

## **“Evaluación económica 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 y el monocultivo de soja 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 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, en el que se evalúan 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). Se analizaron los efectos de los diferentes factores en los indicadores económicos en tres campañas agrícolas consecutivas (2015-2016; 2016-2017 y 2017-2018). Todos los sistemas agronómicos tuvieron mayores costos de producción que S-S\_MAP\_SC. En los tratamientos CC el aumento de los costos fue superior al de los ingresos resultando los márgenes brutos inferiores. Es importante ampliar el enfoque al mediano y largo plazo donde el efecto de esta práctica sobre la comunidad de malezas, la fertilidad, el suelo y los rendimientos puede ser significativo en las siguientes campañas cultivos. En los tratamientos SC, los mayores costos en las rotaciones S-M y M-S-T/S, con respecto a S-S, fueron acompañados por un aumento, aún mayor, en los ingresos, lo que se reflejó en márgenes brutos superiores. En estos casos, el nivel de uso de insumos MI genera una mejora leve en el margen bruto de la rotación S-M, con respecto a MAP. En la continuidad del experimento se espera que se puedan identificar los efectos de los factores en el mediano plazo sobre los resultados económicos de los sistemas. Asimismo, se considerarán indicadores ambientales, para una evaluación multicriterio.

Palabras claves: Indicadores económicos; Sostenibilidad; Rotaciones agrícolas.

## 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).

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).

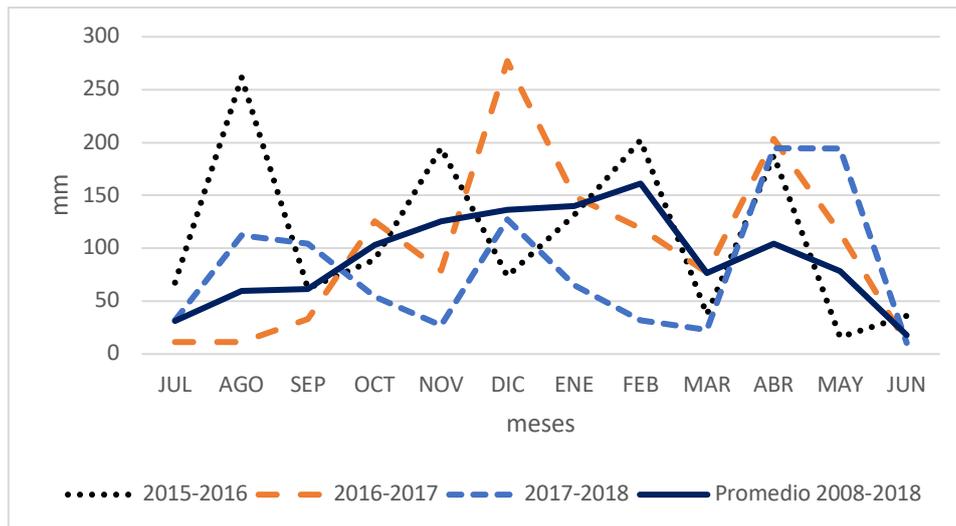
A pesar de que las consecuencias positivas de implementar rotaciones más intensivas y diversas están bien documentadas para la región (Andrade *et al.*, 2015; Andrade *et al.*, 2017, Aapresid, 2017), los sistemas productivos actuales siguen siendo altamente simplificados. En este marco, el objetivo de este trabajo es estudiar económicamente 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 735 mm (promedio de 2008-2018). La temperatura media anual es de 18 °C. Las precipitaciones en Pergamino durante las campañas analizadas fueron de 1359,6 mm, 1210,7 mm y 975,9 mm para las campañas 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018, respectivamente. (Figura 1).

El ensayo considera sistemas agrícolas puros. Se evalúan tres factores: secuencias de cultivo (soja continua: SS, soja-maíz: SM, maíz-soja-trigo/soja: MST/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) (Anexo 1, 2 y 3).

Se analizaron los efectos de los diferentes factores en los indicadores económicos para las campañas agrícolas 2015/2016; 2016/2017 y 2017/2018.



**Figura 1.** Precipitaciones mensuales del partido de Pergamino para las campañas 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018. Fuente: <http://siga2.inta.gov.ar/#/data>

El ensayo continuará durante tres campañas agrícolas más, las que luego serán incorporadas en el análisis. Todos los tipos de cultivos incluidos bajo cada tratamiento estaban presentes cada año en los tres bloques.

En base a los datos recolectados del ensayo se realizó una evaluación indicadores económicos 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 de la cosecha 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 dólares y se valoraron los insumos y labores en el momento que fueron utilizados, tomando el precio del mercado en dólares. 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). Todas las tarifas fueron convertidas a dólares para ser incluidas en el margen bruto. 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 los costos totales. Los componentes del costo que se considerados son costos de servicios e insumos.

Finalmente, la **tasa de retorno marginal** (TRM), se obtiene como la relación entre el incremento en el margen bruto y 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 resultado 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 los procesos de desarrollo y adaptación de tecnologías

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.

## Resultados

La variabilidad ambiental entre las campañas analizadas, tuvo influencia en los rendimientos los cuales presentan un amplio rango entre campañas para un mismo tratamiento (Tabla 4).

**Tabla 4.** Rendimientos medios de grano de los cultivos de maíz, soja, soja de segunda y trigo para las campañas 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018 y diferentes tratamientos en Pergamino. Los rendimientos promedio a nivel de condado (Partido de Pergamino) también se presentan para cada estación de crecimiento (Fuente: Secretaria de Agroindustria, Argentina. <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar>).

Campaña	Cultivo	Tratamiento				Promedio	Promedio partido
		MAP		MI			
		CC	SC	CC	SC		
2015-2016	Maíz	6514	9550	7759	10049	8468	8400
	Soja	3111	3384	3625	3622	3435,5	4081
	Soja 2	2493	2366	3535	3126	2880	
	Trigo	3989	3874	5120	4974	4489,25	4200
2016-2017	Maíz	11008	16042	13829	18404	14820,75	10400
	Soja	3827	4042	3959	4072	3975	4020
	Soja 2	3400	3613	3541	3890	3611	
	Trigo	3667	3628	4193	3705	3798,25	4800
2017-2018	Maíz	4624	6134	7479	8290	6631,75	8000
	Soja	2317	2500	2354	2634	2451,25	3063
	Soja 2	1960	1956	1951	1985	1963	
	Trigo	5625	5755	6642	6655	6169,25	4600

Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo de cobertura

Los rendimientos de maíz fueron significativamente mayores en el manejo intensificado (MI) que en el manejo promedio aplicado por los agricultores (MAP) en las campañas analizadas (Tabla 4). Los rendimientos de maíz tendieron a ser más bajos cuando se cultivaron después de cultivos de cobertura, independientemente del sistema agronómico. Sin embargo, el porcentaje de reducción del rendimiento debido a los cultivos de cobertura tuvo una tendencia a disminuir en las temporadas de cultivo consecutivas. Esta tendencia fue más evidente en el sistema intensificado, donde la reducción del rendimiento fue menor que en el manejo promedio del productor.

