

“Evaluación económica-ambiental de alternativas para intensificar y diversificar las rotaciones agrícolas en el norte de la provincia de Buenos Aires.”

Autores: Cano Priscila*, Cabrini Silvina**, Fillat Francisco**, Alberto Peper ***y Santiago L. Poggio****¹

Fecha: 31 de agosto de 2020

Categoría: Trabajo de investigación

Área temática:

ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS NATURALES

Cano Priscila: pcano@agro.uba.ar
Cabrini Silvina: cabrini.silvina@inta.gob.ar
Fillat Francisco: fillat.francisco@inta.gob.ar
Peper, Alberto: alberto.peper@bayer.com
Poggio, Santiago L.: spoggio@agro.uba.ar

¹ *Becaria doctoral de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC); ** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA); *** Bayer;**** IFEVA, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Facultad de Agronomía, Cátedra de Producción Vegetal. Buenos Aires, Argentina

“Evaluación económica-ambiental de alternativas para intensificar y diversificar las rotaciones agrícolas en el norte de la provincia de Buenos Aires.”

Resumen

En la región pampeana argentina, los impactos ambientales negativos relacionados con la simplificación de los sistemas agrícolas han generado preocupación en la sociedad. Para promover la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y, simultáneamente, aumentar su productividad, se ha propuesto el diseño de secuencias de cultivos más diversas. En este marco, el objetivo de este trabajo es la evaluación económica y ambiental de alternativas de intensificación y diversificación de rotaciones agrícolas en el norte de la provincia de Buenos Aires. El estudio se basa en un experimento ubicado en Pergamino y llevado a cabo durante cuatro campañas agrícolas consecutivas (2015-16; 2016-17; 2017-18 y 2018-19). Se evaluaron tres factores principales: las secuencias de cultivo (soja continua: S-S, soja-maíz: S-M, maíz-soja-trigo/soja: M-S-T/S), la siembra de cultivo de cobertura (con cobertura: CC y sin cobertura: SC), y dos niveles de uso de insumos (manejo agronómico promedio en la zona: MAP, y un manejo con mayor nivel de intensificación: MI). Para los diferentes tratamientos, se analizaron los indicadores económicos y la eco-eficiencia. La eco-eficiencia se calculó como el valor bruto de la producción dividido el coeficiente de impacto ambiental (EIQ) para cada tratamiento. El valor máximo para MB (602 USD ha⁻¹) se obtuvo en el tratamiento M-S-T/S_SC_MI. El valor máximo para TR (alrededor del 148 %) se obtuvo en el tratamiento M-S-T/S_SC_MAP. El tratamiento con mayor eco-eficiencia fue M-S-T/S_SC_MI. Las rotaciones con mayor cantidad y variedad de cultivos mostraron ventajas en términos económicos y ambientales en comparación con las secuencias menos diversas.

Palabras clave: Rotaciones agrícolas, Eco-eficiencia, Sostenibilidad

Abstract

In the Argentine pampas, the environmental impact related to the simplification of agricultural systems has raised concern in the society. To promote the sustainability of agricultural systems and, simultaneously, increase their productivity, the design of more diverse crop sequences has been proposed. In this framework, the objective of this work is to carry out an economic and environmental assessment of the alternatives for intensify and diversify crop rotations in the Northern Buenos Aires. The study is based on a field experiment located in Pergamino and carried out during four consecutive agricultural seasons (2015-16; 2016-17; 2017-18 and 2018-19). Three main factors were evaluated: crop sequence (soybean monoculture: S-S, soybean-maize: S-M, maize-soybean-wheat / soybean: M-S-T/S, the sowing of cover crops (with cover crop: CC and without cover crop: SC), and two input levels (average farmers' agronomic management: MAP, and a management with a higher level of intensification: MI). For the different treatments, economic indicators and eco-efficiency were analyzed. Eco-efficiency was calculated as the gross value of the production divided by the coefficient of environmental impact (EIQ) for each treatment. The maximum value for gross margin (602 USD ha⁻¹) was obtained in the M-S-T/S_SC_MI treatment. The maximum value for the return to working capital (around 148%) was obtained in the M-S-T/S_SC_MAP treatment. The treatment with the highest eco-efficiency was M-S-T/S_SC_MI. The crop rotations with the greatest quantity and variety of crops showed advantages in economic and environmental terms compared to the less diverse sequences.

Keywords: Crop rotations, Eco-efficiency, Sustainability

Introducción

Las transformaciones de los sistemas agropecuarios enfrentan numerosas críticas de la sociedad en distintos ámbitos, los que abarcan desde los niveles locales y regionales, hasta nacionales e incluso globales (Cabrini, et al. 2018; Foley, et al. 2011). Los reclamos se basan en la aspiración de que los sistemas agropecuarios, por un lado, generen suficientes alimentos de calidad, fibras y combustibles accesibles a todos los niveles sociales (Pretty et al., 2018). Por otro lado, la sociedad exige que la producción se realice con bajo impacto ambiental y que sus contribuciones sociales y culturales sean positivas (Pretty et al., 2018). Ante este escenario, el enfoque de intensificación sostenible propone explorar las sinergias entre producción y sostenibilidad. La intensificación sostenible se define como el incremento de la producción a partir del uso más eficiente de los recursos, al tiempo que se reducen los efectos negativos para el ambiente y se aumentan las contribuciones relacionadas con el cuidado del capital natural y la provisión de servicios ambientales (FAO, 2011; Godfray et al., 2010; Pretty et al., 2011). Para monitorear los procesos de intensificación sostenible se propone medir el impacto medioambiental causado por unidad monetaria ganada (eco-eficiencia) (Kicherer et al., 2007).

