



Fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz sembrado sobre diferentes antecesores

Gonzalo E. Robledo*, G. Agustín Sanzano*, Hugo Rojas Quinteros*, Daniel Gamboa**, Franco Scalora**, Jorge Rojas** y Mario R. Devani**

*Ings. Agrs., Sección Suelos y Nutrición Vegetal; **Ings. Agrs.; Sección Granos. EEAOC. E-mail: gerobledo@eeaoc.org.ar

■ Introducción

En el noroeste argentino (NOA), los sistemas de producción de granos han evolucionando hacia secuencias de cultivos con fuerte predominio de la soja en detrimento del maíz (Fandos *et al.*, 2012). Esta falta de rotación ha provocado la degradación física, química y biológica de los suelos, lo que se tradujo en importantes pérdidas de materia orgánica, fósforo, reducción progresiva del pH, aumento de la densidad aparente, disminución de la infiltración y aumento del escurrimiento y la erosión hídrica (Dantur *et al.*, 1989; Sánchez *et al.*, 1998; Hernández *et al.*, 2011). Manteniendo la cobertura con residuos de cosecha aumenta la infiltración, disminuyen las pérdidas por evaporación y es posible un mejor control de malezas (Sanzano *et al.*, 2005).

En los últimos años se ha desarrollado el concepto de intensificación agrícola con la introducción de cultivos de servicios (CS) entre dos cultivos de verano. Un CS se define como una cubierta vegetal viva que cubre el suelo de manera temporal. No tiene un valor comercial, pero agrega valor al siguiente cultivo de interés económico. Los CS no se cultivan con el objetivo de ser cosechados, sino para llenar vacíos, sean de tiempo o espacio, que dejan las siembras comerciales (Altieri, 1999). Los CS se realizan durante el período de barbecho, previo a la siembra de un cultivo destinado a la producción de

granos, y se interrumpe su crecimiento a través de la aplicación de herbicidas (Caviglia *et al.*; 2008). Con el objetivo de evaluar la respuesta por parte del cultivo del maíz a la fertilización nitrogenada, se realizaron ensayos de fertilización de dosis crecientes de N en maíces sembrados sobre distintos antecesores. Por un lado, sobre rastrojo de garbanzo como CS, y por otro, sobre un barbecho de invierno.

■ Materiales y métodos

Durante la campaña 2021-2022, en la localidad de Isca Yacu, perteneciente al Departamento Jiménez, provincia de Santiago del Estero, se llevaron a cabo ensayos de fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz con distintos antecesores: garbanzo como CS y barbecho invernal.

A principio de Mayo de 2021, en la mitad de un lote comercial de la firma Javicho SA se sembró garbanzo con el fin de secarlo químicamente y dejarlo en campo como cultivo de servicio sin ser incorporados al suelo. La siembra se realizó a un distanciamiento de 26 cm entre líneas con una densidad de 8 semillas por m lineal, siendo Chañarito la variedad de garbanzo sembrada. El momento del secado químico del cultivo fue el 23 de septiembre de 2021, es decir, que desde siembra del CS al secado tuvo un ciclo de 140 días aproximadamente. El resto del lote se dejó como barbecho invernal.



Materia seca del garbanzo y composición química del rastrojo

En el momento del secado químico del cultivo invernal se determinó el rendimiento de materia seca (kg/ha). La obtención de las muestras fue mediante un anillo de superficie conocida, tomando muestras del sitio del lote sembrado con garbanzo donde posteriormente se llevó a cabo el ensayo de fertilización en maíz. Dichas muestras fueron secadas en estufa hasta peso constante a una temperatura de 50°C, y por último, los pesos obtenidos fueron llevados a kg/ha, estimándose así el rendimiento de materia seca del CS por unidad de superficie. Posteriormente y con el fin de conocer las características químicas del garbanzo y el aporte que este hace al sistema, se realizaron determinaciones de nitrógeno orgánico total (%) y carbono orgánico total (%), por el método de Kjeldahl y de calcinación, respectivamente.