Los rendimientos de soja de los cultivos sembrados en fechas de siembra óptimas solo variaron significativamente entre campañas (Tabla 4). Esta variabilidad interanual de los rendimientos sería el mero resultado de las diferentes condiciones climáticas entre años, particularmente la lluvia.

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 (Tabla 4).

La Tabla 5 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

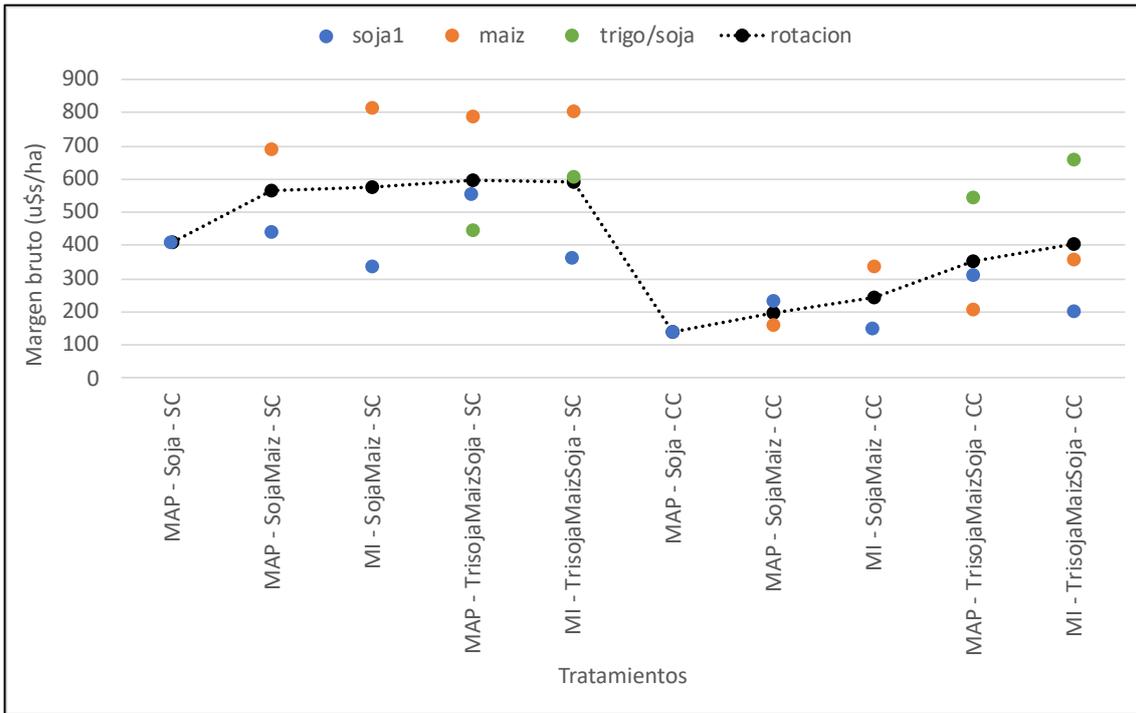
experimentadas por los cultivos durante el ensayo explica la alta variabilidad en MB y TR entre los años de cultivo. Los valores para los indicadores económicos en el año de cultivo 2016/2017 fueron más del doble que en 2017/2018.

La presencia de cultivos de cobertura (CC) redujo los MB y TR (-47%, -57%, respectivamente), como resultado de la disminución en los rendimientos de los cultivos y al aumento en los costos directos (Tabla 5). El sistema MI aumentó el MB promedio en comparación con el MAP (+ 13%). Sin embargo, la TR fue menor en este sistema (-18%).

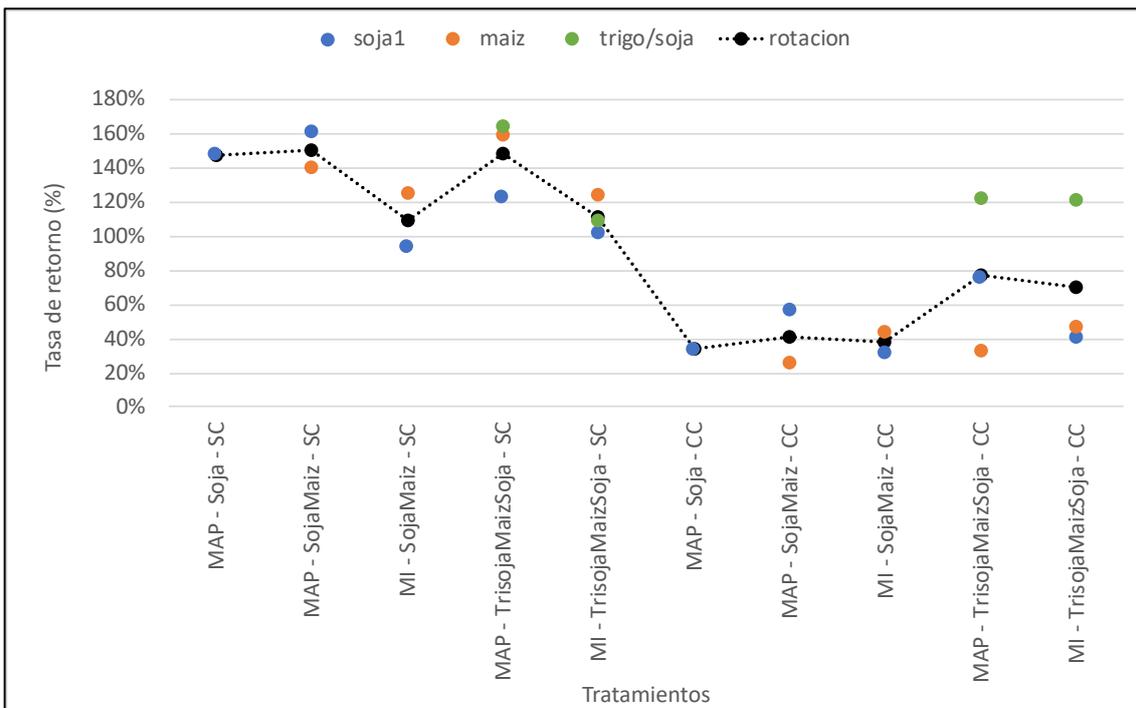
**Tabla 5.** Margen bruto promedio y retorno al capital para cada nivel de producción: años de cultivo, presencia de cultivos de cobertura o de cobertura, sistemas agronómicos y secuencias de cultivos.

