



# Gestión de Malezas con Cultivos de Cobertura

Autor:

Ing. Agr. Federico Sassano

federicosassano@gmail.com

Director:

Ing. Agr. M. Sci. Rampoldi Andrés,

Universidad de Concepción del Uruguay

Co-Directora:

Dr. Becke Strehlow,

Hochschule Neubrandenburg (Alemania)

Agosto 2020



Federico Sassano  
Ingeniero Agrónomo

## **Prefacio**

Esta tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado académico de Máster en Gestión de Cultivos Extensivos de la Universidad de Concepción del Uruguay (Argentina) y Hochschule Neubrandenburg (Alemania). La misma fue escrita de manera independiente y sin el uso de otra que las fuentes y las ayudas especificadas. El trabajo no ha sido presentado previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. Esto corresponde al artículo 22° del Reglamento de Tesis de Maestría estableciéndose como declaración jurada.



Federico Sassano  
Ingeniero Agrónomo

### **Agradecimientos**

A la colaboración de Agustín Berisso e Ignacio Bagnasco de la zona de San Antonio de Areco y a Gerardo Álvarez, gerente de ventas de Las Praderas Semillas Forrajeras S.R.L. Al apoyo de mis compañeros de maestría durante los dos años de ciclo. A Eve, mi familia y amigos por su sostén y amor.

## Resumen

Las malezas representan una importante limitación a la producción agrícola en todo el mundo (FAO, 2004) y son un componente significativo dentro del esquema de costos e inversión por hectárea en Argentina, siendo una gran amenaza para la rentabilidad. A esto se suma que, en el corto plazo, las políticas de manejo de malezas centradas en el uso de herbicidas fueron exitosas en términos de producción, eficiencia, y simplicidad (Menalled, 2010). Sin Embargo, en el largo plazo se generó un problema de mayor grandeza que es la resistencia a herbicidas por parte de biotipos de varias especies. Las malezas resistentes ya abarcan el 95% de la superficie agrícola (Kahl, 2016). Frente a este escenario, los cultivos de cobertura (CC) se encuentran como una posible solución a este problema y suponen una visión integral del manejo y gestión. Es un auge su uso a nivel nacional en los últimos años para controlar problemas de erosión de suelos, recuperar propiedades de los mismos y también suprimir el crecimiento de malezas. No obstante, el conocimiento y adopción de los mismos no es tan elevado. La principal causa de uso destacada por productores es el control de malezas, mencionado por el 90% según un estudio de REM (2017). Este mismo trabajo determinó que las principales causas que dificultan su adopción son; la falta de conocimiento por parte de productores y asesores, el consumo de agua de cara a la siembra del cultivo estival y el costo que supone su implantación, mantenimiento y terminación. A través de una exhaustiva revisión sistemática de trabajos científicos en donde se seleccionaron 40 en total para su análisis, se planteó comparar la supresión de malezas de distintas estrategias de manejo que contemplaron el uso de CC diferenciando su método de terminación (secado químico o rolado) y barbecho, estimar los coeficientes de impacto ambiental (EIQ) de los sistemas CC vs. convencionales, y determinar los costos de las distintas estrategias de supresión y control de malezas. Evaluando cómo interaccionan estas variables y desde una mirada

integral, se definieron las estrategias más eficientes para gestionar malezas dentro del modelo productivo. Los resultados encontrados indican que la biomasa y densidad de malezas fueron inferiores en aquellas estrategias de manejo que incluyeron CC y en éstos fue menor dónde se complementó con el uso de herbicidas. El valor EIQ fue superior en el tratamiento de barbecho químico comparado a las estrategias con CC finalizado químicamente o mediante el rolado. Los menores valores de costos se encontraron en los tratamientos con CC comparado a los barbechos para soja y maíz, con la excepción de CC rolado y químico con aplicación postemergente de herbicida. Los CC deben ser considerados como una herramienta complementaria a otros métodos culturales y químicos para la gestión de malezas, logrando que el sistema sea más sostenible.

**Palabras clave:** Malezas, cultivos de cobertura, gestión, métodos de terminación, resistencia de malezas, sostenibilidad. (*Weeds, Cover Crops, Management, Termination methods, Weed resistance, Sustainability*)

## Índice

1- Introducción.....	7
2- Materiales y Métodos.....	17
1.1- Supresión de malezas según método de terminación de CC y Barbecho .....	20
1.2- Impacto ambiental de las estrategias de supresión de malezas realizadas en el período de barbecho .....	20
1.3- Gestión: Costos de las estrategias de manejo de malezas .....	22
3- Resultados y discusión .....	23
3.1- Supresión de malezas según método de terminación de CC y Barbecho .....	24
3.2- Impacto ambiental de las estrategias de supresión de malezas realizadas en el período de barbecho .....	29
3.3- Gestión: Costos de las estrategias de manejo de malezas .....	32
4- Conclusiones.....	34
5- Tablas y Figuras.....	35
6- Bibliografía.....	38

## 1- Introducción

Las malezas son una importante limitación a la producción agrícola en todo el mundo (FAO, 2004) y particularmente en Argentina, la aparición de especies de malezas resistentes a herbicidas representa un problema para su control. Dentro de una visión integral del manejo y gestión de este problema, se encuentran los cultivos de cobertura (CC), los cuales pueden ejercer la función de competir con malezas limitando su establecimiento y perpetuación en los lotes de producción. Los CC compiten por recursos como luz, agua y nutrientes con las malezas en un mismo tiempo determinado, afectando su crecimiento y desarrollo. Además, liberan sustancias al suelo llamadas alelopáticas, que inhiben el crecimiento radical, germinación y establecimiento de las malezas. Los CC se siembran entre cultivos comerciales y no se cosechan, no se incorporan al suelo como abono verde y no están destinados al pastoreo planificado, como el forraje anual. Las especies más comúnmente utilizadas como CC son gramíneas y, en menor medida leguminosas, las cuales tienen el beneficio de fijar el nitrógeno (N) de la atmósfera (Rimsky Korsakov, 2015). Se utilizaron originalmente como una herramienta para controlar los procesos de erosión, para aumentar la materia orgánica del suelo, para mejorar algunas propiedades físicas de los suelos, y para reducir la población de malezas ya sea a través de la competencia, sombreado o actividad alelopática (Osipitan, 2018). En los últimos años, también se ha propuesto limitar la lixiviación de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y realizar otros servicios ambientales (Rimsky Korsakov, 2015).

El proceso de agriculturización en Argentina produjo que los sistemas agropecuarios dependan del uso de herbicidas como estrategia casi exclusiva para resolver el problema que representa la presencia de las malezas y a futuro, es el principal factor que seguirá perjudicando en forma creciente la actividad agrícola. Es que desde mediados de la década del 90' se sucede una secuencia basada en cultivo de soja, con un

cultivo invernal cada cuatro o cinco años. Desde 1980 a 2010 bajó del 50% al 15% el área sembrada destinada a trigo del total de la superficie, esto trajo como consecuencia muchos períodos largos de barbecho. Es en esos momentos libres de cultivo cuando hay una elevada disponibilidad de recursos, agua y radiación solar, que excede a la necesaria por un cultivo por año (Caviglia, 2004) favoreciendo el establecimiento de malezas en los lotes productivos. Así, las malezas representan un componente importantísimo dentro del esquema de costos e inversión por hectárea, y son hoy una de las mayores amenazas a los sistemas de producción que quieran ser rentables y eficientes. El hito inicial fue la liberación de cultivares de soja resistentes al glifosato [N (fosfometil) glicina] a fines de la década de 1990, lo cual estimuló aún más la producción de soja en sistemas de cultivo simple y doble; la superficie sembrada de soja en Argentina aumentó de 50.000 ha a principios de los años setenta a alrededor de 11 millones de ha a fines de los años noventa. De esta manera, los cultivos transgénicos resistentes a herbicidas han sido promocionados como un paso más hacia la simplificación agrícola, ya que promueven el uso masivo de herbicidas de amplio espectro y alta eficiencia (Kahl, 2016). El sistema se simplificó a utilizar un solo principio activo herbicida y controlar todas las malezas presentes. En los últimos 15 años se han incrementado las dosis y frecuencias de aplicaciones (Benbrook, 2005). La complejización del sistema fue solo cuestión de tiempo. El abandono de la labranza como método de control de malezas significa que los productores deben, en compensación, ajustar sus rotaciones de cultivos, el uso de herbicidas y otras prácticas culturales (FAO, 2004). En el corto plazo las políticas de manejo de malezas centradas en el uso herbicidas fueron exitosas en términos de producción, eficiencia, y simplicidad (Menalled, 2010). Sin embargo, con el tiempo, los suelos se modificaron porque cambió el paisaje sobre ellos, y ocurrió el aumento en el uso de herbicidas, el cual preocupa por su alto costo e impacto ambiental, social y



económico, así como en la generación de resistencia, volviendo ineficientes algunos lotes en producción (Kahl, 2016). De esta manera, las malezas resistentes ya abarcan el 95% de la superficie agrícola y casi en el 50% de la misma interactúan más de una maleza resistente en el mismo espacio (Caporicci, 2017). Al principio, el primer biotipo resistente tardó 10 años en aparecer, luego, 5 años. Actualmente se informa desde la Red de Malezas Resistentes de AAPRESID (REM) que la tasa de emergencia para malezas resistentes es 4 por año (Nocelli Pac, 2017). En la actualidad, los biotipos de malezas resistentes a glifosato en Argentina según REM son ocho: *Sorghum halepense* (sorgo de Alepo), *Echinochloa colona* (capín o gramilla mora), *Echinochloa cruz-galli* (capín arroz), *Eleusine indica* (pata de ganso), *Cynodon hirsutus* (gramilla dulce), *Amaranthus hybridus* (yuyo colorado), *Amaranthus palmeri* (yuyo colorado), *Lolium multiflorum* (raigrás anual), *Lolium perenne* (raigrás perenne), *Avena fatua* (avena negra) y *Raphanus sativus* (nabón). El incremento en los costos de los herbicidas, sumado a las cuestiones ambientales y la aparición de resistencia, impulsa la necesidad de encontrar alternativas que reduzcan el uso del control químico.

