

Vicia y avena como cultivos de cobertura en maíz*

J. Capurro¹, M.J. Dickie², D. Ninfi³, A. Zazzarini³, E. Tosi³ y M.C. González⁴

Introducción

En los sistemas agrícolas difundidos en el sur de la provincia de Santa Fe, el maíz se implanta frecuentemente en suelos de baja fertilidad. Si bien usualmente el productor destina al cultivo los mejores lotes de su establecimiento, la mayoría de estos tienen niveles de nutrientes por debajo de los requeridos para una producción normal. Esta baja fertilidad generalizada de los suelos es producto de la falta de equilibrio entre lo aportado y exportado en materia de nutrientes, en las últimas décadas en la región (Capurro, 2010). Los cultivos de cereales (maíz y trigo) presentan menores necesidades de nutrientes por tonelada de producto que los cultivos oleaginosos (girasol y soja); sin embargo, la diferente productividad de los cultivos, fuertemente relacionada al ambiente, puede modificar esa relación, reduciendo o invirtiendo las diferencias entre cultivos (Dreccer, 2003).

Los requerimientos nutricionales del cultivo de maíz son de aproximadamente 22 kg de nitrógeno (N), 4 kg de fósforo (P), 19 kg de potasio (K), 4 kg de azufre (S), 3 kg de magnesio (Mg) y 3 kg de calcio (Ca) por tonelada de grano producido. El índice de cosecha (IC) para estos nutrientes es de 0.66, 0.75, 0.21, 0.35, 0.50 y 0.10, respectivamente (Ciampitti y García, 2007).

El rendimiento del cultivo de maíz es el resultado de la habilidad de la planta en la absorción, asimilación y utilización del N durante el crecimiento vegetativo y la posterior removilización del N adquirido hacia la espiga durante el período de llenado de granos (Muchow, 1998; Below, 2002).

Los cultivos de cobertura (CC) se siembran en una ventana de tiempo y espacio normalmente no ocupado por cultivos de cosecha de granos. El CC no se realiza con el objetivo de obtener granos; por el contrario, su inclusión en la secuencia apunta a mejorar condiciones edáficas, especialmente la fertilidad nitrogenada cuando se incluyen especies leguminosas, esperando que ello redunde en mejores rendimientos para los cultivos siguientes en la rotación (Lorenzatti, 2009).

Para lograr la sustentabilidad del sistema de producción debemos mejorar el balance de carbono (C) a través de un mayor aporte de biomasa vegetal. En este sentido, los CC son una herramienta agronómica ideal porque cumplen el doble rol de aportar C e incrementar el potencial de rendimiento del maíz, haciéndolo económicamente más competitivo respecto al cultivo de soja, estimulando su inclusión en la rotación (Ruffo y Parsons, 2004). Una gran variedad de leguminosas y gramíneas adecuadas para cada

ambiente en particular, han sido usadas como CC. En general, en el momento de terminación o secado de los CC, las leguminosas tienen una relación C:N más baja que las gramíneas. Debido a esto, el residuo de las leguminosas se descompone más rápidamente, aportando N para el cultivo siguiente también en forma más rápida (Miguez et al., 2009).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto de la inclusión de distintos CC y de la fertilización nitrogenada en la productividad de maíz, en Argiudoles del sur de la provincia de Santa Fe.

Materiales y métodos

Los ensayos se establecieron durante la campaña 2010/11 en dos ambientes: un suelo Argiudol típico serie Correa, con 16 años bajo agricultura continua (Materia orgánica, MO = 26.1 g kg⁻¹, P Bray = 15.1 mg kg⁻¹, pH = 5.6) y un suelo Argiudol acuíco serie Armstrong, con 22 años bajo agricultura continua (MO = 25.9 g kg⁻¹, P Bray = 9.8 mg kg⁻¹, pH = 5.8). La serie Correa es un suelo profundo, oscuro, bien drenado, ubicado en áreas fuertemente onduladas (Carta de Suelos de la Rep. Argentina, Hoja Cañada de Gómez y Rosario) y la serie Armstrong es un suelo oscuro, profundo y moderadamente bien drenado, que se desarrolla en un paisaje llano o de lomadas con muy escasas pendientes (Carta de Suelos de la Rep. Argentina, Hoja Armstrong). La posición en el relieve era de loma en el ambiente Correa y de bajo en el ambiente Armstrong.

Cada sitio experimental incluyó tres tratamientos de cobertura invierno primaveral, y tres sub-tratamientos de fertilización nitrogenada sobre el cultivo de maíz posterior, que se detallan en la (Tabla 1). Todos los tratamientos recibieron una fertilización a la siembra de 20 kg ha⁻¹ de P + 20 kg ha⁻¹ de S.