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>		
	<b>2015/2016</b>	<b>2016/2017</b>	<b>2017/2018</b>
<b>Campaña</b>			
Margen Bruto (u\$s ha <sup>-1</sup> )	449,87	611	240,45
Tasa de retorno (%)	105	132	47
<b>Cultivo de cobertura</b>	<b>Barbecho</b>	<b>Cultivo de cobertura</b>	
Margen Bruto (u\$s ha <sup>-1</sup> )	568,35	299,21	
Tasa de retorno (%)	132	57	
<b>Sistema agronómico</b>	<b>Manejo agronómico promedio</b>	<b>Manejo con mayor nivel de intensificación</b>	
Margen Bruto (u\$s ha <sup>-1</sup> )	410,14	462,15	
Tasa de retorno (%)	103	84	
<b>Secuencia de cultivo</b>	<b>Soja</b>	<b>Soja-Maíz</b>	<b>Trigo/Soja-Maíz-Soja</b>
Margen Bruto (u\$s ha <sup>-1</sup> )	273,46	394,32	486,81
Tasa de retorno (%)	91	85	102

El valor máximo para MB (597 u\$s ha<sup>-1</sup>) se obtuvo en el tratamiento MAP\_Trigo/soja-Maíz-Soja\_SC (Figura 2). Por otro lado, la Soja-CC obtuvo un valor mínimo para MB (139 u\$s ha<sup>-1</sup>). El valor máximo para TR (alrededor del 150%) se obtuvo en tratamientos con MAP\_Soja-Maíz\_SC (Figura 3).

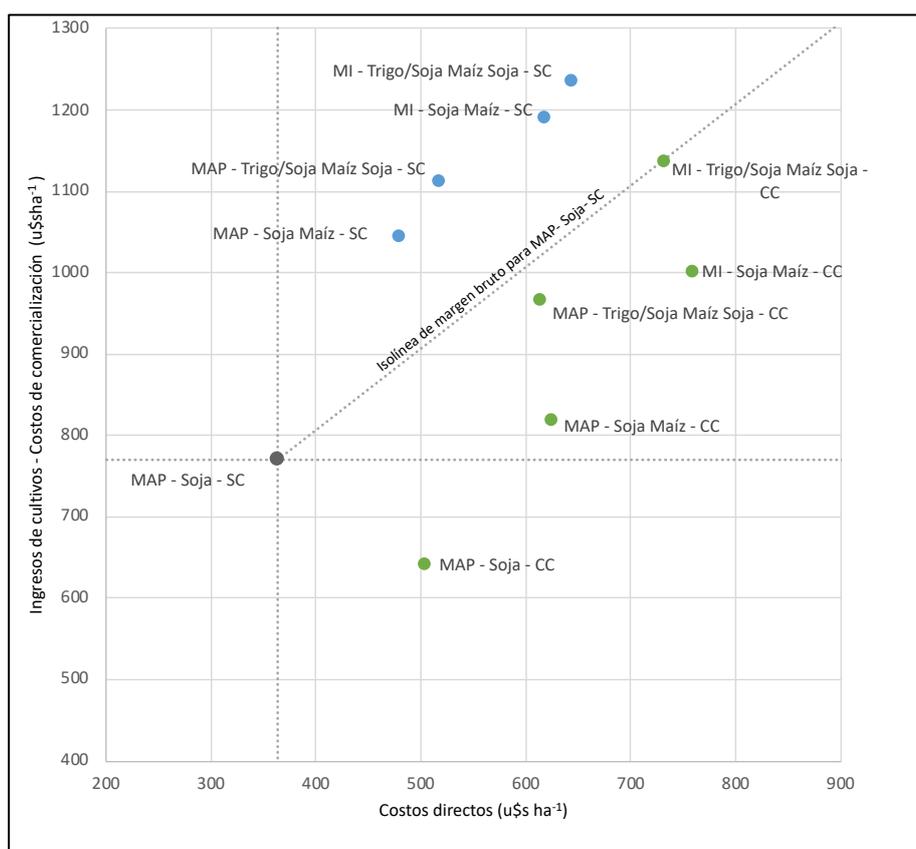


**Figura 2.** Margen bruto promedio de las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/2018, para la presencia de cultivos en barbecho o de cobertura, dos sistemas agronómicos y tres secuencias de cultivos. Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo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



**Figura 3.** Retorno promedio al capital de trabajo (costos directos de insumos y servicios) de las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/2018, 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 Figura 4 muestra que en todos los tratamientos los costos directos fueron más altos que en MAP\_Soja\_SC. Además, en todos los tratamientos, excepto en MAP\_Soja\_CC, el ingreso fue más alto que este punto de referencia. En Maíz-Soja\_SC y Trigo/Soja-Maíz-Soja\_SC, el aumento en el ingreso con respecto al MAP\_Soja\_SC fue mayor que el aumento de costos, por lo tanto, los MB fueron más altos. En estos casos, el aumento del nivel de entrada en el sistema MI, con respecto al obtenido en el MAP, genera una ligera mejora en el MB para la rotación maíz-soja. Este efecto positivo se debe a una mejora importante en los resultados económicos del maíz en esta rotación (+ 17%).



**Figura 4.** Ingresos de cultivos vs. costos directos, valores promedio de las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18, 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.

Los valores de los componentes del costo directo y los márgenes brutos de cada tratamiento se muestran en las figuras 5, 6, 7 y 8. En estas gráficas, la altura total de las barras representa el ingreso total.