Por lo mencionado anteriormente, hoy en día no se debería encarar la problemática de malezas con medidas o estrategias aisladas como el control químico de “emergencia” antes de la siembra de un cultivo, sino que deben enmarcarse dentro de un conjunto de técnicas que permitan prevenir y contener la aparición de malezas, utilizando el conocimiento agronómico correspondiente y hacer un “arte” de cómo gestionar las malezas problema. No se debe pensar solamente en la eliminación de las mismas en el corto plazo, sino generar el hábito de tener una práctica de manejo que contemple alguna de las técnicas como: utilizar CC, rotar cultivos, rotar mecanismos de acción de herbicidas, evitar la siembra en lotes donde hay malezas vivas, acortar el distanciamiento entre surcos y también importante, la limpieza de cosechadoras, que son una fuente de

ingreso de semillas de malezas proveniente de otros campos (Metzler, 2015). No debe olvidarse la práctica de manejo más importante de todas; monitorear malezas: para identificarlas y estudiar su biología, para saber cuál y dónde se encuentra la tasa de mayores nacimientos de la maleza en ese ambiente; buscando bloquear su presencia en los lotes. Todas estas herramientas forman parte del manejo integrado de malezas (MIM) que comprende aplicar la tecnología de procesos, utilizando el intelecto y la habilidad para manejar malezas de manera de abandonar la tecnología de insumos.

Los CC son promovidos actualmente como una práctica adecuada para complementar la siembra directa (Blanco y Lal, 2010) y esto es importante en la República Argentina ya que alrededor del 90% de la superficie agrícola (alrededor de 33 millones de ha) se realiza bajo esa forma de siembra. Hoy en día la tendencia es hablar de los CC como Cultivos de Servicios. Esto se debe a que este tipo de cultivos, cuyo fin no es su cosecha y obtener una renta, otorgan al ambiente distintos servicios ecosistémicos como; secuestro de carbono atmosférico, reciclaje de nutrientes, fijación y aporte de nitrógeno, estímulo de la actividad microbiana del suelo (Boccolini *et. al.*, 2020; Reeves, 2003a), reducción del uso de herbicidas, aprovechamiento de algún corte como forraje para animales, regulación de napa, reducción de la erosión hídrica, incremento de materia orgánica y favorecer la aireación y estructura del suelo, por lo cual son un recurso valioso para el agroecosistema (Kahl y Ecclesia, 2020; Ecclesia *et. al.*, 2019; Kahl *et. al.*, 2007; Pinto y Piñeiro, 2018). Según Alberto Quiroga (comunicación personal citado por Sá Pereira, 2013) con información recopilada de los grupos CREA, AAPRESID, Cooperadora del INTA Anguil y criaderos privados, surge que el área de siembra con CC asciende actualmente en la Argentina a más de 120 mil ha. Entre las principales causas por las cuales los productores argentinos comenzaron a replantearse el uso de CC se destaca el control de malezas, señalado por el 90% según un estudio de REM (2017) y

mencionado como uno de los beneficios que se busca al optar por la siembra de un CC. La supresión de las malezas al utilizar CC aumenta al incrementar la producción de su materia seca. La producción de biomasa por parte del CC es un factor que incide en la supresión de crecimiento de malas hierbas en el campo ya que, mientras la biomasa del CC aumenta, la transmitancia de la radiación fotosintéticamente activa a través del dosel del CC disminuye e inhibe el crecimiento de plantas del estrato inferior. Junto a esta competencia por luz, se agregan también otros cambios como la variación de la amplitud térmica del suelo (Scianca *et. al.*, 2010; Teasdale, 1993; Baldwin 2006) suprimiéndose la emergencia de malezas y modificando la diversidad y frecuencia de las mismas (Fernandez *et. al.*, 2007). Esta influencia sobre la dinámica de la población de malezas, es mayor en estadíos tempranos (emergencia) y puede colaborar con la disminución del uso de herbicidas durante el ciclo del cultivo principal. La producción de biomasa está estrechamente relacionada con la duración del ciclo de los CC, que a su vez depende de varios otros factores (Rimsky Korsakov, 2015) propios de la especie, del ambiente y del manejo realizado (tasa de siembra, momento de siembra, fertilidad, momento y forma de terminación). Liebert (2017) y Mirsky (2012) aseguran que una producción de 8.000 kg ms ha<sup>-1</sup> o más, es recomendada para una adecuada supresión de malezas. Los resultados de Wells (2014) indican también lo mismo, donde la alta biomasa de centeno (12.000-13.000 kg ms ha<sup>-1</sup>) resultó en una baja cobertura de malezas en tres de los cuatro años de su ensayo, y esto se reflejó en un impacto mínimo en el rendimiento de la soja en los cuatro años del experimento. En Argentina, la Red AAPRESID-BASF (2019) demostró que logrando una biomasa aérea de 4.000 kg ms ha<sup>-1</sup> con distintos CC y sus mezclas, se logró suprimir más de un 70% el desarrollo de malezas y en algunos casos llegando este valor a 100%. Saber cuándo finalizar los CC es un acto de equilibrio cuyo objetivo es producir la cantidad adecuada de biomasa, o materia viva, que compita con las malezas

por recursos, sin agotar la humedad del suelo para el cultivo posterior. Tiempo lo es todo (Baldwin, 2006).

Otro efecto de los CC sobre las malezas es la inhibición de la germinación y crecimiento debido a la producción de compuestos alelopáticos. Los compuestos alelopáticos pueden actuar sobre las malezas mientras el CC se encuentra en crecimiento, y también cuando la biomasa del CC se incorpore al suelo (De Decker, 2015). Esta propiedad es propia de varias especies como, por ejemplo; centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativa*), trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*), raigrás (*Lolium multiflorum*), de la familia gramíneas. En las crucíferas se puede citar a las Mostazas (*Sinapsis alba* y *Brassica juncea*), al Nabón (*Raphanus sativus*) y los Nabos (*Brassica napus* y *B. rapa*). Entre las leguminosas; vicia (*Vicia villosa*), trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*), y trébol blanco (*Trifolium repens*) (Bertolotto y Marzetti, 2017 y Kahl *et. al.*, 2016).

Algunos cereales acumulan sustancias alelopáticas desde su germinación, siendo en trigo la acumulación máxima a los pocos días de esta etapa y en centeno a los 60 días. Este último acumula fitotoxinas hasta su madurez y su rastrojo tiene un gran efecto alelopático (Silva, 2003). Las especies como avena, centeno, sorgo, cebada y algunas brassicas, pueden liberar compuestos alelopáticos en su ciclo de crecimiento a través de exudados de raíces (Sampietro, 2003; Macías *et. al.*, 2007, Ormeño, 1999). Además, la fitotoxicidad de estas sustancias aumenta cuando son modificadas por los microbios del suelo durante el proceso de descomposición del CC. Las especies de malezas de semilla pequeña son las más afectadas debido a que tienen una mayor proporción entre superficie y volumen, y a que quedan más cerca de la superficie del suelo, en la zona donde se concentran los residuos de los CC (De Decker, 2015). Se debe tener en cuenta que, además de la especie, la producción de sustancias alelopáticas depende de factores

ambientales como la fertilidad del suelo, la humedad, el pH y la temperatura (Sampietro 2003; De Decker 2015).

En el manejo del ciclo del CC, el mismo puede ser finalizado mediante métodos mecánicos (corte o aplastado con un rolo) o bien químicos (herbicidas) en donde se lo mantiene en superficie sin incorporar, continuando su efecto protector del suelo (Sá Pereira *et. al.*, 2013). El método de rolado aplasta el tejido vascular de los CC sin cortar completamente los tallos y tiene su sustento en el manejo físico por actividad mecánica dado por un aplastamiento por peso. Si se realiza en una determinada etapa de crecimiento, los CC morirán después de esta operación, mientras que el residuo se coloca plano sobre la superficie del suelo (Mischler *et. al.*, 2010). El momento de terminación es crítico en el éxito del CC. Para que el rolo funcione eficazmente, se debe hacer rodar cuando el CC se encuentre en anthesis (Davis, 2010); si se realiza la actividad de rolado antes, los residuos del CC volverán a crecer y potencialmente interferirán con el crecimiento del cultivo comercial al tener nuevos rebrotes. Davis (2010) encontró que en comparación con el tratamiento de secado químico, el uso de un rolo resultó en reducciones de 26 y 56% en la biomasa residual de malezas dentro de los sistemas de CC arveja y centeno respectivamente, mientras que para Walters (2005) el rolado mecánico por sí solo no fue tan efectivo para terminar el crecimiento del CC centeno como el glifosato y en general, el mayor rendimiento de grano lo obtuvo rolado combinado con el manejo químico de malezas antes y después de la emergencia de las mismas. Si el residuo del CC se encuentra de forma uniforme sobre la superficie del suelo el control de la emergencia de malezas será consistente (Creamer *et. al.*, 1996; Teasdale y Mohler, 1993). En resultados generales en Argentina, el equipo de investigación del INTA San Luis determinó que la incorporación planificada en las rotaciones de centeno, cebada y triticale como CC, reducen hasta un 85% la densidad de malezas y además protegen al

suelo de la erosión eólica, característica de regiones semiáridas. Esta variación de resultados en el mundo genera distintas percepciones sobre los CC y su manejo, haciendo perplejo el uso de esta nueva tecnología para suprimir malezas en los sistemas de producción.

