



# Fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz sembrado sobre distintos antecesores

Gonzalo E. Robledo\*; G. Agustín Sanzano\*; Hugo Rojas Quinteros\*; Daniel Gamboa\*\* 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 de cultivos 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). Los resultados agronómicos de la agricultura de secano están fuertemente determinados por la eficiencia en la captación del agua de lluvia y por la reducción de pérdidas por escurrimiento y evaporación. Desde ese punto de vista, 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 entre dos cultivos de verano. Un cultivo de servicio (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, que es el de principal 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 residuos de estos cultivos juegan un papel importante tanto como “mulch” que favorece la conservación del suelo y el agua, así como un insumo para mantener la materia orgánica y restituir nutrientes al suelo (Schomberg *et al.*, 1994). 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).

La finalidad de estos cultivos es contribuir en el aporte de materia orgánica y nutriente, disminuir la erosión hídrica y eólica, reducir la población de malezas y, en lo posible, conservar la humedad del suelo.

Como recomendación general para un esquema de rotación soja-maíz se sugiere la implantación de una gramínea antes de la soja con el objetivo de lograr cobertura y absorber nitratos residuales de la fertilización del maíz. Antes del maíz, la inclusión de un cultivo de leguminosa como cobertura genera protección al suelo, reduce el requerimiento de fertilizante nitrogenado e incrementa el rendimiento potencial del cultivo principal.

Con el objetivo de evaluar el aporte de materia seca y nutriente de la biomasa generada por parte de los CS en un lote comercial, se realizó un seguimiento de los mismos durante el invierno. Además, durante



el verano se instalaron ensayos de fertilización nitrogenada en maíces sembrados sobre distintos antecesores como CS, para así evaluar la respuesta por parte del cultivo al agregado de nitrógeno (N).

## ■ Materiales y métodos

**D**urante la campaña 2019-2020, en la localidad de Isca Yacu, perteneciente a Departamento Jiménez, provincia de Santiago del Estero, se llevaron a cabo ensayos de fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz, con distintos cultivos antecesores utilizados como cultivos de servicios.

En la primera semana de mayo de 2019, en un lote comercial de la firma Javicho SA se sembraron distintos cultivos de servicios. Los cultivos involucrados durante el invierno fueron centeno, garbanzo, vicia villosa, mezcla de centeno + vicia villosa y mezcla de Centeno + garbanzo. Se sembró a un distanciamiento de 26 cm entre líneas. Además, a un sector del lote de aproximadamente 35 ha se lo dejó como barbecho de invierno. De esta manera, se completaron seis antecesores diferentes sobre los cuales fue sembrado el cultivo de maíz en el verano siguiente.

En el momento de secado de los CS se realizó la determinación de rendimiento de materia seca (kg/ha). Las mismas fueron realizadas en puntos georeferenciados mediante GPS. La obtención de las muestras fue mediante un anillo de superficie conocida, tomando muestras de cada uno de los antecesores como cultivos de servicios. Dichas muestras fueron secadas en estufa hasta peso constante a una temperatura de 60°C, y por último, los pesos obtenidos fueron llevados a kg/ha, estimándose así el rendimiento de materia seca de cada antecesor por unidad de superficie. A la vez, en el laboratorio de la sección Suelos y Nutrición Vegetal de la EEAOC, con el fin de conocer las características químicas de los CS y el aporte de estos al sistema, a cada muestra se le determinó nitrógeno orgánico total (%) y carbono orgánico total (%), por el método de Kjeldahl y por el método de calcinación, respectivamente. En las Tablas 1 y 2 se muestra rendimientos de materia seca y características químicas del rastrojo de cada uno de los CS evaluados.

Como puede observarse en las Tablas, fueron importantes los rendimientos de materia seca de cada uno de los CS, sobresaliendo el garbanzo.

Sin embargo, la vicia villosa mostró los valores más altos de nitrógeno orgánico total (%) en su rastrojo, aportando mayor cantidad de este nutriente en kg/ha al sistema. Por otra parte, pudo observarse que las leguminosas presentan una menor relación C/N, lo que le confiere al rastrojo de estas una mayor velocidad de descomposición. Cabe destacar que estos cultivos no llegaron a cosecha, ya que en floración se realizó un secado con herbicidas, y se dejaron los residuos en la superficie del suelo hasta la siembra del maíz, sin ser incorporados. La fecha de secado de los CS fue el 7 de octubre de 2019.

