

Asociación Argentina de Economía Agraria

CULTIVOS DE COBERTURA. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE SU UTILIZACIÓN PREVIA A LA SIEMBRA DE MAIZ EN LA REGIÓN PAMPEANA

OCTUBRE, 2014

AUTORES

Domínguez, Jorge¹.
domingue@agro.uba.ar

Varela, María Florencia².
varela.ma.florencia@gmail.com

Pagliettini, Liliana³.
pagliett@agro.uba.ar

Prystupa, Pablo⁴.
prystupa@agro.uba.ar

Gutierrez Bohem, Flavio⁵.
gutierre@agro.uba.ar

¹ Profesor Adjunto, cátedra de Economía Agraria, Facultad de Agronomía, UBA

² JTP, cátedra de Química. Facultad de Agronomía - UNLPam

³ Profesora Titular, cátedra de Economía Agraria, Facultad de Agronomía, UBA

⁴ Profesor Adjunto, cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, UBA. INBA

⁵ Profesor Adjunto, cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, UBA. INBA – Conicet.

Cultivos de cobertura: evaluación económica de su utilización previa a la siembra de maíz en la región pampeana

Resumen

Los cultivos de cobertura (CC) constituyen una alternativa para reponer materia orgánica y nitrógeno en el suelo, controlar la erosión y mejorar el balance hídrico, situación que cobra importancia frente al predominio de los cultivos de verano. El objetivo del presente trabajo es analizar los resultados económicos obtenidos en ensayos realizados en distintas localidades de la región pampeana y evaluar la conveniencia económica de la realización de CC previos a la siembra de maíz (*Zea mays*), a los efectos de poder establecer si la práctica resulta rentable, y por lo tanto, recomendada en términos económicos. Sobre la base de los resultados obtenidos en experimentos -continuados en algunos casos y de sólo un año en otros- realizados en localidades de la región pampeana se elaboraron presupuestos parciales (márgenes brutos) incorporando como costo del maíz las labores, semilla y plaguicidas aplicados al CC. Se analizó la correlación entre los resultados económicos del maíz sin CC respecto al resultado con CC en general y con CC específicos. Los resultados obtenidos señalan mejores resultados económicos en el 20% de los casos (ensayos con vicia y centeno), y señalando la vicia como el CC de mejor desempeño para su utilización previa a la siembra de maíz.

PALABRAS CLAVE: Cultivos de cobertura, conservación del suelo, márgenes brutos.

Summary

The cover crops (CC) constitute an alternative to re-put organic matter and nitrogen in the soil, for erosion control and to improve de water balance, situation to which it is necessary to pay attention in the current reality of predominance of summer crops. The aim of the present work is to analyze the economic results got in tests realized in different localities of the pampas region and to evaluate the economic convenience of CC before maize (*Zea mays*), to determinate if the practice is profitable, and therefore, recommended in economic terms. On the base of the results obtained in experiments -continued in some cases and only one year in others- realized in localities of the pampas region, partial budgets (gross margins) were elaborated incorporating as cost of maize the farm work, seed and herbicides applied in the CC. An analysis was done to check the degree of association between the results with and without CC as practice and the kind of CC used. The results indicate better economic results in 20 % of the cases (using vetch and rye), and indicating vetch as the CC of better performance for its utilization before the maize.

KEY WORDS: Cover crops, soil conservation, gross margins.

CLASIFICACION TEMÁTICA: 3.2.

Cultivos de cobertura: evaluación económica de su utilización previa a la siembra de maíz en la región pampeana

Introducción

El presente modelo productivo, que incluye siembra directa y cultivos transgénicos, sumado a un ciclo actual de elevados precios agrícolas, ha orientado las actividades agropecuarias hacia la agricultura permanente, en las zonas donde ésta resulta posible. Paralelamente, se ha abandonado el patrón de uso tradicional del suelo en base a rotaciones de cultivos de cosecha con praderas permanentes (al disminuir la invernada de hacienda en condiciones extensivas y quedar por otra parte la actividad de cría relegada a regiones inviables para la agricultura). La superficie agrícola aumentó, incluso expandiéndose a zonas anteriormente no aptas, debido al mejoramiento tecnológico de las variedades e híbridos actuales y a que los precios hacen la agricultura rentable, incluso con rendimientos bajos.

Los posibles efectos no deseados del actual modelo productivo sobre la fertilidad de los suelos son de dos tipos: la pérdida de nutrientes y la disminución de la materia orgánica, y por lo tanto de la calidad física de los mismos. Ambos aspectos se compensaban en el patrón de uso anterior del suelo mediante las rotaciones con praderas, práctica que, como se explicó antes, dejó de ocurrir en la actualidad en los suelos agrícolas. El primer aspecto (la pérdida de nutrientes) conlleva en el modelo actual la necesidad de fertilizar, teniendo en cuenta además que los híbridos y variedades en uso en el presente así lo requieren para expresar su potencial de rendimiento de la mejor manera posible. Por lo tanto la demanda del cultivo es abastecida tanto por la fertilidad natural de los suelos como por el aporte de nutrientes a partir de la fertilización. Si la ecuación es correctamente calibrada -reponiendo la extracción-, el suelo debiera mantener su nivel de fertilidad estable a lo largo del tiempo. Por lo tanto, en lo referente a aspectos que hacen al nivel de nutrientes del suelo, la ecuación tecnológica actual permite compensar el desequilibrio.