Las condiciones favorables del suelo y el clima para el crecimiento de los cultivos, junto con la predisposición de los productores para incorporar nuevas tecnologías, hacen que las Pampas de Argentina se encuentren entre las regiones más importantes del mundo para la producción de alimentos. En estas condiciones, adoptar trayectorias de intensificación sostenible constituye un objetivo ineludible, en particular en países como Argentina, donde el sector agroindustrial es un componente clave de la actividad económica y el principal participante del comercio internacional. En la región pampeana, desde la década del '80, se ha dado una rápida expansión de la agricultura, con un importante avance de la soja sobre el resto de los cultivos (Viglizzo et al., 2011; Satorre, 2005). Actualmente, la soja es el principal cultivo en las rotaciones o, en muchos casos, el único que prevalece en monocultivo. Si bien los productores eligen el cultivo de soja por su simplicidad de manejo y la alta tasa de retorno, existe una preocupación creciente sobre las consecuencias negativas del monocultivo de soja, principalmente por el deterioro de los suelos y la proliferación de malezas resistentes a los herbicidas. Estas son algunas de las razones que promovieron el interés por intensificar y diversificar las rotaciones de cultivos, tanto por parte de los productores como desde los ámbitos académicos (Caviglia y Andrade, 2010; Andrade et al., 2017).

Las secuencias de cultivos más diversas y con niveles de uso de recursos naturales más intensivos se proponen para mitigar las preocupaciones ambientales relacionadas con la simplificación agrícola y los monocultivos, al tiempo que se aumenta o mantiene la producción de cultivos. Las publicaciones recientes se centran en los impactos agronómicos de aumentar la frecuencia de cultivos dobles (Andrade et al., 2015, 2017). Estos estudios hacen énfasis en la eficiencia del uso del agua y la energía. Los resultados respaldan la idea de que es posible mejorar la productividad anual mediante la implementación de sistemas de producción más intensivos y diversos (Caviglia *et al.*, 2004; Caviglia y Andrade, 2010, Caviglia *et al.*, 2019, Andrade *et al.*, 2017).

Actualmente, hay grupos de productores que se asocian con el objetivo de generar conocimiento local sobre alternativas de intensificación y diversificación de las rotaciones agrícolas. Un ejemplo de ello es el Sistema Chacras de Aapresid, iniciativa que estableció una red de ensayos que incluyen parcelas con distintas rotaciones de

cultivos y pasturas (Aapresid, 2017). El Sistema Chacras hace énfasis en el impacto sobre la salud del suelo a través de varios indicadores que incluyen la evaluación de la actividad microbiana y la dinámica del carbono orgánico. Además, se generaron datos sobre la eficiencia de uso de recursos, productividad y estabilidad de los sistemas (Aapresid, 2017).

A pesar de que las consecuencias positivas de implementar rotaciones más intensivas y diversas están bien documentadas para la región (Andrade *et al.*, 2015; Andrade *et al.*, 2017, Aapresid, 2017), los sistemas productivos actuales siguen siendo altamente simplificados. En este marco, el objetivo de este trabajo es estudiar económicamente y ambientalmente alternativas de intensificación y diversificación de rotaciones agrícolas en el norte de la provincia de Buenos Aires.

Metodología

El estudio se llevó a cabo en un ensayo de rotaciones en parcelas a campo ubicado en el partido de Pergamino, provincia de Buenos Aires (33° 51' 55.7" S; 60° 40' 28.39" O). En esta región el clima es subtropical húmedo, con veranos cálidos y sin estación seca marcada. La precipitación media anual es de 991 mm (promedio de 2008-2019). La temperatura media anual es de 18 °C. Las precipitaciones en Pergamino durante las campañas analizadas fueron de 1359,6 mm, 1210,7 mm, 975,9 mm y 1262 mm para las campañas 2015-16, 2016-17, 2017-18 y 2018-19, respectivamente. Se detectaron periodos de humedad extrema en la campaña 2015-16 durante los meses de agosto-septiembre y en la campaña 2018-19 en enero. La campaña 2017-18 presentó una situación de sequía para los meses de primavera y sequía extrema en el mes de marzo (Figura 1).

El ensayo considera sistemas agrícolas puros en cuatro campañas 2015-16; 2016-17, 2017-18 y 2018-19. Se evalúan tres factores: secuencias de cultivo (soja continua: S-S, soja-maíz: S-M, maíz-soja-trigo/soja: M-S-T/S), la siembra de cultivo de cobertura (con cobertura: CC y sin cobertura: SC), y el nivel de uso de insumos (manejo agronómico promedio en la zona: MAP y un manejo con mayor nivel de intensificación: MI). Todos los tipos de cultivos incluidos bajo cada tratamiento estaban presentes cada año en los tres bloques, exceptuando S-S con un manejo con mayor nivel de intensificación.