Nuestra región se caracteriza por 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.

**Tabla 1.** Rendimiento de materia seca de los distintos cultivos de servicios y sus características químicas. Isca Ycu 2019. Santiago del Estero – Argentina.

CS	Rdto MS (kg/ha)	N org. total (%)	C org. total (%)	Relación C/N
<b>Garbanzo</b>	7550	1,6	55,0	34,3
<b>Centeno + Vicia</b>	6550	2,1	54,1	25,8
<b>Centeno</b>	5720	0,7	55,4	85,2
<b>Garbanzo + Centeno</b>	6700	1,1	55,9	50,8
<b>Vicia villosa</b>	6430	2,4	51,7	21,5

**Tabla 2.** Aporte nutricional de los cultivos de servicios. Isca Yacu 2019. Santiago del Estero. Argentina.

CS	Rdto MS (kg/ha)	N org total (kg/ha)	C org total (kg/ha)
<b>Garbanzo</b>	7550	120,8	4148,7
<b>Centeno + Vicia</b>	6550	137,6	3543,6
<b>Centeno</b>	5720	37,2	3166,0
<b>Garbanzo + Centeno</b>	6700	73,7	3742,0
<b>Vicia villosa</b>	6430	154,3	3324,3

## ■ Determinación de agua útil

**C**on el fin de evaluar la evolución del contenido de humedad de suelo durante el ciclo de los cultivos de invierno, se realizaron muestreos en cada uno de los antecesores del maíz. Se realizaron en los puntos donde se tomaron las muestras para materia seca hasta una profundidad de 150 cm y en tres momentos: siembra de los CS, secado de los CS y siembra de cultivo de maíz. En



las Figuras 1 y 2 pueden observarse los valores de agua útil en distintas profundidades y en los distintos momentos.

Hasta los 150 cm de profundidad, el contenido de agua útil en el momento de la siembra de los CS fue de 110 mm. En el momento del secado el barbecho presentó mayor contenido de humedad en el perfil, 22 mm en todo el perfil, y valores cercanos a 0 mm para el resto de los cultivos. Sin embargo, en el momento de la siembra de verano los contenidos de humedad de algunos cultivos se acercaron mucho a los contenidos del barbecho invernal.

Cuando analizamos el contenido de humedad hasta los 100 cm de profundidad puede observarse que en el momento de la siembra de los CS el contenido de agua útil fue de 95 mm. En el momento del secado de los mismos, el barbecho presentó 11 mm de agua útil y prácticamente nada en los CS. Sin embargo, cuando se sembró el maíz, el contenido de humedad en el centeno fue mayor que en el barbecho. De aquí la importancia de tener el lote con cobertura para la recarga de humedad en el suelo, desde el secado de los CS hasta la siembra del verano. La evaluación de la disponibilidad de agua en el perfil del suelo, en ensayos de sistemas productivos de granos