Determinación de agua útil

Nuestra región se caracteriza por presentar un régimen pluviométrico del tipo monzónico, ya que más del 80% de las precipitaciones anuales se dan durante el semestre cálido. Es decir, que el éxito de una buena implantación de un cultivo de invierno depende en gran medida de la humedad de suelo remanente del verano anterior. Motivo por el cual toma gran importancia la fecha de siembra de estos cultivos. De esta manera, cuanto más temprano sembremos el cultivo invernal, mayor probabilidad de éxito tendremos para la implantación de estos cultivos. Durante la campaña 2021-2022, desde Octubre a Mayo, las precipitaciones registradas en el lote en cuestión fueron de 408 mm, por debajo de lo normal para la zona. Se observó también un período sin lluvias de 25 días aproximadamente entre los meses de diciembre y enero. Además, durante ese mismo período, se registraron varios días con temperaturas superiores a los 40 °C.

Con el fin de evaluar la evolución del contenido de

humedad de suelo durante el ciclo del cultivo de invierno, se realizaron muestreos hasta 150 cm de profundidad para la determinación de mm de agua útil en ambos sitios dentro del lote comercial y en cuatro momentos diferentes: siembra del CS, secado del CS, siembra del cultivo de maíz y cuando el maíz presento seis hojas verdaderas (V6).

Fertilización en el cultivo de maíz

Durante el verano, en el cultivo de maíz sembrado sobre los distintos antecesores, se instalaron ensayos de fertilización nitrogenada con dosis crecientes. En la Tabla 1 pueden observarse los resultados de los análisis de suelo realizados antes de la siembra del maíz en ambos sitios del lote comercial.

En cada ensayo se evaluaron cinco tratamientos: un testigo absoluto sin fertilizar y cuatro tratamientos con dosis crecientes de N (50, 70, 90 y 110 kg/ha). El fertilizante nitrogenado fue Urea + inhibidor (46-0-0), aplicado superficialmente sin incorporar y en dosis dividida, es decir, 1/3 de dosis durante la siembra y el resto cuando el maíz tuvo 6 hojas verdaderas (V6). Durante este estadio fenológico, se realizó un muestreo de suelos para la determinación de nitratos hasta 60 cm de profundidad en ambos sitios, antes de la aplicación del fertilizante, y solo de los testigos absolutos sin fertilizar. En la Tabla 2 se observan los valores de NO₃⁻ de suelo en V6 del maíz, hasta 60 cm de profundidad. Como puede apreciarse, los contenidos de nitratos de suelo fueron mayores cuando el antecesor fue Garbanzo como CS, un 25% más de contenido comparado con el barbecho invernal.

El diseño experimental utilizado para los ensayos de fertilización nitrogenada en maíz fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. El análisis de la varianza de las medias de cada tratamiento fue realizado mediante Test LSD Fisher, con una probabilidad de error del 95% (P>0.05). Cada parcela estuvo constituida por seis líneas sembradas a 52 cm, con un largo de 10 m, sumando así una

Tabla 1. Resultado de análisis de suelo en sitios de ensayo de fertilización en maíz hasta 30 cm de profundidad. Isca Yacu 2021. Santiago del Estero - Argentina.

Antecesor o Sitio	pH	Sales (dS/m)	Carbonatos (%)	Textura estimada	Materia orgánica (%)	P Bray I (ppm)
Barbecho	6,5	0,4	-	Franco	1,3	25,7
Garbanzo CS	6,8	0,3	-	Franco	1,6	22,2



Tabla 2. Nitratos de suelos en el cultivo de maíz sembrados sobre distintos antecesores. Isca Yacu 2022. Santiago del Estero – Argentina.

Nitratos de suelo en V6 del maíz hasta 60 cm de profundidad (ppm)	
Barbecho Invernal	72 ppm
Garbanzo CS	90 ppm

superficie por parcela de aproximadamente 31 m². El híbrido sembrado en todo el lote comercial fue P2089 de Pioneer y la fecha de siembra el 21 de diciembre de 2021. Durante madurez del cultivo se cosecharon las espigas de tres líneas centrales de cada parcela, en una longitud de 5 m. Estas se trillaron en máquinas fijas para obtener el peso de granos de cada parcela, y finalmente se estimó rendimiento de granos en kg/ha corregidos por humedad del grano.

