

Reducción de uso de herbicidas en maíz: Evaluación productiva y económica de distintos genotipos y arreglos espaciales.

RODRIGUEZ, Julieta A.; MUÑOZ, Sebastián.; URCOLA, Hernán A.
y CERRUDO, Aníbal

Versión: 26/09/2019

Índice

Introducción.....	1
Desarrollo	
Metodología.....	2
Resultados.....	4
Conclusiones.....	7
Anexo.....	8
Bibliografía.....	9

Cita sugerida: RODRIGUEZ, J. A.; MUÑOZ, S.; URCOLA, H. A. CERRUDO, A. 2019. Reducción de uso de herbicidas en maíz: Evaluación productiva y económica de distintos genotipos y arreglos espaciales. L Reunión Anual AAEA, Buenos Aires. 30 de octubre al 1 de noviembre.

Reducción de uso de herbicidas en maíz: Evaluación productiva y económica de distintos genotipos y arreglos espaciales.

Resumen

En los últimos años ha aumentado la preocupación por el cuidado del medio ambiente y la utilización de agroquímicos en la producción de alimentos, a la vez que crece la necesidad de incrementar la producción. Esto requiere que la agricultura debe simultáneamente producir más y reducir los impactos ambientales negativos.

En la producción de maíz, la elección del genotipo, la densidad de plantas y el espaciamiento entre hileras es clave para garantizar el éxito del cultivo. A través de estas elecciones, el productor puede regular la energía solar interceptada y la competencia con malezas. Estos procesos permiten hipotetizar qué paquetes mejor adaptados a competir con las malezas podrían requerir menores dosis de herbicidas para prosperar y desarrollarse. Esto motivó la realización de un ensayo que comparó un sistema de cultivo conformado por un híbrido planófilo en alta densidad y reducido espaciamiento entre hileras respecto a un sistema tradicional conformado por un híbrido erectófilo en menor densidad e hileras más espaciadas. Existe escasa información sobre la combinación de estos 3 aspectos, por lo que este trabajo presenta datos relevantes para la zona. Adicionalmente, ambos sistemas se compararon con y sin aplicación de herbicidas.

Al comparar el tratamiento A sin herbicidas versus el tratamiento B con herbicidas (planteo productivo usual de un productor agrícola del sudeste bonaerense), se constató un menor impacto ambiental del primero, un menor rendimiento y un mayor costo de producción (principalmente por el costo de la semilla). Sin embargo, tecnologías de cultivo como las que aquí se evalúan podrían ser de utilidad para planteos de producción orgánica, donde un sobre precio por la calidad del producto podría compensar los mayores costos asociados.

Introducción

La ampliación de los mercados a escala mundial, y una mayor conciencia de los consumidores sobre el origen y composición de los alimentos, ha contribuido a que en las últimas décadas aumenten las exigencias fitosanitarias, de inocuidad y cuidado ambiental para la producción agrícola (FAO, 2005).

Frente a este desafío, surge la necesidad de obtener productos de calidad a costos competitivos implementando procesos productivos factibles de ser aplicados por los productores y que respondan a estas nuevas exigencias (Izquierdo y Rodríguez Fazzone, 2006).

El uso de los recursos naturales y del medio ambiente deberían realizarse teniendo en cuenta a las generaciones futuras, incorporando el concepto de desarrollo sustentable: *satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras*. No obstante, la selección de diferentes alternativas productivas se sigue haciendo según el análisis tradicional costo-beneficio privado, a pesar de que el mismo a menudo conlleva la generación de varias externalidades asociadas a la producción (Flores & Sarandón, 2003).

En este contexto, la producción de maíz es uno de los tres cereales de los que depende el mundo para proveerse de alimentos y, en particular, para la Argentina representa uno de los rubros productivos más importantes (Eyhéabide G, 2015). Esto se logró como resultado de la aplicación de tecnologías aplicadas en la siembra, cosecha y postcosecha; la creación y difusión de cultivares mejor adaptados a las condiciones de suelo, clima y adversidades biológicas; el ajuste de las prácticas de manejo del cultivo y la utilización de agroquímicos en la producción.

