

Análisis del impacto ambiental del cambio de secuencias de cultivo en el partido de Tres Arroyos (Buenos Aires, Argentina)

Chamorro, Adriana M.^{1,4} & Santiago J. Sarandón^{2,3}

¹Curso Oleaginosas y cultivos regionales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (FACyF-UNLP). Avenida 60 y 119. La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. C.C.31. C.P.1900; ²Curso Agroecología (FACyF-UNLP); ³Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires; ⁴chamorro@agro.unlp.edu.ar

Chamorro, Adriana M.; Santiago J. Sarandón (2017) Análisis del impacto ambiental del cambio de secuencias de cultivo en el partido de Tres Arroyos (Buenos Aires, Argentina). Rev. Fac. Agron. Vol 116 (1): 89-99.

El uso de plaguicidas es cuestionado por su peligrosidad para el ser humano, sus efectos sobre organismos no blanco y contaminación de distintos compartimentos ambientales. Los diferentes usos del territorio, sea por diferentes cultivos o modelos de producción, determinan diferentes usos (tipo y dosis) de plaguicidas, con diferentes impactos ambientales. Los cambios que se están registrando en los sistemas productivos del Partido de Tres Arroyos justifican analizar estos aspectos en diferentes alternativas productivas. El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto del uso de plaguicidas de las secuencias trigo/soja, colza/soja y cebada/soja cultivadas bajo dos modelos de producción (nivel tecnológico medio y alto) en dos áreas ambientalmente diferentes (zona de suelos someros y profundos) del Partido de Tres Arroyos. Para evaluar el impacto asociado al uso de plaguicidas se utilizó el "coeficiente de impacto ambiental de plaguicidas" y su "valoración de uso a campo". La secuencia colza/soja mostró el mayor impacto, posiblemente por una menor adaptación ecológica de los cultivos que la componen. En el nivel tecnológico medio, los sistemas cebada/soja y trigo/soja tuvieron muy bajos impactos comparativos respecto de colza/soja, pero, con la tecnología alta, las tres secuencias aumentaron su impacto a niveles similares, mostrando la importancia del modelo de producción en el efecto que las prácticas agrícolas para el control de plagas tienen sobre el ambiente. El principal responsable del impacto ambiental fue el glifosato. Se plantea la necesidad de un cambio de ética y valores en la sociedad para transitar hacia una cultura de la sostenibilidad.

Palabras clave: uso de plaguicidas, modelo de producción, uso del territorio, adaptación ecológica, glifosato.

Chamorro, Adriana M.; Santiago J. Sarandón (2017) Environmental impact analysis of crop sequences change in Tres Arroyos (Buenos Aires, Argentina). Rev. Fac. Agron. Vol 116 (1): 89-99.

Pesticide use is questioned for its effects on non-target organisms and contamination of different environmental compartments. The different land uses, different crops or different model productions, determine different impacts from pesticide use. The production systems changes in Tres Arroyos district justify analyze these aspects in different productive alternatives. The aim of this study is to evaluate the impact of pesticide use of wheat/soybean, rapeseed/soybean and barley/soybean sequences grown under two production models (mean and high technological level) in two environmentally different areas (shallow and deep soil zones) in Tres Arroyos district. The "coefficient of environmental impact of pesticides" and its "assessment of use field" were used to assess the impact associated with pesticide use. Rapeseed/soybean sequence showed greater impact, possibly by a smaller ecological adaptation of crops that compose it. In the mean technological level, barley/soybean and wheat/soybean had very low impacts with respect to rapeseed/soybean sequence, but with high technology, the three sequences increased their impact at similar levels. This showed the relevance of the production model as determinant of the effect that agricultural practices for pest control have on the environment. Glyphosate was the main responsible for the environmental impact. The need for a change of ethics and values in society to move towards a culture of sustainability arises.

Keywords: pesticide use, production model, land use, ecological adaptation, glyphosate.

Recibido: 10/05/2016

Aceptado: 09/03/2017

Disponible on line: 31/07/2017

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

El modelo de agricultura moderno se basa en la reducción de la diversidad de los ecosistemas a una o dos especies de las cuales se aprovechan sus productos, y en el aporte de insumos (energía y agroquímicos) a fin de suplir los debilitados procesos internos de autorregulación de los agroecosistemas. En un marco de alta vulnerabilidad de los sistemas agrícolas a la incidencia de plagas y enfermedades, debida a su sobresimplificación (Oerke, 2006; Popp et al., 2013), el uso de plaguicidas¹ ha contribuido enormemente al incremento de rendimiento de los cultivos y a la obtención de productos de mejor calidad (Popp et al., 2013). Sin embargo, el uso de estos productos es hoy altamente cuestionado ya que, si bien al aplicar un plaguicida, lo único que se busca es disminuir la población plaga objetivo, al mismo tiempo se producen otros efectos. Entre ellos, se mencionan el desarrollo de resistencia a los plaguicidas por parte de las plagas objetivo, la intoxicación y muerte de otros organismos y la contaminación de suelos, aire y cuerpos de agua, ya sea con los plaguicidas utilizados como con sus metabolitos (García, 1997; Bruno, 2003; Damalas & Eleftherohorinos, 2011; Aparicio et al., 2015). Particularmente con los insecticidas, la muerte de otros organismos no sólo se puede deber a la aplicación directa de los plaguicidas, sino también a la contaminación de la fuente de alimentación, y al hecho de tomar contacto con los insecticidas en el ambiente, ya sea en el suelo, el agua o el aire (García, 1997; Devine et al., 2008).

Desde una visión más amplia, los efectos de la aplicación de plaguicidas alcanzan a los seres humanos involucrados en su producción, manipuleo y transporte, a aquellos relacionados con la aplicación propiamente dicha, limpieza de equipos y disposición de los envases vacíos (van der Werf, 1996; García, 1997; Bruno, 2003; Damalas & Eleftherohorinos, 2011) y, finalmente, a los consumidores no sólo a través de los alimentos tratados que puedan contener residuos (Margni et al., 2002; Damalas & Eleftherohorinos, 2011), sino también por tomar contacto con los plaguicidas en aguas, aire o suelos contaminados (van der Werf, 1996; García, 1997; Damalas & Eleftherohorinos, 2011; Sarandón et al., 2015). Si, además, la aplicación no se hace de la manera correcta, los efectos nocivos se incrementan (Damalas & Eleftherohorinos, 2011; Sarandón et al., 2015): deriva, intoxicación de personas por aplicación directa, lo cual se suma a que frecuentemente se hacen más aplicaciones de las necesarias y también en dosis también mayores a las necesarias.

Aún con una correcta aplicación, se estima que sólo entre el 0,1% y el 1% del producto alcanza su objetivo, mientras que el resto “se pierde” en el ambiente por distintas vías (van der Werf, 1996; Bruno, 2003). Así, los plaguicidas pueden volatilizarse, ser degradados en

las plantas, llegar al suelo y ser degradados por los microorganismos, pueden quedar retenidos en el suelo o ser arrastrados por el agua, ya sea por escurrimiento o por lixiviación (van der Werf, 1996; Alletto et al., 2010; Aparicio et al., 2015). Esto depende de sus características físicas y químicas y también de características del ambiente (van der Werf, 1996; Alletto et al., 2010; Aparicio et al., 2015). Por otro lado, el efecto de los plaguicidas sobre los organismos vivos, depende de sus propiedades toxicológicas (van der Werf, 1996; Alletto et al., 2010).