Si bien se conoce que los CC son una herramienta que favorece la provisión de distintos servicios ecosistémicos en comparación con barbechos largos (Sá Pereira *et. al.*, 2014; Steenwerth y Belina, 2008; Pinto *et. al.*, 2017; Mulhollem, 2016; Rositano *et. al.*, 2017), y además favorecen el control de malezas, la adopción de la tecnología aún es baja en el país. De acuerdo a una encuesta realizada a productores (REM, 2017), la falta de conocimiento es la principal causa de la baja adopción, es una causa esperable para una tecnología de procesos que requiere mucho mayor ajuste que una de insumo. Ésta causa viene seguida por el costo, algo que requiere mayor profundidad de análisis y que seguramente es un factor limitante si se lo analiza en el corto plazo y más aún bajo esquemas de arrendamientos anuales. Por último, el consumo de agua para los cultivos, el cual es una limitante en algunas zonas, mientras que aparece como beneficio en otras; aquí la elección de la especie y duración del ciclo es clave para que se ajuste a cada ambiente (Rem, 2017).

Aunque los herbicidas proporcionan una forma “fácil” para controlar malezas, la situación actual ha colocado en jaque el sistema de manejo basado en sólo esa tecnología de insumos, tanto desde un punto de vista productivo como así también social y económico. Los herbicidas son una amenaza potencial para el medio ambiente (por ejemplo; mediante la presencia de residuos de fitosanitarios en aguas superficiales y/o subterráneas) y en algunas áreas, con el desarrollo de biotipos de malezas resistentes a principios activos herbicida, se ha reducido la utilidad de los mismos (Osipitan, 2018) instalando un re-pensamiento del sistema productivo agrícola actual. Con el objetivo de

augmentar la sostenibilidad de las estrategias de manejo de malezas, el proceso de toma de decisiones debería incorporar una evaluación del impacto ambiental (Stewart *et. al.*, 2011) mediante el uso de índices de evaluación que permitan evaluar el riesgo ambiental de las prácticas realizadas.

Entre los índices para evaluar el impacto en el ambiente se encuentra el Coeficiente de Impacto Ambiental “EIQ” (sigla en inglés). El mismo puede ser utilizado para comparar diferentes fitosanitarios o bien diferentes programas de manejo de las malezas de forma de obtener que programa o herbicida presenta un menor impacto medio ambiental. Este coeficiente no sólo considera algunas propiedades físicas y químicas de los productos químicos, sino que considera aspectos relacionados con eco-toxicología y efectos sobre la salud humana de cada uno de los fitosanitarios en forma específica (Kovach *et. al.*, 1992). Existen otros índices como el “RIPEST” (Riesgo de Pesticidas), el cual describe un enfoque basado en el rasgo que vincula la toxicidad de distintos fitosanitarios (herbicidas, insecticidas o fungicidas) con su dosis empleada para estimar un valor de riesgo ambiental. Utiliza la toxicidad del fitosanitario, medido en Unidades de toxicidad (UT) para dos grupos de organismos: insectos y mamíferos (Ferraro, 2018). Otra herramienta es el software desarrollado por la Facultad de Agronomía de Esperanza (UNL) “IIRamb” (Indicador integral de riesgo de contaminación ambiental). Este indicador combina índices que evalúan el riesgo de los fitosanitarios por su presencia en el suelo, aire, y agua superficial y subterránea. Luego, estos se integran en un indicador denominado IPest, que otorga un valor ponderado y global (Grenón *et. al.*, 2015; Arnold, *et. al.*, 2015). Por último, hay que mencionar al índice “CroniTox”: índice de riesgo por toxicidad crónica para tratamientos fitosanitarios en cultivos extensivos. Este indica el riesgo por toxicidad crónica, considerando la historia de aplicaciones realizadas y la

dinámica de degradación de los activos, estimando su concentración actual (Guzmán y Grenón, 2018; Grenón *et. al.*, 2015).

Bajo el esquema de producción con barbecho químico en Argentina, los cultivos de renta que presentan valores elevados de EIQ son; el maíz principalmente, y luego la soja. Los valores de EIQ de campo encontrados por Baigorria *et. al.*, (2018) en cuatro campañas para soja fueron entre 80 y 95 y para maíz entre 65 y 82, siendo clasificados como altos. En otra investigación, Marzetti *et al.* (2017) obtuvieron para maíz en la zona núcleo valores de EIQ de 130 y 200. También Arregui *et. al.*, (2013) destacaron que el maíz es el cultivo con mayor riesgo de impacto ambiental en comparación con soja y trigo integrando tres indicadores distintos. Se debe hacer una mención al cultivo de papa, en donde Gaona, *et. al.*, (2018) concluyeron que éste es el más riesgoso desde el punto de vista ambiental en el sudeste de la provincia de Buenos Aires.

La versatilidad de publicaciones relacionadas con estos temas y la percepción de falta de información por parte de los productores, puede deberse a que la mayoría de los trabajos trata un tema en particular (REM, 2017; Mirsky *et. al.*, 2011; Creamer *et. al.*, 1996; Moyer *et. al.*, 1999; Chon, 2004). Particularmente, el control de malezas (el beneficio más importante) puede variar por distintos factores. Es necesario realizar un estudio sintético que analice los factores de forma integrada.

El objetivo general de este trabajo es analizar el manejo de malezas mediante la utilización de CC, relacionando variables productivas, económicas y logísticas; en base a una revisión de trabajos científicos. Se plantean los siguientes objetivos específicos:

- 1) Comparar el nivel de supresión de malezas con CC según su forma de terminación (secado químico o rolado) y el barbecho químico.



2) Estimar los Coeficientes de impacto Ambiental (EIQ) de los sistemas CC vs convencionales, haciendo énfasis en el ahorro de insumos (costos) y la sostenibilidad en el largo plazo.

3) Determinar los costos de las distintas estrategias de supresión y control de malezas, teniendo en cuenta el beneficio ambiental de la utilización de CC en el agroecosistema.

Evaluando cómo interaccionan estas variables, desde una mirada integral, permitirá definir de manera eficiente la tecnología de CC a adoptar para manejar malezas dentro del modelo productivo.

## **2- Materiales y Métodos**

La presente tesis es una combinación de investigaciones documentadas y teóricas. Los datos fueron extraídos a través de una revisión sistemática de trabajos científicos relacionados con CC y para comprender y responder a los objetivos planteados, se analizaron en su conjunto estadísticamente luego de un análisis crítico de cada trabajo comparando los valores medios de cada estrategia. En líneas generales, se buscaron publicaciones donde se hayan realizado CC y también trabajos científicos donde hayan estado comparados con un barbecho químico de invierno o entre sí. No se limitó la búsqueda sólo a estudios realizados en Argentina, sino que también se incluyeron trabajos internacionales de Estados Unidos, Alemania, Brasil y Australia. Los criterios para incluir investigaciones de estudio fueron los siguientes:

1. Tenía que ser realizado por una institución oficial en condiciones de campo.
2. Los resultados de la investigación informaron sobre el control, densidad o porcentaje de malezas después de un CC y para otra opción de control de malezas.

3. El tratamiento de control bajo barbecho tuvo que compararse con al menos un tratamiento de CC y la especie de CC tuvo que ser identificada.

4. La otra opción de control de malezas (sin CC) fue especificada y podría ser el uso de herbicidas o labranza para el control de malezas o un barbecho libre.

5. Se recogieron los datos de cantidad de aplicaciones químicas y de principio activo herbicida utilizado en el CC para la supresión de malezas y secado de CC. También esos datos para los tratamientos con barbecho químico en la zona agrícola estudiada. No se excluyó el estudio si no se informaron estas variables.

6. El diseño experimental tenía que describirse claramente (en algunos casos se contactó a los autores para obtener información adicional faltante).

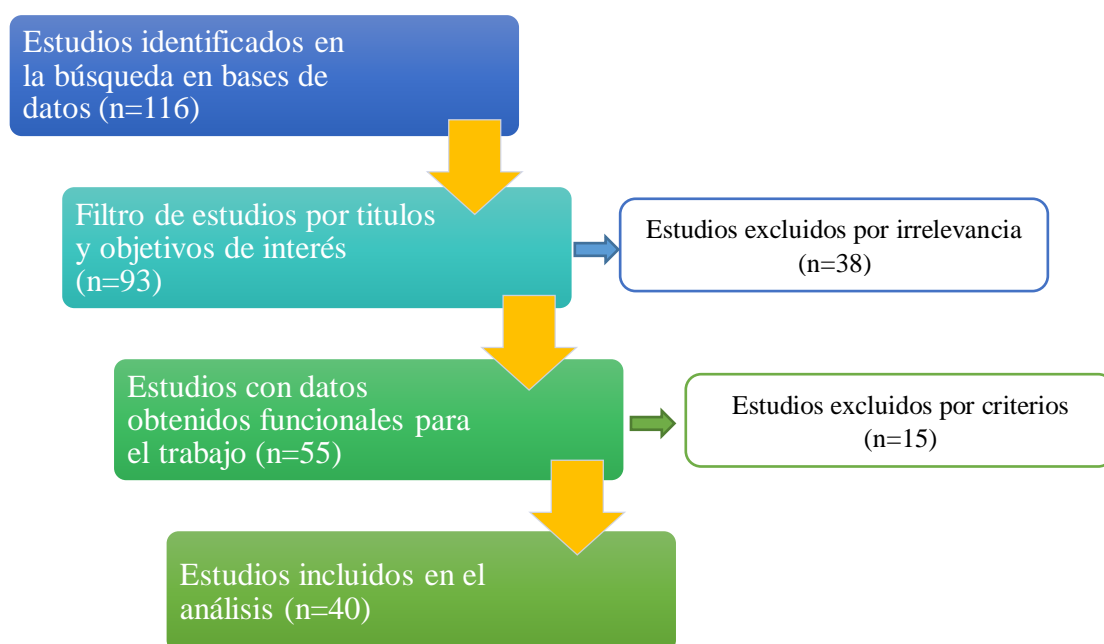


Figura 1. Selección de estudios incluidos en el análisis.

