



Estación Experimental Agropecuaria
Marcos Juárez

Análisis económico del cultivo de maíz sobre vicia utilizada como cultivo de cobertura

Bojanich, Marcos¹; Baigorria, Tomás²; Lardone, Andrea³; Cazorla, Cristian².
Área Suelos y Producción Vegetal. ¹ Instituto LaSalle (Rosario). ² EEA INTA Marcos Juárez. ³
UN Río Cuarto. Email: marcosbojanich@gmail.com

Introducción

En Argentina el cultivo de maíz es el tercero en producción luego de la soja y la caña de azúcar (FAO, 2010). Durante las tres últimas décadas la superficie sembrada se redujo un 40% y la productividad aumentó un 170%, alcanzando en la campaña 08/09 3,49 mill/ha sembradas y un rendimiento promedio de 5.596 kg/ha, En la provincia de Córdoba, para el mismo período, se determinó una superficie de 1,14 mill/ha, con un rendimiento promedio de 6.617 kg/ha (SAGPyA, 2010). El grano de maíz es el insumo clave de una creciente variedad de industrias, que abarcan desde su uso como alimento humano y forraje de las producciones de carne o leche, hasta su procesamiento industrial, cuyo producto final es bebida, alimento o biocombustible (MAIZAR, 2006).

La fertilización es una práctica de manejo de los cultivos que permite lograr mayores rendimientos por unidad de superficie (Bono y Romano, 2007). Los aumentos de producción se deben en más del 55% al uso de fertilizantes, por lo que el consumo de los mismos, mundial y nacional, ha aumentado sustancialmente en las últimas décadas en Argentina a partir de la década del 90 (FAO, 2004).

En este sentido, después de la disponibilidad hídrica, el Nitrógeno (N) es el nutriente que mayormente limita la producción de los cultivos en secano en la Región semiárida y subhúmeda pampeana (Echeverría & Sainz Rosas, 2000). Los contenidos de N disponible para las plantas en el suelo son insuficientes para cubrir los requerimientos de maíces de alto rendimiento (240 a 300 kg/ha N), por lo cuál la práctica de fertilización nitrogenada provee N en cantidad para un estado fisiológico óptimo en floración, momento en donde se define el rendimiento (Andrade et al., 1996).

En el mercado existe gran variedad de fertilizantes inorgánicos a los que el productor comúnmente recurre para la nutrición de sus cultivos. Como consecuencia de uso excesivo y/o mal uso, se producen efectos no deseados de sus aplicaciones, tales como dispersión de N en el ambiente mediante fenómenos de volatilización, lixiviación y desnitrificación, produciendo serios problemas ambientales de contaminación nítrica, lo que produce potenciales efectos sobre la salud humana y animal (Fernández, 2001).

Existe otra alternativa de fertilización, de tipo orgánica, mediante los cultivos de cobertura, en este caso específico mediante especies leguminosas que fijan N atmosférico, mientras que las gramíneas reducen las pérdidas de nitratos por lixiviación (Ruffo y Bollero, 2003). Los CC de invierno mejoran la producción de maíz y la disponibilidad de N del suelo (Torbert et al., 1996).

Los CC se establecen en el período de tiempo entre la cosecha del cultivo de grano de verano y la siembra del siguiente cultivo de verano, y no son pastoreados, incorporados, ni cosechados (Álvarez y Scianca, 2007). Entre sus funciones se encuentran la cobertura y protección del suelo, la captura de nutrientes móviles como N y Azufre (S) y la liberación posterior de los mismos como resultado de su descomposición, el aporte de carbono, el aumento en la eficiencia en el uso del agua, control de malezas, plagas y enfermedades, y depresión de la napa freática.

La limitante de los CC es el consumo de agua, por lo que el momento de secado debería ser anterior a la máxima demanda de los mismos, periodo correspondiente a la floración en el caso de leguminosas, y en encañazón en el caso de gramíneas (Casas, 2007). Esto además se encuentra fuertemente determinado por las condiciones ambientales del sitio en estudio.

La Vicia villosa una especie leguminosa que se adapta de forma óptima como CC de invierno y presenta beneficios como antecesor del cultivo de maíz, ya que posee la capacidad de fijar N atmosférico, permitiendo disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados (Ernst, 2004). Dependiendo de la duración del ciclo y el estado de desarrollo, la vicia puede fijar un 3 % de N en su biomasa, por lo que se pueden incorporar hasta 30 kg. de N por tn de materia seca producida (Restovich et al., 2008). Además la mineralización del N se encuentra facilitada por la baja relación C/N de sus tejidos (Fageria et al., 2005; Restovich et al., 2008).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de Vicia villosa como cultivo de cobertura y su interacción con la fertilización nitrogenada sobre la producción del cultivo de maíz.