La preocupación creciente en las últimas décadas por los efectos no deseados del uso de plaguicidas, ha llevado a distintos sectores políticos y de las ciencias a desarrollar una serie de herramientas con el fin de mejorar el monitoreo de los plaguicidas (Stenrød et al., 2008). Existen hoy numerosos índices que están en uso en todo el mundo cuyo fin es evaluar el impacto derivado del uso de los plaguicidas. Cada uno tiene fortalezas y debilidades ya que cubren distintos aspectos del impacto y utilizan diferentes métodos para evaluarlos (por ejemplo, datos de toxicidad para organismos terrestres y/o acuáticos, modelos de transporte de los plaguicidas y características físico-químicas de los mismos para evaluar la exposición). A pesar de esto, los índices de impacto ambiental ofrecen un marco de referencia que permite comparaciones transparentes de tendencias en el tiempo o comparaciones entre cultivos (Cross & Edwards-Jones, 2011) y por ello son ampliamente utilizados en diferentes ámbitos de toma de decisiones, de evaluación y control y de prevención de riesgos.

Los sistemas productivos del partido de Tres Arroyos (provincia de Buenos Aires, República Argentina) han sido tradicionalmente mixtos (ganadería y agricultura), pero, en las últimas décadas, se ha ampliado el área dedicada a la agricultura, sobre todo para la producción de cultivos oleaginosos, particularmente soja (*Glycine max* (L.) Merr.). En el mismo período, también se ha registrado un fuerte incremento de las llamadas “siembras de segunda”, es decir, cultivos sembrados inmediatamente después de la cosecha del antecesor sin mediar un período de barbecho. Si bien el maíz (*Zea mays* L.) también es producido como cultivo de segunda, el cultivo estival más difundido con esta modalidad es la soja (Forján & Manso, 2013).

Los cultivos invernales que pueden ser utilizados como antecesores en este planteo son varios, pero los más factibles, por su difusión en la zona, son el trigo (*Triticum aestivum* L.), la cebada (*Hordeum distichum* L.) y la colza (*Brassica napus* L.). El trigo es el cultivo tradicional en esta área, donde ha logrado una amplia adaptación a las condiciones ambientales y alcanza habitualmente buenos niveles de producción, además, por el conocimiento que los productores han adquirido sobre su manejo. La cebada es un cultivo similar al trigo ya que se trata de una gramínea de ciclo invernal. Posee distintos niveles de producción y en los últimos años ha crecido notablemente su superficie sembrada, en parte, por los problemas de comercialización del trigo, y en parte por sus buenos resultados económicos. La colza es una oleaginosa de ciclo invernal que pertenece a la familia de las Crucíferas. Su cultivo en el país, y particularmente en la zona, data de mucho tiempo, pero no ha logrado una difusión importante. Sin

¹ Aquí se denominará plaguicida a toda sustancia tóxica utilizada para controlar insectos u otros animales, malezas y patógenos que afectan a los cultivos. De la misma manera se considerará plaga al conjunto de especies animales, vegetales y patógenas que afectan los cultivos reduciendo su productividad, la calidad de sus productos o su disponibilidad.

embargo, en los últimos años, la superficie asignada a esta oleaginosa en el área de Tres Arroyos, y también en el país, ha crecido alentada por los distintos integrantes de la cadena de valor de su producto, y también a partir de la sanción de la Ley Nacional 26093 de Biocombustibles en el año 2006, que sentó las bases para el inicio de su producción a escala comercial (Iriarte, 2009).

Los distintos cultivos y sus secuencias de doble cultivo, son afectados por distintas plagas resultando en distintas estrategias de manejo de las mismas, las que incluyen diferentes plaguicidas, en diferentes dosis y número de aplicaciones. El manejo de las plagas también varía con el modelo de producción adoptado e, incluso, con la calidad del sitio o potencialidad productiva del sitio, ya que mejores características del suelo, que determinen mejores rendimientos potenciales, pueden alentar al productor a proteger más a sus cultivos.

El cambio en el uso de los territorios por distintos cultivos, por su extensión relativa o por sus modalidades de producción, puede tener una gran influencia en los agroquímicos liberados al ambiente.

Dada la necesidad de manejar las plagas que afectan a los cultivos y planteado el riesgo derivado de la aplicación de plaguicidas para las personas involucradas en la producción, para los consumidores y para el ambiente, es importante analizar el impacto por el uso de plaguicidas de las secuencias de cultivos mencionadas bajo distintos modelos de producción. Se

entiende que a) el impacto por el uso de plaguicidas es diferente en las distintas secuencias de cultivos debido a que se producen con aplicación de diferentes plaguicidas, que b) es mayor en el modelo de nivel tecnológico alto ya que al producirse bajo siembra directa el manejo de malezas se hace en forma química, y que c) en ambientes de suelos profundos, la expectativa de un mayor rendimiento de los cultivos determina una mayor aplicación de plaguicidas y, en consecuencia, un mayor impacto por su uso.

El objetivo de este trabajo es, por lo tanto, evaluar el impacto por el uso de plaguicidas de las secuencias trigo/soja, colza/soja y cebada/soja cultivadas bajo dos modelos de producción en dos áreas ambientalmente diferentes del Partido de Tres Arroyos.

METODOLOGÍA

Se calculó el impacto ambiental debido al uso de plaguicidas para las tres secuencias de doble cultivo en el Partido de Tres Arroyos producidas bajo cuatro modelos productivos. Estos modelos son la combinación de dos zonas agroecológicas y dos modalidades de producción o niveles de aplicación de tecnología.

Las dos zonas agroecológicas se identificaron a través de la zonificación realizada por el Proyecto AgroRadar del INTA: la zona IX comprende la mayor parte del partido y la zona X abarca la zona costera (Figura 1).