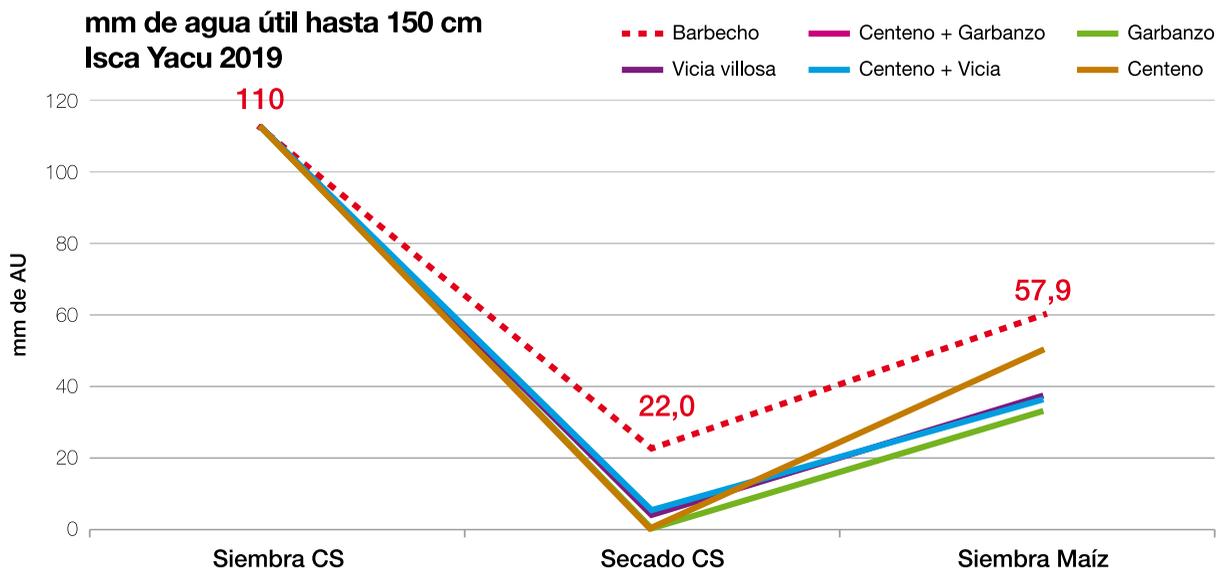


Figura 1. Contenido de humedad de suelo (mm de agua útil) hasta 150 cm de profundidad en tres momentos diferentes. Isca Yacu 2019. Santiago del Estero – Argentina.

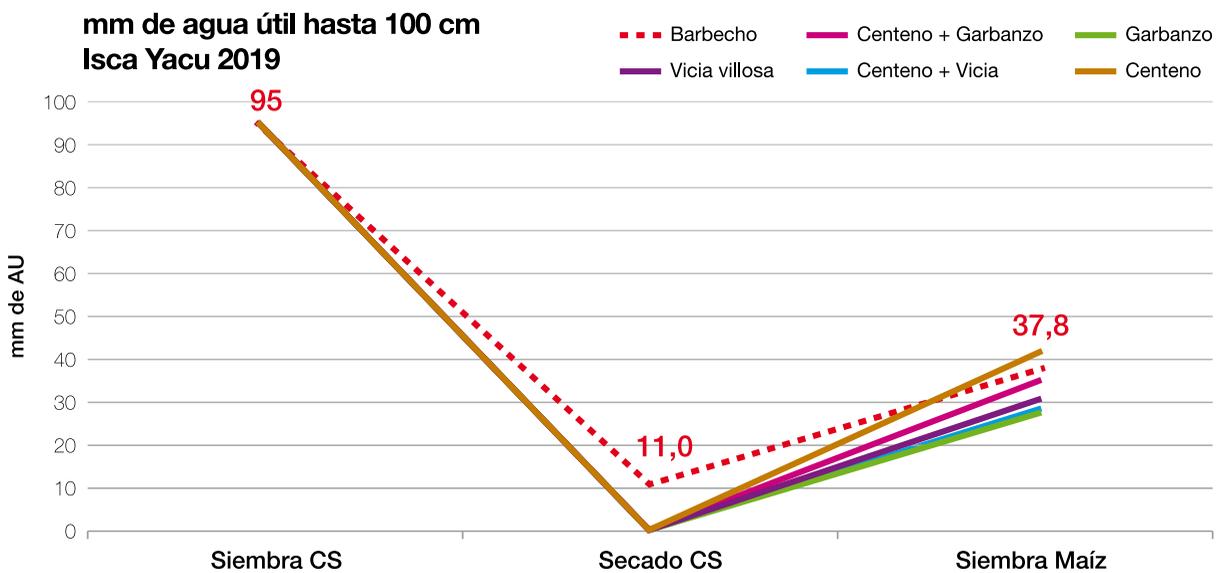


Figura 2. Contenido de humedad de suelo (mm de agua útil) hasta 100 cm de profundidad en tres momentos diferentes. Isca Yacu 2019. Santiago del Estero – Argentina.



en la subestación Monte Redondo, demuestra la importancia de la inclusión de estos cultivos para la disminución de la densidad aparente del suelo y el aumento de la tasa de infiltración de agua en los mismos.