Materiales y métodos

Para la realización del presente trabajo se utilizaron datos de ensayos realizados en la EEA INTA Marcos Juárez de la campaña 08/09. Sobre rastrojo de soja de primera se implantó un cultivo de vicia como cobertura para observar efectos en el rendimiento del cultivo de maíz. En el diseño del ensayo se incluyó un tratamiento testigo sin la utilización de CC denominado barbecho (B), y vicia villosa (V). Se realizó una aplicación de 1,5 l de glifosato previo a la siembra y luego se sembró V con una densidad de 40 kg/ha, a una distancia entre surcos de 0,175 m.

Para finalizar el ciclo de la vicia se realizó una pulverización con 2 l de glifosato y 1,5 l de atrazina. El 22/10/08 se sembró a 0,52 m de separación entre hileras, un híbrido MG RR2 190 con una densidad de 90.000 pl/ ha y se fertilizó con 110 kg/ha de MAP azufrado. Luego en V6 a la mitad de las parcelas principales se les aplicó un factor fertilización con la adición de 280 kg/ha de urea granulada al voleo.

En la campaña 09/10 se realizó un ensayo con características similares al de la campaña anterior, también sobre rastrojo de soja. El 30/03/10 se sembró V con una densidad de siembra de 40 kg/ha a una distancia de 0,175 m. El 22/10 se realizó una pulverización con 3 l de glifosato para interrumpir el ciclo de V. En las parcelas B previo a la siembra se realizó una aplicación de 2 l de glifosato para controlar malezas. El maíz se sembró el 04/10 con una densidad para lograr 90.000 pl/ha. En el mes de Enero se realizó una aplicación de glifosato post-emergencia en las parcelas B. El 07/01 se aplicaron 2 tratamientos de fertilización: 0 N y 100 N con urea aplicada al voleo.

Para estimar el costo de implantación de los CC se plantearon diferentes escenarios probables según condiciones del lote a sembrar y los insumos disponibles. El costo

total estuvo integrado por los insumos semillas, herbicidas, fertilizantes y gas-oil, este último calculado con el consumo de un tractor con una potencia de 100 hp, una sembradora de 4,83 m de ancho de labor y un pulverizador de arrastre de 18 m de botalón (Cuadro 4).

Los costos de la siembra del CC se realizaron en \$/ha, tomando como referencia precios de insumos del mes de marzo 2010. El cálculo de margen bruto se realizó en base a precios de pizarra del mismo mes, utilizando el ingreso bruto sin mermas de peso por humedad o zarandeo, y los costos representaron los insumos necesarios en la implantación de CC y el cultivo estival.

El balance de nutrientes consideró la extracción y el aporte de nutrientes que realizan tanto el cultivo estival como el CC, respectivamente. El contenido de nutrientes del suelo varía según la aplicación de fertilizantes, del aporte que realicen los cultivos y la extracción que hace el cultivo principal. Los valores de kg de nutrientes (N, P y S) resultantes de distintos manejos realizados se convirtieron a equivalentes en kg de fertilizantes obteniendo en \$/ha la pérdida o beneficio en el ingreso bruto, según el tratamiento utilizado.

Resultados y discusión

El rendimiento de maíz sobre B con tratamientos de fertilización nitrogenada fue mayor que el de las parcelas sembradas sobre V. En cambio en condiciones sin fertilización, el rendimiento fue mayor sobre V comparada al B (Cuadros 1 y 2). En el antecesor B la presencia de malezas fue superior con respecto al antecesor V, siendo necesarias dos aplicaciones para el control de malezas.

Cuadro 1. Estructura de costo de insumos para implantación de maíz (\$/ha) para la campaña 08/09.