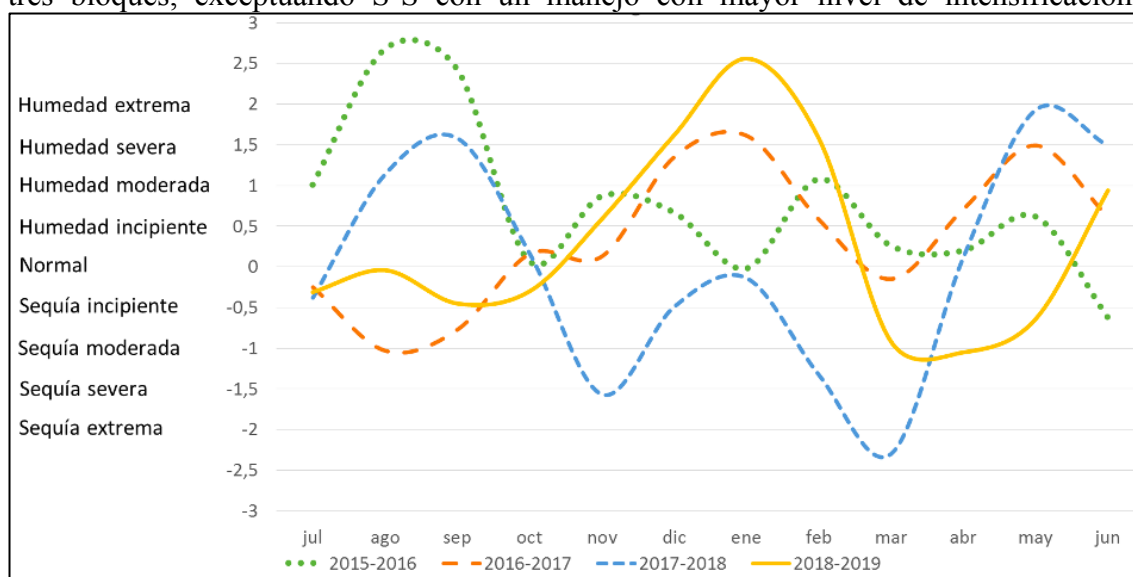


Figura 1. Índice estandarizado de precipitaciones a 2 meses para la localidad de Pergamino para las campañas 2015-16, 2016-17, 2017-18 y 2018-19. Fuente: elaboración propia en base a los datos de precipitaciones <http://siga2.inta.gov.ar/#/data>.

A partir de los datos recolectados del ensayo se realizó una evaluación económica y ambiental para los diferentes tratamientos. Los indicadores económicos considerados fueron: margen bruto por hectárea, retorno al capital de trabajo y tasa de retorno marginal.

El margen bruto (MB) se calculó como el ingreso bruto menos los gastos en insumos, servicios, cosecha y comercialización (Ghida Daza, 2009). Para el cálculo del ingreso por cultivo se tomó como precio, el disponible de cada año al momento de cosecha, en el puerto de Rosario. Se valoraron los insumos y labores en el momento que fueron utilizados. Para los gastos de comercialización se utilizaron las tarifas de Agricultores Federados Argentinos (AFA) y para los gastos de flete se utilizaron las tarifas de la Confederación Argentina de Transporte Automotor de Cargas (CATAC). Los precios se expresan en dólares. El costo del alquiler de la tierra no está incluido en los cálculos de costos directos.

El retorno al capital de trabajo (TR) se calcula como el margen bruto dividido por los costos directos en insumos y servicios. Finalmente, la tasa de retorno marginal (TRM), se obtiene al dividir, el incremento de margen bruto por su respectivo incremento de costos. La TRM indica el porcentaje de retorno en términos de ganancias que se obtienen por cada unidad monetaria en que se incrementen los costos como resultados de cambiar de un tratamiento al otro (Reyes Hernández, 2002).

La comparación entre tratamientos a partir de un análisis económico se desarrolla para formular recomendaciones para los agricultores a partir de datos agronómicos (Reyes Hernández, 2002). Analizar los costos y beneficios de cada tratamiento es fundamental en el proceso de desarrollo/adaptación de tecnología para productores agrícolas. Los indicadores económicos, como el margen bruto, la tasa de retorno de capital y la tasa de retorno marginal permiten seleccionar tratamientos que en términos de ganancias ofrecen la posibilidad de ser escogidos para recomendarse a los agricultores.