El ingreso del maíz fue menor en tratamientos con cultivo de cobertura que en tratamientos sin cultivo de cobertura (-25%, en promedio). Este resultado está asociado con el efecto negativo de los cultivos de cobertura en el rendimiento del maíz, que es estadísticamente significativo en las dos primeras temporadas. Por otro lado, la inclusión de cultivos de cobertura aumenta los costos de mano de obra e insumos. El menor ingreso y el mayor costo determinan que en los tratamientos con cultivos de

cobertura los márgenes brutos son más bajos (- 66%), con respecto al tratamiento sin cultivos de cobertura.

El sistema MI tiene un efecto positivo en los ingresos (+ 24%, en promedio) con respecto a la gestión de MAP. Este aumento está directamente asociado con un aumento significativo en los rendimientos de grano de los cultivos de maíz con el MI. Aunque el sistema MI tiene mayores costos de mano de obra e insumos, en comparación con el MAP, el margen bruto del maíz aumenta con este sistema (+ 50%, en promedio) ya que el aumento en los ingresos excedió el aumento en los costos.

El ingreso de la soja fue menor en tratamientos con cultivos de cobertura que en tratamientos sin cultivos de cobertura (-7%, en promedio). Este resultado está asociado con el significativo efecto negativo de los cultivos de cobertura sobre el rendimiento de la soja en los tratamientos de MAP. Por otro lado, la inclusión de cultivos de cobertura aumenta los costos de mano de obra e insumos. El menor ingreso y el mayor costo determinan que en los tratamientos con cultivos de cobertura los márgenes brutos son más bajos (- 49%), con respecto al tratamiento sin cultivos de cobertura.

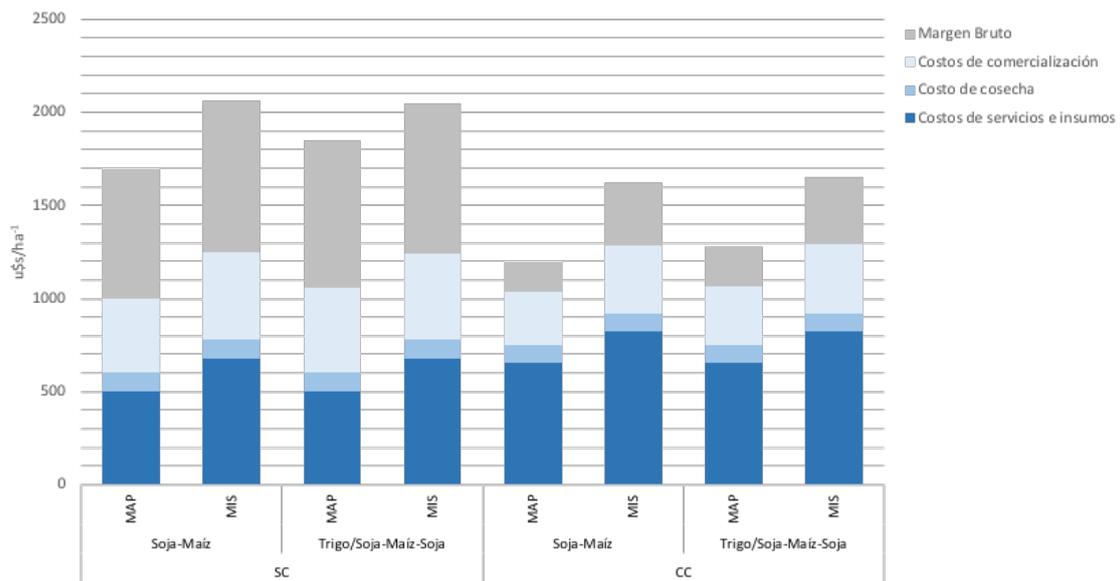
El sistema MI tiene un ligero efecto positivo en los ingresos (+4%, en promedio) con respecto a la gestión de MAP. Este aumento está directamente asociado con un aumento pequeño y no significativo en los rendimientos. Los costos más altos en MI determinaron un MB más bajo en comparación con MAP (+26%, en promedio)

El cultivo de soja en la rotación trigo/soja-maíz-soja tuvo mayores ingresos en relación con la rotación soja-maíz (+5%) y soja-soja (+14%). Los costos de mano de obra y servicios fueron similares para el cultivo de soja en las rotaciones de soja-maíz y trigo / soja-maíz-soja y menor en la rotación de soja-soja (-11%). Por lo tanto, el MB de soja fue el más alto (329 u\$s ha<sup>-1</sup>) en la rotación trigo / soja-maíz-soja, y el más bajo en la rotación de soja-soja fue el más bajo (273 u\$s ha<sup>-1</sup>).

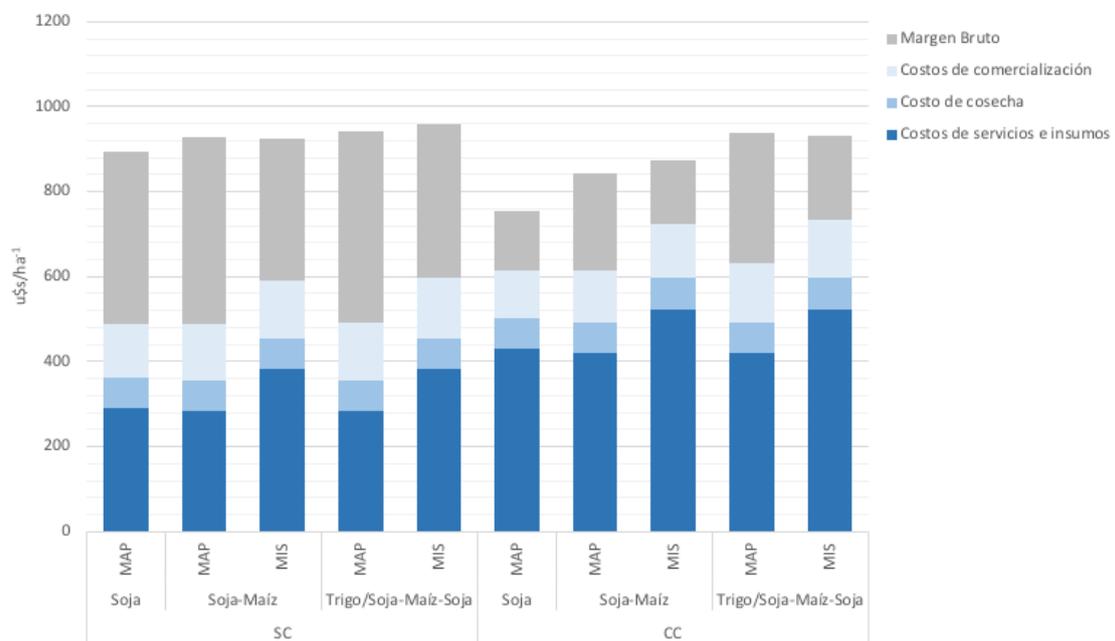
Los ingresos de la segunda soja y el trigo fueron similares en los tratamientos con cultivos de cobertura y sin cultivos de cobertura, ya que no se encontraron diferencias en el rendimiento entre tratamientos con cultivos sin cobertura. Los costos de mano de obra y suministros también fueron similares en la segunda soja, por lo que no hubo diferencias en los márgenes brutos de los dos tratamientos. Por el contrario, en el trigo, un aumento en los costos de mano de obra e insumos en los tratamientos sin cultivos de cobertura determinó que los márgenes brutos son más altos (+12%) en los tratamientos con cultivos de cobertura.