El diseño experimental utilizado fue de parcelas divididas, con los tratamientos de cobertura en las parcelas mayores y los sub-tratamientos de fertilización en las parcelas menores. Las unidades experimentales se distribuyeron en bloques aleatorizados con 3 repeticiones.

La densidad de siembra de los CC fue de 30 kg ha⁻¹ + 30 kg ha⁻¹ para el tratamiento A+V y 45 kg ha⁻¹ para V, a 0.175 m entre líneas de siembra. Los CC crecieron durante 141 días y su crecimiento se suprimió a mediados de octubre de 2011, durante el estadio de floración a fructificación, con aplicaciones de glifosato + 2,4 D.

Al momento de secado se evaluó la producción de materia seca aérea total (MS) de los CC en kg ha⁻¹ y la concentración de C, N, P y S, en porcentaje (%) de los tejidos vegetales.

¹ AER, INTA. Cañada de Gómez. Lavalle 1466 (2500, Cda de Gómez). Correo electrónico: inta@steelcdg.com.ar

² FCA, UNR. Correo electrónico: mdickie@unr.edu.ar

³ Asesor Técnico

⁴ EEA, INTA. Oliveros

* Presentado en el XXIII Congreso Argentino y XIX Latinoamericano de la Ciencia del Suelo – Mar del Plata, Abril 2012 – AACS y SLCS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos (cultivo de cobertura previo y dosis de N sobre maíz) evaluados en los sitios del sur de Santa Fe. Campaña 2010/11.

Tratamiento	Dosis de N sobre maíz, kg ha ⁻¹	
Testigo (T)	N0	0
	N50	50
	N100	100
<i>Avena sativa</i> + <i>Vicia villosa</i> (A+V)	N0	0
	N50	50
	N100	100
<i>Vicia villosa</i> (V)	N0	0
	N50	50
	N100	100

El cultivo de maíz, Dekalb 747 MG RR2, se sembró el 2 de diciembre de 2011 en siembra directa, con una densidad de 76 000 pl ha⁻¹. Los sub-tratamientos de fertilización nitrogenada, se incorporaron al suelo en el momento de la siembra del maíz. A la cosecha se determinó el rendimiento de maíz en kg ha⁻¹.

Durante el desarrollo de la experiencia, los ambientes presentaron diferencias en el régimen de lluvias. Como puede observarse en la **Figura 1**, las lluvias primaverales fueron favorables en el ambiente Armstrong, si bien en los dos sitios las precipitaciones estuvieron por debajo de la media histórica de la región. El sitio Correa fue el más afectado por el déficit hídrico, con sólo el 49% de las lluvias históricas de septiembre a diciembre. Esto posiblemente se vio agravado por su condición de loma en el relieve del paisaje, con la napa freática a mayor profundidad que el sitio Armstrong.

Resultados y discusión

La producción de MS de los CC en los dos ambientes y el contenido de nutrientes en tejidos vegetales, se muestran en la **Tabla 2**. El tratamiento V produjo significativamente menos MS que A+V en ambos ambientes. Con un estadio fenológico más avanzado, la producción de MS en el sitio

Correa fue superior respecto de Armstrong en ambos tratamientos de cobertura.

Los contenidos de C aportados por V fueron menores que los incorporados por A+V en ambos sitios. Asimismo, los porcentajes de N fueron inferiores en los tejidos de A+V con respecto a V al momento de secado. Por tanto, la relación C:N de los tejidos de A+V fue más alta que la de V, en los dos sitios evaluados. Por último, los porcentajes de P y S en la MS, manifestaron diferencias entre los distintos CC, observándose valores más elevados en V, respecto de A+V.

El maíz llegó al estadio R1 (Ritchie et al., 1996) a los 52 y 56 días de la emergencia en cada localidad, durante la primera semana de febrero de 2011 y, coincidente con este estadio fenológico, se produjo una lluvia de gran magnitud que favoreció al cultivo en su período más crítico en cuanto a definición del rendimiento.

Los rendimientos de maíz en los sitios Armstrong y Correa se muestran en las **Figuras 2 y 3**, respectivamente.

En Armstrong, los promedios de rendimiento para los tratamientos de cobertura fueron: 9253, 11 731, y 9138 kg ha⁻¹ para los tratamientos T, V y A+V, respectivamente.