El ambiente en el que se desarrolla el cultivo, el genotipo utilizado y el manejo productivo son determinantes del rendimiento. Por ello, se han desarrollado diversos híbridos con diferentes habilidades para competir, por ejemplo, con las malezas. Estos genotipos, al complementarse con la utilización de herbicidas permiten incrementar considerablemente los rendimientos pero sin contemplar adecuadamente el impacto que generan en el ambiente.

En particular, el objetivo de este trabajo es comparar dos tecnologías de producción de maíz a través del rendimiento, el margen bruto y el riesgo de contaminación ambiental por herbicidas. Así, se evaluarán 2 híbridos comerciales cultivados en la localidad de Balcarce en la campaña 2018-2019.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: a continuación se presenta la metodología utilizada tanto para la estructuración del ensayo como para el análisis de los datos y luego, los resultados analizados desde 3 dimensiones: rendimientos, margen bruto y riesgo ambiental. Finalmente, se derivan conclusiones que permitirían ampliar los resultados presentados en este trabajo.

Desarrollo

Metodología

De acuerdo al objetivo del ensayo, se plantearon 2 tratamientos considerando 3 aspectos clave de la tecnología de producción: densidad de siembra, esparcimiento entre hileras y tipo de híbrido.

La densidad de siembra está vinculada a la cantidad de semillas a implantar por hectárea, por ejemplo, un productor del sudeste bonaerense en promedio siembra 60.000 semillas/ha.

El esparcimiento entre hileras hace referencia a la distancia con la que se siembra una hilera de otra. Hasta hace algunos años, esto no podía ser modificado por el productor, ya que tanto las sembradoras como las plataformas de cosecha de maíz se fabricaban con una distancia predeterminada. En la actualidad, gracias al avance de la tecnología que permite mayor flexibilidad en las labores (como los cabezales para múltiples distanciamientos entre líneas y direcciones de avance), el productor puede adaptar la maquinaria mencionada de acuerdo a sus necesidades y preferencias, modificando la distancia entre las hileras.

Por último, en este ensayo se utilizaron 2 híbridos, uno planófilo y otro erectófilo. Los planófilos son aquellos en los que sus hojas están dispuestas prácticamente en forma horizontal; en cambio, los erectófilos son aquellos en los que la mayoría de las hojas están dispuestas de manera vertical. La inclinación de las hojas afecta la intercepción y distribución de la radiación dentro del canopy (capa superior de hojas de la planta).

De esta forma, se suelen elegir híbridos planófilos para que compitan con el desarrollo de malezas en los cultivos, ya que el crecimiento de la mayoría de las malezas es severamente dañado por el sombreado. Debido a ello, las plantas cultivadas reducen la competencia por agua, nutrientes y radiación al maximizar el sombreado de las malezas durante el desarrollo vegetativo (Gadner et al, 1985).

Un problema que puede surgir en híbridos con arquitectura foliar planófila es que las hojas superiores pueden estar saturadas por la radiación solar directa y las inferiores suelen tener reducida su fotosíntesis por el sombreado; sería más eficiente si la radiación solar estuviera distribuida uniformemente sobre la superficie foliar (Gadner et al, 1985). Esto puede lograrse a través de un arreglo espacial adecuado que permita a la luz solar impactar en toda la planta.

Por lo mencionado anteriormente es que se plantearon 2 tratamientos en el ensayo:

Tratamiento A: Se utilizó un híbrido planófilo (DK72-27) con arreglo espacial. Esto implica que se intensificó la densidad de siembra -plantando 90.000 semillas/ha- y se modificó la distancia entre hileras -se implantaron a 35 cm-.

Tratamiento B: Se implantó un híbrido erectófilo (DK69-10) considerando la densidad de siembra -60.000 semillas/ha- y la distancia entre hileras -70 cm- utilizadas habitualmente por los productores de la zona.

Para completar el análisis, tanto el tratamiento A como el B, se realizaron con y sin aplicación de herbicidas. El ensayo se llevó a cabo utilizando un diseño de bloque completamente aleatorizados, con tres repeticiones por tratamiento.