Resultados

En las Tablas 3 y 4 se muestran rendimientos de materia seca y características químicas del rastrojo de la leguminosa como CS realizados durante el invierno 2021 en Isca Yacu.

Como puede observarse en las Tablas 3 y 4, fueron aceptables los rendimientos de materia seca del garbanzo como CS para nuestra región. El valor promedio de nitrógeno orgánico total del rastrojo fue de 2% aproximadamente, mientras que el carbono orgánico total fue de 57%. Con respecto a la calidad del residuo, se observa una relación C/N de 26,5 como promedio de todas las muestras. Con estos rendimientos obtenidos en esta campaña el aporte de N orgánico fue de 88 kg/ha aproximadamente,

mientras que el aporte de carbono orgánico al sistema fue de 2320 kg/ha.

En la Figura 1, se puede observar el contenido de humedad de suelo (mm de agua útil) a la profundidad antes mencionada, en distintos momentos y para ambos sitios: Garbanzo CS Vs barbecho invernal.

El contenido de agua útil en el momento de la siembra de los CS fue de 96 mm aproximadamente. Luego de la siembra de invierno, en todos los momentos muestreados, el contenido de humedad de suelo del barbecho invernal fue mayor que en el sector del lote donde se sembró el garbanzo como CS. Las lluvias registradas posteriores al secado

Tabla 3. Rendimiento de materia seca de garbanzo y sus características químicas. Isca Yacu 2021. Santiago del Estero - Argentina.

CS	Rdto MS (kg/ha)	N org total (%)	C org total (%)	Relación C/N
Muestra 1	4854	1,8	57,3	31,8
Muestra 2	3579	2,3	55,0	23,9
Muestra 3	4648	1,9	50,1	26,4
Muestra 4	4409	2,1	49,9	23,7
Media Muestras	4372,5	2,0	57,1	26,5

Tabla 4. Aporte nutricional del garbanzo como CS. Isca Yacu 2021. Santiago del Estero - Argentina.

CS	Rdto MS (kg/ha)	N org total (%)	C org total (%)
Muestra 1	4854	87,4	2781,3
Muestra 2	3579	82,3	1968,5
Muestra 3	4648	88,3	2328,6
Muestra 4	4409	92,6	2200,1
Media Muestras	4372,5	87,7	2319,6

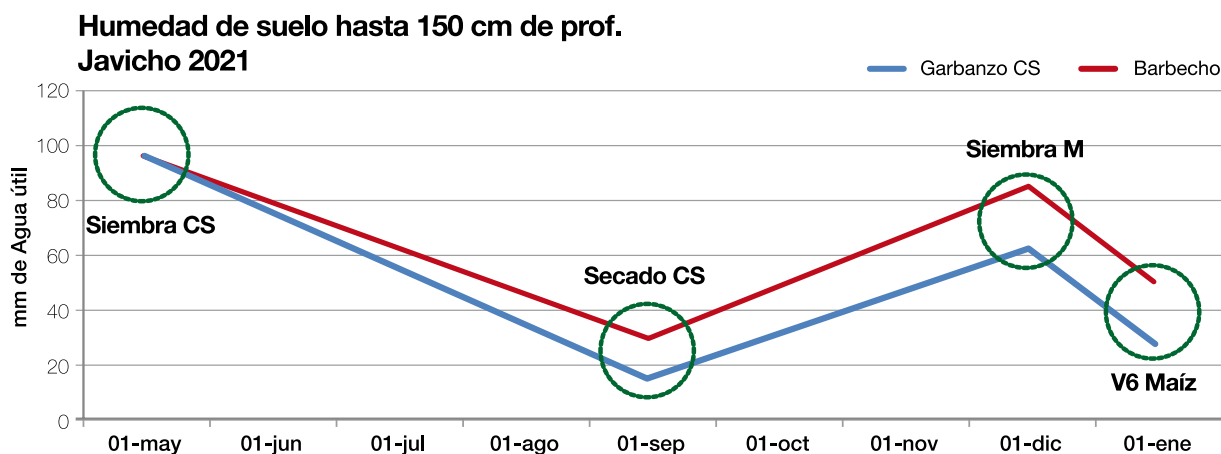


Figura 1. Contenido de humedad de suelo (mm de agua útil) hasta 150 cm de profundidad en tres momentos diferentes. Isca Yacu 2021. Santiago del Estero - Argentina.



del CS no fueron suficientes para que la recarga del perfil sea mayor en el sector del lote cubierto por el garbanzo.