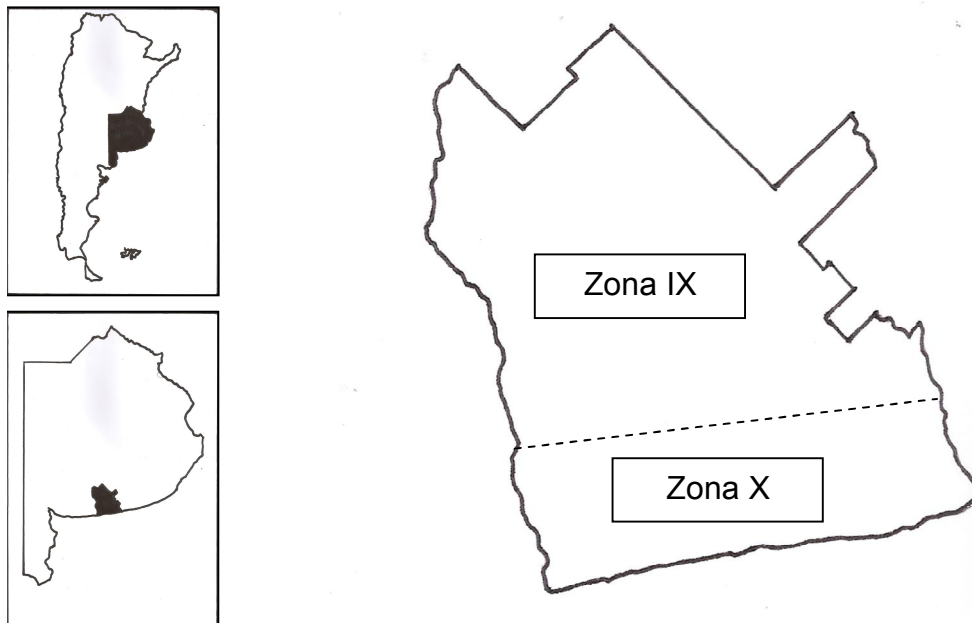


Figura 1. Ubicación del Partido de Tres Arroyos (provincia de Buenos Aires, Argentina) y de las dos áreas agroecológicas analizadas: zona IX o de suelos someros y zona X o de suelos profundos.

La zona IX forma parte de la Pampa Austral Interserrana, son extensas llanuras suavemente onduladas caracterizadas por la presencia de tosca entre los 50 y 100 cm de profundidad, sobre la que se agrega un manto loésico postpampeano de espesor variable. Predominan los Argiudoles petrocálcicos. El régimen hídrico es subhúmedo seco con una precipitación anual de 741 mm reduciéndose en sentido este-oeste. La zona X se diferencia de la anterior principalmente porque los suelos predominantes, si bien son también Argiudoles, no presentan la capa de tosca por encima del metro de profundidad, lo cual hace que tengan, en general, mayor capacidad de almacenar agua en el perfil. La cantidad de precipitaciones, además, es mayor que en la zona IX, con una media anual de 825 mm. A los efectos del trabajo, estas zonas

fueron identificadas como de “suelos someros” (zona IX) y de “suelos profundos” (zona X). Por otro lado, a través de información recabada de distintas fuentes bibliográficas y consultas a informantes calificados de la Chacra Experimental Integrada Barrow, INTA-MAA, se reconocieron dos modalidades de producción o niveles de aplicación de tecnología en cada zona agroecológica (identificados como medio y alto). Éstas se diferencian en el uso de insumos y los niveles de rendimiento obtenidos, e implican tanto el modelo productivo en cuanto a maquinarias utilizadas, tipo de semilla empleada, tipo y dosis de agroquímicos aplicados, como niveles de producción alcanzados por los cultivos componentes de las secuencias (Tabla 1).

Tabla 1. Plaguicidas aplicados a los cultivos de cebada, colza, trigo y soja en los cuatro modelos tecnológicos analizados en el partido de Tres Arroyos (Buenos Aires, Argentina). SS: suelos someros; SP: suelos profundos; NTM: nivel tecnológico medio; NTA: nivel tecnológico alto.

Cebada	SS	NTM	Cultivo: 2,4-D 0,4 l.ha ⁻¹ + dicamba 0,1 l.ha ⁻¹	
		NTA	Barbecho: glifosato 2 l.ha ⁻¹ + 2,4-D 0,4 l.ha ⁻¹ Semilla: carbendazim 20% + thiram 20% 300 g.100 kg ⁻¹ Cultivo: dicamba 0,1 l.ha ⁻¹	
	SP	NTM	Cultivo: 2,4-D 0,4 l.ha ⁻¹ + dicamba 0,1 l.ha ⁻¹	
		NTA	Barbecho: glifosato 2 l.ha ⁻¹ + 2,4-D 0,4 l.ha ⁻¹ Semilla: carbendazim 20% + thiram 20% 300 g.100 kg ⁻¹ Cultivo: dicamba 0,1 l.ha ⁻¹	
Colza	SS	NTM	Pre-siembra: trifluralina 1,8 l.ha ⁻¹ Cultivo: cipermetrina 0,1 l.ha ⁻¹ + clorpirifós 0,5 l.ha ⁻¹	
		NTA	Barbecho: glifosato 4l.ha ⁻¹ Semilla: carbendazim 20% + thiram 20% 300 g.100 kg ⁻¹ Cultivo: propaquizafop 0,7 l.ha ⁻¹ + dicamba 0,1 l.ha ⁻¹ cipermetrina 0,1 l.ha ⁻¹ + clorpirifós 0,5 l.ha ⁻¹	
	SP	NTM	Pre-siembra: trifluralina 1,8 l.ha ⁻¹ Cultivo: propaquizafop 0,7 l.ha ⁻¹ cipermetrina 0,1 l.ha ⁻¹ + clorpirifós 0,5 l.ha ⁻¹ (floración)	
		NTA	Barbecho: glifosato 4l.ha ⁻¹ Semilla: carbendazim 20% + thiram 20% 300 g.100 kg ⁻¹ Cultivo: propaquizafop 0,7 l.ha ⁻¹ + dicamba 0,1 l.ha ⁻¹ cipermetrina 0,1 l.ha ⁻¹ + clorpirifós 0,5 l.ha ⁻¹	
	Trigo	SS	NTM	Cultivo: metsulfurón metil 60% + dicamba 57,71% (Misil II) 0,1 l.ha ⁻¹
			NTA	Barbecho: glifosato 2 l.ha ⁻¹ + 2,4-D 0,4 l.ha ⁻¹ Semilla: carbendazim 20% + thiram 20% 300g.100 kg ⁻¹ Cultivo: metsulfurón metil 60% + dicamba 57,71% (Misil II) 0,1 l.ha ⁻¹ cipermetrina 0,1 l.ha ⁻¹
SP		NTM	Cultivo: metsulfurón metil 60% + dicamba 57,71% (Misil II) 0,1 l.ha ⁻¹	
		NTA	Barbecho: glifosato 2 l.ha ⁻¹ + 2,4-D 0,4 l.ha ⁻¹ (2 aplicaciones) Semilla: carbendazim 20% + thiram 20% 300g.100 kg ⁻¹ Cultivo: metsulfurón metil 60% + dicamba 57,71% (Misil II) 0,1 l.ha ⁻¹ cipermetrina 0,1 l.ha ⁻¹ Epoconazol 12,5% + kresoxim-metil 12,5% (Allegro) 0,75 l.ha ⁻¹	
Soja	SS	NTM	Barbecho: glifosato 2 l.ha ⁻¹ Cultivo: glifosato 2 l.ha ⁻¹ cipermetrina 0,1 l.ha ⁻¹	
		NTA	Barbecho: glifosato 2 l.ha ⁻¹ Cultivo: glifosato 2 l.ha ⁻¹ cipermetrina 0,1 l.ha ⁻¹	
	SP	NTM	Barbecho: glifosato 2 l.ha ⁻¹ Cultivo: glifosato 2 l.ha ⁻¹ cipermetrina 0,1 l.ha ⁻¹	
		NTA	Barbecho: glifosato 2 l.ha ⁻¹ Cultivo: glifosato 2 l.ha ⁻¹ cipermetrina 0,1 l.ha ⁻¹	