En trigo, el sistema MI tiene un efecto positivo en los ingresos (+18%, en promedio) con respecto a la gestión de MAP. Este aumento está directamente asociado con un aumento significativo en los rendimientos de grano. Los costos de mano de obra e insumos fueron más altos para MI que para MAP, lo que resultó en que el margen bruto del trigo es más alto en los sistemas MAP que en MI (+7%, en promedio), ya que el aumento en los ingresos fue menor que el aumento en los costos.

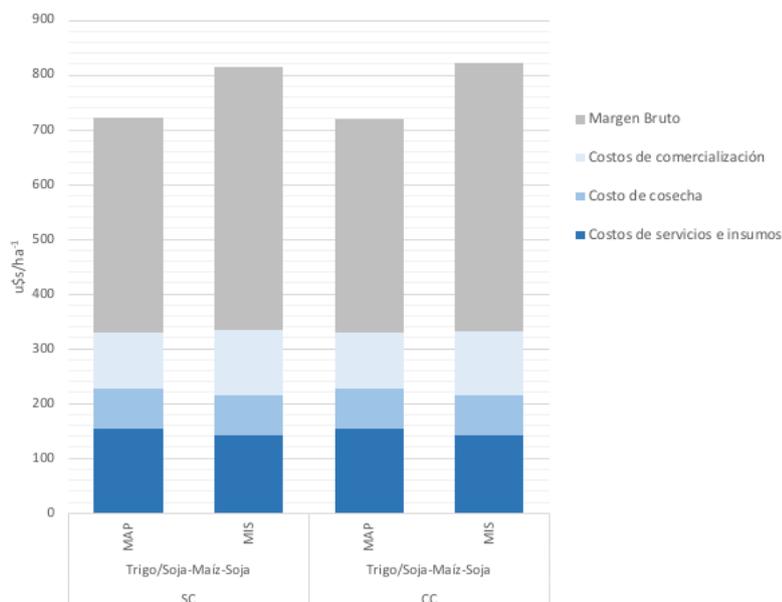
En el cultivo de soja de segunda, el sistema MI tiene un efecto positivo en los ingresos (+13%, en promedio) con respecto a la gestión de MAP. No se encontraron diferencias significativas en los rendimientos entre ambos sistemas de gestión. Los costos en mano de obra e insumos fueron más altos para MAP que para MI, lo que resultó en que el MB de la soja es más alto en los sistemas MI que en MAP (+24%, en promedio).



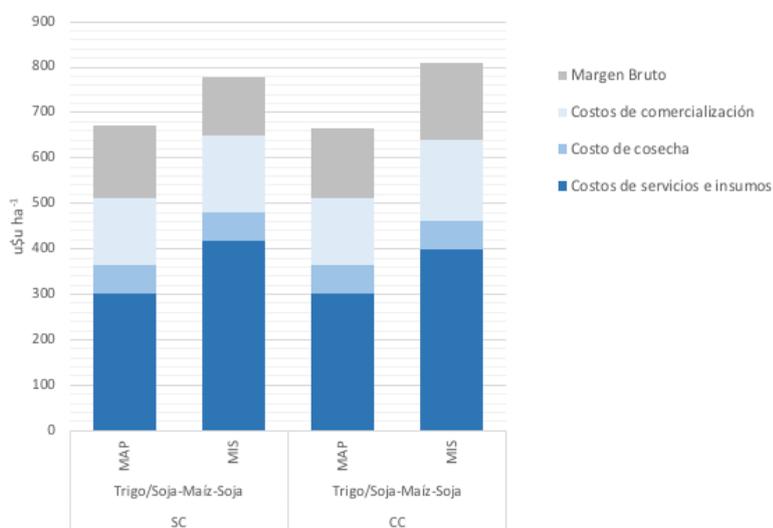
**Figura 5.** Margen bruto promedio y costos directos de maíz para las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18, para tres secuencias de cultivo con y sin cultivos de cobertura y dos sistemas agronómicos. Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo de cobertura



**Figura 6.** Margen bruto promedio y costos directos de soja para las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18, para tres secuencias de cultivo con y sin cultivos de cobertura y dos sistemas agronómicos. Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo de cobertura.

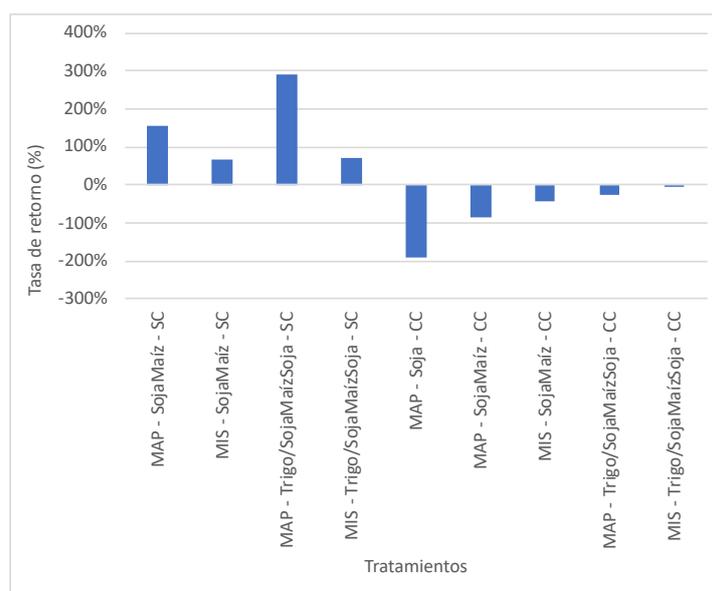


**Figura 7.** Margen bruto promedio y costos directos de soja de segunda para las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18, para tres secuencias de cultivo con y sin cultivos de cobertura y dos sistemas agronómicos. Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo de cobertura.