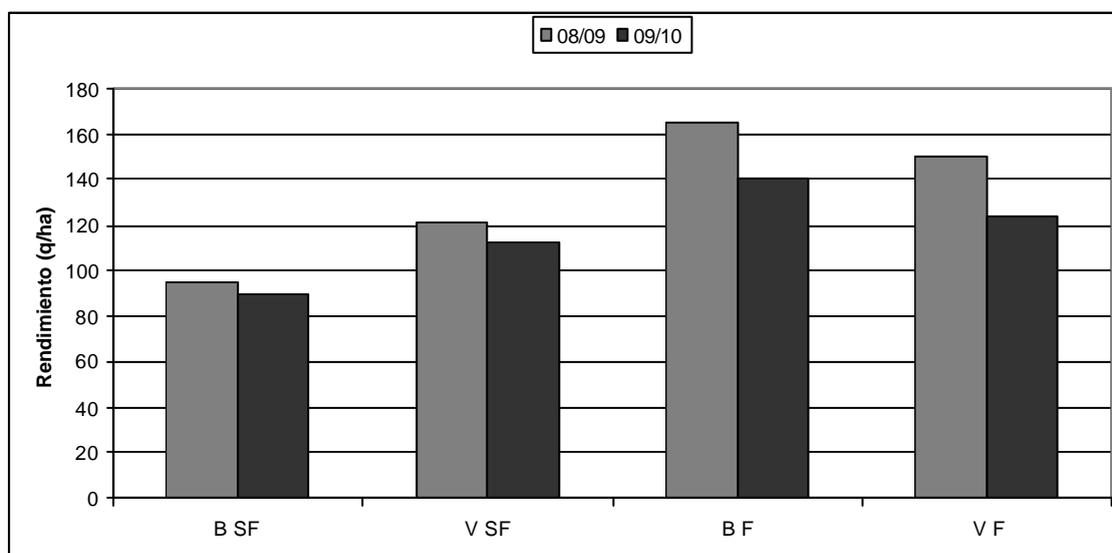
Labores	Maíz antecesor barbecho				Maíz antecesor vicia			
	BF		B		VF		V	
	Dosis	\$/ha	dosis	\$/ha	dosis	\$/ha	dosis	\$/ha
Barbecho químico								
atrazina	2	36,6	2	36,6				
round up full	1,5	44,3	1,5	44,3	1,5	44,3	1,5	44,3
Sub total		80,9		80,9		44,3		44,3
Fertilización ensayo								
MAP azufrado (14-15-9)	110	200,2	110	200,2	110	200,2	110	200,2
Sub total		200,2		200,2		200,2		200,2
Semilla								
maíz	20	212	20	212	20	212	20	212
vicia					40	266,4	40	266,4
Sub total		212		212		478,4		478,4
Fertilización maíz								
urea granulada	280	448			280	448		
Sub total		448				448		
Secado cultivo cobertura								
round up full					3	88,5	3	88,5
atrazina					1	18,3	1	18,3
Sub total						106,8		106,8
TOTAL		941,1		493,1		1277,7		829,7

Cuadro 2. Estructura de costo de insumos para implantación de maíz (\$/ha) para la campaña 09/10.

Labores	Maíz				Maíz – Vicia			
	con F		sin F		Con F		sin F	
	dosis	\$/ha	dosis	\$/ha	dosis	\$/ha	dosis	\$/ha
Barbecho químico								
Dicamba	0,12	7,32	0,12	7,32				
Atrazina	1	18,3	1	18,3				
Round up full					2,0	59,0	2,0	59,0
Sub total		25,6		25,6		59,0		59,0
Semilla								
Maíz	20	212	20	212	20	212	20	212
Vicia					40	266,4	40	266,4
Sub total		212		212		478,4		478,4
Fertilización maíz								
Sulfato de calcio	70	49						
Fosfato monoamónico	70	154						
Urea granulada	200	320			217,4	347,8		
Sub total		523				347,8		
Secado cultivo cobertura								
Ultra max					3	135	3	135
aplicación maíz								
Round up full	2,5	73,8	2	59				
Dual gold	1	13						
Round up full	2	59						
Sub total		145,8		59		135		135
TOTAL		906,4		296,6		1020,2		672,4

Para los dos años evaluados se observa que el costo mayor es para la situación de antecesor V con fertilizantes y el menor para antecesor barbecho sin fertilizantes. La inclusión de vicia como CC tiene en el costo un alto impacto del componente semillas. En el gráfico 1 se presentan los valores de rendimientos para las dos campañas con los manejos evaluados.

Gráfico 1. Rendimiento de maíz (q/ha) en las campañas 08/09 y 09/10.



Las tendencias observadas para las dos campañas son muy similares, destacándose el mayor rendimiento de maíz sobre vicia con respecto a B sin fertilización. En condiciones de fertilización nitrogenada por encima de 100 kg/ha de N aplicado, las diferencias en rendimiento entre V y B tienden a desaparecer (Miguez & Bollero, 2005). En V la respuesta a la fertilización es menor debido al aporte de N que realiza el CC. Resultados similares fueron encontrados por otros estudios en suelos limosos finos de EEUU (Clark et al., 2007).

En el cuadro 3 se realiza un análisis del margen bruto (MB) de las diferentes alternativas de manejo y un MB que considera el balance de nutrientes.