Distinto es el caso de la pérdida de materia orgánica. Reponer materia orgánica vía fertilización (uso de abonos) es inviable en cultivos extensivos de secano, entre otros motivos, por el volumen de abono que resultaría necesario manejar. La pérdida de materia orgánica en suelos sometidos a agricultura permanente es una realidad demostrada (FAO, 2007; Nardone y otros, 2011), variable según las distintas regiones productivas y las técnicas utilizadas.

Existe además un aspecto adicional que cobra vigencia en la actualidad: la ausencia de cobertura del suelo durante el período invernal, entre dos cultivos de verano⁶. El lote manejado de esta manera adquiere mayor propensión a cubrirse de malezas y el peligro de erosión, si existiere.

Para enmendar estos desequilibrios (pérdida de materia orgánica y lograr cobertura de suelos), los cultivos de cobertura (CC) constituyen una alternativa. La práctica de realizar CC es antigua, pero su finalidad principal ha ido cambiando. Consiste en sembrar un cultivo cuya finalidad no es cosecharlo, entre dos cultivos de cosecha, durante el período de barbecho del segundo⁷. En

⁶ Esta situación se agrava -por así decirlo- aún más con el predominio y recurrencia de la soja (*Glycine max*) en los últimos años, debido a la ecuación económica que presenta el cultivo en la actualidad en comparación con otros de verano y el desaliento por cuestiones de mercado a la siembra de trigo.

⁷ Por definición, un CC se siembra entre dos cultivos de cosecha. En Argentina se siembran en invierno, porque los de cosecha se siembran en verano. Existe en otras regiones del mundo la práctica de realizar CC de verano, entre cultivos de cosecha de invierno.

principio, no son pastoreados, ni incorporados (a diferencia de la práctica de abonos verdes), ni cosechados. Mediante la aplicación de un herbicida se interrumpe su crecimiento en un momento del ciclo, quedando sus residuos en la superficie del suelo protegiéndolo y liberando nutrientes. La interrupción se realiza de manera tal que se permita la recuperación de la humedad del suelo para realizar la siembra del cultivo sucesor (Caviglia y otros, 2010). En Argentina, hasta la década del 90, su utilización tenía como objetivo fertilizar e incorporar materia orgánica—y por lo tanto evitar la pérdida de estructura— en el suelo. Esta práctica se conoce como “abonos verdes”, pero la misma fue perdiendo uso porque su incorporación al suelo —labranza mediante—, se contraponen con la tecnología actual de siembra directa.

Aunque la utilización generalizada de fertilizantes inorgánicos reemplaza uno de los objetivos de los abonos verdes, siguen teniendo vigencia el resto de los beneficios de la práctica: atenuar la ya mencionada pérdida de materia orgánica de los suelos, prevenir la erosión, aumentar la infiltración, capturar nutrientes (diferente de agregarlos) reduciendo sus pérdidas por lixiviación, contribuir al control de malezas (Fernández, 2012), y, lo que es quizás su principal aporte como práctica: lograr —calibrando bien la práctica mediante el momento de secado— un efecto positivo sobre la eficiencia en el uso del agua de los sistemas de producción. Esto es particularmente importante en regiones donde el recurso hídrico no abunda y una parte importante de las precipitaciones ocurren durante el barbecho invernal y no son utilizadas por los cultivos de verano, debido a que el agua del suelo se pierde por evaporación. Por lo tanto, para lograr los beneficios mencionados se utiliza o se está tratando de difundir la utilización de CC.

Para determinar la/s especie/s que se utiliza/n como CC se debe tener en cuenta la tasa de descomposición de los residuos, la recarga de humedad del perfil, la rotación en la que se incluye el CC y la sincronización entre la mineralización de N acumulado en la biomasa de los CC y los requerimientos del siguiente cultivo en la rotación (Quiroga y otros, 2007). Las gramíneas invernales más utilizadas como CC son la cebada, triticale, centeno, avena o raigrás anual, por la alta acumulación de biomasa, aprovechando su crecimiento entre cultivos consecutivos de verano. (Fernández y otros, 2008). Dentro de las leguminosas, las especies usadas son las vicias y los tréboles, las que, además de generar cobertura, aportan nitrógeno, reduciendo por lo tanto el requerimiento de fertilizante nitrogenado e incrementando el rendimiento potencial del cultivo de cosecha (Quiroga y otros, 2007). Otras especies utilizadas son la colza y el nabo forrajero (Restovich y otros, 2012).

En Argentina se han realizado diversos experimentos —la mayoría realizados por el INTA— para lograr una calibración de la utilización de CC. Muchos de los mismos analizan los efectos sobre las propiedades del suelo luego de finalizado el CC, y no analizan los resultados obtenidos en el cultivo sucesor, es decir su rendimiento. Otros ensayos sí lo determinan y permiten ser utilizados como fuente de información para el objetivo del presente trabajo, que implica evaluar su factibilidad económica para extraer conclusiones acerca de la motivación que tendrá el productor para su adopción.

El presente trabajo pretende evaluar la incidencia del costo adicional que representa sembrar un CC en los márgenes brutos del cultivo de cosecha posterior (v.g. maíz, *Zea mays*), a los efectos de poder realizar un aporte a la viabilidad económica de la práctica.

Antecedentes

La realización de CC como práctica agronómica es conocida, pero no es masivamente adoptada por los productores de la región pampeana. Entre otras causas se presume que la no adopción es

debido a aspectos que hacen a la calibración de la misma, básicamente los referidos al momento de secado del cultivo, con el consiguiente temor de déficit hídrico durante la realización del cultivo de cosecha. Resultó por tanto necesario realizar un relevamiento de antecedentes que permitieran develar con precisión los objetivos buscados y alcanzados o no por la práctica de CC –en este caso su utilización previa a la siembra de maíz- en lo referente a aspectos productivos y edáficos, los que brindan justificación para evaluar la viabilidad económica.

