1</sup> Echeverría, H.E., Sainz-Rozas, H.R., Barbieri, P.A. 2014. Maíz y Sorgo. En: Echeverría, H.E., García, F.O. (Eds.), Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. 2da Edición. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 435-478.

difirió entre campañas. Si bien la Tabla 3 muestra los promedios de tratamientos con y sin N para distintos CPV, el incremento en rendimiento por Vi, y la disminución del mismo con Av, respecto al Testigo, fueron más marcados en los tratamientos no fertilizados (datos no mostrados). En general, no se determinaron diferencias entre fechas de terminación y sistemas de labranza, excepto en la última campaña (2014-2015), en la que la SD favoreció una mayor acumulación de N y rendimiento en grano del maíz, especialmente en la terminación temprana. Es importante remarcar que dicha campaña presentó mayores limitaciones hídricas durante el ciclo del maíz que las dos primeras.

Si bien la Tabla 3 muestra los promedios, al analizar la respuesta a la fertilización con N en la acumulación de N y el rendimiento de grano en el maíz fue diferente entre CPV (datos no mostrados). En general, siempre que se utilizó Vi como CPV, no hubo respuesta a la fertilización nitrogenada, o fue menor que para los otros tratamientos de CPV. Contrariamente, la respuesta a la fertilización con N fue, en general, superior

**TABLA 2** | Contenido de N-nitrato a la siembra del cultivo de maíz luego de tres cultivos puente verde (CPV) (avena [Av], vicia [Vi] y avena + vicia [Av+Vi]) y un Testigo sin CPV en dos fechas de terminación (temprana [Te] y tardía [Ta]) y dos sistemas de labranza (labranza convencional [LC] y siembra directa [SD]) para tres campañas.

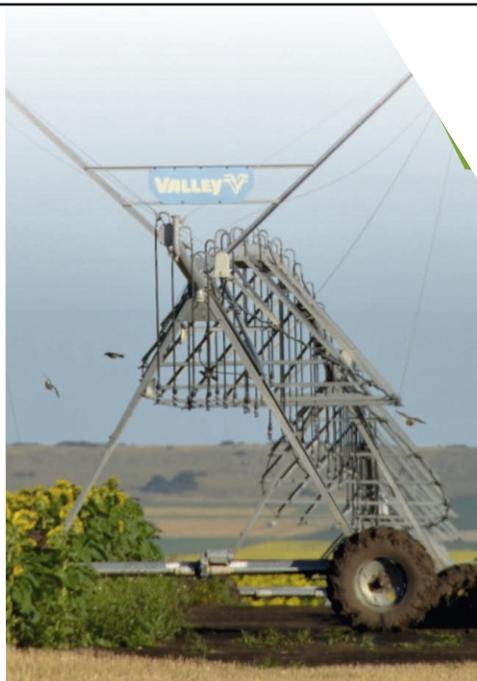
Tratamientos	Nitrógeno de nitrato en el suelo			
	Campaña			
	2012-2013	2013-2014	2014-2015	
		kg N-nitrato/ha		
CPV	Testigo	37,7 a	32,2 b	12,3 b
	Av	26,4 b	30,3 b	10,2 c
	Vi	26,6 b	51,5 a	14,2 a
	Av+Vi	24,5 b	39,3 b	11,1 bc
Terminación y labranza	TeLC	37,5 a	39,5 a	12,6 a
	TeSD	36,3 a	38,4 a	12,2 ab
	TaLC	18,7 c	37,2 a	11,1 b
	TaSD	23,1 b	37,8 a	12,0 ab



en Av que en los otros tratamientos de CPV, incluido el Testigo. Esto se debe a la inmovilización de N asociada a los residuos de Av.

Como se puede ver en la Figura 1a, al evaluar el desempeño del modelo propuesto por Echeverría *et al.*

(2014) para predecir el RR del maíz sin fertilizante nitrogenado, no se observó una relación entre los valores observados y los predichos por el modelo. Entonces, se buscó incorporar parámetros de los CPV que ayudaran a mejorar la predicción del modelo. La diferencia entre los RR observados al



# IRRISUR

## EQUIPOS DE RIEGO

PIVOT CENTRAL - ESTACIONES DE BOMBEO - ACUEDUCTOS  
RIEGO POR GOTEO - PARQUES Y JARDINES

Representante Oficial

**VALLEY**   
una empresa del grupo VALMONT



Servicio postventa garantizado

# 29 años

Brindando soluciones en la zona...

**CONSULTE PLANES DE FINANCIACIÓN**

 Portillo 250 • LOBERIA  
CP. 7635 • Prov. Bs. As.