Para la evaluación ambiental se utiliza el Coeficiente de impacto ambiental - Quotient Impact Enviroment- (EIQ), que es un indicador del riesgo de contaminación por el uso de pesticidas. Para cada tratamiento se consideró los productos aplicados, su concentración y la dosis. El EIQ se calculó mediante el uso de su plataforma virtual (EIQ: <http://www.nysipm.cornell.edu/EIQCalc/input.php>). La plataforma utiliza la fórmula propuesta por Kovach et al. (1992) e integra tres componentes: el trabajador agrícola, el consumidor y el ambiente. Para determinar el primero de ellos se considera la exposición de los trabajadores al producto durante su aplicación mediante la toxicidad dermal y la exposición a largo plazo mediante la toxicidad crónica calculada en mamíferos. En cuanto al componente del consumidor se considera su exposición al producto por la posible presencia de residuos en el suelo y en la planta y el efecto potencial de las aguas subterráneas. Y por último, el ambiente, componente que abarca los efectos sobre el agua y la tierra como así también sobre los peces, las aves y los artrópodos benéficos. La fórmula tiene la siguiente forma:

$$EIQ = \frac{\{C \times [(DT \times 5) + (DT \times P)] + [(C \times \frac{S+P}{2}) \times SY] + (L) + [(F \times R) + (D \times (\frac{S+P}{2}) \times 3) + (Z \times P \times 3) + (B \times P \times 5)]\}}{3}$$

Donde, C: toxicidad crónica, DT: toxicidad dermal, P: vida media en la superficie de la planta, S: vida media en el suelo, SY: sistematicidad, L: potencial de lixiviación, F: toxicidad en peces, D: toxicidad en aves, R: potencial pérdida en superficie, Z: toxicidad en abejas, B: toxicidad en artrópodos benéficos.

La plataforma utilizada no incluye la información de toxicidad de un principio activo utilizado en el tratamiento, haloxifop. En este caso se utilizó un valor promedio de EIQ de los principios activos pertenecientes a la misma familia.

Los rendimientos de trigo/soja variaron significativamente entre campañas y sistemas agronómicos (MAP y MI). No hubo un efecto significativo de sembrar cultivos de cobertura en las secuencias. La Tabla 2 muestra los márgenes brutos promedio (MB) y el retorno al capital de trabajo (TR) para cada nivel de los factores. La amplia gama de condiciones ambientales experimentadas por los cultivos durante el ensayo explica la alta variabilidad en MB y TR entre campañas. Por ejemplo, los valores promedio para los indicadores económicos en el año de cultivo 2016-17 fueron más del doble que en 2017-18. La presencia de cultivos de cobertura (CC) redujo los MB y TR (-44%, -72%, respectivamente), ambos debido a la disminución en los rendimientos de los cultivos y al aumento en los costos directos. El sistema MI aumentó el MB promedio en comparación con el MAP (+9,6%). Sin embargo, la TR fue menor en este sistema (-18%).

Tabla 2. Margen bruto promedio y retorno al capital para cada nivel de producción: años de cultivo, presencia de cultivos de cobertura o de cobertura, sistemas agronómicos y secuencias de cultivos.

Factores	Niveles			
	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Campaña				
Margen Bruto (u\$s ha ⁻¹)	448	608	248	496
Tasa de retorno	104%	132%	48%	114%
Cultivo de cobertura	Barbecho	Cultivo de cobertura		
Margen Bruto (u\$s ha ⁻¹)	541	304		
Tasa de retorno	134%	62%		
Sistema agronómico	Manejo agronómico promedio	Manejo con mayor nivel de intensificación		
Margen Bruto (u\$s ha ⁻¹)	434	480		
Tasa de retorno	107%	89%		
Secuencia de cultivo	Soja	Soja-Maíz	Trigo/Soja-Maíz-Soja	
Margen Bruto (u\$s ha ⁻¹)	284	408	505	
Tasa de retorno	94%	90%	107%	

Nota: En el cálculo de margen bruto y tasa de retorno para la comparación entre sistemas agronómico no se consideró el tratamiento MAP_Soja con y sin cultivo de cobertura.

El valor máximo para MB (602 USD ha⁻¹) se obtuvo en la rotación Trigo/Soja-Maíz-Soja, sin cultivo de cobertura y con manejo intensificado (Figura 2). Por otro lado, la rotación Soja-Soja con cultivo de cobertura obtuvo un valor mínimo para MB (158 USD ha⁻¹). El valor máximo para TR (alrededor del 148%) se obtuvo en la rotación Trigo/Soja-Maíz-Soja, sin cultivo de cobertura y con manejo promedio del productor (Figura 3).