Para evaluar el impacto asociado al uso de plaguicidas se utilizó el “coeficiente de impacto ambiental de plaguicidas” (EIQ: environmental impact quotient of pesticides), desarrollado por Kovach et al. (1992). La fórmula para determinar el valor del EIQ para cada plaguicida es la siguiente y es el promedio de tres componentes: el riesgo para el trabajador agrícola, el riesgo para el consumidor, y el riesgo ecológico.

$$EIQ = (EIQ \text{ trabajador} + EIQ \text{ consumidor} + EIQ \text{ ecológico}) / 3$$

Donde:

$$EIQ \text{ trabajador} = C * [(DT * 5) + (DT * P)]$$

$$EIQ \text{ consumidor} = (C * ((S + P) / 2) * SY) + (L)$$

$$EIQ \text{ ecológico} = (F * R) + (D * ((S + P) / 2) * 3) + (Z * P * 3) + (B * P * 5)$$

Siendo:

DT = toxicidad dérmica, C = toxicidad crónica, SY = sistemicidad, F = toxicidad para los peces, L = potencial de lixiviación, R = potencial de pérdida superficial (escorrentía), D = toxicidad para aves, S = suelo vida media, Z = toxicidad para abejas, B = toxicidad para los artrópodos benéficos, P = vida media en la superficie de la planta.

Para simplificar la interpretación de los datos, la toxicidad del ingrediente activo de cada plaguicida y el efecto sobre cada componente ambiental se agruparon en categorías, en una escala de 1 a 5, considerando 1 al que tiene un impacto mínimo sobre el medio ambiente o de una baja toxicidad y 5 al que es altamente tóxico o que tiene un importante efecto negativo sobre el medio ambiente. Estos datos son los utilizados en la fórmula. Los valores determinados de EIQ (Eshenaur et al., 2015) son la base para efectuar la valoración de uso a campo (Field use rating: FUR) de EIQ para cada plaguicida utilizado. Para ello cada EIQ particular debe ser afectado por la dosis y el contenido de principio activo del producto aplicado. De esta manera es posible comparar el impacto ambiental de los distintos plaguicidas y de los diferentes programas de manejo de plagas.

RESULTADOS

Aplicación de plaguicidas a los cultivos

La aplicación de plaguicidas, tanto de producto comercial como de principio activo, fue diferente entre cultivos y entre niveles de tecnología y ambientes (Figura 2) y varió entre menos de 1 kg.ha⁻¹ a más de 5 kg.ha⁻¹ de producto comercial y 0,12 a 2,33 kg.ha⁻¹ de principio activo. La soja fue el único cultivo que mantuvo el mismo esquema de manejo de plagas independientemente del nivel tecnológico o el ambiente, incluso independientemente del antecesor.

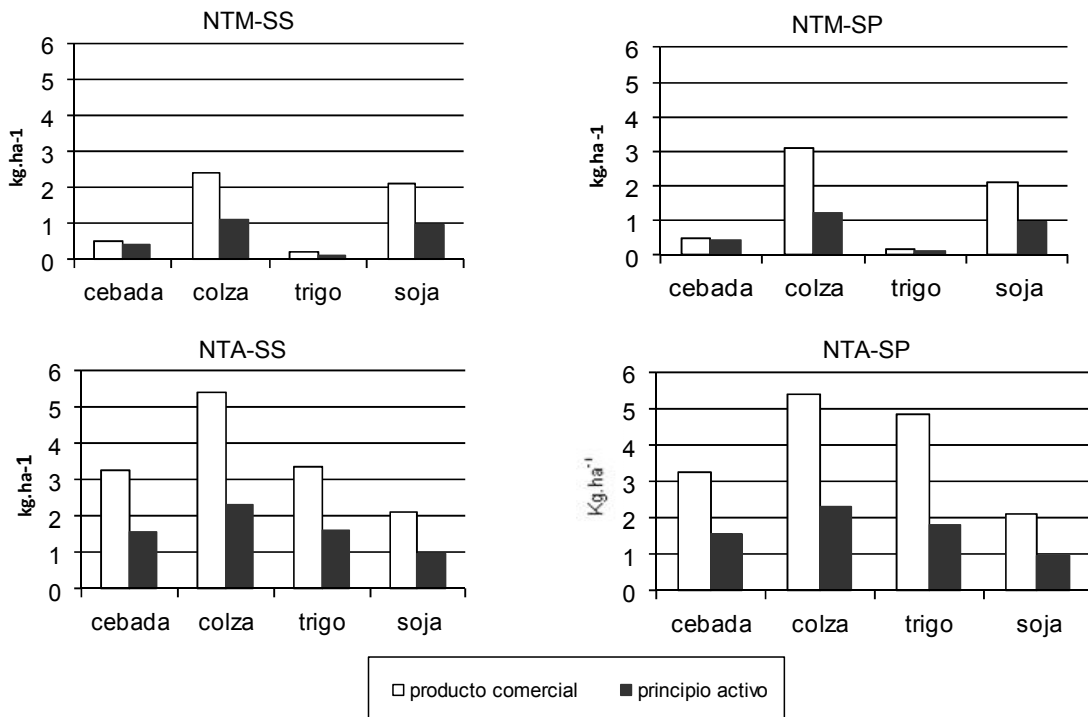


Figura 2. Cantidad de plaguicidas aplicados a los cultivos de cebada, colza, trigo y soja de segunda, producidos en Tres Arroyos (Buenos Aires, Argentina) bajo dos manejos tecnológicos y dos ambientes agroecológicos. Referencias: NTM: nivel tecnológico medio, NTA: nivel tecnológico alto, SS: zona de suelos someros, SP: zona de suelos profundos.

Se observó que, con la tecnología media de producción, las dos oleaginosas fueron las que recibieron la mayor cantidad de plaguicidas. En el nivel tecnológico alto, la colza también registró la mayor aplicación de plaguicidas, pero su uso en los dos cereales aumentó en tal medida que superaron a la soja. El incremento se debió, principalmente, a la aplicación de herbicidas para la realización de barbecho químico ya que la implantación de los cultivos de invierno se hizo con labranzas en el nivel medio pero en siembra directa en el nivel alto. El mayor nivel tecnológico no implicó sólo un aumento, sino también un cambio (al menos parcial) de los plaguicidas empleados y diferentes participaciones de los distintos tipos de plaguicida sobre el total. Si bien en todos los casos los herbicidas registraron la mayor proporción dentro del conjunto, en la colza y en la soja, a diferencia de los cereales, siempre se hizo aplicación de insecticidas. Al mismo tiempo, cuando se trabajó con un nivel tecnológico alto, en cebada y trigo, los fungicidas registraron más del 20% de participación que en colza y soja fue nula o casi nula.

La influencia de la calidad de sitio (profundidad del suelo) fue mucho menor a la del cultivo y el nivel tecnológico.