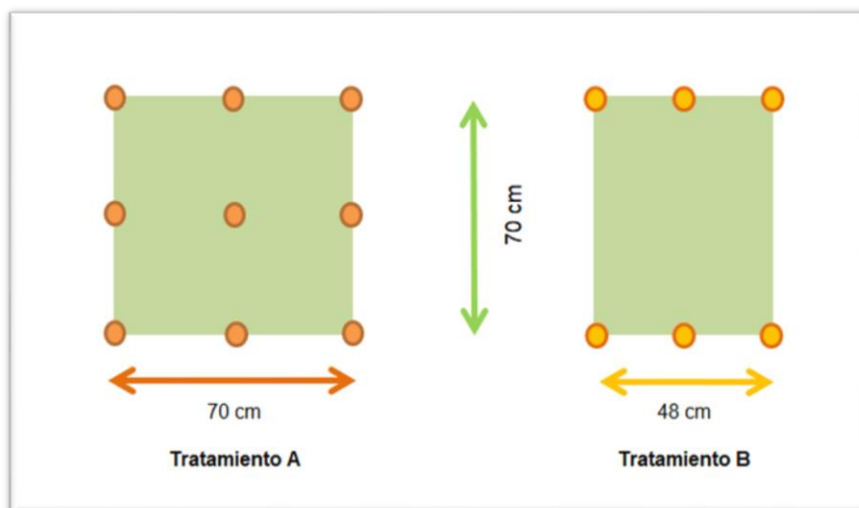


Figura 1: Ilustración del arreglo espacial de ambos tratamientos

Se calculó el Margen Bruto (MB) de producción (Tosi, 2017). El ingreso directo se estimó multiplicando los kilos de maíz obtenidos por el precio por kilo, considerando las cotizaciones de la zona en agosto/2019. Luego, se restaron los costos de cosecha y comercialización, obteniendo el ingreso en chacra. Dentro de los costos directos se incluyó el costo de las semillas, fertilizantes, herbicidas y labores. Todos los cálculos se realizaron en dólares.

Como se mencionó anteriormente, en el ensayo se emplearon 2 híbridos, uno planófilo y otro erectófilo, sembrándose 90.000 semillas/ha del primero y 60.000 semillas/ha del segundo. El costo del planófilo es un 15% mayor al del erectófilo.

La fertilización se realizó de forma idéntica para ambos tratamientos. Se aplicó Urea y Fosfato Diamónico en cantidades suficientes para que el cultivo no sufra faltantes de nitrógeno ni fósforo. En los bloques en los que se aplicaron herbicidas, se utilizó Panzer Gold (glifosato), Atrazina 90% y Metolacloro, en dosis similares a las utilizadas por los productores de la zona.

Las labores se estimaron utilizando el valor de la UTA (Unidad de Trabajo Agrícola) a agosto/2019, publicado por la Federación Agraria Argentina. Por último, gastos de cosecha y comercialización se calcularon como el 15% del precio de venta del maíz.

Para evaluar el impacto ambiental de los herbicidas aplicados, se determinó el Cociente de Impacto Ambiental (EIQ). Este índice, desarrollado por la Universidad de Cornell (Kovach et al, 1992), se utiliza para comparar diferentes estrategias de manejo de los cultivos y proporcionar una indicación de la contaminación ambiental potencial de los agroquímicos utilizados.

En este caso, la comparación se realizó entre tratamientos “con” y “sin” aplicación de herbicidas. El “*Field Use EIQ*” fue calculado a partir de los ingredientes activos de los agroquímicos utilizados y las dosis empleadas (Eshenaur et al, 2015).

Mediante esta herramienta también se puede calcular “*Field Use EIQ Components*” que considera el riesgo de contaminación por agroquímicos en los consumidores, trabajadores agrícolas y en el ambiente. Los valores así obtenidos, permiten comparar protocolos de manejo de plagas para determinar cuál tiene menores probabilidades de impactos ambientales negativos. El *Field Use EIQ* surge del promedio del *Field Use EIQ Components* de los 3 componentes mencionados.

Resultados

Análisis de rendimientos

La figura 2 muestra el rendimiento de ambos tratamientos según la aplicación de herbicidas. En el tratamiento A se obtuvieron, en términos medios, mayores rendimientos que en el tratamiento B.