En los estudios revisados se destacan dos líneas de investigación en relación a: i) la dinámica del agua y ii) la dinámica del nitrógeno en el suelo. Estas líneas a su vez, están atravesadas por la implementación de distintas prácticas de manejo, tales como selección de distintas especies de CC, determinación del momento de secado y uso de diversas dosis de fertilización, tanto en el CC como en el maíz (*Zea mays*).

El efecto de los CC sobre la disponibilidad de agua para el cultivo de verano es señalado como el punto más importante a considerar al momento de implantar un CC en sistemas de secano. Este efecto ha sido cuantificado mediante el contenido de agua útil a la siembra del maíz o bien mediante el cálculo del uso consuntivo o costo hídrico del CC (Álvarez y otros, 2013; Beltrame y otros, 2013; Boiero y otros, 2013; Cazorla y otros, 2013; Caviglia y otros, 2012; Diez y otros, 2012; Fernández y otros, 2012; Rillo y otros, 2012; Rinaudo y otros, 2012). Las especies de CC de mayor producción de biomasa suelen estar asociadas a un elevado consumo de agua del suelo. Es por ello que también ha sido ampliamente evaluada la eficiencia en el uso de agua ($\text{kg MS} \times \text{mm}^{-1}$) de las distintas especies de CC (Álvarez y otros, 2013; Beltrame y otros, 2013; Balboa y otros, 2012; Fernández y otros, 2012; Restovich y otros, 2012). Esta variable permite seleccionar en un ambiente en particular aquellas especies que presenten la mayor producción y el menor consumo hídrico.

La selección de la/s especie/s de CC (en función de las características señaladas en el párrafo anterior) y de la fecha de secado de las mismas son las decisiones de manejo más significativas. La aplicación del herbicida sobre los CC determina el cese del consumo hídrico por parte del mismo, y la acumulación de agua para el cultivo de verano. Es por ello que la determinación del momento de secado resulta un aspecto crítico, principalmente en zonas semiáridas, como el oeste de la región pampeana. Allí numerosos estudios han focalizado en estos aspectos (Álvarez y otros, 2013; Rillo y otros, 2013; Fernández y otros, 2012), aunque también han sido estudiados en otras zonas de menor riesgo hídrico estival, como la Provincia de Entre Ríos (Caviglia y otros, 2010).

La dinámica de N es el segundo punto en importancia en los sistemas con CC dedicados al cultivo de maíz. Esto se debe a los elevados requerimientos del nutriente que presenta el cultivo ($22 \text{ kg N} \times \text{ton grano}^{-1}$). Muchos de los estudios utilizan como CC especies de leguminosas, especialmente vicia, que durante su desarrollo incorporan N por fijación biológica, y luego lo aportan al suelo mediante la descomposición de sus residuos (Vanzolini y otros, 2013; Restovich y otros, 2011; Capurro y otros, 2013; Cazorla y otros, 2013; Rillo y otros, 2012; Rinaudo y otros, 2012; Boiero y otros, 2013). Estos estudios han determinado un aporte promedio de N de 137 kg N ha^{-1} en los residuos de vicia. Además, los CC, tanto de gramíneas como leguminosas, también pueden influir en la dinámica de N mediante la captación de nitratos residuales luego del cultivo de verano (lo cual evitaría su lixiviación) y el aporte posterior mediante la descomposición de sus residuos (Restovich y otros, 2012; Fernández y otros, 2012).

En varios de los estudios se aplicaron fertilizantes nitrogenados al cultivo de maíz, y en algunos, también se aplicaron al CC (Álvarez y otros, 2013; Beltrame y otros, 2013; Boiero et al, 2013; Balboa y otros 2012; Fernández y otros, 2012, Caviglia y otros, 2010). La fertilización de los CC es una de las prácticas de manejo que puede condicionar sustancialmente la factibilidad económica de su incorporación en las rotaciones. De todas formas, debe considerarse que los CC no se cosechan, y, por lo tanto, los nutrientes no son exportados del sistema, sino que permanecen en los residuos de los CC. Luego del secado y mediante la descomposición (más o menos rápida) de la biomasa aérea y radical de los residuos de los CC, los nutrientes retornan al suelo para ser absorbidos por los cultivos subsiguientes. En otras palabras, los CC simplemente difieren la disponibilidad de los nutrientes hacia los próximos cultivos.

Otro de los aspectos abordados frecuentemente en sistemas que incluyen CC en las rotaciones está relacionado al efecto que éstos pueden tener sobre las propiedades físico-químicas de los suelos. Numerosos trabajos tanto en la bibliografía nacional e internacional han mostrado que los CC pueden mejorar la condición física de los suelos (e.g. Restovich y otros, 2011; Villamil y otros, 2006). Sin embargo, estos impactos dependen de numerosos factores como el tipo de suelo, la especie de CC, las condiciones climáticas y los años transcurridos desde la implementación de la práctica (e.g. Blanco Canqui y otros, 2011). Es por ello que resulta necesario determinar el impacto de la introducción de CC en cada ambiente productivo en particular. Entre los trabajos relevados, Restovich y otros (2012) evaluaron los efectos de una gran diversidad de especies de CC sobre la porosidad del suelo, distribución de tamaño de poros, estabilidad estructural, densidad aparente, materia orgánica y carbono lábil de un argiudol típico. Si bien numerosos estudios han abordado en forma puntual los efectos de los CC sobre la dinámica del agua, N y las propiedades físico-químicas de los suelos, aún no se conocen las tendencias a nivel regional. Futuros estudios deberían considerar estos aspectos.