Los rendimientos de granos en el cultivo del maíz obtenidos en cada uno de los tratamientos evaluados sobre los distintos antecesores pueden observarse en la Figura 2.

Como puede observarse en la Tabla 5, con ambos antecesores, el cultivo del maíz rindió más que el TA sin fertilizar cuando se agregó el fertilizante nitrogenado. Sin embargo, se observan rendimientos con diferencias significativas desde el punto de vista estadístico comparadas con su TA sin fertilizar, a partir de los 70 kg/ha de N o más. El rendimiento promedio del ensayo con antecesor garbanzo y barbecho, fue 7075 kg/ha y 8116 kg/ha, respectivamente. La diferencia de rendimientos del mejor tratamiento fertilizado comparado con el TA

Tabla 5. Rendimiento medio de maíz y diferencial de rendimiento con sus respectivos testigos absolutos sin fertilizar en los distintos antecesores de invierno. Isca Yacu 2022. Santiago del Estero - Argentina.

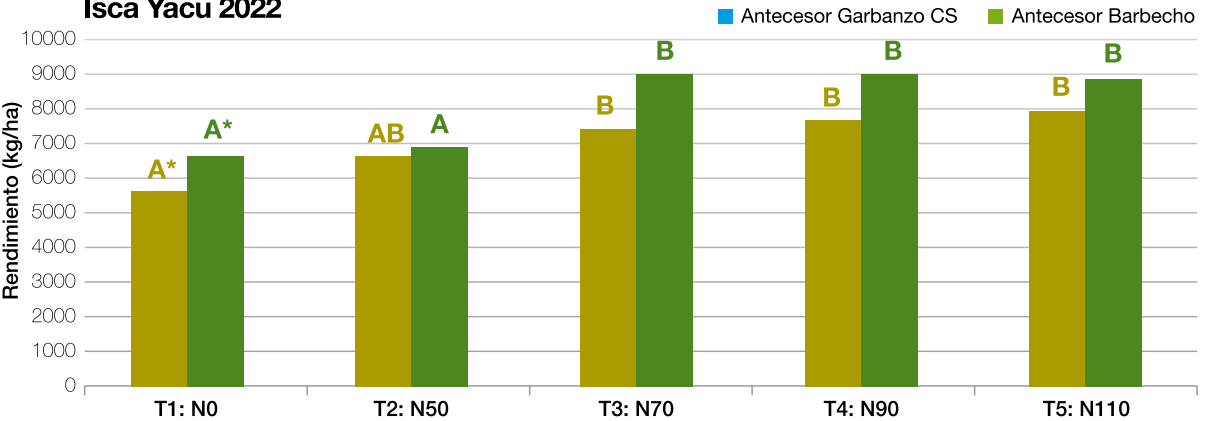
Tratamiento	Antecesor Garbanzo CS		Antecesor Barbecho	
	Rdto (kg/ha)	Dif Rdto con TA (kg/ha)	Rdto (kg/ha)	Dif Rdto con TA (kg/ha)
T1: N0	5619	0	6660	0
T2: N50	6699	1080	6929	269
T3: N70	7426	1808	9010	2349
T4: N90	7715	2096	9077	2417
T5: N110	7917	2298	8904	2244

sin fertilizar fue de 1808 kg/ha cuando el antecesor fue garbanzo como CS, mientras que con antecesor barbecho esa diferencia fue de 2349 kg/ha. En otras experiencias realizadas con siembras de maíz sobre distintos antecesores como cultivos de servicios y con condiciones de precipitaciones normales, no se observó respuesta de la gramínea de renta al agregado de nitrógeno cuando el antecesor fue una leguminosa (Robledo *et al.*, 2021).