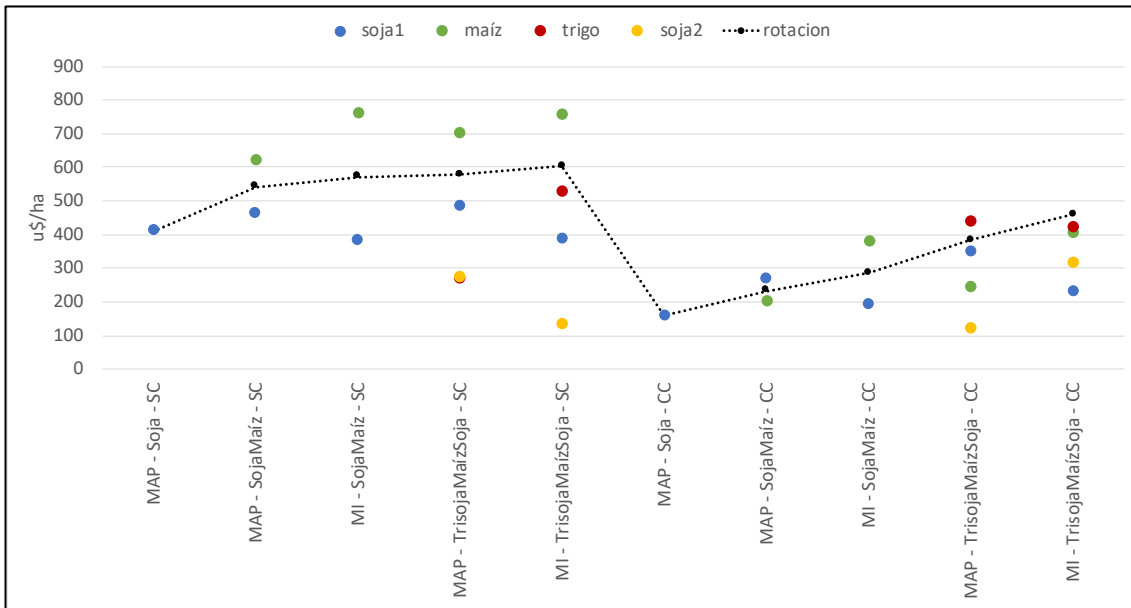


Figura 2. Margen bruto promedio de las campañas 2015-16, 2016-17, 2017-2018 y 2018-2019, para la presencia de cultivos en barbecho o de cobertura, dos sistemas agronómicos y tres secuencias de cultivos. Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo de cobertura

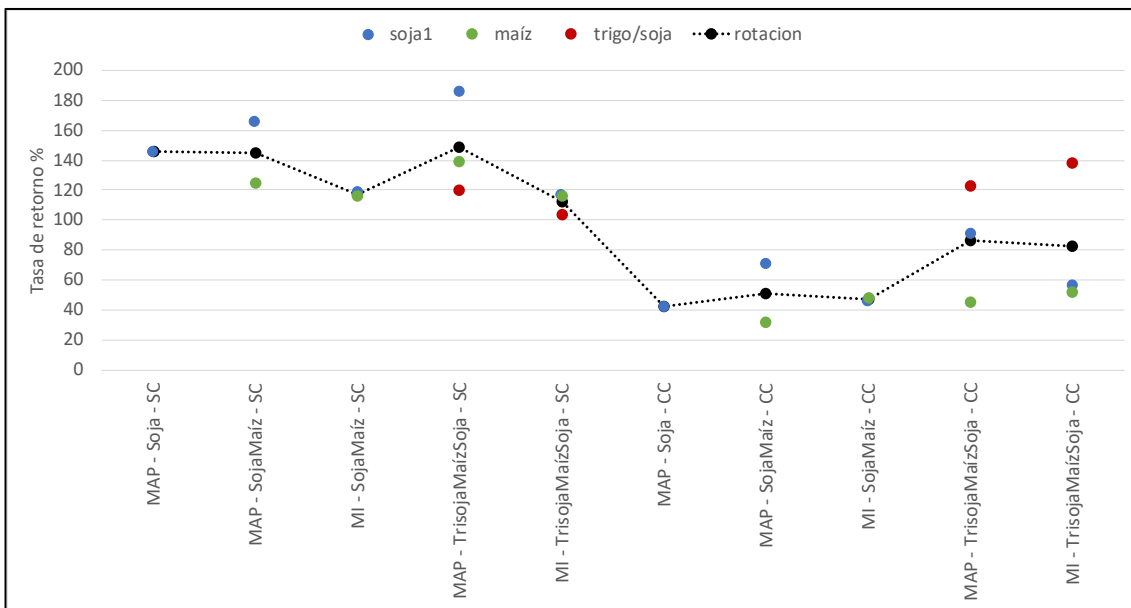


Figura 3. Retorno promedio al capital de trabajo (costos directos de insumos y servicios) de las campañas 2015-16, 2016-17, 2017-18 y 2018-19, para la presencia de cultivos en barbecho o de cobertura, dos sistemas agronómicos y tres secuencias de cultivos. Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo de cobertura.

La TRM del MI con respecto a MAP es 21% en los tratamientos S-M_SC y S-M-T/S_SC. A su vez, la tasa de retorno marginal de la rotación S-M-T/S_SC con respecto a la rotación S-M_SC es 112%. (Tabla 3).

Tabla 3. Tasa de retorno marginal MI vs. MAP y la rotación Soja-Maíz vs Soja-Maíz-Trigo/Soja de los cuatro tratamientos sin cultivo de cobertura con mayores márgenes brutos.

Tratamiento	Δ MB	Δ costo	TRM
MI vs MAP	28	132,94	21%
S-M-T/S vs S-M	32,7	29,15	112%

La rotación Trigo/Soja-Maíz-Soja tuvo los mejores resultados en cuanto a MB y TR. Dentro de esta rotación, los tratamientos sin cultivo de cobertura obtuvieron en promedio mayores márgenes. Esta tendencia parece cambiar en la última campaña donde el tratamiento MI y con cultivo de cobertura alcanzó el mayor margen bruto (Figura 4).