Impacto ambiental por uso de plaguicidas de las secuencias de cultivos en los distintos modelos de producción

Cuando los kilogramos de plaguicida aplicados se

convirtieron en el coeficiente de impacto ambiental (EIQ-FURt) se obtuvieron los resultados presentados en la Figura 3. Cabe recordar que los valores del EIQ-FURt sólo permiten hacer comparaciones ya que no miden el impacto real del programa de control de plagas evaluado. Se observó que una mayor cantidad de plaguicidas aplicados no se relacionó directamente con un mayor impacto. En el nivel tecnológico alto y suelos profundos, por ejemplo, el trigo recibió prácticamente el doble de plaguicidas que la soja, contabilizados en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Figura 2), pero su impacto fue similar (Figura 3). De igual manera y en las mismas condiciones de suelos y nivel tecnológico, mientras que la cantidad de plaguicidas aplicados a la cebada fue alrededor de un 50% mayor que la correspondiente a la soja, la primera registró un menor impacto. Esto se debe a que el impacto ambiental por el uso de los plaguicidas depende de numerosos factores, entre los cuales se encuentran las características físico-químicas de los mismos que determinan su movimiento en el ambiente y sus propiedades toxicológicas, además de las cantidades aplicadas.

Se observó que con la aplicación de tecnología media, los cultivos presentaron diferentes impactos, pero al incrementar el uso de insumos, las diferencias se atenuaron.

La combinación de los EIQ-FURt de los distintos cultivos en las distintas situaciones de producción permitió obtener los datos presentados en la Figura 4 correspondientes a las distintas secuencias de cultivos.

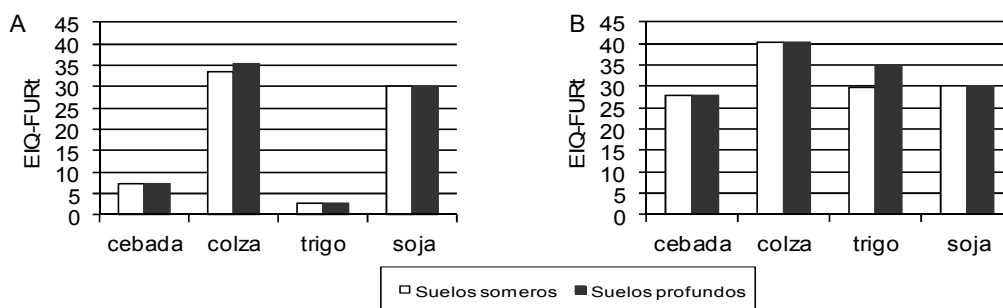


Figura 3. Coeficiente de impacto ambiental (EIQ-FURt) de los cultivos de cebada, colza, trigo y soja de segunda, producidos en Tres Arroyos (Buenos Aires, Argentina) bajo dos manejos tecnológicos (A: nivel tecnológico medio, B: nivel tecnológico alto) y dos ambientes agroecológicos (de suelos someros, y de suelos profundos).

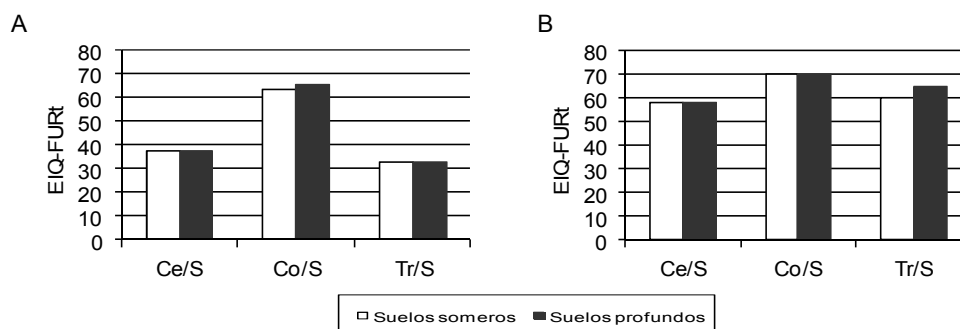


Figura 4. Coeficiente de impacto ambiental (EIQ-FURt) de tres secuencias de cultivos producidas en Tres Arroyos (Buenos Aires, Argentina) bajo dos manejos tecnológicos (A: nivel tecnológico medio, B: nivel tecnológico alto) y dos ambientes agroecológicos (de suelos someros, y de suelos profundos). Referencias: Ce: cebada, Co: colza, Tr: trigo, S: soja.

En concordancia con lo presentado previamente, se observó que la incidencia del ambiente a través del tipo de suelo fue mínima en comparación con la influencia de la secuencia considerada o el nivel tecnológico utilizado. También resultó claro que, con la tecnología media, el impacto de la secuencia colza/soja fue casi del doble que los de las secuencias que incluyeron cereales, pero la diferencia se redujo notablemente en el modelo del nivel tecnológico alto. Es decir, la tecnología de producción media de cebada/soja y trigo/soja fue notablemente menos nociva, en lo que a impacto por plaguicidas se refiere, que la tecnología alta. En colza/soja esta diferencia fue menos notable pero fue una secuencia de mayor impacto que las que incluyeron cereales en los dos niveles tecnológicos.

En todos los cultivos y modelos de producción, el componente más afectado por los plaguicidas fue el "ecológico", y mucho menos el "trabajador rural" y el "consumidor" (datos no mostrados).

En cada una de las secuencias, el mayor impacto correspondió a los herbicidas (Figura 5). Es importante resaltar que, en cada secuencia, el impacto atribuible a los herbicidas aplicados a la soja fue de 29,4, es decir, es casi la totalidad el impacto de las secuencias cebada/soja y trigo/soja producidas con el nivel tecnológico medio y más de la mitad cuando se produjeron con la tecnología alta (Figura 4).

DISCUSIÓN

Las secuencias de cultivos y los plaguicidas

Los diferentes comportamientos relativos de los cultivos cuando se analizó su efecto a través de la cantidad de

plaguicidas aplicados y el EIQ-FURt confirman que la cantidad de plaguicida utilizado no es el mejor indicador del impacto que produce su uso en los ecosistemas (Stenrød et al., 2008; Damalas & Eleftherohorinos, 2011).

Los mayores valores de EIQ-FURt de la colza y la soja podrían indicar que son cultivos más "sensibles" a las plagas, como sugirió Ares (2004) con respecto a los cítricos en Misiones, pero también podría ser que sean indicativos de su menor adaptación ecológica a la zona que el trigo y la cebada. Es posible pensar que cuando un cultivo está mejor adaptado, ha logrado cierto equilibrio con las plagas asociadas al mismo que determinarían un menor uso de plaguicidas, pero cuando un cultivo no está adaptado ecológicamente, las plagas que pueden presentarse no poseen mecanismos de control natural, requiriendo de más intervenciones para reducir su impacto negativo sobre el rendimiento de los cultivos. Además, explicaría que la colza y la soja, a diferencia del trigo y la cebada, se hayan producido con la aplicación de insecticidas en todos los modelos analizados.

Por otro lado, el mayor esfuerzo en el control de plagas, en todos los cultivos, estuvo puesto en el control de las malezas ya que son las que requirieron mayor cantidad y dosis de plaguicidas y también determinaron los mayores impactos ambientales. Esto es coherente con el hecho que las malezas son las adversidades que producen mayores pérdidas en los cultivos (Oerke & Dehne, 2004; Oerke, 2006) y confirma que los herbicidas son los plaguicidas que más se aplican en la producción agrícola (Bedmar, 2011; CASAFE, 2013; Aparicio et al., 2013a; Popp et al., 2013; Aparicio et al., 2015; Sarandón et al., 2015).