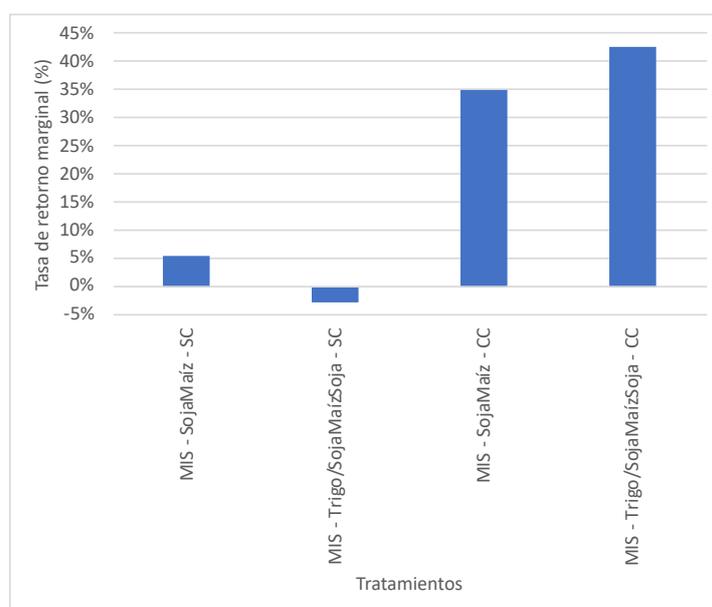
**Figura 8.** Margen bruto promedio y costos directos de trigo para las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18, para tres secuencias de cultivo con y sin cultivos de cobertura y dos sistemas agronómicos. Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo de cobertura.

La tasa de retorno marginal, con respecto al tratamiento MAP\_Soja\_SC, fue positiva para los tratamientos sin cultivos de cobertura y negativa cuando se incorporaron cultivos de cobertura (Figura 9). Los tratamientos MAP\_Trigo/Soja-Maíz-Soja\_SC y MAP\_Soja\_CC tuvieron la mayor (290%) y la menor (-192%) tasa de retorno marginal respectivamente. La rotación MAP\_Trigo/Soja-Maíz-Soja\_CC tuvo una tasa de retorno marginal -0,9%.



**Figura 9.** Tasa de retorno marginal promedio de las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18, para la presencia de cultivos en barbecho o de cobertura, dos sistemas agronómicos y tres secuencias de cultivos tomando como referencia el tratamiento MAP\_Soja\_SC. Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo de cobertura.

La tasa de retorno marginal de los tratamientos MI con respecto a los tratamientos MAP se muestra en la Figura 10. La tasa de retorno fue positiva de los MI sobre los MAP para todos los tratamientos exceptuando MI\_Trigo/Soja-Maíz-Soja\_SC. Este último tratamiento tuvo tasa de retorno marginal negativa en relación al tratamiento MAP\_Trigo/Soja-Maíz-Soja\_SC en un (-2,6%).



**Figura 10.** Tasa de retorno marginal del tratamiento MI sobre el tratamiento MAP, promedio de las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18, para la presencia de cultivos en barbecho o de cobertura, y dos

secuencias de cultivos. Nota: MAP: manejo promedio del agricultor, MI: manejo intensificado, SC: sin cultivo de cobertura, CC: cultivo de cobertura.

## Discusión

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). La inclusión de cultivos de cobertura origina varios beneficios ambientales. Uno de ellos es la mejora del reciclaje de nitrógeno del sistema a través de la absorción de nitrato potencialmente lixiviable y posterior liberación de N (por descomposición de residuos) en sincronía con la principal demanda de cultivos (Restovich et al., 2012, Aapresid, 2017, Andrade *et al.*, 2017). Otro beneficio de la intensificación de cultivos con cultivos de cobertura es la restuaración de las funciones del suelo perdidas en las secuencias de cultivos con solo un cultivo de verano. Los cultivos de cobertura aumentan la porosidad del suelo y la estabilidad de agregación, produciendo cambios beneficiosos en la dinámica del carbono y nitrógeno del suelo (Restovich et al., 2012, Aapresid, 2017). Los cultivos de cobertura además ayudan en el control de malezas (Fernández, 2012). Además, varios estudios demostraron que la incorporación del doble cultivo puede no afectar el rendimiento de los siguientes cultivos en secuencias diversificadas (Andrade et al., 2017, Restovich et al., 2012). Por estas razones, la diversificación de cultivos es crucial en el diseño de secuencias eficientes de cultivos intensificados para aumentar la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agrícolas (Andrade et al., 2017, Restovich *et al.*, 2019).

En los tratamientos con cultivos de cobertura en los que se mantiene o disminuye el rendimiento del siguiente cultivo 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.

## Conclusión

Considerando el margen bruto, si el objetivo del productor es maximizar resultados económicos en el corto plazo por unidad de superficie, su mejor opción será la rotación MAP\_Trigo/Soja-Maíz-Soja\_SC. Mientras que, si el objetivo del productor es maximizar la relación margen bruto/costo directo, su mejor opción será la rotación MAP\_Soja-Maíz\_SC, ya que es la secuencia con la mayor tasa de retorno. Ambas son las rotaciones más frecuentes en el partido de Pergamino, además del monocultivo de soja. En el tratamiento MAP\_Soja\_SC, la tasa de retorno sólo disminuye un 3% con respecto a la rotación con máxima tasa de retorno, teniendo una notable simplificación de tareas de manejo.

El cultivo de cobertura no tuvo un efecto económicamente positivo detectable en el período de análisis. Es importante ampliar el enfoque al mediano y largo plazo,

donde puedan observarse efectos significativos de esta práctica en las comunidades de malezas, la fertilidad del suelo y los rendimientos en las siguientes campañas agrícolas. Para que el productor adopte los cultivos de cobertura, considerando las externalidades positivas que genera, deberían implementarse medidas políticas para incentivar su inclusión en las rotaciones, como puede ser una disminución de impuestos o distribución de semillas gratuitas de estos cultivos.

En la continuidad del experimento se espera que se puedan identificar los efectos de los factores en el mediano plazo sobre los resultados económicos de los sistemas. Asimismo, se considerarán indicadores ambientales, para una evaluación multicriterio.