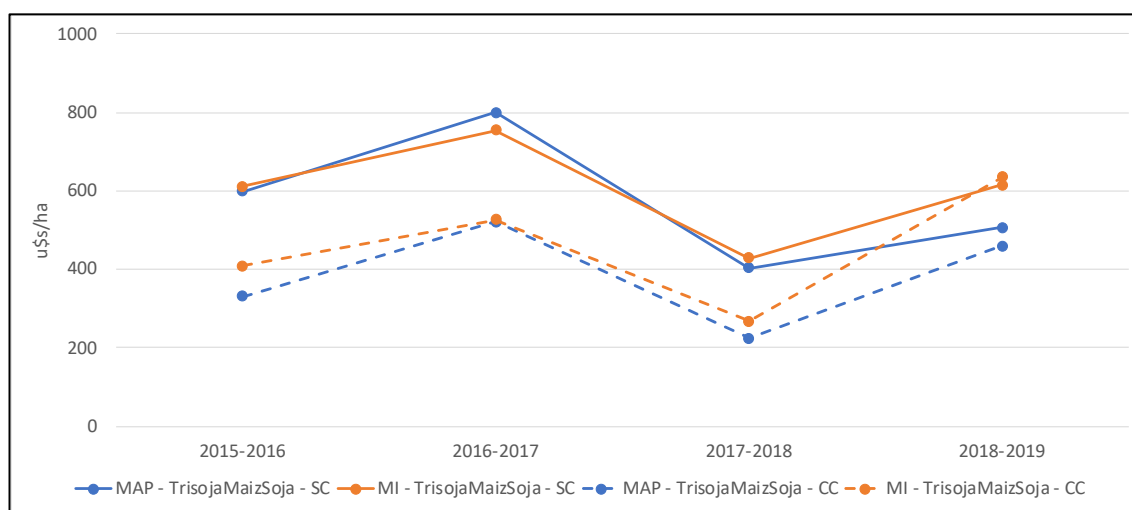


Figura 4. Margen bruto de rotación Trigo/Soja-Maíz-Soja de las campañas 2015-16, 2016-17, 2017-18 y 2018-19, para la presencia de cultivos en barbecho o de cobertura, dos sistemas agronómicos, MAP y MI. Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo de cobertura.

La Tabla 4 muestra el coeficiente de impacto ambiental (EIQ) y eco-eficiencia promedio para cada nivel de los factores. La campaña 2017-2018 fue la menos eco-eficiente asociado con mayor EIQ y la campaña más eco-eficiente fue 2016-17, aunque no fue la campaña con menor EIQ. La presencia de cultivos de cobertura (CC) redujo el EIQ (-13,1%) y aumentó (+3%) la eco-eficiencia. El sistema MI redujo el EIQ en comparación con el MAP (-6%) y aumentó la ecoeficiencia (+18,3%). El tratamiento con mayor eco-eficiencia fue M-S-T/S_SC_MI y el de menor fue S-S_SC_MAP (Figura 5).

Tabla 4. Coeficiente de impacto ambiental y eco-eficiencia promedio de las campañas 2015-16, 2016-17, 2017-18 y 2018-19 para la presencia de cultivos en barbecho o de cobertura, dos sistemas agronómicos y tres secuencias de cultivos. Nota: En el cálculo de Coeficiente de impacto ambiental y Eco-eficiencia para sistema agronómico no se consideró el tratamiento MAP_Soja con y sin cultivo de cobertura.

Factores	Niveles			
	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Campaña				
Coeficiente de impacto ambiental	90,1	102,9	129,1	99,3
Eco-eficiencia	13,7	15,2	9,1	13,3
Cultivo de cobertura	Barbecho	Cultivo de cobertura		
Coeficiente de impacto ambiental	112,7	97,9		
Eco-eficiencia	12,6	13,0		
Sistema agronómico	Manejo agronómico promedio	Manejo con mayor nivel de intensificación		
Coeficiente de impacto ambiental	107,2	100,8		
Eco-eficiencia	12,0	14,7		
Secuencia de cultivo	Soja	Soja-Maíz	Trigo/Soja-Maíz-Soja	
Coeficiente de impacto ambiental	118,8	122,1	91,9	
Eco-eficiencia	7,6	10,7	15,1	