Entre los autores que analizan aspectos económicos de los CC, merece citarse el trabajo de Rillo, (2011), donde se determina el costo adicional (entre 1 y 2 Qq ha⁻¹ de producto) de la utilización de cultivos de cobertura (avena y raigrass) previos a soja. Baigorria y otros (2012), determinan márgenes brutos que señalarían (no con total certeza) la conveniencia de realizar CC antes de soja, utilizando triticale. En Domínguez y otros (2014) se muestran resultados de márgenes brutos de soja elaborados a partir de ensayos con diferentes CC, donde se visualiza una merma de rentabilidad de 84 us\$ ton⁻¹. Entre los estudios que incluyen evaluaciones económicas de CC en maíz, pueden citarse el de Capurro y otros (2013, consociaciones de avena y vicia como CC), y Ruffo y Parsons (2004), que mencionan factibilidad económica de la utilización de vicia.

Objetivos

Determinar el efecto de la inclusión de CC previos a la siembra de maíz sobre los márgenes brutos de dicho cultivo y analizar si la elección de la especie empleada como CC tiene un efecto diferencial en el resultado económico obtenido.

Metodología.

A partir de la revisión bibliográfica y el análisis de los trabajos, se elaboró una base de datos con todos los ensayos, bloques y parcelas donde se evaluaban aspectos inherentes a la realización de CC. De la misma fueron seleccionados aquellos estudios que mostraban los efectos de los CC sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Cuadro 1).

Cuadro 1: Ensayos de cultivos de cobertura previos a la siembra de maíz, en donde se evalúa el rendimiento del cultivo de cosecha posterior.

Autor	Localidad / Provincia	Suelo	Campaña	CC
Alvarez y otros, 2013	Intendente Alvear, La Pampa	Haplustol / Ustisamment	2011-2012	centeno
Balboa y otros, 2012	Rio Cuarto, Córdoba	Haplustol	2009-2010 2010-2011	centeno
Beltrame, 2013	Rio Cuarto, Córdoba	Haplustol	2010-2011	centeno
Boiero y otros, 2013	Bengolea, Córdoba	s/d	2011-2012	vicia
Capurro y otros, 2014	Armstrong, Santa Fe	Argiudol	2010-2011	vicia, avena + vicia
	Correa, Santa Fe	Argiudol	2009-2010	vicia
			2010-2011	vicia, avena + vicia
Caviglia y otros, 2014	Centro - Oeste de Entre Ríos	Vertisol	2009-2010	trigo, melilotus
Cazorla y otros, 2014	Marcos Juarez, Córdoba	s/d	2008-2009	vicia, triticale, centeno
Diez y otros, 2012	Balcarce, Buenos Aires	s/d	2010-2011	vicia
Fenández y otros, 2012	Anguil, La Pampa	Haplustol	2009-2010	centeno
Restovich y otros, 2012	Pergamino, Buenos Aires	Argiudol	2005-2006	cebada, raigrass, cebadilla, vicia, avena + vicia, colza, nabo forrajero, avena
			2007-2008	cebada, raigrass, cebadilla, vicia, avena + vicia, colza, nabo forrajero, avena
			2009-2010	cebada, raigrass, cebadilla, vicia, avena + vicia, colza, avena
Rillo y otros, 2014	Valdéz, Buenos Aires	Hapludol	2008-2009 2010-2011	vicia
Rinaudo y otros, 2012	Marcos Juarez, Córdoba	Argiudol	2010-2011	vicia
Vanzolini y otros, 2014	Hilario Azcasuvi, Buenos Aires	s/d	2006-2007	vicia
			2007-2008	

Fuente: elaboración propia

Puede observarse que no todos los ensayos fueron realizados durante un número determinado de años, existiendo casos de sólo una campaña y casos de siembras continuadas por dos años.

En total, fueron evaluados 92 ensayos de utilización de CC previos a maíz en los diferentes años. La dispersión geográfica de los ensayos realizados (todos ubicados en la región pampeana) se observa en el siguiente mapa (Mapa 1).

Mapa 1. Ubicación de las localidades donde fueron realizados los ensayos.