Los buscadores fueron Scopus, BioOne, Google Scholar, Google Academics, además del intercambio de información directamente con autores pertenecientes a INTA, AAPRESID, y a organizaciones de otros países como USDA. Las palabras claves para

responder al objetivo de este trabajo fueron nivel de supresión o control de malezas con CC, métodos de terminación de CC, impacto ambiental, costos de CC. Muchas de estas variables se encontraban estudiadas en varios trabajos, pero en su mayoría analizadas por separado. Por lo general, una publicación informó datos de una sola variable de estudio, pero en algunos casos se incluyeron también los resultados de dos o más variables analizadas. Debido a la diversidad en cuanto a cantidad de especies utilizadas en el mundo como CC, todos ellos se unificaron como uno en su rol perteneciendo a ser CC, sin discriminar por especie estudiada, solo diferenciándose por ser una especie gramínea o leguminosa. Para saber el comportamiento de una determinada especie se pueden buscar trabajos más específicos referidos a ella, lo cual no es uno de los objetivos de este estudio.

Los trabajos analizados han sido realizados en una gran variedad de zonas agrícolas del mundo, presentando distintas características edafoclimáticas. De esta manera, se abarcaron distintos tipos de suelos en donde fueron realizados los experimentos y un amplio rango de precipitaciones correspondientes a 500 mm – 1100 mm anuales. Esto es importante de caracterizar ya que la conservación de agua durante el período de barbecho depende del tipo de suelo y de las precipitaciones (intensidad, cantidad y variabilidad entre años) (Lampurlanes *et. al.*, 2002) siendo esto importante para el desarrollo y los resultados de rendimiento de los CC y de los cultivos comerciales estivales.

Las estrategias de manejo quedaron definidas de la siguiente manera: 1- CC rolado, 2- CC terminado químicamente, 3- CC rolado y secado químicamente, 4- CC rolado y secado químicamente + aplicación postemergente, 5- CC terminado químicamente + aplicación postemergente y 6- Barbecho químico.

De esta manera se evaluó 1- la supresión de malezas de distintos tipos de terminación de CC y barbecho químico, 2- el impacto ambiental de la práctica de

supresión de malezas según tipo de terminación de CC (rolado, rolado + químico o químico) y barbecho químico, 3- El costo de cada estrategia para la supresión/control de malezas. Los mismos se encuentran detallados a continuación:

### **1.1- Supresión de malezas según método de terminación de CC y Barbecho**

En el caso de nivel de supresión de malezas según método de terminación, se incluyeron los resultados de trabajos que mencionaban a terminación química, terminación con rolado y, aplicación química + terminación de un rolo, y cualquiera de esas opciones agregándoseles o no una aplicación química en pre-emergencia y/o post-emergencia del cultivo estival. De estos trabajos científicos se extrajo el dato de densidad de plantas y/o cantidad (biomasa) de malezas de cada técnica para su análisis y cumplimiento del objetivo planteado. No se analizaron los géneros y especies de malezas presentes en los estudios analizados.

### **1.2- Impacto ambiental de las estrategias de supresión de malezas realizadas en el período de barbecho**

Se tomaron los valores de kg de ingrediente activo  $\text{ha}^{-1}$  (kg i. a.  $\text{ha}^{-1}$ ) que los trabajos científicos utilizaron para controlar malezas y terminar el ciclo del CC. En aquellos trabajos donde no se encontraba ese dato, se calcularon los mismos a partir de las dosis utilizadas. Se contabilizaron también la cantidad de aplicaciones realizadas en los distintos tratamientos para suprimir malezas.

Con estos valores, se utilizó el método propuesto por Kovach *et. al.*, (1992) de Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ, siglas en inglés) para poder cuantificar el impacto ambiental de los distintos métodos de supresión de malezas y compararlos, sólo tuvo que modificarse una sección de la fórmula por no presentarse en los trabajos analizados esa información. Este coeficiente considera propiedades físicas y químicas de

los herbicidas como así también aspectos relacionados con eco-toxicología y los efectos sobre la salud humana de cada ingrediente activo (Kovach *et. al.*, 1992).

Según este autor, se calcula el EIQ de campo de la siguiente manera:

$$\text{EIQ de campo} = \text{EIQ herbicida} * \% \text{ ingrediente activo} * \text{Dosis} * \text{N}^\circ \text{ de aplicaciones}$$

Como la mayoría de los trabajos científicos publican los valores de los herbicidas utilizados en los experimentos en kg i. a. ha<sup>-1</sup>, se modificó los valores de porcentaje de ingrediente activo\* Dosis utilizada, por aquel valor, quedando la fórmula de la siguiente manera:

$$\text{EIQ de campo} = \text{EIQ herbicida} * \text{kg i. a. ha}^{-1} * \text{N}^\circ \text{ de aplicaciones}$$

En donde:

- EIQ herbicida: valores para cada herbicida tomados de New York Integrated Pest Management\*.

- Kg i. a. ha<sup>-1</sup>: Kg ha<sup>-1</sup> de ingrediente activo herbicida utilizado en el experimento.

- N° de aplicaciones: cantidad de aplicaciones realizadas en cada tratamiento en los trabajos de investigación.

\*el EIQ para cada herbicida se obtuvo de la tabla propuesta por New York Integrated Pest Management of Cornell University, (y se puede buscar para cada activo herbicida en <https://nysipm.cornell.edu/eiq/calculator-field-use-eiq/> colocando su dosis y concentración). La tabla 1 de interés para nuestro trabajo de investigación, se detalla en la sección de anexos con los herbicidas utilizados en las publicaciones analizadas.

Para el análisis, los valores calculados de EIQ de campo fueron clasificados de acuerdo con lo propuesto por Stewart *et. al.*, (2011), en donde el nivel de impacto ambiental se describe como; muy bajo ( $EIQ < 5$ ), bajo ( $5 < EIQ < 20$ ), medio ( $20 < EIQ < 45$ ) y alto ( $EIQ > 45$ ). Se realizó la sumatoria total de los EIQ de campo para cada estrategia de supresión de malezas y se determinó el impacto ambiental de las mismas.

### **1.3- Gestión: Costos de las estrategias de manejo de malezas**

Para cuantificar las distintas estrategias de malezas se estableció la gestión de las mismas a través del análisis de los costos. Los valores para herbicidas, labores y CC fueron obtenidos de agronomías del norte de la provincia de Buenos Aires. El beneficio de cada estrategia es difícil de cuantificar y hacerlo tangible, ya que las mejoras ambientales de la utilización de CC son múltiples y no pueden medirse a través de un ingreso monetario.

Para los costos de las estrategias que incluyeron CC, se tomaron los correspondientes a: siembra directa de CC, rolado y aplicación de herbicida para el secado del CC o en post, en aquellas estrategias que lo aplicaran. No se tuvieron en cuenta aplicaciones de herbicidas en presiembrado de los CC. Para los valores de semilla de CC, se determinó el valor promedio de los costos de vicia, centeno y consociación (blend multiespecies) de manera de no segmentar por tipo de CC. En los costos de barbechos de maíz y soja, se tuvo en cuenta el manejo típico para la zona norte de Bs. As., a través de investigar los productos utilizados por medio del contacto con productores de la zona y el valor de las labores.

Los datos extraídos de los trabajos científicos fueron analizados mediante análisis de la varianza (ANOVA). La comparación de medias se realizó para las variables biomasa

de malezas, densidad de malezas y valor EIQ según estrategia invernal para el manejo de malezas (utilización de barbecho químico y las distintas estrategias de CC con sus métodos de terminación y presencia o no de aplicaciones). También se comparó la densidad de malezas según el tipo de CC (familia) y barbecho, independientemente del método de terminación de CC. Los tratamientos se compararon con el test LSD de Fischer calculado con un nivel de probabilidad del 5% ( $p < 0.05$ ).

Además, se realizó el análisis de Regresión simple con estimación del valor  $R^2$  y coeficientes de regresión a un nivel de 5% para las variables Biomasa de malezas-Cantidad de aplicaciones,  $\text{Kg i. a. ha}^{-1}$  -EIQ y Cantidad de aplicaciones-EIQ. El programa estadístico utilizado para los estudios fue InfoStat (Di Rienzo *et. al.*, 2016).

### **3- Resultados y discusión**

En total se analizaron 40 trabajos publicados en distintos buscadores académicos web donde se incluyen tanto publicaciones en revistas internacionales con referato, congresos científicos, como así también tesis de magister y doctorado (anexos; Tabla 2).

En nuestro trabajo, se analizaron experimentos conducidos bajo distintos tipos de suelos: Argiudoles típicos, Argiudoles vérticos, Argiustoles típicos, Argiudoles oxiacuicos, Hapludoles énticos, Hapludoles típicos, Haplustoles típicos, Hapludoles cálcicos, Haplustoles énticos correspondientes a diferentes regiones del mundo como; región pampeana (Argentina), región Brandemburgo (Noreste de Alemania) región oeste (USA), región Sur (USA), región Rio Grande do Sud (Brasil), región Paraná (Brasil), etc., en localidades como: Marcos Juarez, Santa Fe, Oliveros, 30 de Agosto, Río Primero, Alabama, Iowa, Pensylvania, Georgia, entre otras (anexos, Tabla 2).

Si bien no fue objetivo de este estudio ver los tipos de especies involucradas en los experimentos, la mayoría de los cultivos de CC de gramíneas realizados en los

experimentos fueron centeno (*Secale cereale* (L.)), avena (*Avena sativa* (L.)), triticale (trigo x centeno), Raigrás (*Lolium multiflorum* (Lam)), cebada (*Hordeum vulgare* (L.)). Las legumbres fueron Vicia (*Vicia villosa* (Roth)), la arveja común (*Vicia sativa* (L.)), trébol persa (*Trifolium resupinatum* (L.)) (anexos; Tabla 2).