El antecesor *Vicia villosa* (V) rindió significativamente más que los otros antecesores según Duncan al 5%. Considerando todos los tratamientos de cobertura, los promedios de rendimiento para los sub-tratamientos de fertilización nitrogenada fueron: 11 753, 10 782 y 7587 kg ha⁻¹ para N100, N50 y N0, respectivamente, siendo los dos primeros significativamente superiores al N0, según Duncan al 5%. Los rendimientos de maíz sobre V+N100 y V+N50 superaron al rendimiento de maíz sin CC (T+N100) por 2597 kg ha⁻¹ y 1290 kg ha⁻¹, respectivamente. Estas diferencias probablemente se debieron al aporte del N liberado por los rastrojos del CC de la leguminosa. Por el contrario, el maíz sobre A+V+N100, rindió 1007 kg ha⁻¹ menos que el maíz T+N100, mostrando un efecto del antecesor bastante marcado.

En el ambiente Correa, las medias de rendimiento de maíz sobre los tratamientos de cobertura fueron: 6712, 6905, y 5906

Tabla 2. Producción de materia seca (MS) y aporte de nutrientes de los cultivos de cobertura *Vicia villosa* (V) y *Avena sativa* + *Vicia villosa* (A+V) en Armstrong y Correa. Campaña 2010/11.

	----- Armstrong -----				----- Correa -----			
	----- V -----		----- A+V -----		----- V -----		----- A+V -----	
MS (kg ha ⁻¹)	2903 b*		4647 a		3290 b		8199 a	
Nutrientes	kg ha⁻¹	%	kg ha⁻¹	%	kg ha⁻¹	%	kg ha⁻¹	%
C	1093 b	37.64	1820 a	39.1	1201 b	36.5	3261 a	39.8
N	87.96	3.03 a	90.16	1.94 b	75.0	2.28 a	92.7	1.13 b
S	4.93	0.17 a	5.6	0.12 b	5.3	0.16 a	9.83	0.12 b
P	11.61	0.40 a	13.5	0.29 b	12.2	0.37 a	15.6	0.19 b
Relación C:N	12.42 b		20.18 a		16.01 b		35.18 a	

* En cada ambiente, letras distintas muestran diferencias significativas entre tratamientos según Duncan al 5%.

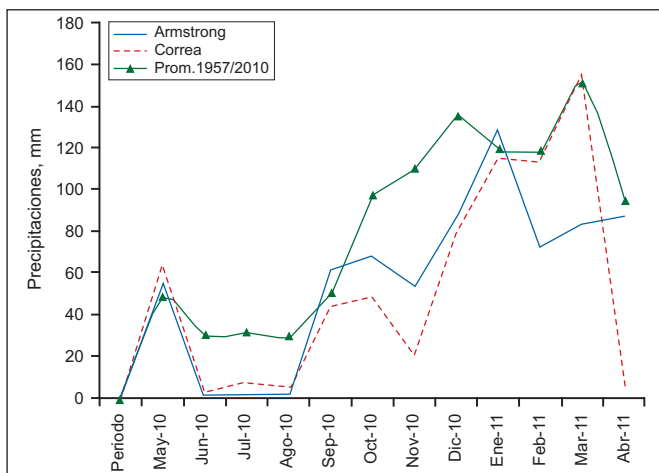


Figura 1. Precipitaciones registradas en los sitios Armstrong y Correa desde mayo de 2010 a mayo de 2011 y promedios mensuales históricos del periodo 1957-2010.

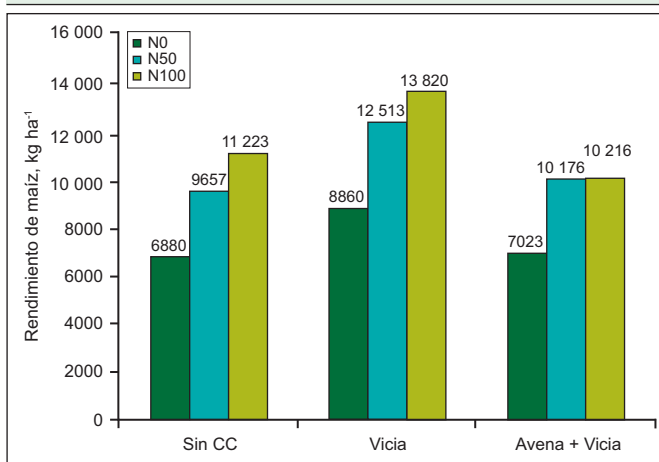


Figura 2. Rendimientos de maíz según cultivo de cobertura previo y dosis de N aplicada. Armstrong, Santa Fe. Campaña 2010/11.