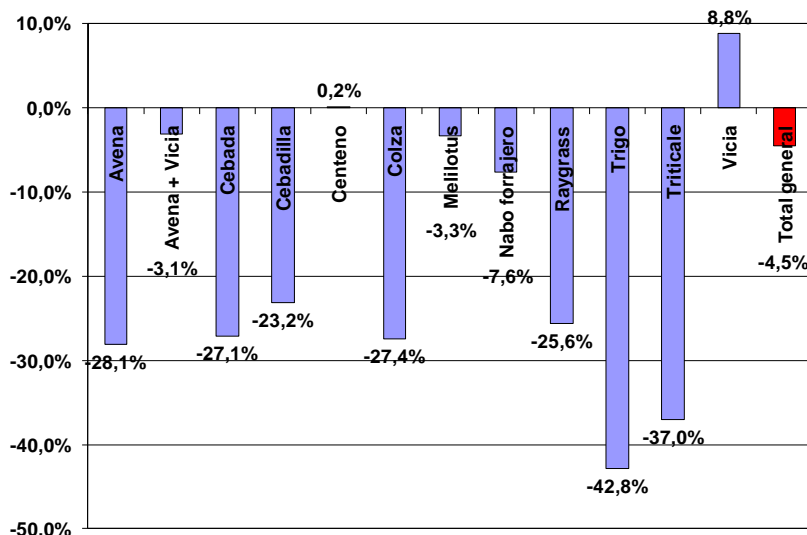
Se realizó una evaluación económica confeccionando presupuestos parciales -márgenes brutos- (en dólares corrientes, tipo vendedor), valuando los insumos y labores al momento del año en que fueron utilizados (se utilizó como fuente la base de datos de la cátedra de Economía Agraria - FAUBA). Se tomó como precio, el disponible de cada año al momento de cosecha (señalado en los ensayos, si no estimado en abril) y entre los gastos de comercialización se calculó el flete en función de la distancia de cada localidad al punto de referencia de precios más cercano (Buenos Aires, Bahía Blanca, Quequén o Rosario). Para los gastos de flete se utilizaron las tarifas de la Confederación Argentina de Transporte Automotor de Cargas (CATAC), para cada año en que fueron realizados los ensayos. Dichas tarifas fueron convertidas a dólares para ser incluidas en el margen bruto realizado para cada ensayo, en cada zona, en cada año. Obtenidos los márgenes brutos se señaló en términos relativos cuan inferiores o superiores fueron en relación al testigo del ensayo. Se analizaron los resultados en función de cada CC utilizado.

La relación entre los márgenes brutos con y sin CC fue establecida mediante un ajuste lineal ($y = ax + b$) que se realizó mediante el método de ejes principales estandarizados (SMA). Luego se testeó si las rectas ajustadas se separaban de la línea 1:1 ($y=x$). Para ello se testeó si la pendiente (a) fue distinta de 1 y si la ordenada al origen (b) fue distinta de 0. Para evaluar si la elección de la especie empleada como CC se ajustó una función para cada especie, y se compararon las rectas ajustadas entre sí, y con la línea 1:1 ($y=x$). Este análisis estadístico fue realizado utilizando el software SMATR v. 2.0 (Warton y otros. 2006).

Resultados

Los rendimientos del maíz sembrado con posterioridad al CC fueron consolidados y sus variaciones promedio con respecto al testigo se visualizan en la Figura 1.

Figura 1: Variación promedio de los rindes -con respecto al testigo- según el cultivo de cobertura utilizado



La mayoría de los CC (o consociaciones de los mismos) utilizados en los ensayos implicaron una disminución de los rendimientos en el cultivo de cosecha posterior y la misma resultó ser del, 4,5% en promedio. Sin embargo, la utilización de vicia y de centeno (éste último levemente) implicó una mejora promedio de los rindes con respecto a los testigos con los que fueron comparados. De hecho, sobre 40 ensayos realizados con vicia, 31 dieron como resultado mejores rendimientos en el maíz posterior (Cuadro 2).

Cuadro 2: Cantidad de ensayos en los que se obtuvieron mejores rendimientos utilizando CC previos al maíz..

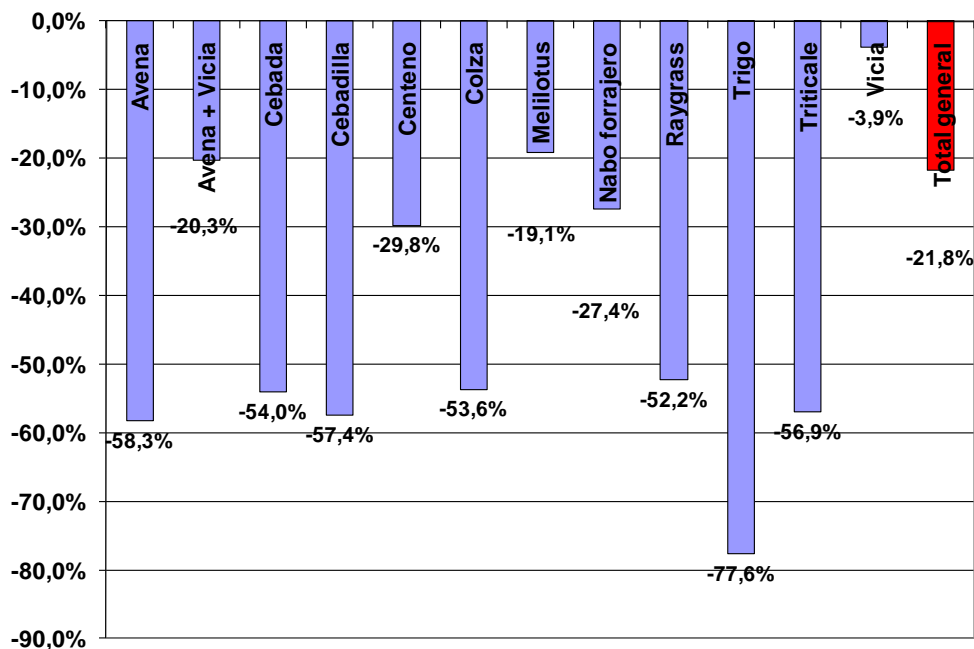
CC	Cantidad de ensayos	Rendimientos superiores al testigo	%
Avena	3	0	0%
Avena + vicia	9	4	44%
Cebada	3	0	0%
Cebadilla	3	0	0%
Centeno	15	9	60%
Colza	3	0	0%
Melilotus	3	1	33%
Nabo forrajero	2	0	0%
Raygrass	3	0	0%
Trigo	6	0	0%
Triticale	2	0	0%
Vicia	40	31	78%
Total	92	45	49%