### **3.1- Supresión de malezas según método de terminación de CC y Barbecho**

En nuestro análisis se ha encontrado que hay un efecto de la presencia de cobertura en comparación a la estrategia de barbecho químico, pero dicho efecto es más eficiente al considerar un manejo químico luego que la cobertura se ha terminado, esto puede verse en el gráfico 1. Esto coincide con lo expuesto por Zinati (2017) quien dice que el CC debe verse como un componente de un enfoque multitáctico, aún más cuando el banco de semillas de malezas es abundante, y con Teasdale (2013) y Reeves (2005) quienes llegaron al resultado que el residuo de CC puede proveer de supresión de malezas, pero no un control total de las mismas. En el gráfico 1, puede observarse la cantidad de biomasa de malezas presente en cada tratamiento de acuerdo a la estrategia de manejo de malezas utilizada.



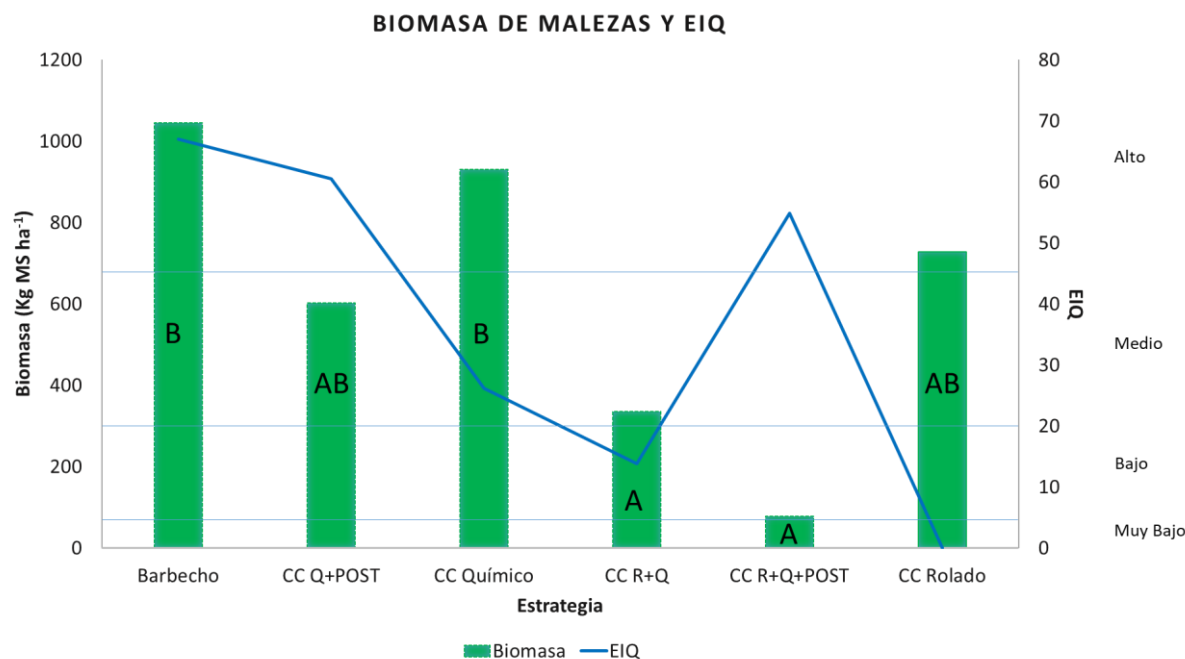


Gráfico 1. Biomasa de malezas (Kg MS ha<sup>-1</sup>) y EIQ según estrategia de manejo de malezas: Barbecho (químico), CC Q+POST (CC secado químicamente + aplicación postemergente de herbicidas), CC químico (CC secado químicamente), CC R+Q (CC terminado con rolado y aplicación química), CC RR+Q+POST (CC terminado con rolado y aplicación química + aplicación postemergente de herbicidas) y CC Rolado (CC finalizado con rolo). Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD Fischer ( $p < 0,05$ ). Valor  $n= 21$  trabajos científicos.

Como puede notarse, las estrategias barbecho (1044 kg MS ha<sup>-1</sup>) y CC Químico (986 kg MS ha<sup>-1</sup>) no fueron eficientes para controlar o suprimir respectivamente el crecimiento de malezas. Distintos resultados fueron encontrados por Cutti (2016) en donde el CC químico suprimió mejor las malezas. En nuestro análisis, se produjo una mejor performance al agregarse una aplicación postemergente (CC Q + POST; 602 kg MS ha<sup>-1</sup>) ó realizar la acción de rolado para finalizar el ciclo del CC (727 kg MS ha<sup>-1</sup>), aunque ésta acción por sí sola no fue más eficiente que en donde hubo aplicaciones químicas. Similares resultados fueron encontrados por Davis (2010). Mischler *et. al.*, (2010a) encontró que no hubo diferencias significativas en la biomasa de malezas al comparar la presencia de CC sin herbicidas, CC con herbicidas y el barbecho químico. En nuestro análisis, las estrategias analizadas que mejor suprimieron la biomasa de malezas fueron CC R+Q y CC R+Q+POST, lo que supone que hay una ventaja de formar

una barrera con el residuo del CC para limitar los efectos ambientales (Luz principalmente) sobre el banco de semillas del suelo y también que hay un efecto de la aplicación postemergente de herbicidas, coincidiendo con lo hallado por Reddy (2003a, 2003b) y Halwani (2019). Se debe subrayar que a densidades más altas del banco de semillas de malezas es mejor alcanzar una mayor biomasa del CC para poder suprimir las malezas y además, los residuos del CC por sí solos pueden no lograr una supresión efectiva de las mismas. La producción de biomasa varía de año en año, ya que se ve afectada por la fertilidad del suelo, las condiciones climáticas de la zona y las decisiones de manejo, como la fecha de siembra (Zinati, 2017; Weber, 2017, Teasdale, 2013, Lobos *et. al.*, 2017).

En cuanto a la densidad de malezas, hay que destacar que las malezas cuando emergen compensan su menor número con un mayor crecimiento por planta, por lo que la biomasa de malezas más tarde en la temporada no se ve afectada tanto como la aparición de malezas a principios de temporada (Teasdale, 2013). En nuestros resultados, para cada estrategia ocurrió algo similar al resultado de cuantificación de malezas a través de la biomasa y esto puede verse en el gráfico 2. Las estrategias que contemplaron la utilización de CC tuvieron menores cantidades de malezas  $m^2^{-1}$  en comparación al barbecho químico y mismos resultados fueron encontrados por Mischler *et. al.*, (2010b) y Baigorria *et. al.*, (2014). También hubo diferencias entre las estrategias con uso de CC, siendo las estrategias CC R+Q y CC R+Q+POST las que mayor efecto sobre densidad de plantas obtuvieron (Gráfico 2).

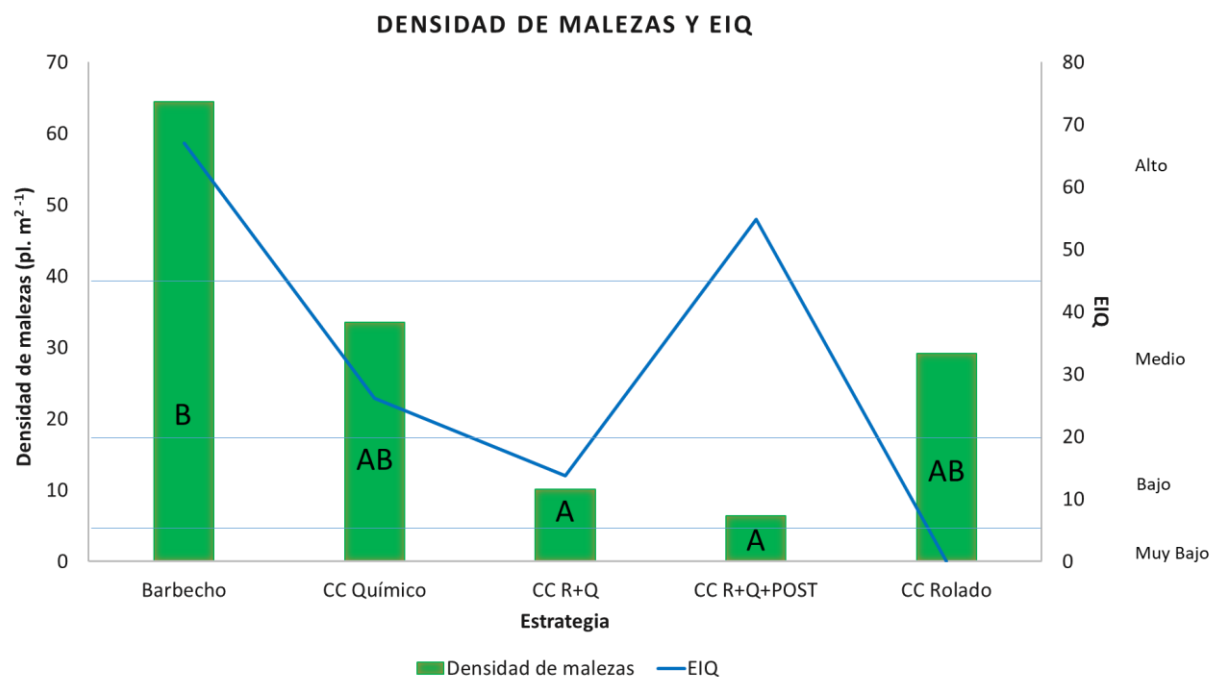


Gráfico 2. Densidad de malezas (pl. m<sup>2</sup><sup>-1</sup>) y EIQ según estrategia de manejo de malezas: Barbecho (químico), CC químico (CC secado químicamente), CC R+Q (CC terminado con rolado y aplicación química), CC R+Q+POST (CC terminado con rolado y aplicación química + aplicación postemergente de herbicidas) y CC Rolado (CC finalizado con rolo). Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD Fischer ( $p < 0,05$ ). Valor  $n = 20$  trabajos científicos.