Al analizar las diferencias según la aplicación de herbicidas se observó que cuando se aplican herbicidas, con el tratamiento A se obtiene, en términos medios, un rendimiento 3% superior al tratamiento B. Esta diferencia aumenta a 17% al no aplicar herbicidas en ninguno de los 2 tratamientos. Por ello, se puede afirmar que el tratamiento A se comporta mejor en la competencia con las malezas y presenta un rendimiento mayor aún cuando no se le aplican agroquímicos (Sikkema et al, 2007; Shapiro y Wortmann, 2006).

La comparación entre el tratamiento A sin herbicidas (punto 1) y el tratamiento B (punto 2) con aplicación de herbicidas es de interés ya que evalúa el funcionamiento de una tecnología con reducción de uso de agroquímicos. Estos puntos representan los planteos productivos extremos del ensayo, el que se está probando versus el de un productor de la zona (representado aquí por el Tratamiento B). El rendimiento medio del primer tratamiento es 9557 kg/ha y del segundo 10704 kg/ha, lo que implica una pérdida de rendimiento del 11%.

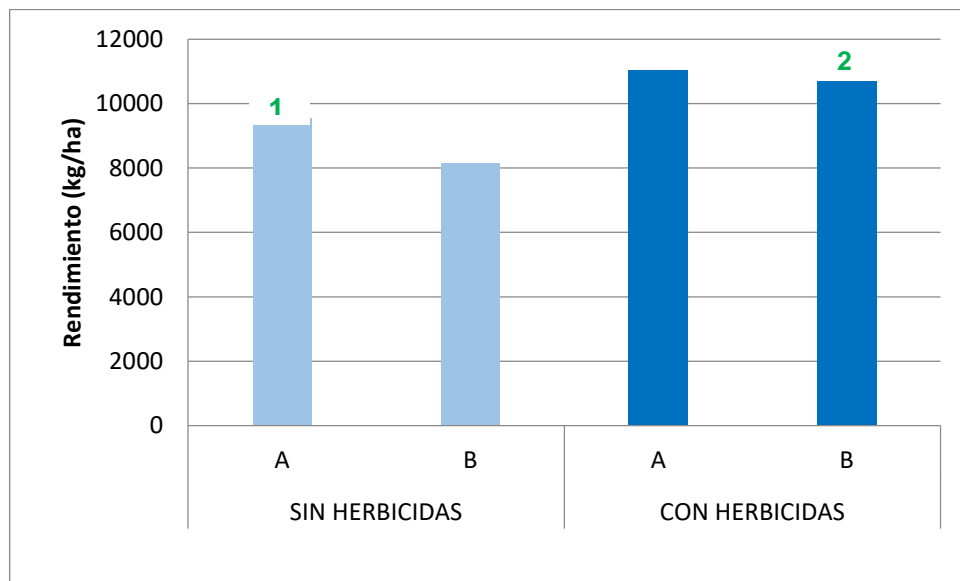


Figura 2: Rendimiento medio según tratamiento y aplicación de herbicidas
A: Tratamiento A; B: Tratamiento B.

A continuación, en la figura 3, puede observarse la reducción relativa en el rendimiento de maíz ante el aumento de biomasa de las malezas, según ambos tratamientos y considerando los 3 bloques.

En términos generales, la reducción del rendimiento en el tratamiento A es menor que en el tratamiento B, reflejando la mayor habilidad competitiva del híbrido DK72-27. Considerando el promedio de los 3 bloques, la reducción del rendimiento en el tratamiento A fue 13% y en el B fue 23% (Figura 3).