Fuente: elaboración propia

Los resultados económicos elaborados a partir de los ensayos, permiten visualizar que, en promedio, costearo insumos y labores a precios de mercado, expresados en dólares corrientes,

la realización de CC implicó una disminución promedio del 22% con respecto a los testigos (Figura 2). Hay que tener presente que la realización de CC incrementa los costos en un 29% promedio, principalmente como resultado de labores y el costo de la semilla (siendo de menor incidencia el costo de secado). Nuevamente, la utilización de vicia como CC resulta ser el escenario de mejor desempeño, porque la disminución promedio (4%) es de menor importancia, que incluso podría ser atribuida a imperfectas cuantificaciones en el uso de insumos. Catorce de los cuarenta ensayos realizados con vicia (35%) dan como resultados márgenes brutos mayores que los testigos (Cuadro 3)

Figura 2. Disminución de los márgenes brutos en maíz, de acuerdo al CC utilizado



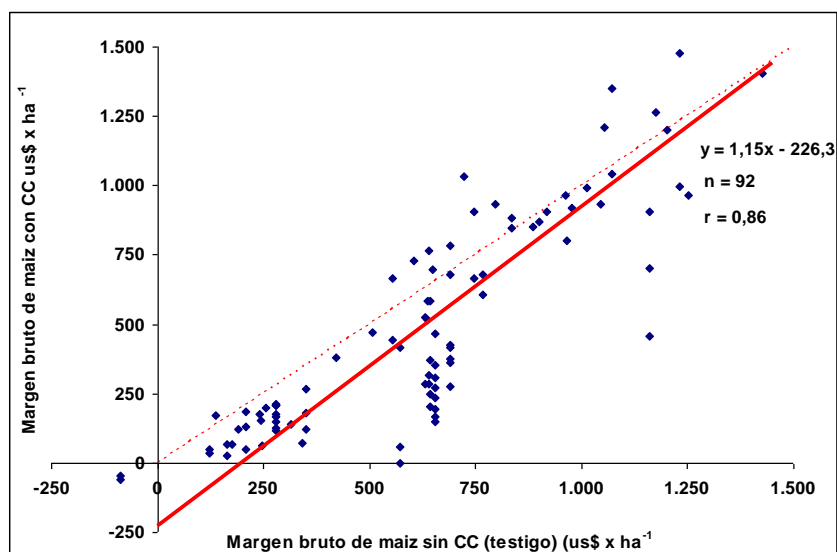
Cuadro 3: Cantidad de ensayos en los que se obtuvieron mejores márgenes brutos utilizando CC previos al maíz.

CC	Cantidad de ensayos	Márgenes brutos superiores al testigo	%
Centeno	15	4	27%
Vicia	40	14	35%
Resto	37	0	0%
Total	92	18	20%

Fuente: elaboración propia

La relación entre los ensayos que incluyeron CC y sus respectivos testigos mediante el método SMA se visualiza en la Figura 3.

Figura 3. Relación existente entre márgenes brutos de los cultivos de maíz donde se realizaron CC y los cultivos de maíz sin CC.

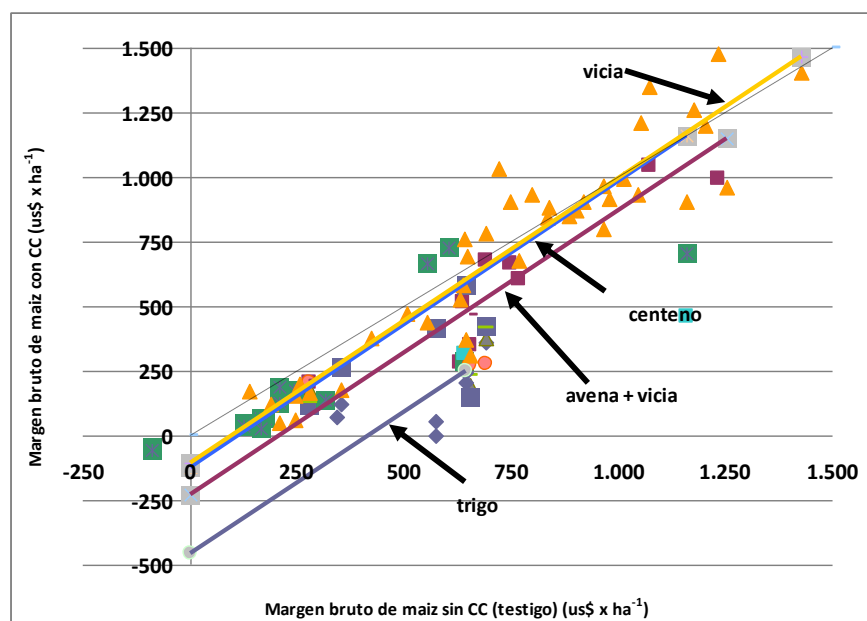


Nota: cada punto representa un experimento realizado durante un año. La pendiente de la línea roja es distinta de 1 ($p > 0,05$), y su ordenada al origen es distinta de cero ($p < 0,05$). La línea punteada indica la relación 1:1

La pendiente de la regresión ajustada entre los márgenes brutos con y sin CC difirió significativamente de 1 (y es mayor que 1) y la ordenada al origen fue significativamente distinta a 0 ($p < 0,01$). Esto señala que la inclusión de CC es más pertinente con la obtención de márgenes brutos elevados (lo contrario hubiera sido que la inclusión de CC no guardara relación con los márgenes brutos que se obtuvieran y que el aumento del costo tuviera una incidencia fija (véase Domínguez y otros, 2014 para un análisis en soja).