**Anexo 1.** Herbicidas y fertilizantes aplicados al cultivo de maíz para las diferentes campañas y tratamientos.

Cultivo Maíz 2015-2016										
				Dosis (lt-	Dosis (lt-kg/ha)			Dosis (lt-kg/ha)	Dosis (lt-kg/ha)	
MAP CC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II	2,5	Septiembre Roundup Full II 2 4 D Amina 60% Starane	2 0,2 0,5	Octubre Atrazina 90% Guardian	1,0 2	Noviembre Control Max	2
MAP SC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II	2,5	Junio 2 4 D Amina 60% Atrazina 90%	0,6 1	Octubre Roundup Full II 2 4 D Amina 60% Atrazina 90% Guardian	2 0,8 1 2	Noviembre Control Max	2
MAP CC-SS	Fertilizantes	Mes Insumo	Octubre SPT Urea	80 150	Noviembre Sulfato de amonio Urea	1 80				
MI CC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II	2,5	Septiembre Roundup Full II 2 4 D Amina 60% Starane	2 0,2 0,5	Octubre Atrazina 90% Guardian	1 2	Noviembre Control Max	2
MI SC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II	2,5	Junio 2 4 D Amina 60% Tordon 24%	0,6 0,12	Octubre Roundup Full II 2 4 D Amina 60% Atrazina 90% Guardian	2 0,8 1 2,0	Noviembre Control Max	2
MI CC-SC	Fertilizantes	Mes Insumo	Octubre SPT Urea	40 150	Noviembre Sulfato de amonio Urea	1 80				
Cultivo Maíz 2016-2017										
MAP CC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	2,5 0,8	Septiembre Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	1,8 0,8	Octubre Atrazina 90% Guardian Roundup Full II	1 2,5 2,2	Noviembre Control Max	2
MAP SC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	2,5 0,8	Agosto Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	1,8 0,8	Octubre Roundup Full II Atrazina 90% Guardian	2,2 2,5 2,5	Noviembre Control Max	2
MAP SC-CC	Fertilizantes	Mes Insumo	Octubre SPT Urea	90 150	Noviembre Urea	100				
MI CC-SC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	2,5 0,8	Agosto Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	1,8 0,8	Octubre Atrazina 90% Guardian Roundup Full II	2,5 2,5 2,2	Noviembre Control Max	2
	Fertilizantes	Mes Insumo	Septiembre Urea	250	Octubre Urea	100				
Cultivo Maíz 2017-2018										
MAP CC	Herbicidas	Mes Insumo	Abril Control Max 2 4 D Amina 60%	2,2 0,8	Septiembre Control Max 2 4 D Amina 60%	2,2 1,5	Octubre Control Max Guardian Atrazina 90%	2 1,5 1	Noviembre Control Max	1
	Fertilizantes	Mes Insumo	Octubre SPS Urea	80 150	Noviembre Urea	120				
MAP SC	Herbicidas	Mes Insumo	Abril Control Max 2 4 D Amina 60% Metsulfuron 60% (solo en Mz-Sj-Tr/Sj)	2,2 0,8 0,06	Septiembre Control Max 2 4 D Amina 60%	2,2 1,5	Octubre Control Max Guardian Atrazina 90%	2 1,5 1	Noviembre Control Max	1
	Fertilizantes	Mes Insumo	Octubre SPS Urea	80 150	Noviembre Urea	80				
MI CC	Herbicidas	Mes Insumo	Abril Control Max 2 4 D Amina 60%	2,2 0,8	Septiembre Control Max 2 4 D Amina 60%	2,2 1,5	Octubre Control Max Adengo Tordon 24%	2 0,4 0,12	Noviembre Control Max Harness	1 1,5
	Fertilizantes	Mes Insumo	Octubre Nitrocomplex Nitrodoble	100 150	Noviembre Nitrodoble	320				
MI SC	Herbicidas	Mes Insumo	Abril Control Max 2 4 D Amina 60%	2,2 0,8	Septiembre Control Max 2 4 D Amina 60%	2,2 1,5	Octubre Control Max Adengo Tordon 24%	2 0,4 0,12	Noviembre Control Max Harness	1 1,5
	Fertilizantes	Mes Insumo	Octubre Nitrocomplex Nitrodoble	100 150	Noviembre Nitrodoble	250				