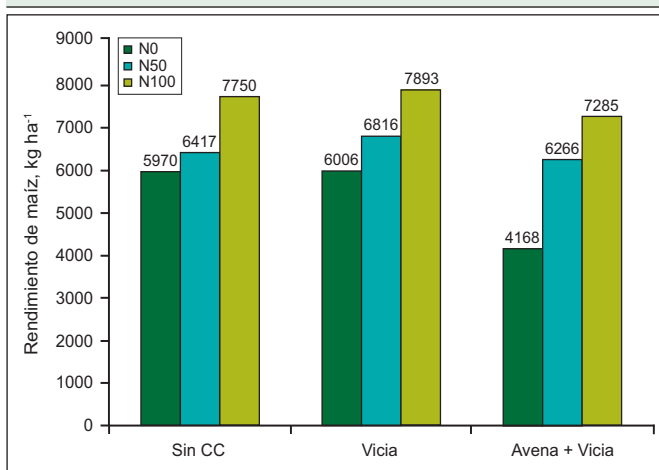


Figura 3. Rendimientos de maíz según cultivo de cobertura previo y dosis de N aplicada. Correa, Santa Fe. Campaña 2010/11.

kg ha⁻¹ para T, V, y A+V, respectivamente. Los tratamientos T y V no presentaron diferencias significativas en rendimiento de maíz entre sí, pero rindieron significativamente más que el maíz sobre A+V. Los promedios de rendimiento para los subtratamientos de fertilización fueron: 7642, 6500 y 5381 kg ha⁻¹ para N100, N50 y N0, respectivamente. Todos los niveles de N evaluados presentaron diferencias significativas entre sí según Duncan al 5%.

Conclusiones

El efecto del CC sobre la productividad del maíz fue variable según el ambiente evaluado, el CC considerado y el nivel de N aplicado:

- En el ambiente más húmedo, se obtuvieron rendimientos de maíz significativamente superiores cuando el cultivo antecesor fue *Vicia villosa*.
- En ambos ambientes, la mezcla *Avena sativa* con *Vicia villosa*, resultó en rendimientos de maíz menores respecto a utilizar solo *Vicia villosa*, e incluso no mostró mejoras respecto a no utilizar CC, que fue superior en algunos casos.
- Independientemente de agregar un CC previo al cultivo, el agregado de N sobre el maíz produjo siempre incrementos significativos en los rendimientos.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer especialmente a los Sres. Hernán Bazzi y Gerardo Savoretti y a sus familias, productores que aportaron su tiempo y esfuerzo para la realización de este trabajo; a los Sres. Daniel Pettinari y Daniel Peloni, Gerentes de la Cooperativa Agropecuaria de Armstrong Ltda., y de la Sociedad Agropecuaria de Correa Coop. Ltda., y a los Consejos de Administración de estas instituciones, por su apoyo al trabajo conjunto con INTA.

Bibliografía

- Below, F. 2002. Nitrogen metabolism y crop productivity, pp. 385-406, In M. Pessaraki, ed. Handbook of plant y crop physiology, Second edition. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Capurro, J., J. Monti, M.J. Dickie, y M.C. González. 2010. Vicia y Fertilización Nitrogenada en Maíz. Revista PMP Maíz INTA Oliveros.
- Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3360-13 y 14. Cañada de Gómez y Rosario y Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3363-18. Armstrong.
- Ciampitti, I.A., y F. García. 2007. Requerimientos nutricionales de macronutrientes y nutrientes secundarios. I. Cereales, Oleaginosas e Industriales. Archivo Agronómico No. 11. Informaciones Agronómicas No. 37. IPNI Cono Sur. Buenos Aires.
- Drecker, M., R. Ruiz, G. Maddonni, y E. Satorre. 2003. Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano. Cap. 18. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía (EFA). UBA. Buenos Aires: 481-497.
- Lorenzatti, S., y J. Romagnoly. 2009. La evolución silenciosa de la siembra directa y el desafío de las rotaciones con cultivos de cobertura. Simposio Fertilidad 2009. IPNI.
- Miguez, F., M. Villamil, S. Crandall, M. Ruffo, y G. Bollero. 2009. Los efectos de los cultivos de cobertura sobre los rendimientos de maíz. En: García F.O. e I.A. Ciampitti (Ed.). Simposio Fertilidad 2009. 12-13 de Mayo 2009. Rosario. Santa Fe. IPNI Cono Sur y Fertilizar AC.
- Muchow, R. 1998. Nitrogen utilization efficiency in maize y grain sorghum. Field Crops Res. 56:209-216.
- Ritchie, S.W., J.J. Hanway, y H.E. Thompson. 1996. Como se desarrolla una planta de maíz. Reporte Especial No. 48. Coop. Ext. Serv. Iowa State University. Ames, Iowa, EE.UU. Traducida al español por IPNI Cono Sur (Octubre 2003).
- Ruffo, M., y A. Parsons. 2004. Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas. Informaciones Agronómicas del Cono Sur No. 21. INPOFOS Cono Sur. Buenos Aires: 13-20. ★