El análisis realizado discriminado el CC utilizado arroja el siguiente resultado (Figura 3 y Cuadro 4):

Figura 4. Análisis del comportamiento de los márgenes brutos de maíz de según el CC utilizado previamente



Cuadro 4. Ecuaciones obtenidas mediante regresiones entre márgenes brutos de maíz con y sin CC empleando distintas especies de CC.

CC	Número de observaciones	coef. r	Pendiente	Ordenada al origen (con pendiente común (1,10))
Avena + Vicia	9	0,91	1,07	-227,5 b
Centeno	15	0,88	0,83	-120,1 ab
Trigo	6	0,37	0,68	-457,6 c
Vicia	40	0,93	1,17	-105,4 a

Nota: Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Fuente: elaboración propia

Se evaluó la incidencia en los márgenes brutos de cuatro CC (avena, avena+vicia, centeno y vicia), por ser estos con los que se cuenta con mayor número de repeticiones (mayor número de ensayos) (Cuadro 4). Las pendientes de las regresiones obtenidas con los distintos CC no difirieron significativamente (por eso la Figura 3 está construida sobre pendiente común de 1,10). En cambio se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las ordenadas al origen de las distintas funciones, ajustadas utilizando una pendiente común a los cuatro grupos, resultando la vicia la de mayor valor (-105,4). Estas diferencias señalan que la incidencia de los costos fijos entre los diferentes CC es relevante, pero que resulta atenuada en algunos casos (vicia y centeno) con mejores retornos. La pendiente común es a su vez, significativamente distinta de 1 (no demasiado), lo que señala que el maíz de elevados márgenes brutos potenciaría su rendimiento con vicia y centeno previos (este último no tiene ensayos con resultados tan elevados, por lo que solo es posible plantear la inferencia). Entre los costos fijos, labores y secado son comunes a los CC y no difieren demasiado en su costo, independientemente del CC que se trate. Lo que adquiere relevancia es el precio de la semilla y la densidad de siembra utilizada aspectos en los que sí hay diferencias de costos.

Conclusiones y discusión

Los CC representan una alternativa para mejorar la sustentabilidad de los sistemas productivos, debido a los aspectos positivos ya mencionados. Sin embargo, los ensayos realizados en varias localidades de la región pampeana no siempre arrojan mejores resultados económicos en el maíz posterior. La vicia ha resultado ser el CC cuyo costo directo es el de menor incidencia (porque como se mencionó antes, la merma del 4% es poco significativa), en coincidencia con lo mencionado por Ruffo y Parsons (2004). La mayor cantidad de ensayos con vicia ofrece a su vez una mayor certeza de los resultados obtenidos. A su vez el análisis estadístico señala a la vicia como el CC de mejor proyección, seguido por el centeno. Con los demás CC, en caso de realizar maíz como cultivo de cosecha, se tiene como consecuencia, en la mayoría de los años estudiados, un sacrificio en las ganancias a obtener; aún cuando algunos ensayos efectuados señalan incrementos en los rendimientos, en todos los casos no se compensan los mayores costos en se ha incurrido.

Si bien lo determinante de la ecuación económica es el rendimiento del cultivo de cosecha, dicha ecuación resultaría más favorable si por ejemplo insumos y labores se consiguieran a menores precios, o pertenecieran a la propia empresa (vg. semillas de propia producción, maquinaria propia), y donde se realicen, por ejemplo, parcelas de cosecha de los cultivos que posteriormente serán utilizados –previa labor de clasificación– como semilla de los CC en la próxima campaña, todo dentro de la planificación de las actividades de los establecimientos. También deberá estudiarse el retorno que se produciría si resultara factible una parcial utilización forrajera del CC

(que no comprometa, por supuesto, la finalidad principal de la práctica), como por ejemplo la realización de un corte para la confección de rollos o fardos.

Puesto que el presente trabajo se centra en el análisis de beneficios económicos de la práctica en el corto plazo es pertinente dejar planteado que la realización de CC constituye una inversión, dados los beneficios de la práctica en relación a la conservación del suelo. Dichos beneficios son visibles en el largo plazo, de la misma manera que cualquier otra buena práctica agrícola.

Bibliografía

Alvarez, C.; Bagnato, R.; Lienhard, C.P.; Quiroga, A. 2013. Cultivos de cobertura: manejo y efectos sobre la nutrición de suelos y cultivos. Simposio de fertilidad 2013.

Baigorria, T.; Cazorla, C.; Santos Sbuscio, D.; Aimetta, B.; Belluccini, P. 2012. Efecto de triticale (×Triticosecale Wittman) rolado como cultivo de cobertura en la supresión de malezas, rendimiento y margen bruto de soja. Documento EEAA INTA Marcos Juárez. www.inta.gov.ar/documentos/efecto-de-triticale-xtriticosecale-wittman-rolado-como-cultivo-de-cobertura-en-la-supresion-de-malezas-rendimiento-y-margen-bruto-de-soja/

Balboa, G.; Saggiorato, G.; Beltrame, M.; Ceriani, C.; Marengo, A.; Espósito, G. 2012. Centeno como cultivo de cobertura para maíz en el sur de Córdoba. Actas del XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 16-20 de abril del 2012.