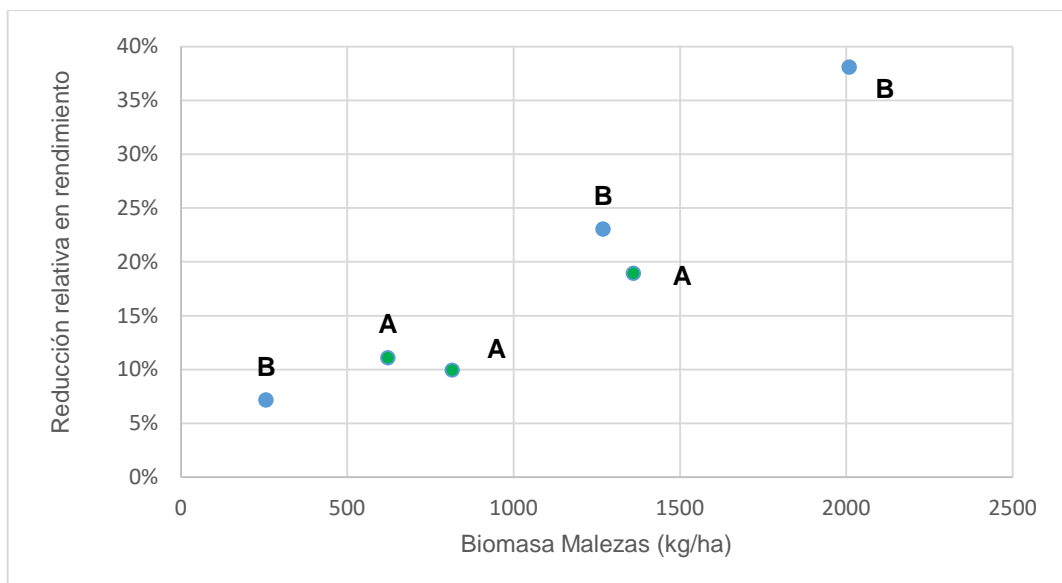


Figura 3: Relación entre la reducción de rendimiento de maíz y la biomasa de malezas según ambos tratamientos.

A: Tratamiento A; B: Tratamiento B.

Es oportuno aclarar que al tratarse de un ensayo, los rendimientos obtenidos pueden resultar levemente superiores a los que se obtienen habitualmente en las explotaciones de la zona. De todos modos, los resultados obtenidos pueden ser orientativos para los productores y asesores sobre el comportamiento de cada híbrido considerando los diferentes arreglos espaciales.

Análisis del Margen Bruto

La figura 4 muestra un mayor MB promedio para la tecnología tradicional (625 U\$/ha versus 622U\$/ha). Dentro del planteo sin herbicidas, el híbrido planófilo muestra un MB 10% superior al híbrido erecto-filo. Para el tratamiento con herbicidas, el híbrido DK 69-10 obtiene un MB 9% superior al híbrido DK72-27. Comparando el tratamiento A sin herbicidas con el tratamiento B con herbicidas (la tecnología utilizada en el sudeste bonaerense), se verifica que la tecnología tradicional obtiene un MB 28% superior a la tecnología sin herbicidas. Esta diferencia es estadísticamente significativa ($t = -3.47$, $P < 0.05$). Estos resultados evidencian que, en el tratamiento A, la reducción del costo de herbicidas, no logra compensar el mayor costo de semilla y el menor rendimiento obtenido.

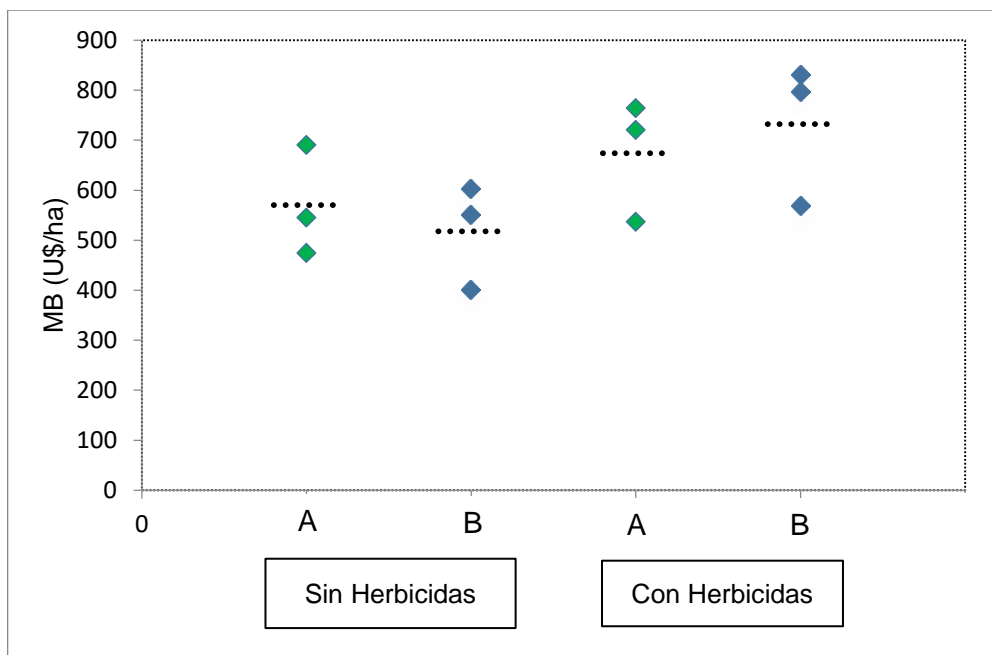


Figura 4: Margen Bruto según tratamiento y aplicación de herbicidas. A: Tratamiento A; B: Tratamiento B. Las líneas punteadas denota el promedio del tratamiento.