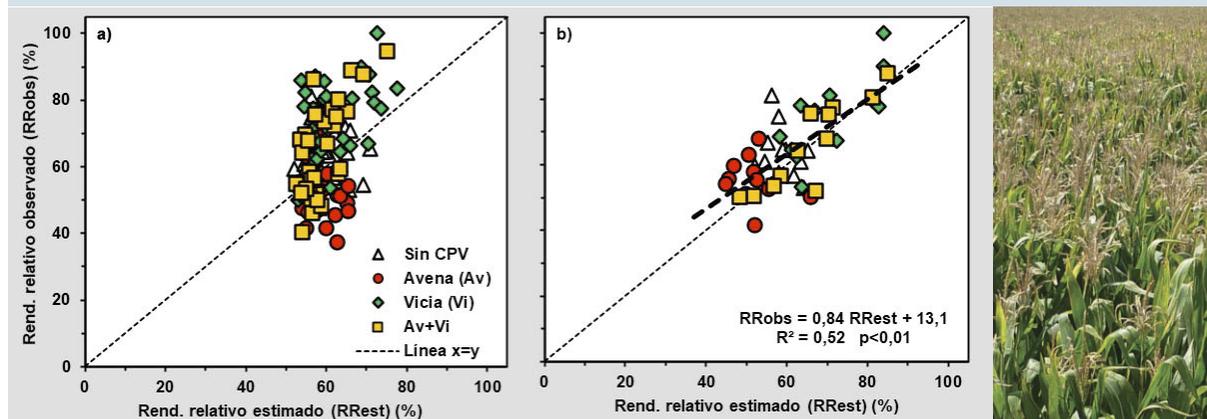
 Tel./Fax: 02261-440440

 [irrisur@irrisur.com.ar](mailto:irrisur@irrisur.com.ar)

 @irrisur

 [www.irrisur.com.ar](http://www.irrisur.com.ar)

**FIGURA 1** | Relación entre el rendimiento (Rend.) relativo del maíz observado y estimado en tres campañas con tres CPV y un testigo sin CPV: **a)** RR estimado con el modelo propuesto por Echeverría et al. (2014), **b)** RR estimado con el modelo propuesto que incluye los parámetros de los CPV.



utilizar CPV y los RR estimados con el modelo original (Echeverría *et al.*, 2014), fue explicada por la MS de los CPV y su relación C:N. De este modo, el modelo resultante es:

$$RR = 41,5 + 0,49 \text{ N-nitrato V6} + 0,19 \text{ Nan} + \text{CPV} * (16,3 - 0,82 \text{ C:N} + 0,02 \text{ MS})$$

donde RR es el rendimiento relativo de maíz (%), N-nitrato V6 es el contenido de N en forma de nitrato en el estadio de V6 (0-30 cm, kg/ha), Nan es el N mineralizado en anaerobiosis a la siembra (0-20 cm, mg/kg), CPV toma un valor de 0 cuando no hubo un CPV (Testigo) o de 1 cuando sí hubo un CPV previo al maíz, C:N es la relación C:N del CPV y MS es la biomasa aérea del CPV (kg MS/ha).

En la Figura 1b se puede observar la relación entre los RR observados y los estimados para la validación del modelo propuesto, que incluye los parámetros de los CPV.

**TABLA 3** | Nitrógeno en biomasa aérea y rendimiento en grano del cultivo de maíz de tres cultivos puente verde (CPV) (avena [Av], vicia [Vi] y avena + vicia [Av+Vi]) y un Testigo sin CPV (promediados a través de sistema de labranza, fecha de terminación y fertilización nitrogenada) en dos fechas de terminación (temprana [Te] y tardía [Ta]), dos sistemas de labranza (labranza convencional [LC] y siembra directa [SD]) (promediados a través de CPV y fertilización nitrogenada) y dos niveles de fertilización nitrogenada (promediados a través de CPV, sistema de labranza, y fecha de terminación) para tres campañas.

Tratamientos	N en biomasa aérea			Rendimiento en grano			
	Campaña			Campaña			
	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2012-2013	2013-2014	2014-2015	
	kg N/ha			Ton grano/ha			
CPV	Testigo	176,0 ab	126,9	113,6	9,6 ab	7,3	8,2
	Av	160,0 b	111,8	95,5	9,1 ab	6,3	7,1
	Vi	182,7 ab	192,9	119,6	9,6 a	8,6	8,4
	Av+Vi	158,2 b	176,5	111,1	8,4 b	8,3	7,6
Terminación y labranza	TeLC	169,0 a	137,8	105,2 b	9,4 a	6,7	7,6 bc
	TeSD	167,7 a	147,7	115,3 a	9,3 a	7,6	8,5 a
	TaLC	167,5 a	157,1	105,5 ab	9,1 a	7,9	7,4 c
	TaSD	173,5 a	165,6	114,1 ab	9,1 a	8,3	7,9 b
Fertilización nitrogenada	0 kg N/ha	129,8 b	131,5	100,2	7,4 b	7,2	7,3
	120 kg N/ha	209,0 a	172,6	119,1	11,00 a	8,1	8,4

## EN SÍNTESIS

- La disponibilidad de agua a la siembra de maíz no fue afectada por los CPV.
- Los efectos de los CPV sobre la disponibilidad de N para el maíz fueron consistentes entre las tres campañas estudiadas a pesar de las diferencias en sus características.
- Las principales diferencias estuvieron determinadas por la especie de CPV y por el momento en que los CPV fueron terminados.
- El modelo generado a partir de estos resultados permite predecir el rendimiento del maíz sin fertilizar a partir de la capacidad de provisión de N del suelo y de la inclusión de dos variables de los CPV de fácil medición.