Lo analizado en los gráficos 1 y 2, demuestra la importancia que tiene por un lado la terminación con la acción mecánica del rolo, formando un “mulch” sobre la superficie del suelo para inhibir el desarrollo de malezas, coincidiendo con Davis (2010) quien obtuvo que el método de terminación rolado del CC interactuó mejor con la cobertura al afectar a las poblaciones residuales de malezas. Esta estrategia permite disminuir el uso de herbicidas en barbecho (Buratovich, 2019, Reddy, 2003a, Teasdale, 2013) y por otro lado éstas cubiertas no eliminan necesariamente la utilización de herbicidas, debiéndose considerar aplicaciones postemergentes para complementar la supresión de malezas de principios de temporada mediante CC (Reddy, 2003a). Esto puede deberse a que el efecto del rolado no ejerce una terminación del 100% del CC dejando así la posibilidad de rebrote del mismo y perdiendo su función. (Mischler *et. al.*, 2010a). Los tratamientos químicos con herbicidas como glifosato para finalizar el CC (el herbicida más utilizado)

pueden no ser 100% eficientes en CC de vicia o CC en estados avanzados de desarrollo y bajo estrés hídrico, lo que se transforma en un inconveniente requiriendo la aplicación de herbicidas posteriores a la terminación según datos de Beltrami (2018).

En otro análisis donde comparamos los tipos de CC independientemente de su forma de terminación y estrategia química con el barbecho químico, los tratamientos con CC presentaron menor densidad de malezas que el tratamiento barbecho con un  $p < 0,05$  (CC leguminosa 26 pl.  $m^{-2}$ , CC gramínea 26 pl.  $m^{-2}$ , CC consociación 11 pl.  $m^{-2}$  y barbecho 64 pl.  $m^{-2}$ ). No hubo diferencias significativas según el tipo de CC (leguminosa, gramínea o consociación) (Gráfico 3). Beltrami (2018) encontró diferencias para la maleza *Eleusine indica* bajo el CC Consociación comparado con el barbecho, pero no así para este tipo de coberturas con las malezas *Conyza bonariensis* y *Digitaria sanguinalis*. Para el CC vicia solo en la maleza *E. indica* no tuvo diferencias significativas al barbecho químico, para *C. bonariensis* y *D. sanguinalis* su performance fue negativa, la autora atribuye esto al bajo crecimiento y desarrollo de la vicia que no pudo cubrir el suelo permitiendo el nacimiento de malezas. Mischler *et. al.*, (2010a) no obtuvo diferencias en el nivel de supresión de malezas entre el CC Vicia y el manejo con herbicidas.

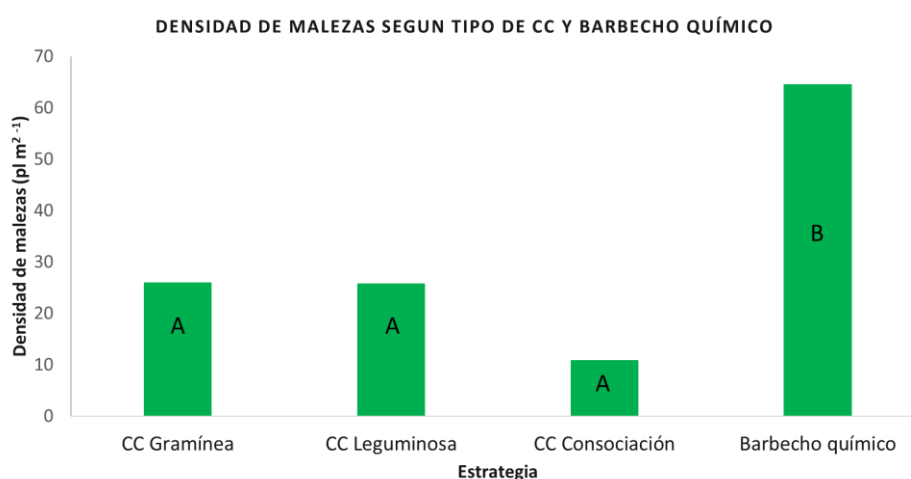


Gráfico 3. Densidad de malezas (pl.  $m^{-2}$ ) según tipo de CC (independientemente de su estrategia de terminación) y barbecho (químico). Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD Fischer ( $p < 0,05$ ). Valor  $n = 20$  trabajos científicos.

Para lograr una alta supresión de malezas se requieren CC que tengan una alta producción de biomasa (Cazorla, *et. al.*, 2010). Estos resultados son coincidentes con Buratovich (2017) en donde el barbecho químico tuvo una mayor densidad de malezas con respecto a los CC triticale, CC vicia, CC avena+triticale, CC avena+vicia y CC triticale+vicia, sin haber diferencias significativas entre ellos. Los CC demuestran ser una herramienta importante en el manejo de poblaciones de malezas, coincidiendo con lo mencionado por Baigorria (2014) y Cutti, (2016).

### 3.2- Impacto ambiental de las estrategias de supresión de malezas realizadas en el período de barbecho

En la tabla 3 podemos observar los EIQ de las estrategias de manejo de malezas especificadas en la sección anterior.

Tabla 3. Valor EIQ para cada estrategia analizada

<b>Estrategia</b>	<b>EIQ</b>	<b>Clasificación</b>	<b>ANOVA</b>
CC Rolado	0	Muy bajo	A
CC R+Q	13,79	Bajo	B
CC Químico	26,15	Medio	B
CC R+POST	29,07	Medio	B
CC R+Q+POST	54,83	Alto	C
CC Q+POST	60,49	Alto	CD
Barbecho químico	67	Alto	D

Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD Fischer ( $p < 0,05$ ). Valor  $n = 35$  trabajos científicos.

Como primer resultado, la estrategia de barbecho es la que presenta mayor EIQ comparándose a las estrategias con CC. Baigorria *et. al.*, (2016) obtuvieron la misma clasificación para la estrategia de barbecho químico en 3 campañas distintas. Mismos resultados fueron encontrados por Marzetti *et. al.*, (2017) en barbechos de soja y maíz y por Principiano y Assiaresci (2017) en barbechos para sorgo EIQ 72,4, maíz EIQ de 72,4 y 107,3, y soja EIQ 107,5, 109,5, 84,7, y 115,6. Es lógico el resultado de EIQ nulo para la estrategia rolado ya que es un método mecánico de terminación y no promulga la utilización de herbicidas. A medida que se agregan aplicaciones químicas y dosis de activo el valor EIQ aumenta y esto es lógico ya que su fórmula de cálculo es un producto. En el gráfico 4 podemos ver la relación significativa entre EIQ y kg i. a. ha<sup>-1</sup> ( $R^2 = 0,92$ ) y en el gráfico 5 la relación significativa entre EIQ y cantidad de aplicaciones ( $R^2 = 0,67$ ) coincidente con Principiano y Assiaresci (2017) quienes afirman que el impacto en el ambiente crece al aumentarse las cantidades aplicadas de herbicidas. Hay que remarcar el peso de los kg i. a. ha<sup>-1</sup> en el EIQ, lo que demuestra la importancia de evaluar los activos a utilizar, ya que ingredientes activos con valores elevados de EIQ herbicida, al incrementarse sus dosis de uso, hacen variar considerablemente el impacto ambiental. Esto es importante de destacar ya que el aumento del EIQ se da no por el EIQ de un determinado herbicida, si no por el aumento de la cantidad de aplicaciones del producto y sus cantidades, que elevan el EIQ de campo, y por ende el impacto ambiental, siendo prácticas complementarias como utilización CC y cultivos de fina y estrategias de manejo a largo plazo, fundamentales para reducir los valores de EIQ, logrando que el sistema sea más sostenible.

Cada estrategia fue clasificada según lo propuesto por Stewart *et. al.*, (2011) para determinar su nivel de impacto ambiental (Tabla 3). La estrategia de Barbecho y aquellas que utilizaron CC y dos o más aplicaciones químicas (CC R+Q+POST, CC+Q+POST)

se clasificaron con un alto impacto ambiental. Las estrategias con CC terminado químicamente (CC Químico) y CC rolo con aplicación química en postemergencia (CC R+POST), se ubicaron en un nivel de impacto ambiental medio. Las estrategias con CC terminado con rolo + aplicación de herbicida (CC R+Q) y CC Rolado fueron las más saludables con respecto al medio ambiente, siendo su EIQ bajo y muy bajo respectivamente. Este resultado coincide con lo obtenido por Baigorria *et. al.*, (2016) quienes utilizaron triticale como CC y la terminación con rolo se clasificó como muy baja (el autor contabilizó los herbicidas usados a la siembra del CC) y baja y coincide con Principiano y Assiaresci (2017) que en su CC avena+vicia con finalización del ciclo de manera mecánica registraron el menor valor de EIQ y el tratamiento con secado químico de la cobertura se clasificó con EIQ medio.

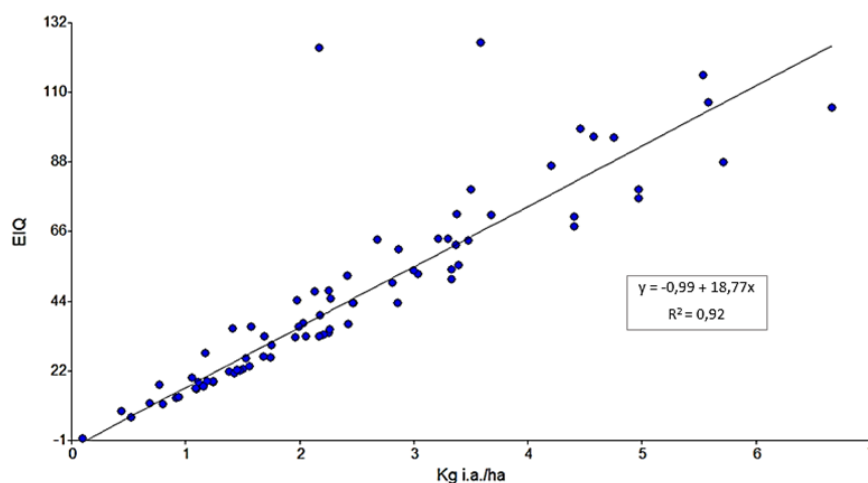


Gráfico 4. Análisis de regresión lineal para las variables EIQ y Kg i. a. ha<sup>-1</sup> ( $p < 0,05$ ). Valor  $n = 35$  trabajos científicos.