### Fertilización en el cultivo de maíz

Durante el verano, en el cultivo de maíz sembrado sobre los antecesores se montaron ensayos de fertilización nitrogenada con dosis crecientes de nitrógeno solo en tres de los antecesores antes evaluados: barbecho invernal, vicia villosa y centeno. En la Tabla 3 pueden observarse los resultados de los análisis de suelo realizados antes de la siembra del maíz en los sitios de ensayos.

En cada ensayo se evaluaron cinco tratamientos: un testigo absoluto sin fertilizar, un tratamiento con base de fósforo (45 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y tres tratamientos con base de fósforo más dosis crecientes de nitrógeno: 50, 70 y 90 kg/ha. El fertilizante fosfatado utilizado fue el Superfosfato Triple de Calcio (SPT: 0-46-0; 12% Ca), aplicado superficialmente y durante la siembra; y el fertilizante nitrogenado fue Urea (46-0-0), también aplicado superficialmente, pero en este caso se aplicó cuando el maíz presentaba cinco a seis hojas verdaderas (V5-V6). Además, en el mismo estadio del maíz se determinaron nitratos de suelo hasta los 60 cm de profundidad en cada uno de los sitios donde fueron instalados los ensayos, antes de la aplicación del fertilizante nitrogenado, y solo de los testigos absolutos. En la Tabla 4 se observan los valores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en suelo en el estadio V6 del maíz, hasta 60 cm de profundidad. Como

puede apreciarse, los contenidos de nitratos de suelo fueron mayores cuando el antecesor fue una leguminosa, mientras que sobre antecesor gramínea se observaron los menores valores.

El diseño experimental utilizado para los ensayos de fertilización nitrogenada fue en bloques al azar con tres repeticiones. El análisis de la varianza de las medias de cada tratamiento fue realizado mediante Test Tukey, 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, sumándose así una superficie por parcela de aproximadamente 31 m<sup>2</sup>. Durante la 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 estimar rendimiento de granos en kg/ha.

### Resultados y discusión

Los rendimientos de materia seca de los CS fueron muy elevados, dejando mayor cantidad de nitrógeno orgánico en sus residuos para el cultivo de verano. La relación C/N del residuo de la leguminosa es más baja que el de la gramínea, dejando en superficie un residuo de mayor velocidad de descomposición y permitiendo liberar los nutrientes en menor tiempo para el cultivo del maíz.

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 3.

**Tabla 3.** Resultado de análisis de suelo en sitios de ensayo de fertilización en maíz hasta 30 cm de profundidad. Isca Yacu 2019. Santiago del Estero – Argentina.

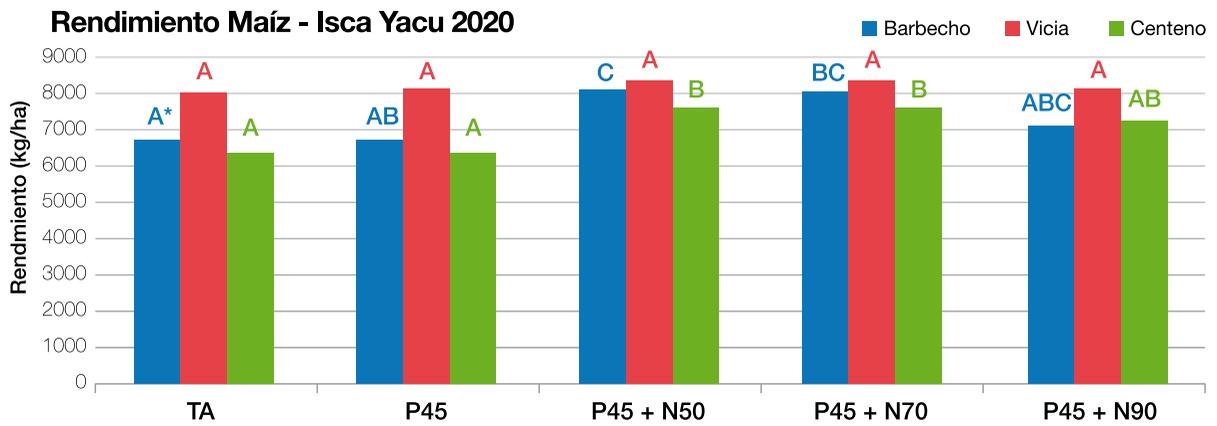
Antecesor	pH	Sales (dS/m)	Carbonatos (%)	Textura estimada	Materia orgánica (%)	P Bray I (ppm)
Barbecho	6.8	0.4	0.0	Franco	1.8	20
Vicia villosa	6.9	0.4	0.1	Franco	1.6	48
Centeno	6.7	0.3	0.0	Franco	1.5	23