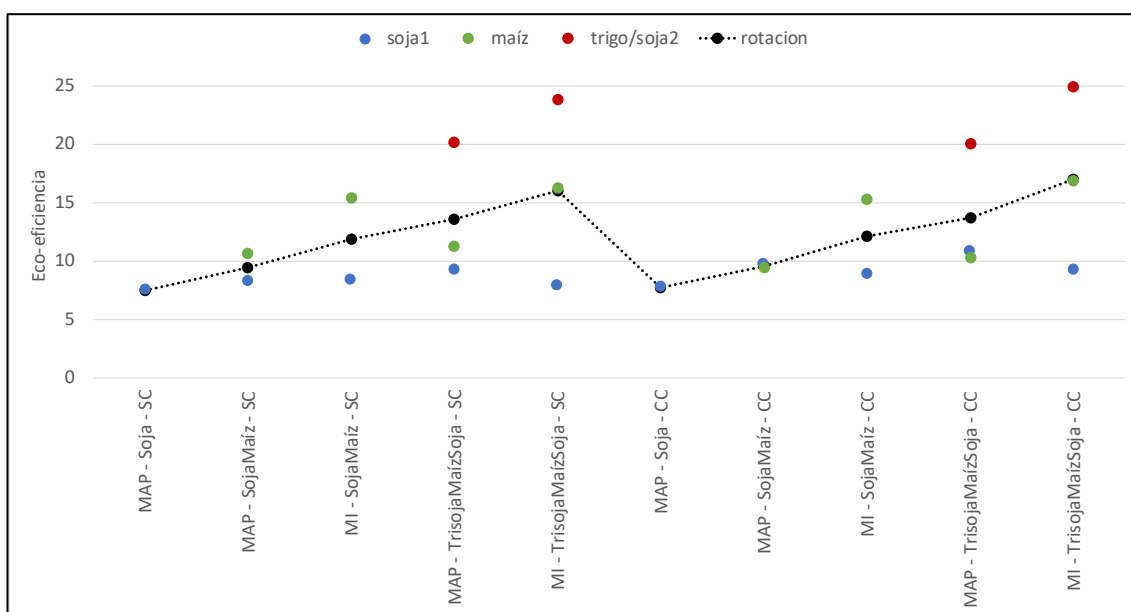


Figura 5. Eco-eficiencia calculada como ingreso bruto sobre EIQ de las campañas 2015-16, 2016-17, 2017-18 y 2018-19, para la presencia de cultivos en barbecho o de cobertura, dos sistemas agronómicos y tres secuencias de cultivos. Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo de cobertura.

Discusión y conclusiones

Las rotaciones con mayor cantidad y variedad de cultivos mostraron ventajas en términos económicos y ambientales en comparación con las secuencias menos diversas.

Considerando el margen bruto, si el objetivo del productor es maximizar resultados económicos por unidad de superficie en el mediano plazo, su mejor opción será la rotación M-S-T/S_SC_MI (Figura 2). Si bien esta secuencia no es la que generó

la máxima TR, las TRM de este tratamiento con respecto a los tratamientos con menor número de cultivos y menor nivel de uso de insumos, son elevadas, considerando los valores utilizados como referencias para retornos sobre capital circulante en la actividad agropecuaria del 5 % sobre la tasa de riesgo cero (la tasa LIBOR USD promedio 2015-2019 fue de 1,2 %). Este análisis económico es consistente con los resultados de otros trabajos que muestran que las secuencias de cultivos que incluyen el doble cultivo mejoran la eficiencia del uso del agua y el nitrógeno, en comparación con los largos períodos de barbecho alternativos entre cultivos de verano aumentando, en consecuencia, la productividad anual (Andrade et al., 2015; Caviglia et al., 2004; Caviglia y Andrade, 2010; Andrade et al., 2017).

En los tratamientos con cultivos de cobertura, tanto si el rendimiento del siguiente cultivo se mantuvo o disminuyó, es razonable esperar que los márgenes brutos sean relativamente menores que en las secuencias sin cultivo de cobertura. Esto se debe, principalmente, al costo de implantación del cultivo de cobertura. Para mejorar los resultados económicos de los tratamientos con cultivos de cobertura es imprescindible realizar un manejo que permita capitalizar los beneficios ambientales, como por ejemplo, reduciendo la fertilización nitrogenada del maíz con vicia como cultivo antecesor vicia, o disminuyendo las aplicaciones de herbicidas para el control de malezas. (Restovich et al., 2012; Fernández, 2012).

Con respecto al tratamiento con mayor eco-eficiencia fue M-S-T/S_SC_MI y el de menor fue S-S_SC_MAP. La rotación con menor EIQ fue M-S-T/S, seguido por S-S y finalmento por M-S. Si bien se evaluaron las rotaciones, sin poner énfasis en los cultivos individuales, los resultados a nivel de cultivo difieren a los encontrados por Cabrini y Calcaterra, 2013 y Tallone y Cabrini 2018 en los cuales el uso de la tierra que menor EIQ obtuvo fue la ganadería, seguida de soja de primera, trigo/soja y maíz. En nuestro trabajo, el menor EIQ fue obtenido en trigo/soja, soja y maíz. Estos trabajos son anteriores y probablemente el paquete de herbicidas que se usa actualmente es distinto. El sistema MI redujo el EIQ en comparación con el MAP (-6%) y aumentó la ecoeficiencia (+18,3%). La presencia de cultivos de cobertura (CC) redujo el EIQ (-13,1%) y aumentó (+3%) la eco-eficiencia.

Si bien los resultados de estos cuatro años muestran que la inclusión de cultivos de cobertura no sería una técnica con resultados económicos positivos, se pudo observar, al igual que lo establecido por Principiano y Acciaresi (2017) y Baigorria et al. (2016) en sus trabajos sobre control y manejo de malezas empleando cultivos de cobertura y herbicidas, que la inclusión de un cultivo invernal, ya sea de producción como de servicios, previo la siembra de soja, mostró reducciones en el impacto ambiental.