En la Tabla 1 del Anexo se presentan, el detalle de los costos de ambos tratamientos. Allí puede observarse que el costo de la semilla en el tratamiento A (planófila) es 73% superior a la del tratamiento B (erectófila), esto se debe al costo unitario de la semilla y a la mayor cantidad de semillas sembradas por hectárea.

Los fertilizantes se aplicaron en dosis similares en ambos tratamientos, por lo que el costo es el mismo. En cambio, puede apreciarse que el costo de los herbicidas representa alrededor de 38U\$/ha (más el costo de la aplicación) y eso sólo está presente en la mitad de los bloques (tratamiento A y B con herbicidas).

Análisis del impacto ambiental

En la mitad de los bloques (3 del tratamiento A y 3 del tratamiento B) del ensayo de maíz analizado no se aplicó ningún herbicida y en otros, se aplicó Metolacloro, Panzer Gold (glifosato) y Atrazina. De acuerdo a las dosis empleadas y los 3 herbicidas utilizados, el *Field Use EIQ* total fue 77,50 en contraposición a los bloques en los que no se aplicaron pesticidas y que el *Field Use EIQ* resultó nulo.

Por su parte, en la figura 5 puede observarse el impacto de cada componente del EIQ, siendo en los 3 casos mayor el impacto ecológico que el impacto sobre los trabajadores y los consumidores.

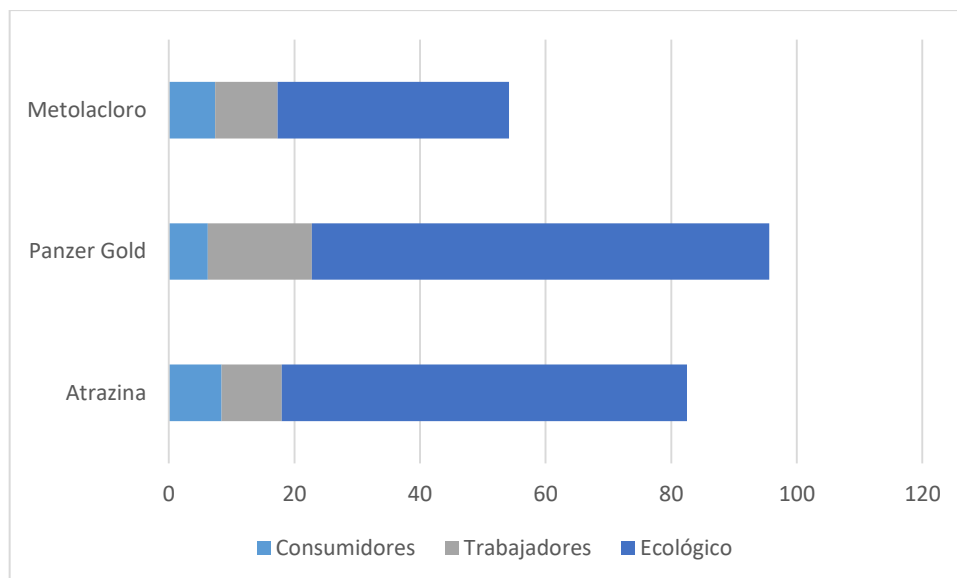


Figura 5: Impacto de los componentes del indicador EIQ de los herbicidas utilizados

Conclusiones

A partir del ensayo realizado, en el que se analizó la elección del genotipo de maíz, la densidad de plantas y el espaciamiento entre hileras, se comparó el rendimiento, margen bruto e impacto ambiental de 2 tratamientos. Este trabajo aporta información novedosa sobre la combinación de una mayor densidad de siembra con el acercamiento entre hileras para distintos genotipos, combinación sobre la cual existe información escasa y fragmentada.