**Anexo 2.** Herbicidas y fertilizantes aplicados al cultivo de soja para las diferentes campañas y tratamientos.

Cultivo Soja 2015-2016											
				Dosis (lt-kg/ha)		Dosis (lt-kg/ha)		Dosis (lt-kg/ha)		Dosis (lt-kg/ha)	
MAP CC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo/Junio Roundup Full II	2,5	Septiembre Roundup Full II 2 4 D Amina 60% Starane	2 0,2 0,5	Octubre Roundup Full II 2 4 D Amina 60% Clorimuron	2 0,8 0,07	Diciembre Roundup Full II	2	
MAP SC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II	2,5	Junio 2 4 D Amina 60% Metsulfuron 60%	0,6 0,005	Octubre Roundup Full II 2 4 D Amina 60% Clorimuron	2 0,8 0,07	Diciembre/Siembra Roundup Full II	2	Enero Control Max
MAP CC-SC	Fertilizantes	Mes Insumo	Noviembre SPT	80							
MI CC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II	2,5	Septiembre Roundup Full II 2 4 D Amina 60% Starane	2 0,2 0,5	Octubre Roundup Full II 2 4 D Amina 60% Harness Flumizín	2 0,8 1 0,12	Diciembre Roundup Full II	2	
MI SC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II	2,5	Junio 2 4 D Amina 60% Metsulfuron 60%	0,6 5	Octubre Roundup Full II 2 4 D Amina 60% Harness Flumizín	2 0,8 1 0,12	Diciembre/Siembra Roundup Full II	2	Enero Control Max 1,6 Febrero/Postemerg. Control Max 2
MI CC-SC	Fertilizantes	Mes Insumo	Mayo SPS Sulfato de calcio	170 92							
Cultivo Soja 2016-2017											
MAP CC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	2,5 0,8	Septiembre Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	2,2 0,9	Octubre Control Max 2 4 D Amina 60% Clorimuron	2 0,6 0,057			
	Fertilizantes	Mes Insumo	Noviembre SPS	90							
MAP SC	Herbicidas	Mes Insumo	Agosto Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	1,8 0,8	Octubre Control Max 2 4 D Amina 60% Clorimuron	2 0,6 0,057	Diciembre Control Max	2			
	Fertilizantes	Mes Insumo	Noviembre SPS	90							
MI CC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	2,5 0,8	Septiembre Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	2,2 0,9	Octubre Control Max 2 4 D Amina 60% Objet (Imazetapir) Harness	2 0,6 0,8 1,5			
MI SC	Herbicidas	Mes Insumo	Mayo Roundup Full II 2 4 D Amina 60%	2,5 0,8	Octubre Control Max 2 4 D Amina 60% Objet (Imazetapir) Harness	22 0,6 0,8 1,5	Diciembre Control Max	2			
MI CC-SC	Fertilizantes	Mes Insumo	Mayo SPS Sulfato de calcio	170 92							
Cultivo Soja 2017-2018											
MAP CC	Herbicidas	Mes Insumo	Abril Control Max	2	Octubre Control Max 2 4 D Amina 60%	2 1,5	Noviembre Control Max 2 4 D Amina 60% Clorimuron	2 0,8 0,07	Diciembre Control max Latium	2 0,5	Enero Control Max 2,3 Control Max 2 Latium 0,3
MAP SC	Herbicidas	Mes Insumo	Abril Control Max 2 4 D Amina 60%	2,2 0,8	Octubre Control Max 2 4 D Amina 60%	2 0,8	Noviembre Control Max 2 4 D Amina 60%	2 0,8	Diciembre Control max Latium	2 0,5	Enero Control Max 2,3 Control Max 2 Latium 0,3
MAP CC-SC	Fertilizantes	Mes Insumo	Noviembre Super fosfato Triple	80							
MI CC	Herbicidas	Mes Insumo	Abril Control Max	2	Octubre Control Max 2 4 D Amina 60%	2 1,5	Noviembre Control Max Hexen Harness	2 0,03 1,5	Diciembre Control max Latium	2 0,5	Enero Control max 2,3 Control max 0,15 Latium 0,15
	Fertilizantes	Mes Insumo	Noviembre Suasor	60							
MI SC	Herbicidas	Mes Insumo	Abril Control Max 2 4 D Amina 60%	2,2 0,8	Octubre Control Max 2 4 D Amina 60%	2 0,8	Noviembre Control Max Hexen Harness	2 0,03 1,5	Diciembre Control max Latium	2 0,5	Enero Control max 2,3 Control max 0,15 Latium 0,15
MI CC-SC	Fertilizantes	Mes Insumo	Noviembre Suasor	60							

**Anexo 3.** Herbicidas y fertilizantes aplicados al cultivo de trigo/soja para las diferentes campañas y tratamientos.

<b>Cultivo Trigo/Soja 2015-2016</b>						
			Dosis (lt-kg/ha)		Dosis (lt-kg/ha)	
<b>Trigo</b>						
MAP CC-SC	Herbicidas	Mes	Mayo		Agosto	
		Insumo	Roundup Full II	2,5	Metsulfuron 60%	0,006
					Dicamba	0,12
	Fertilizantes	Mes	Junio		Septiembre	
		Insumo	SPT	80	Urea	150
<b>Soja</b>						
MAP CC-SC	Herbicidas	Mes	Enero		Febrero	
		Insumo	Control Max	2	Control Max	2
<b>Trigo</b>						
MI CC-SC	Herbicidas	Mes	Mayo		Agosto	
		Insumo	Roundup Full II	2,5	Metsulfuron 60%	0,006
					Dicamba	0,12
	Fertilizantes	Mes	Junio		Septiembre	
		Insumo	SPT	170	Urea	250
			Sulfato de calcio	92		
<b>Soja</b>						
MI CC-SC	Herbicidas	Mes	Enero		Febrero	
		Insumo	Control Max	2	Control Max	2
<b>Cultivo Trigo/Soja 2016-2017</b>						
			Dosis (lt-kg/ha)		Dosis (lt-kg/ha)	
<b>Trigo</b>						
MAP CC-SC	Herbicidas	Mes	Mayo		Julio	
		Insumo	Roundup Full II	2,5	Metsulfuron 60%	0,08
			2 4 D Amina 60%	0,8	Dicamba	0,12
	Fertilizantes	Mes	Mayo		Julio	
		Insumo	SPS	90	Urea	150
<b>Soja</b>						
MAP CC-SC	Herbicidas	Mes	Enero			
		Insumo	Control Max	2		
<b>Trigo</b>						
MI CC-SC	Herbicidas	Mes	Mayo		Julio	
		Insumo	Roundup Full II	2,5	Picloram	0,08
			2 4 D Amina 60%	0,8	Dicamba	0,12
	Fertilizantes	Mes	Mayo			
		Insumo	Sulfato de calcio	92	Urea	200
<b>Soja</b>						
MI CC-SC	Herbicidas	Mes	Enero			
		Insumo	Control Max	2		
<b>Cultivo Trigo/Soja 2017-2018</b>						
			Dosis (lt-kg/ha)		Dosis (lt-kg/ha)	
<b>Trigo</b>						
MAP CC-SC	Herbicidas	Mes	Abril		Julio	
		Insumo	Control Max	2,5	Metsulfuron 60%	0,06
			2 4 D Amina 60%	0,8	Dicamba	0,15
	Fertilizantes	Mes	Mayo		Julio	
		Insumo	SPT	80	Urea	140
<b>Soja</b>						
MAP CC-SC	Herbicidas	Mes	Diciembre		Enero	
		Insumo	Control Max	2	Control Max	2,3
	Fertilizantes	Mes	Diciembre			
		Insumo	SPT	80		
<b>Trigo</b>						
MI CC-SC	Herbicidas	Mes	Abril		Julio	
		Insumo	Control Max	2	Metsulfuron 60%	0,15
			2 4 D Amina 60%	0,8	Dicamba	0,06
	Fertilizantes	Mes	Mayo		Agosto	
		Insumo	Sausor	200	Nitrodoble	150
			Nitrocomplex	100		
<b>Soja</b>						
MI CC-SC	Herbicidas	Mes	Diciembre		Enero	
		Insumo	Control Max	2	Control Max	2,3

## 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., Ermacora, 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.
- 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.
- 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., Martinez, 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.
- 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.
- Restovich, S. B., Andriulo, A. E., Armas-Herrera, C. M., Beribe, M. J., & Portela, S. I. (2019). Combining cover crops and low nitrogen fertilization improves soil supporting functions. *Plant and Soil*, 442(1-2), 401-417.
- 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.

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.