Los resultados de este estudio presentan información útil para la toma de decisiones sobre el uso y manejo de la tierra. El ensayo analizado tiene la fortaleza de que incluye todos los cultivos de las rotaciones en cada campaña, lo que determina una comparación más robusta de los tratamintos evaluados. En la interpretación de estos resultados es necesario considerar la posibilidad de que los tratamientos generen efectos de largo plazo que no hayan sido captados en estos primeros del año del ensayo.

Bibliografía

- Aapresid (2017). Chacra Pergamino. Hacia una producción sustentable real. Resumen resultados 2011-2016. <http://www.aapresid.org.ar/blog/hacia-una-produccion-sustentable-real/>
- Andrade, J. F., Poggio, S. L., Ermácora, M., y Satorre, E. H. (2015). Productivity and resource use in intensified cropping systems in the Rolling Pampa, Argentina. *European Journal of Agronomy*, 67, 37-51.
- Andrade, J. F., Poggio, S. L., Ermácora, M., y Satorre, E. H. (2017). Land use intensification in the Rolling Pampa, Argentina: Diversifying crop sequences to increase yields and resource use. *European Journal of Agronomy*, 82, 1-10.
- Baigorria T., Álvarez C., Cazorla C., Belluccini P., Aimetta B., Pegoraro V., Boccolini M., Conde B., Faggioli V., Ortíz J. y Tuesca D. (2016). “Cultivos de cobertura: una estrategia sustentable al manejo de malezas en sistemas de siembra directa “. Actas XXIV Congreso de AAPRESID - Resiliar. Rosario.
- Cabrini, S. M., Cristeche, E. R., Engler, P. L., Esposito, M. E., Manchado, J. C., Mathey, M. D., ... y De Prada, J. D. (2018). Percepción sobre el impacto ambiental de la producción agropecuaria de la región pampeana argentina. Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Cabrini S.M., Calcaterra C.P. y Lema D. (2013). “Costos ambientales y eficiencia productiva en la producción agraria del partido de Pergamino”. *Revista iberoamericana de Economía Ecológica* 20: 27-43.
- Caviglia, O. P., Sadras, V. O., y Andrade, F. H. (2004). Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas: Capture and efficiency in the use of water and radiation in double cropped wheat–soybean. *Field Crops Research*, 87(2-3), 117-129.
- Caviglia, O. P., y Andrade, F. H. (2010). Sustainable intensification of agriculture in the Argentinean Pampas: capture and use efficiency of environmental resources. *Americas Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3, 1-8.
- Caviglia, O. P. Rizzalli, R. H. Monzonb, J. P., García, F.O., Melchiori, R.J.M., Martínez, J.J., Cerrudo, A., Irigoyen, A., Barbieri, P.A., Van Opstal, N.V., Andrade, F.H. (2019). Improving resource productivity at a crop sequence level. *Field Crops Research* 235, 129–141.
- FAO (2011). Ahorrar para crecer. Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola en pequeña escala. Roma, Italia: Ediciones. FAO.
- 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.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... y Balzer, C. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337.
- Ghida Daza, C. (2009). “Indicadores Económicos para la Gestión de Empresas Agropecuarias”. Ediciones INTA ISSN 1851-6955 N°11.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. y Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812-818.
- Kicherer, A., Schaltegger, S., Tschokohei, H. y Ferreira, B. (2007). “Eco-efficiency. Combining life cycle assessment and life cycle cost via normalization”. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(7):537-543.

- Kovach, J., C. Petzoldt, J. Degnil and J. Tette (1992) "A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides" *New York's Food and Life Sciences Bulletin*, 139.
- Pretty, J., Toulmin, C., y Williams, S. (2011). Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1), 5-24.
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., ... y Pierzynski, G. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441.
- Principiano M. y Acciaresi H. A. (2017). "Costo financiero e impacto ambiental del control de malezas en diferentes secuencias de cultivos en el NO de la Provincia de Buenos Aires". *RTA / Vol 10 / N°33*: 37-41.
- Rao, A. N., y Nagamani, A. (2013). Eco-efficient weed management approaches for rice in tropical Asia. In *Proceedings of the 4th Tropical Weed Science Conference*. Chiang Mai, Thailand: TWSC, 78-87.
- Restovich, S. B., Andriulo, A. E., & Portela, S. I. (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. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.012>
- Reyes Hernández, M. (2002). Análisis Económico de Experimentos Agrícolas con Presupuestos Parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque. *La Calera*, 2(2), 40-48.
- Satorre, E. H. (2005). Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia Hoy*, 15(87), 24-31.
- Tallone, V., y Cabrini, S. M. (2018). "Evaluación de indicadores de impacto ambiental por el uso de agroquímicos y ecoeficiencia en sistemas de producción del partido de Pergamino. Reunión Anual de Economía Agraria.
- Viglizzo, E. F., Frank, F. C., Carreño, L. V., Jobbagy, E. G., Pereyra, H., Clatt, J., ... y Ricard, M. F. (2011). Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology*, 17(2), 959-973.