Al comparar el tratamiento A sin herbicidas versus el tratamiento B con herbicidas (planteo productivo usual de un productor agrícola del sudeste bonaerense), se constató un menor impacto ambiental del primero, un menor rendimiento y un mayor costo de producción (principalmente por el costo de la semilla).

Es por ello que se evidencia la necesidad de continuar ajustando los híbridos para encontrar materiales con buena habilidad para competir con las malezas y que a su vez tengan una menor caída de su rendimiento esperado y un menor costo de semilla.

Estudios como este pueden orientar los planes de mejoramiento hacia la búsqueda de materiales genéticos con mayor habilidad competitiva con malezas y que por lo tanto se adapten a un menor uso de agroquímicos. Tecnologías de cultivo como las que aquí se evalúan podrían ser de utilidad para planteos de producción orgánica, donde un sobre precio por la calidad del producto podría compensar los mayores costos asociados.

ANEXO

Tabla 1: Estructura de costos y Margen Bruto de los tratamientos evaluados

Insumo	Unidad	Cantidad/Ha	Tratamiento A SIN	Tratamiento A CON	Tratamiento B SIN	Tratamiento B CON
			U\$/ha	U\$/ha	U\$/ha	U\$/ha
DK 69-10	semilla	60000			126,25	126,25
DK 72-27	semilla	90000	218,67	218,67		
Fosfato diamónico	kilo	80	39,60	39,60	39,60	39,60
Urea V6	kilo	300	121,50	121,50	121,50	121,50
Panzer Gold	litro	4		17,60		17,60
Atrazina 90%	kilo	1,50		9,75		9,75
Metolacoloro	litro	1		10,90		10,90
Siembra	UTA	0,60	20,40	20,40	20,40	20,40
Fertilización	UTA	0,35	11,90	11,90	11,90	11,90
Pulverizaciones	UTA	0,30		10,20		10,20

Rendimiento	kg/ha	9558	11038	8153	10704
Costo Directo	U\$/ha	486	546	383	451
Ingreso en Chacra	U\$/ha	1056	1220	901	1183
Margen Bruto	U\$/ha	570	674	518	732

Bibliografía

Eshenaur, B., Grant, J., Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. www.nysipm.cornell.edu/publications/EIQ. Environmental Impact Quotient: "A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides." New York State Integrated Pest Management Program, Cornell Cooperative Extension, Cornell University. 1992 – 2015.

Eyhéride, G (2015) Bases para el manejo del Cultivo del Maíz. Ediciones INTA. 297p. ISBN: 978-987-679-141-0. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf

FAO, Comité de Agricultura (2005), Estrategia de la FAO para un suministro de alimentos inocuos y nutritivos [en línea]. En el 19° período de sesiones, Roma. <<http://www.fao.org/docrep/meeting/009/j4195s.htm>> [Consulta: 20/08/2017].

Flores, CC & SJ Sarandón (2002). ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto en la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 105(1): 52-67.

Gardner, F.P.; Brent Pearce, R; Mitchel, R.L. (1985) Carbon fixation by crop canopies.

In: Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. Pp. 31-57.

Izquierdo, J. y Rodríguez Fazzone, M. (2006), Buenas Prácticas Agrícolas: en busca de sostenibilidad, competitividad y seguridad alimentaria [en línea]. Para la FAO <<http://www.fao.org/docrep/009/a0718s/a0718s00.htm>> [Consulta: 10/04/2016]

Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's Food and Life Sciences Bulletin 139:1–8.

Shapiro, C.A. y Wortmann, C.S. (2007) Corn Response to Nitrogen Rate, Row Spacing, and Plant Density in Eastern Nebraska. Agronomy Journal. 529-535p.

Sikkema, P.H.; Nurse, R.E.; Welacky, T.y Hamill, A.S. (2007) Reduced herbicide rates provide acceptable weed control regardless of corn planting strategy in Ontario field corn. Canadian Journal of Plant Science. 373-378p.

Tosi, J.C. (2017) Primera Estimación de Resultados económicos de cultivos estivales para la zona Mar y Sierras - Campaña 2017/18. Reporte online de mayo/2017. 8p. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_guesa_05_2017_campana2017_18.pdf