**Tabla 4.** Nitratos de suelos en el cultivo de maíz sembrados sobre distintos antecesores como CS. Isca Yacu 2019. Santiago del Estero – Argentina.

Nitratos de suelo en V6 hasta 60 cm de profundidad (ppm)			
Prof. (cm)	Barbecho invernal	Vicia villosa	Centeno
0-30	31,95	32,71	13,75
30-60	22,88	30,15	14,68
<b>TOTAL</b>	<b>54,83</b>	<b>62,86</b>	<b>28,43</b>

En los tres sitios evaluados los rendimientos de los tratamientos fertilizados con N fueron superiores a sus respectivos testigos absolutos. Cuando el antecesor fue vicia villosa, el cultivo de maíz no respondió a ninguna de las dosis de N evaluadas en el ensayo, lo que sugeriría la suplantación de la dosis de este nutriente en los fertilizantes sintéticos por la utilización de una leguminosa como CS.

Sin embargo, cuando el maíz se sembró sobre una gramínea o sobre barbecho invernal, los tratamientos de 50 y 70 kg/ha de N se diferenciaron significativamente de sus testigos absolutos. Por otra parte, puede observarse en los sitios ensayados



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

Figura 3. Rendimiento medio de maíz (kg/ha) de cada tratamiento sobre distintos cultivos antecesores. Isca Yacu 2019. Santiago del Estero – Argentina.

cómo los contenidos de nitratos de suelo, hasta los 60 cm de profundidad, varían con los distintos CS como antecesores, observándose mayores contenidos de nitratos de suelo en V6 del maíz cuando el antecesor fue una leguminosa. De este modo, las respuestas por parte del cultivo del maíz al agregado de N son también distintas.

### Conclusiones

Hubo una asociación importante entre los contenidos de nitratos de suelo en V6 del maíz y la respuesta por parte del cultivo a la fertilización nitrogenada.

Realizar CS en invierno tiene un gasto hídrico importante; sin embargo, la recarga de agua por parte del perfil del suelo desde el momento del secado de los CS fue mayor en los tratamientos con CS comparados con el barbecho invernal.

La siembra temprana de los CS se traduciría en altos rendimientos de materia seca, y por lo tanto, de

nitrógeno y carbono orgánico total. Si bien se trata del análisis de una sola campaña, la repetición de estas evaluaciones en los próximos años permitirá brindar mayor solidez a estas consideraciones.

La vicia villosa como cultivo de servicio hizo un buen aporte de nitratos para el cultivo de maíz. Además, por presentar una relación C/N baja, el residuo de aquella es de rápida descomposición, dejando los nutrientes disponibles en menor tiempo para el siguiente cultivo.

Al momento de fertilizar, es importante tener en cuenta el cultivo antecesor para determinar la dosis de nitrógeno necesaria.

### Agradecimientos

Un agradecimiento a todos los que componen la firma Javicho SA, en especial a los Ing. Agr. Pachin Mariona y Daniel Frascarolo por permitirnos trabajar en los lotes comerciales de la empresa.



## Bibliografía citada

**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](http://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. Buzchiazzo 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.

Schomberg, H. H.; P. B. Ford and W. L. Hargrove. 1994. Influence of crop residues on nutrient cycling and soil chemical properties. In Managing Agricultural Residues. Ed. P. Unger. Chapter 6 pp 100-116.