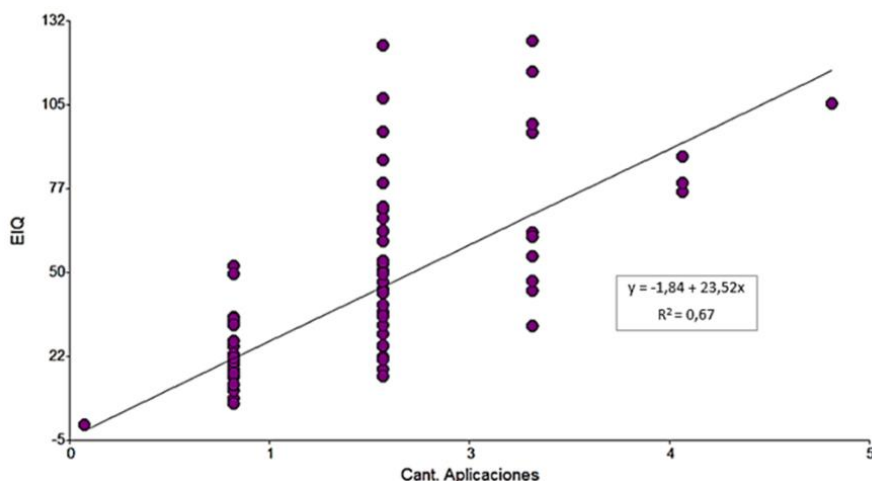


Gráfico 5. Análisis de regresión lineal para las variables EIQ y Cantidad de aplicaciones ( $p < 0,05$ ). Valor  $n = 35$  trabajos científicos.

### 3.3- Gestión: Costos de las estrategias de manejo de malezas

A modo comparativo y para tener una noción de los costos de las estrategias de manejo de malezas, nuestros resultados demuestran que las estrategias CC Rolado, CC Químico, CC R+Q y CC R+POST tienen un costo total menor a  $100 \text{ USD ha}^{-1}$  ( $77,16$ ;  $84,41$ ;  $94,41$  y  $94,41 \text{ USD ha}^{-1}$  respectivamente) (Gráfico 6). Los barbechos químicos de los cultivos soja y maíz presentaron los valores más altos de costos (superior a  $100 \text{ USD ha}^{-1}$ ) comparados con aquellas estrategias con CC, coincidiendo con Principiano y Assiaresci (2017) (Gráfico 6).

Hay que remarcar que la estrategia de CC R+Q+POST presenta un costo total mayor a la estrategia de barbecho de soja ya que si bien tiene menores costos de utilización de herbicidas, al elevarse los costos de las labores principalmente, el costo total de la estrategia resulta mayor (diferencia de  $9,46 \text{ USD ha}^{-1}$ ). Comparado con el barbecho de maíz, CC R+Q+POST tiene una diferencia positiva de  $5,19 \text{ USD ha}^{-1}$ .



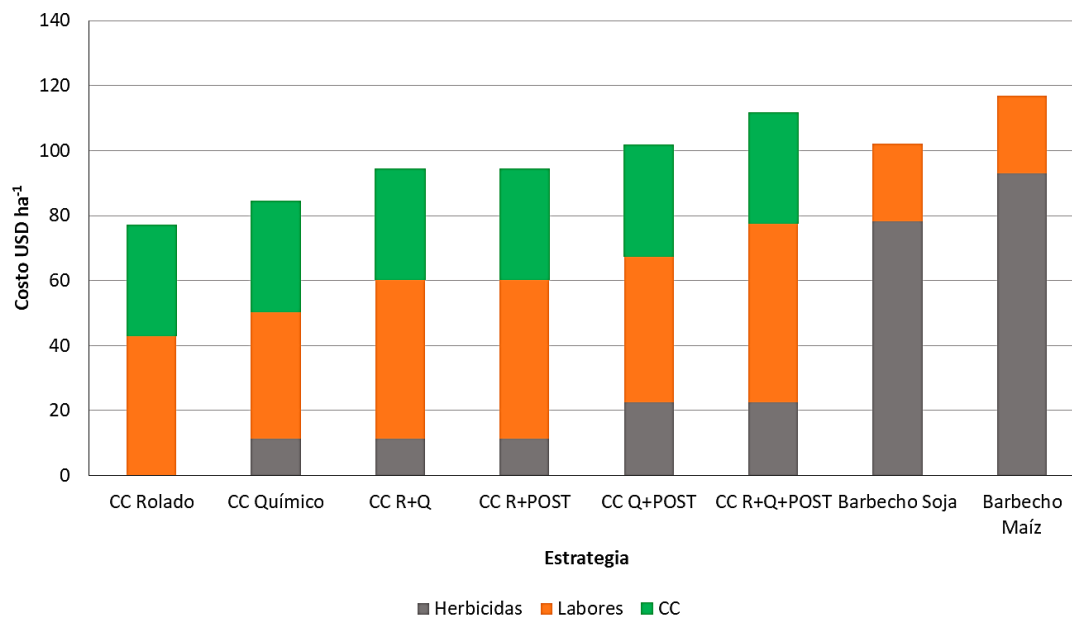


Gráfico 6. Análisis de costos de cada estrategia de manejo de malezas.

Los mayores costos relacionados a herbicidas se encontraron en los barbechos de soja (USD ha<sup>-1</sup> 78,20) y maíz (USD ha<sup>-1</sup> 92,85) (Gráfico 6). De esta manera, la presencia de los CC permite disminuir el costo y uso de herbicidas en invierno, aspecto que favorecerá a disminuir la presión de selección sobre malezas y atenuar la expansión de la resistencia en los sistemas de la región agrícola en Argentina (Buratovich, *et. al.*, 2019). La provisión de distintos servicios ecosistémicos de los CC en comparación con barbechos químicos, genera un valor agregado intangible en lo que respecta al nivel de materia orgánica de los suelos, propiedades físicas y estructurales del perfil, aporte de Carbono, secuestro de CO<sub>2</sub>, aumento de niveles de micro y macro fauna edáfica, generación de nutrientes, reducción de la erosión eólica e hídrica, etc. (Bertolotto, 2017 y Reddy, 2003a). Esto es una ventaja cualitativa con respecto al manejo de malezas mediante barbecho químico, en donde sólo el rastrojo cubre el suelo en el período invernal, sin actividad de raíces en el suelo. Estos sistemas no contribuyen al establecimiento de sistemas agrícolas sustentables en la región (Principiano y Assiaresci, 2017).

#### **4- Conclusiones**

Los resultados encontrados en nuestro análisis muestran que la inclusión de CC tiene un efecto positivo en la supresión de malezas.

Las estrategias de manejo de malezas con CC fueron significativamente superiores en la disminución de la biomasa y la densidad de malezas en comparación a la estrategia de Barbecho químico.

Los CC deben ser utilizados de manera integrada con otras estrategias de manejo de malezas, tanto químicas como culturales, para lograr un mayor efecto en la supresión de las mismas.

La inclusión de CC disminuye de manera significativa el valor EIQ, reduciendo la cantidad de aplicaciones y la cantidad de uso de herbicidas, logrando que el agroecosistema sea más sostenible.

Los costos en estrategias que contemplan CC pueden ser similares a un barbecho químico o menores, los mismos deben ser ajustados en cada región productiva, y sin duda los beneficios intangibles que la utilización de CC genera, otorgan un valor ecosistémico que puede traducirse en una mejor calidad del ambiente productivo.

## 5- Tablas y Figuras

Anexo, Tabla 1. Valor EIQ para distintos herbicidas.

<b>Ingrediente activo</b>	<b>EIQ</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>EIQ</b>
2,4 D	16,7	Fluometuron	14,27
Acetoclor	19,9	Glifosato	15,3
Acifluorfen	23,6	Glufosinato	20,2
Alaclor	17,86	Imazaquin	15,3
Atrazina	22,9	Lactofen	26,67
Bentazon	18,7	MCPA	36,7
Biciclopirona	18,67	Mesotrione	18,7
Cletodim	17	Metolaclo	22
Clorimuron	19,2	Metribuzin	28,37
Cyanazina	20,06	Metsulfuron	16,7
Dicamba	26,33	Paraquat	24,7
Diclosulam	9,7	Pendimetalin	30,17
Diuron	26,5	Setoxidim	20,9
Ethalfuralin	22,67	Sulfosato	26,7
Flumetsulam	15,6	Trifluralina	18,8

Tabla 1. Valor EIQ para distintos herbicidas. Elaborada a partir de datos de NYS IPM EIQ Database. (Visitado en Febrero 2020)

Anexo, Tabla 2. Trabajos utilizados en el análisis n = 40.