Beltrame, M. 2013. Efectos del centeno (secale cereale L.) como cultivo de cobertura en el consumo de agua y la producción de materia seca del cultivo de maíz (Zea mays L.). Trabajo final para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Blanco-Canqui, H.; Mikha, M.; M., Presley, D. R.; Claassen, M. M. 2011. Addition of cover crops enhances no-till potential for improving soil physical properties. Soil Science Society of American Journal, 75, 1471-1482.

Boiero, J.; Romagnoli, J.; Lorenzatti, S.; Peruzzi, D.; Muñoz, S.; Sánchez, M.; Bianchini, A. 2013. Cultivos de cobertura y fertilización nitrogenada en maíz. Simposio de fertilidad 2013.

Capurro, J.; Dickie, M. J.; Surjack, J.; Monti, J.; Ninfi, D.; Zazzarini, A.; Tosi, E.; Andriani, J.; González, M.C. 2014. Cultivos de cobertura en el sur de la provincia de Santa Fe. En: Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Cap. 13 (92-104). Alvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (editores). EEAA Anguil. ISBN 978-987-679-177-9.

Capurro, J.; Dickie, M. J.; Ninfi, D.; Zazzarini, A.; Tosi, E.; González, M.C. 2013. Gramíneas y leguminosas como cultivos de cobertura para soja. Actas del XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo - XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.

Caviglia, O.P.; Novelli, L.; Gregorutti V.C.; Van Opstal N.V. y Melchiori R.J. 2014. Cultivos de cobertura invernales: una alternativa de intensificación sustentable en el centro-oeste de Entre Ríos. En: Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Cap. 18 (148-157) Alvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (editores). EEAA Anguil. ISBN 978-987-679-177-9.

Caviglia, O.P.; Novelli, L.; Gregorutti, V.C.; Van Opstal, N. V.; Melchiori, R. J. 2010. Cultivos de cobertura como alternativa de intensificación sustentable en el Centro-Oeste de Entre Ríos. Agricultura Sustentable. Actualización Técnica. Serie Extensión n° 58. EEA INTA Paraná.

Cazorla, C.; Lardone, A.; Bojanich, M.; Aimetta, B.; Vilches, D.; Baigorria, T. 2014. Antecedentes de maíz: ¿barbecho o cultivos de cobertura?. En: Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Anexo C (181-185). Alvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (editores). EEA Anguil. ISBN 978-987-679-177-9.

Diez, S.N.; Domínguez, G.F. Studdert, G.A. 2012. Uso de una leguminosa como alternativa de provisión de nitrógeno para un cultivo de maíz (*Zea Mays L.*). Actas del XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 16-20 de abril del 2012.

Domínguez, J.; Varela, M.F.; Pagliettini, L.; Prystupa, P.; Gutierrez Boem, F.H. 2014. Análisis de márgenes brutos en soja con utilización de cultivos de cobertura. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas”.

FAO. 2007. Secuestro de Carbono en Tierras Áridas. Informes sobre recursos mundiales de suelos.

Fernández, R.; Quiroga, A.; Noellemeyer, E. 2012. Cultivo de cobertura, ¿una alternativa viable para la región semiárida pampeana?”. Revista Ciencia del Suelo. Vol 30 N° 2.

Fernández, R.; Quiroga, A.; Arenas, F.; Antonini, C.; Saks, M. 2008. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. En: Quiroga, A. y Bono, A. Manual de Fertilidad y Evaluación de Suelos. EEA INTA Anguil. Pp: 51-59. 104p.

Nardone, M.; Montico, S.; López, G. 2011. Inventario de gases de efecto invernadero 1997. Cambio en el contenido de carbono en el suelo por prácticas agrícolas. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. <http://www.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/uso%20del%20suelo%20inventario.pdf>

Quiroga, A.; Carfagno, P.; Eiza, M.; Michelena, R. 2007. Inclusión de Cultivos de Cobertura bajo Agricultura de Secano en la Región Semiárida Pampeana. EEA INTA General Villegas. Jornadas de Cultivos de Cobertura

Restovich, S. B.; Andriulo, A. E.; Améndola, C. 2011. Introducción de cultivos de cobertura en la rotación soja-maíz: efecto sobre algunas propiedades del suelo. Ciencia del suelo, 29(1), 61-73

Restovich, S.B.; Andriulo, A. E.; Portela, S. 2012. Introduction of cover crops in a maize–soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. Field Crops Research, 128, 62-70.

Rillo, S.; Alvarez, C.; Bagnato, R.; Noellemeyer, E. 2012. Efecto de vicia como cultivo de cobertura sobre la disponibilidad de nitrógeno en maíz. Actas del XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 16-20 de abril del 2012.

Rinaudo, D.; Baigorria, T.; Cazorla, C.R.; Boccolini, M.F. 2012. Efecto de *Vicia villosa* (Roth) en el desarrollo y rendimiento de maíz. Actas del XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 16-20 de abril del 2012.

Ruffo, A. M. L., & Parsons, A. A. T. (2004). Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 21.

Villamil, M. B., Bollero, G. A.; Darmody, R. G.; Simmons, F. W.; Bullock, D. G. 2006. No-Till Corn/Soybean Systems Including Winter Cover Crops: Effects on Soil Properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 1936-1944.

Vanzolini, J.I.; Galantini, J.; Agamenonni, R.; Cultivos de cobertura de Vicia villosa Roth. en el valle bonaerense del Río Colorado. En: *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción*. Cap. 04 (21-28). Alvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D.; Bodrero, M. (editores). EEAA Anguil. ISBN 978-987-679-177-9.

Warton D.I., Wright I.J., Falster D.S., Westoby M. 2006. Bivariate line-fitting methods for allometry. *Biological Reviews* 81:259-291.