Conclusiones

- Se obtuvieron aceptables rendimientos de materia seca del garbanzo como CS a pesar de los bajos contenidos de humedad de suelo determinados durante la siembra.
- El garbanzo como CS realizó un aporte importante al sistema. Por cada tonelada de materia seca aportó 20 kg/ha de N orgánico. El rastrojo presentó una relación C/N baja, lo que lo califica como un residuo de descomposición rápida dejando disponible en menor tiempo los nutrientes para el próximo cultivo de la rotación.
- En todos los momentos muestreados a partir del secado de los CS, incluso cuando el maíz presento 6 hojas verdaderas (V6), el contenido de humedad de suelo hasta 150 cm de profundidad fue siempre mayor a favor del barbecho como antecesor de la

Rendimiento maíz sobre distintos antecesores Isca Yacu 2022



*Letras distintas indican diferencias significativas con test LSD Fisher, con una probabilidad de error del 5% ($P > 0.05$).

Figura 2. Rendimientos medio de maíz (kg/ha) de cada tratamiento sobre distintos cultivos antecesores. Isca Yacu 2022. Santiago del Estero - Argentina.



gramínea. Explicando posiblemente la diferencia de los rendimientos del maíz sembrado sobre ambos antecesores. Durante la campaña pasada, el agua de suelo tuvo un papel fundamental en los rendimientos de la gramínea de renta.

- A pesar de presentar mayor contenido de nitratos de suelo hasta los 60 cm de profundidad cuando el antecesor fue garbanzo, no se vio reflejado en los rendimientos del maíz sembrado sobre el mismo.
- En ambos antecesores, el cultivo del maíz

respondió a la fertilización nitrogenada a partir de los 70 kg/ha, aproximadamente 150 kg/ha de producto comercial.

■ Agradecimientos

Un agradecimiento especial a todos los que forman parte de la firma Javicho SA, en especial a los Ings. Agrs. Pachin Mariona y Daniel Frascarolo, por permitirnos trabajar en los lotes comerciales de la empresa y llevar a cabo nuestros ensayos de fertilización de cultivos.

▼ Bibliografía citada

Robledo G., Sanzano G. A., Rojas Quinteros H., Gamboa D. y Devani M. 2021. Fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz sembrado sobre distintos antecesores. El cultivo de maíz en el NOA. Campaña 2019-2020. Publ. Espec. EEAOC (62): 57-62.

Fandos C.; P. Scandaliaris; J. Carreras Baldrés y F. Soria. 2012. Superficie cultivada con soja y maíz en Tucumán en la campaña 2011/2012 y comparación con campañas anteriores. Boletín Electrónico [En línea]. Disponible en: www.eeaoc.org.ar

Hernández, C.; F. Sosa; G. A. Sanzano; G. Robledo; D. E. Gamboa; C. Sotomayor; J. I. Romero; M. Morandini y H. Rojas Quinteros. 2011. Experiencia de fertilización en

maíz. En: Gamboa, D.; B. Lane Wilde; F. Goizueta y M. R. Devani (eds.). El maíz en el NOA. Campaña 2011/2012. Publ. Espec. EEAOC (46): 91-98.

Dantur, N. C.; C. F. Hernández; M. R. Casanova; V. Bustos y L. Guzmán. 1989. Evolución de las propiedades de los suelos de la Región Chaco-Pampeana de Tucumán bajo diferentes alternativas de producción. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 66 (1): 33-66.

Sánchez, H. A.; J. R. García; M. R. Cáceres y R. D. Corbella. 1998. Labranzas en la Región Chacopampeana Subhúmeda de Tucumán. En: Panigatti, J. L.; H. Marelli; C. Buzchiazio y R. Gil (eds.), Siembra Directa. INTA. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, R. Argentina, pp.

245-256.

Sanzano, G. A.; R. D. Corbella; J. R. García y G. S. Fadda. 2005. Degradación física y química de un Haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo. Ci Suelo (Argentina) 23 (1): 93-100.

Caviglia, O. P.; N. V. Van Opstal; V. C. Gregoratti; R. J. M. Melchiori y E. Blanzaco. 2008. El invierno: estación clave para intensificación sustentable de la agricultura. Agricultura sustentable. Actualización técnica. INTA Paraná. Septiembre de 2008, pp. 7-13.

Altieri, M. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Ed. Nordan-Comunidad.