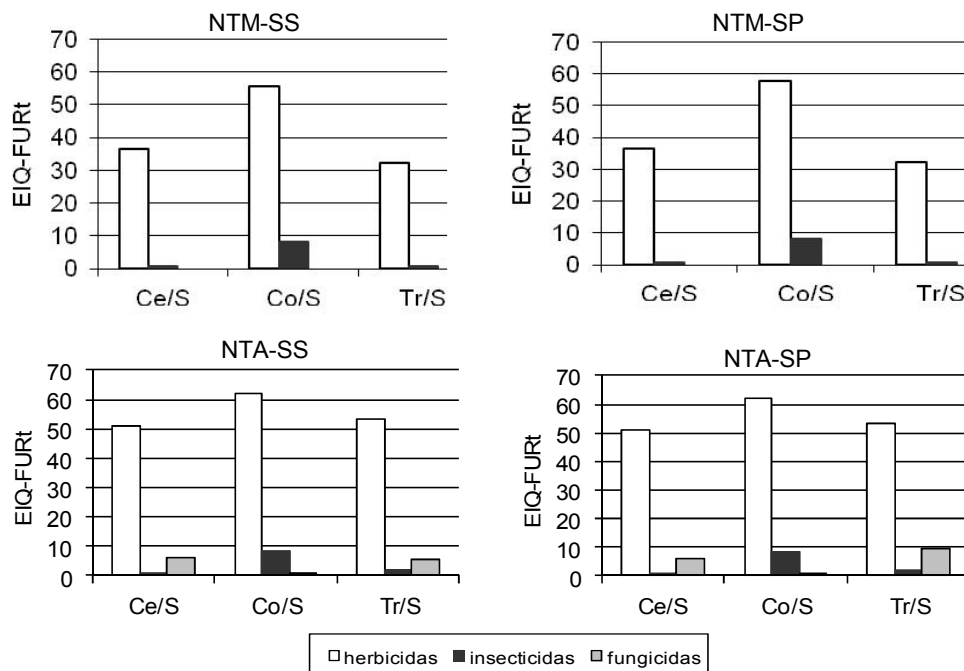


Figura 5. Coeficiente de impacto ambiental (EIQ-FURt) discriminado según clase de plaguicida (herbicida, insecticida o fungicida) en tres secuencias de cultivos producidos en Tres Arroyos (Buenos Aires, Argentina) bajo dos manejos tecnológicos y dos ambientes agroecológicos. Referencias: NTM: nivel tecnológico medio, NTA: nivel tecnológico alto, SS: zona de suelos someros, SP: zona de suelos profundos, Ce: cebada, Co: colza, Tr: trigo, S: soja.

En cada secuencia, el glifosato fue el plaguicida que más aportó al impacto ambiental, ya sea aplicado a la soja (en el nivel de tecnología medio) o aplicado a la soja y al barbecho de su antecesor (en el nivel tecnológico alto). El glifosato y el ácido aminometilfosfónico (su principal producto de degradación, conocido como AMPA) han sido detectados en aguas, pero principalmente en suelos, en material particulado en suspensión y en sedimentos del fondo de cursos de agua de diferentes lugares de nuestro país, incluso su concentración se ha asociado a las actividades y ciclos agrícolas y eventos de lluvias (Peruzzo et al., 2008; Aparicio et al., 2013b; Lupi et al., 2015). Aunque los estudios acerca del efecto de la aplicación de glifosato sobre distintos organismos han arrojado resultados a veces contradictorios, los reportes recientes que lo catalogan como potencialmente cancerígeno (Guyton et al., 2015) deberían ser una luz de alarma frente a la difusión y la intensidad de su uso en nuestro país.

Adicionalmente, la amenaza de la resistencia a los plaguicidas, en el caso del glifosato, ya es una realidad. El reporte de malezas resistentes aumenta permanentemente (Benbrook, 2012; Brookes & Barfoot, 2015; Bonny, 2016; Heap, 2016). Pero es necesario recalcar que no es el herbicida en sí el que causa la evolución de la resistencia en las malezas, sino el modo en que se usa (Norsworthy et al., 2012). En la Argentina, hoy, el glifosato es el herbicida más usado no sólo en los cultivos de soja, maíz y algodón por ser resistentes al mismo, sino también en el barbecho de prácticamente todos los cultivos (CASAFE, 2013), lo que impone una enorme presión de selección a las poblaciones de malezas favoreciendo el desarrollo de resistencia (Norsworthy et al., 2012; Brookes & Barfoot, 2015; Bonny, 2016). Esto ha obligado al uso de otros herbicidas conjuntamente con el glifosato a fin de mejorar el control, lo que ha sido visto como una muestra del fracaso del sistema (Benbrook, 2012).

Numerosos autores han propuesto alternativas más sustentables para el manejo de las malezas que permiten disminuir la carga de plaguicidas sin reducir la producción de los cultivos (Norsworthy et al., 2012; Baigorria et al., 2015; Duru et al., 2015; Nichols et al., 2015; Petit et al., 2015) pero que no son ampliamente adoptadas. Bedmar (2013) y Bonny (2016) plantean que entre las causas de este hecho puede mencionarse un componente socio-económico-cultural que incluye la búsqueda de la maximización de los rendimientos, el incremento en las superficies de siembra, la escasa dedicación a la observación, la gran superficie cultivada bajo arrendamiento, la búsqueda de inmediatez en los resultados (que es ofrecida por los métodos químicos de control) y, particularmente en nuestro país, los escasos o nulos controles de las actividades relacionadas con el uso y aplicación de plaguicidas.

El modelo de producción y el impacto ambiental por uso de plaguicidas

Como se esperaba, cuando las secuencias de doble cultivo se manejaron con un nivel tecnológico alto tuvieron mayor impacto ambiental que con la tecnología media. Al respecto, Sarandón et al. (2015) resaltan la importancia del modelo más que del cultivo en sí como determinante del impacto ambiental de la producción,

tanto agrícola como ganadera, y numerosos autores demostraron que para el mismo cultivo hay formas de manejo que representan distintos impactos por el uso de plaguicidas (Kovach et al., 1992; Edwards-Jones & Howells, 2001; Ares, 2004; March et al., 2012; Baigorria et al., 2015).

En este sentido, Margni et al. (2002) han mostrado cómo puede diferir el impacto de distintos plaguicidas utilizados para el mismo objetivo, no sólo evaluados en conjunto, sino también evaluado su efecto en distintos compartimentos (salud humana, ecosistema acuático y ecosistema terrestre). En la colza, el mayor nivel de tecnología implicó el cambio de un herbicida de presiembrado (trifluralina) por glifosato aplicado al barbecho químico, pero el impacto fue similar. En el caso de los cereales, al implementar la siembra directa en el nivel tecnológico alto, se eliminó el control mecánico de las malezas durante el barbecho y el glifosato pasó a ser el principal responsable del mayor impacto por el uso de plaguicidas, seguido por los curasemillas. Si bien se entiende que la siembra directa se implementó con el objetivo, entre otros, de reducir el costo energético y también de mejorar las condiciones edáficas, aunque estos beneficios se lograran, en el corto o largo plazo, afectó negativamente la sustentabilidad de los agroecosistemas bajo estudio porque requirió de un mayor uso de plaguicidas resultando en un mayor impacto ambiental. De aquí surge la importancia del análisis integral de los cambios de manejo de los cultivos.