Cuadro 3. Margen bruto (\$/ha) de las diferentes alternativas de manejo considerando el balance de nutrientes

Costos insumos (\$/ha)	BF	B SF	V SF	VF
Costo total (\$/ha)	874,3	345,8	531,6	879,5
Costo total en (q/ha)	20,3	8,0	12,4	20,5
Rendimiento (q/ha)	130,0	89,0	112,0	124,0
Ingreso bruto (\$/ha)	6063,0	3827,0	4816,0	5332,0
MB (\$/ha)	5188,7	3481,2	4284,4	4452,5
Costo del balance de nutrientes (\$/ha)	-131,9	-420,8	135,9	240,0
MB con balance de nutrientes (\$/ha)	5056,8	3060,3	4420,3	4692,5

En condiciones de fertilización el MB más alto es el de maíz BF, lo cual se debe a que V no presenta incrementos de rendimiento con respecto a B y además los costos de implantación del CC representan un alto porcentaje dentro del costo total de la producción del cultivo principal. Sin fertilización, el MB es mayor cuando el antecesor es V, debido a los mayores rendimientos obtenidos. Además se puede destacar la menor inversión necesaria en la situación V sin fertilización con respecto a BF. La inclusión de vicia realiza un aporte de nutrientes al suelo.

Conclusiones

La utilización de CC como antecesor de maíz tiene un costo adicional debido a que se debe realizar una siembra extra a la del cultivo principal. El cultivo de maíz sembrado sobre V presenta mayores rendimientos con respecto a un maíz sembrado sobre rastrojo sin adición de fertilizantes, por lo que el costo de la siembra de V se amortiza. En condiciones de fertilización la siembra de un CC como antecesor no significó una ventaja, ya que los rendimientos obtenidos en maíces con CC y aplicación de fertilizantes no fueron superiores a los de maíces fertilizados y sembrados sobre barbecho.

Bibliografía

- Álvarez J.; Scianca, C. 2007. Cultivos de cobertura en Molisoles de la Región Pampeana. Aporte de carbono e influencia sobre las propiedades edáficas. EEA INTA General Villegas. Boletín para profesionales. Jornada profesional agrícola. 28 y 29 de Septiembre del 2007.
- Andrade, F.H.; Cirilo, A.; Uhart, S.; Otegui, M.E. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Dekalbpres, Buenos Aires, Argentina.
- Bono, A.; Romano, N. 2007. Métodos de diagnóstico de fertilización. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Publicación Técnica N° 71. EEA INTA Anguil.

- Casas, R. 2007. Cultivos de Cobertura: una agricultura sustentable. Suplemento Campo. La Nación. 24 de febrero de 2007.
- Clark, A.J.; Meisinger, J.J.; Decker, A. M.; Mulford, F. R. Effects of a Grass-Selective Herbicide in a Vetch-Rye Cover Crop System on Nitrogen Management. 99 (1): 36 - 42.
- Echeverria H.; Sainz Rozas, H. 2000. Nitrógeno, las opciones. Revista fertilizar. Numero especial siembra directa. Año 5. Pag. 4-15. Incidencia de un cultivo de cobertura sobre la producción de maíz en el
- Ernst, O. 2004. Leguminosas como cultivos de cobertura. Informaciones agronómicas del cono sur N 21: 16-21. INPOFOS.
- Fageria N.K., Baligar, V.C.; Bailey, B.A. 2005. Role of Cover Crops in Improving Soil and Row Crop Productivity. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 2733 – 2757.
- FAO, 2010. FaoStat - Producción - Productos por región - Argentina. En: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>. Consultado: 16-02-2010.
- FAO. 2004. Uso de fertilizantes por cultivo en Argentina. 1^{ra} ed, Roma.
- Fernandez R. J. 2001. Impacto global de las actividades agropecuarias. 2001. En: Impacto Ambiental en Agroecosistemas. L. Giuffre (Coord.). Ed. Facultad de Agronomía. UBA. Bs. As. Argentina.
- MAIZAR, 2006. En: <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=116> Consultado: 16-02-2010.
- Miguez, F.E.; Bollero, G.A. 2005. Review of corn yield response under winter cover cropping systems using meta-analytic methods. Crop Sci. 45:2318-2329.
- Restovich, S.B.; Andriulo, A.E.; Améndola, C. 2006. Definición del momento de secado de diferentes cultivos de cobertura en la secuencia soja-maíz. *Trabajo presentado en el XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, San Luis, 13 al 16/05/08.*
- Ruffo, M.L.; Bollero, G.A. 2003. Modeling Rye and Hairy Vetch Residue Decomposition as a Function of Degree-Days and Decomposition-Days. Agron. J. 95: 900-907.
- SAGPyA. 2010. Agricultura - Series y estadísticas - Maíz. En: <http://190.220.136.179/index.php/series-por-tema/agricultura>. Consultado: 16-02-2010.
- Torbert H.A.; Reeves, D.W.; Mulvaney, R.L. 1996. Winter Legume Cover Crop Benefits to Corn: Rotation vs. Fixed-Nitrogen Effects. Agron J 88: 527-535.