Popp et al. (2013) y Devine et al. (2008) resaltan el efecto de la globalización sobre la posibilidad de elección de los plaguicidas por parte de los productores, llamando la atención acerca de cómo, por una cuestión comercial de las empresas productoras de plaguicidas y por falta de control estatal, en los países en desarrollo, claramente, el control de plagas se realiza con productos más peligrosos que en los países desarrollados, y muy frecuentemente con genéricos, que muchas veces no cumplen con las normas de calidad necesarias. Describen cómo los países desarrollados trasladan la producción de alimentos y fibras que necesitan, a los países en desarrollo, por supuesto en forma comercial, pero esto significa trasladar también la carga de plaguicidas a estos países, aprovechando los controles más laxos de sus instituciones, cuestión planteada por Cross & Edwards-Jones (2011) como de una ética poco clara. De manera similar al comercio de agua y suelo virtuales, en el cual algunos países compran materias primas a otros, que contienen el agua y los nutrientes necesarios para su producción, a un precio que no incorpora las externalidades que producen en sus países de origen (Pengue, 2006; 2010; 2012), con los plaguicidas ocurre lo mismo: los países con mayor conciencia ambiental importan los alimentos para reducir la aplicación de plaguicidas en sus territorios.

Es en este sentido que Devine et al. (2008) afirman que, si la producción de alimentos, el alivio del hambre y la protección de los ecosistemas son responsabilidades mundiales, los países desarrollados deben cumplir una función más importante para apoyar el uso y aplicación seguros de los plaguicidas a nivel mundial, y tienen el deber de transferir a los países en desarrollo, su experiencia en evaluación y

reglamentación en el uso de plaguicidas. Al respecto, y en el marco de una serie de cambios que deberían operarse en nuestro país para reducir el impacto por el uso de plaguicidas, Aparicio et al. (2015), señalan la necesidad de desarrollar tecnología nacional y/o pública que garantice la soberanía tecnológica en materia agropecuaria.

En la Argentina se está también avanzando en el conocimiento de la detección de residuos de algunos plaguicidas en las distintas matrices ambientales, los procesos que sufren en el ambiente y el impacto que generan (Aparicio et al., 2015). Pero, para reducir el impacto de la agricultura por el uso de plaguicidas es de gran importancia avanzar en la legislación y la implementación de mecanismos de control concretos y deben revalorizarse, entre los profesionales y técnicos de la agronomía, las tecnologías de procesos, punto en que la investigación y la extensión cumplen un rol fundamental. Paralelamente, se requiere del compromiso no sólo de las personas relacionadas con la producción agropecuaria ya que, como sostienen Gliessman et al. (2007) y Bonny (2011) para transitar hacia una cultura de la sostenibilidad se requiere un cambio de ética y de valores en la sociedad toda.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo muestran algunos de los efectos que tiene el cambio en el uso de la tierra sobre el ambiente, específicamente, el reemplazo de esquemas de cultivos. Para este caso, el cultivo de trigo por cebada o colza en la secuencia de doble cultivo trigo/soja en el partido de Tres Arroyos. Dentro de un modelo de tecnología de producción promedio, el reemplazo del trigo por la cebada no modificaría el impacto ambiental por el uso de plaguicidas, pero sí se incrementaría en gran medida si el trigo fuese suplantado por colza, debido a que el planteo de manejo de adversidades de la colza es de mayor impacto que el de trigo y cebada. De manera similar, dentro de cada secuencia, la soja presentó un mayor impacto que los cereales, aunque algo menor que la colza.

Por otro lado, el nivel de tecnología aplicada tuvo un importantísimo efecto sobre el impacto ambiental por uso de plaguicidas. El cambio en la siembra de los cultivos condicionó un mayor uso de herbicidas (fundamentalmente glifosato) y fungicidas (como curasemillas).

El plaguicida que fue responsable de la mayor parte del impacto ambiental en las tres secuencias de cultivos fue el glifosato, asociado a la soja por su resistencia al mismo, pero también usado en el barbecho cuando se implementó la siembra directa.

BIBLIOGRAFÍA

Alletto, L., Y. Coquet, P. Benoit, D. Heddadj & E. Barriuso. 2010. Tillage management effects on pesticide fate in soils. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30:367-400.

Ares, J. 2004. Estimating pesticide environmental risk scores with land use data and fugacity equilibrium

models in Misiones, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103:45-58.

Aparicio, V., E. De Gerónimo, D. Marino, J. Primost P. Carriquiriborde & J.L. Costa. 2013b. Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface Waters and soil of agricultural basins. *Chemosphere* 93:1866-1873.

Aparicio, V., E. De Gerónimo, K. Hernández Guijarro, D. Pérez, R. Portocarrero & C. Vidal. 2015. Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. 1ª Edición, Balcarce, Buenos Aires; Famaillá, Tucumán; Reconquista, Santa Fe. Ediciones INTA. 73 pp.

Aparicio, V., J.L. Costa & E. De Gerónimo. 2013a. Plaguicidas en Argentina. En: Coloquio sobre Sustentabilidad. Hacia una agricultura sustentable situada en el territorio. Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Mar del Plata – Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce, Estación Experimental Agropecuaria Área Metropolitana de Buenos Aires. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. pp. 11-16.

Baigorria T, C Álvarez, C Cazorla, P Belluccini, B Aimetta, V Pegoraro, M Boccolini, V Faggioli & D Tuesca (2015). Cultivos de cobertura: una alternativa sustentable para el control de malezas. XXIII Congreso Latinoamericano de Malezas I Congreso Argentino de Malezas. pp. 209.

Bedmar, F. 2011. ¿Qué son los plaguicidas? *Ciencia Hoy* 21:10-16.

Bedmar, F. 2013. Sustentabilidad del uso de plaguicidas. En: Coloquio sobre Sustentabilidad. Hacia una agricultura sustentable situada en el territorio. Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Mar del Plata – Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce, Estación Experimental Agropecuaria Área Metropolitana de Buenos Aires. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. pp. 17-19.

Benbrook, C.M. 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe* 24:24. <http://www.enveurope.com/content/24/1/24>. Último acceso: diciembre de 2015.

Bonny, S. 2011. L'agriculture écologiquement intensive: nature et défis. *Cahiers Agricultures* 20 451-62. doi : 10.1684/agr.2011.0526. Último acceso: febrero de 2016.

Bonny, S. 2016. Genetically modified herbicide-tolerant crops, weeds and herbicides: overview and impact. *Environmental Management* 57:31-48.

Brookes, G. & P. Barfoot. 2015. Environmental impacts of genetically modified (GM) crops use 1996-2013: Impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM Crops and Food* 6:103-133.

Bruno, A. 2003. Estimación de los efectos ambientales y socioeconómicos del uso de plaguicidas en sistemas de producción fruti-vitícolas del departamento de Canelones. M. Sc. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay, 106 pp. Disponible en: www.rapaluguay.org/agrotoxicos/Uruguay/TesisAB.pdf. Último acceso: diciembre de 2015.

CASAFE. 2013. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Mercado argentino de productos fitosanitarios / Año 2011 vs 2012. Disponible en:

<http://www.casafe.org/publicaciones/estadisticas/>.

Último acceso: marzo de 2016.

Cross, P. & G. Edwards-Jones. 2011. Variation in pesticide hazard from arable crop production in Great Britain from 1992 to 2008: An extended time-series analysis. *Crop protection* 30:1579-1585.

Damalas, C.A. & I.G. Eleftherohorinos. 2011. Pesticide exposure, safety issues and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8:1402-1419. Doi: 10.3390/ijerph8051402. Último acceso: diciembre de 2015.

Devine, G.J., D. Eza, E. Ogusuku & M.J. Furlong. 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 25:74-100.

Duru, M., O. Therond, G. Martin, R. Martin-Clouaire, M. Magne, E. Justes, E. Journet, J. Aubertot, S. Savary, J. Bergez & J.P. Sarthou. 2015. How to implement biodiversity-based agricultura to enhance ecosystem services: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 23pp. Disponible en: DOI 10.1007/s13593-015-0306-1 Último acceso: marzo de 2016.

Edwards-Jones, G. & O. Howells. 2001. The origin and hazard of inputs to crop protection in organic farming systems: are they sustainable? *Agricultural Systems* 67:31-47.

Eshenaur, B., J. Grant, J. Kovach, C. Petzoldt, J. Degni & J. Tette. 2015. 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. Disponible en: www.nysipm.cornell.edu/publications/EIQ Último acceso: diciembre de 2015.

Forján, H. & L. Manso. 2013. La superficie sembrada con cultivos de verano en la región. Estimación de la campaña 2012/13. En: Actualización en cultivos de cosecha gruesa 2012/13. Serie: Informes Técnicos. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Publicaciones Regionales. Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio INTA-MAA). Ed. J.D. Yaguez, H. Forján, Z. López. Tres Arroyos, provincia de Buenos Aires:6-8.

García, J.E. 1997. Consecuencias indeseables de los plaguicidas en el ambiente. *Agronomía Mesoamericana* 8:119-135.

Gliessman, S.R., F.J. Rosado-May, C. Guadarrama-Zugasti, J. Jedlicka, A. Cohn, V.E. Mendea, R. Cohen, L. Trujilla, C. Bacon & R. Jaffe. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas* 16:13-23.

Guyton, K.Z., D. Loomis, Y. Grosse, F. El Ghissassi, L. Benbrahim-Tallaa, N. Guha, C. Scocciati, H. Mattock & K. Straif. 2015. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet Oncology* 16:490-491. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)70134-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(15)70134-8). Último acceso: abril de 2016.

Heap, I. 2016. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Disponible en: www.weedscience.org Último acceso: marzo de 2016.

Iriarte, L. 2009. Colza: un poco de historia, situación actual y perspectivas. *AgroBarrow* 43:12-14. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agrobarrow43/05%20colza%20un%20poco%20de%20historia%20situacion%20actual%20y%20perspectivas.pdf>

Último acceso: abril de 2011

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

<http://www.nysipm.cornell.edu/publications/EIQ/default.asp>.

Último acceso: diciembre de 2012.

Lupi, L., K.S.B. Miglioranza, V.C. Aparicio, D. Marino, F. Bedmar & D.A. Wunderlin. 2015. Occurrence of glyphosate and AMPA in na agricultural watershed from the southeastern region of Argentina. *Science of the Total Environment* 536:687-694.

March, G.J., C.M. Oddino, E. Zorza, J. Soave, A. Moresi, J. García, A.D. Marinelli, A.M. Rago & S. Ferrari. 2012. Indicadores de riesgo de plaguicidas en maní en el centro-sur de Córdoba. XXVII Jornada Nacional del Maní, General Cabrera, Córdoba (Argentina), INTA-CIA. pp. 6-8.

Margni, M., D. Rossier, P. Crettaz & O. Jolliet. 2002. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93:379-392.

Nichols, V., N. Verhulst, R. Cox & B. Govaerts. 2015. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field Crops Research* 183:56-68.

Norsworthy, J.K., S.M. Ward, D.R. Shaw, R.S. Llewellyn, R.L. Nichols, T.M. Webster, K.W. Bradley, G. Frisvold, S.B. Powles, N.R. Burgos, W.W. Witt & M. Barrett. 2012. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science* 60:31-62.

Oerke, E.C. & H.W. Dehne. 2004. Safeguarding production-losses in mayor crops and the role of crop protection. *Crop Protection* 23:275-285.

Oerke, E.C. 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* 144:31-43. Disponible en: doi:10.1017/S0021859605005708 (Cambridge University Press). Último acceso: noviembre de 2015.

Pengue, W.A. 2006. "Agua virtual", agronegocio sojero y cuestiones económico ambientales futuras... *Fronteras* 5:14-26

Pengue, W.A. 2010. Suelo virtual, biopolítica del territorio y comercio internacional. *Fronteras* 10:1-20.

Pengue, W.A. 2012. Los intangibles ambientales. Disponible en: http://www.ecoportal.net/Blogs/Economia_Ecologica_Blog_del_Dr._Walter_Pengue/Los_Intangibles_Ambientales_Walter_A._Pengue. Último acceso: septiembre de 2014.

Peruzzo, P.J., A.A. Porta & A.E. Ronco. 2008. Levels of glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in north pampasic region of Argentina. *Environmental Pollution* 156:61-66.

Petit, S., N. Munier-Jolain, V. Bretagnolle, C. Bockstaller, S. Gaba, S. Cordeau, M. Lechenet, D. Mézière & N. Colbach. 2015. Ecological intensification through pesticide reduction: weed control, weed biodiversity and sustainability in arable farming. *Environmental Management* 56:1078-1090.

Popp, J., K. Petö & J. Nagy. 2013. Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy Sustainable Development* 33:243-255.

Sarandón, S.J., C.C. Flores, E. Abbona, M.J. Iermanó, M.L. Blandi, M. Oyhamburu & M. Presutti. 2015. Análisis del uso de agroquímicos asociado a las actividades agropecuarias de la Provincia de Buenos Aires. En: Relevamiento de la utilización de Agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires – Mapa de Situación e incidencias sobre la salud. Defensoría

del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires. pp. 18-495. Disponible en: <http://www.defensorba.org.ar/biblio-tecavirtual/>. Último acceso: marzo de 2016.

Stenrød, M., H.E. Heggen, R.I. Bolli & O.M. Eklo. 2008. Testing and comparison of three pesticide risk indicator model under Norwegian conditions-A case study in the Skuterud and Heiabekken catchments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123:15-29.

van der Werf, H.M.G. 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 60:81-96.