Referencia	Región/ciudad	Tipo de suelo	CC	EIQ	Cuantif. Malezas
Davis - 2010	Illinois	Argiudol Oxyacuico	Centeno, Vicia villosa	Si	Biomasa
Webster - 2013	Georgia	Franco arenoso Tifton	Centeno, Arveja, Vicia cahaba, Lupino, Trebol encamado, Centeno+Arveja, Centeno+Vicia, Centeno+Trebol, Centeno+Lupino	Si	Densidad
Smith - 2011	Carolina del Norte	Paleadult, Paleaquilt, Hapludult	Centeno	Si	Densidad
Walters - 2007	Carolina del Norte	Franco Arenoso Wickham	Centeno	Si	Densidad y Biomasa
Nord - 2012	Pennsilvania	Hapludalf	Centeno	Si	Biomasa
Baigorria - n/d	Marcos Juárez, Córdoba	Argiudol	Triticale	Si	Densidad
Baigorria - 2014	Marcos Juárez, Córdoba	Argiudol	Triticale	Si	Biomasa
Baigorria - 2016	Marcos Juárez, Córdoba	Argiudol	Triticale	Si	Biomasa
Forcella - 2012	Minnesota	Hapludol cálcico	Centeno	Si	Densidad y Biomasa
Ashford - 2009	Alabama	Paleadult	Centeno, Trigo, Avena negra	Si	No
Delfino - 2014	Río Primero - Córdoba	Argiustol	Cebada	Si	Densidad
Mischler - 2010a	Pennsilvania	Hapludalf, Dystrudept	Vicia	Si	Densidad y Biomasa
Almeida - 2012	Castelar, Buenos Aires	N/d	Centeno, Trigo, Vicia, Vicia+Trigo	No	Densidad y Biomasa
Mehring - 2016	Carolina del Norte	N/d	Centeno-Colza, Triticale, Centeno	Si	Densidad
Reddy - 2002	Mississippi	Ocracualf aérico	Sólo barbechos	Si	Densidad
Dom - 2013	Bema, Suiza	Cambisol, Luvisol	Rábano, Mostaza blanca, Lupino, Vicia, Avena, Amaranthus cruentus, Trigo sarraceno, Girasol, Phacelia, Haba+Avena, Avena+Vicia+Arveja	Si	No
Campiglia - 2012	Tuscia, Italia	Xerofluent	Vicia, Mostaza blanca	Si	Densidad y Biomasa
Singer - 2005	Iowa	Hapludol	Centeno	Si	No
Reddy - 2003a	Mississippi	Ocracualf aérico	Trebol encarnado, Centeno	Si	Densidad y Biomasa
Wortman - 2013	Nebraska	Argiudol	Vicia+Mostaza blanca, Vicia+Mostaza blanca+Arveja+Mostaza de la india, Vicia+Mostaza blanca+Arveja+Mostaza de la india+Rabanito+Trebol encarnado, Vicia+Mostaza blanca+Arveja+Rabanito+Trebol encarnado+Nabo+chícharo	Si	Biomasa
Zinati - 2017	Pennsilvania	Distrocrept	Centeno	Si	Biomasa
Reddy - 2003b	Mississippi	Ocracualf aérico	Centeno	Si	Densidad y Biomasa
Westgate - 2005	Iowa	Hapludol	Centeno	Si	Densidad
Weber - 2017	Kleinhohenheim y Ihinger Hof, Alemania	Franco limoso y Arcillo limoso	Centeno	Si	Densidad
Delate - 2011	Iowa	Argiudol acuico	Centeno+Vicia, Trigo+Arveja	Si	Densidad
De Bruin - 2005	Minnesota	Endoacuol	Centeno	Si	Densidad y Biomasa
Halwani - 2019	Müncheberg, Alemania	Arenoso franco	Centeno	Si	Biomasa
Buratovich - 2017	Pergamino, Buenos Aires	N/d	Avena, Triticale, Vicia, Vicia+Avena, Vicia+Triticale, Avena+Triticale, Avena+Vicia+Triticale	Si	Densidad
Palhano - 2017	Arkansas	Fargiudult	Arveja, Trebol encarnado, Avena, Vicia, Cebada, Trigo, Nabo	Si	Densidad
Buratovich - 2019	Pergamino, Buenos Aires	N/d	Avena, Triticale, Vicia, Vicia+Avena, Vicia+Triticale, Avena+Triticale, Avena+Vicia+Triticale	No	Biomasa

Moyer - 1999	Canadá	N/d	Centeno, Trigo	Si	Biomasa
Baigorria - 2019	Marcos Juárez, Córdoba	Argiudol	Centeno, Vicia, Triticale	Si	No
Fisk - 2001	Michigan	Hapludalf	Medicago polymorpha, Medicago truncatula, Trebol rojo, Trebol alejandría	Si	Densidad y Biomasa
Mischler - 2010b	Pennsilvania	Hapludalf	Centeno	Si	Densidad y Biomasa
Boccolini - 2020	Marcos Juárez, Córdoba	Argiudol	Centeno, Triticale	Si	No
Reeves - 2005	Alabama	Paleadult	Centeno, Avena negra, Trigo	Si	No
Fernandez - 2017	Santa María, Córdoba	Haplustol éntico	Centeno, Cebada+Vicia, Avena	Si	No
Beltrami & Cura - 2018	Manfredi, Córdoba	Haplustol éntico	Vicia, Vicia+Triticale	Si	Densidad
Cutti - 2016	Río Grande do Sul, Brasil	Latosol rojo	Avena negra, Raigrás, Vicia, Rábano	Si	Densidad y Biomasa
Galloway - 1996	Kentucky	Paleadelf	Centeno, Vicia, Trebol ladino, Trebol encamado	Si	Biomasa

Tabla 2. Trabajos utilizados en el análisis n = 40.

## 6- Bibliografía

Almeida, F., Eiza, M. J., Carfagno, P. 2018. Efecto de diferentes cultivos de coberturas gramíneas y leguminosas en el control de malezas en un argiudol del norte de la provincia de Buenos Aires. Revista Facultad Agronomía y Cs. Agroalimentarias Universidad de Morón – Vol. IX.

Arnold, M., Arregui, M., Cracogna, M., Grenón, D., Menapace, P., Pernuzzi, F., Sanchez, D., y Vitti, D. 2015. Para evaluar el riesgo de impacto ambiental de los fitosanitarios. Voces y Ecos N° 34. Medio Ambiente. P 54-56.

Arregui, M. C., Grenón, D., Sánchez D. y Ghione J. 2013. Evaluación del riesgo de impacto ambiental de plaguicidas en cultivos anuales del centro de Santa Fe. Revista FAVE - Ciencias Agrarias 12 (1 - 2).

Ashford, D. L., y Reeves, D. W. 2003. Use of a mechanical roller-crimper as an alternative kill method for cover crops. American Journal of Alternative Agriculture, 18, pp 37-45.

Baigorria, T., Álvarez, C., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., Conde, B., Faggioli, V., Ortiz, J y Tuesca, D. 2016. Cultivos de cobertura: Una estrategia sustentable al manejo de malezas en sistemas de siembra directa. Congreso AAPRESID 2016.

Baigorria, T., Álvarez, C., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., Conde, B., Faggioli, V., Ortiz, J y Tuesca, D. 2019. Impacto ambiental y rolado de Cultivos de Cobertura en producción de Soja bajo siembra directa. Asociación Argentina de Ciencia del Suelo. Cienc. Suelo (Argentina) 37 (2): 355-366.

Baigorria, T., Cazorla, C., Belluccini, P., Aimetta, B., Pegoraro, V., Boccolini, M., Álvarez, C. 2014. Efecto del rolado de cultivos de cobertura sobre la dinámica de agua y malezas. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo 2014.

Baigorria, T., Cazorla, C., Santos Sbuscio, D., Aimetta, B., Belluccini, P. Sin fecha (N/d). Efecto de triticale (*×Triticosecale Wittman*) rolado como cultivo de cobertura en la supresión de malezas, rendimiento y margen bruto de soja. Publicación - EEA INTA Marcos Juárez.

Baigorria, T., Belluccini, P Cazorla, C., Aimeta, B., Ortiz, J., Pegoraro, V., Boccolini, M., Faggioli, V. 2018. Cultivos de Cobertura: una estrategia con potencial para disminuir el impacto ambiental de herbicidas. EEA INTA Marcos Juárez.

Baldwin, K. R. y Creamer, N. G. 2006. Cover Crops for Organic Farms. Center for Enviromental Farming Systems. North Carolina State University, Department of Agriculture y Consumer Services.

Beltrami, J. B., Cura, L. N. 2018. Evaluación de diferentes alternativas de manejo de suelo durante el invierno y su impacto sobre malezas, contenido de agua, disponibilidad de nitrógeno y el rendimiento de maíz tardío (*Zea mays*, L.). Trabajo Final de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Villa María - Instituto A. P. Ciencias Básicas y Aplicadas.

Benbrook, C. M. 2005. Rust, resistance, run down soils, and rising costs – Problems facing soybean producers in Argentina. AgBioTech InfoNet, Technical Paper No 8, January

Bertolotto, M., y Marzetti, M. 2017. Manejo de malezas problema - Cultivos de Cobertura - Bases para su manejo en sistemas de producción. REM-AAPRESID.

Blanco, H y R Lal. 2010. Principles of Soil Conservation and Management. Springer.

Boccolini, M. F., Cazorla, C. R., Galantini, J. A., Belluccini, P. A., Baigorria, T. 2020. Cultivos de cobertura disminuyen el impacto ambiental mejorando propiedades biológicas del suelo y el rendimiento de los cultivos. RIA / Trabajos en prensa.

Buratovich, M. V., Acciaresi, H. A. 2017. Cultivos de cobertura como moduladores de la emergencia de malezas naturales. Publicación EEA-INTA Pergamino. RTA / Vol 10 / N°35.

Buratovich, M. V., Acciaresi, H. A. 2019. Manejando malezas con cultivos de cobertura: una alternativa tecnológica para disminuir el uso de herbicidas. Publicación EEA-INTA Pergamino. RTA / Vol 10 / N°39.

Cabrini, Silvina M. & Calcaterra, Carlos P., 2016. Modeling economic-environmental decision making for agricultural land use in Argentinean Pampas, *Agricultural Systems*, Elsevier, vol. 143(C), pages 183-194.

Campligia, E., Radicetti, E., Mancinelli, R. 2015. Cover crops and mulches influence weed management and weed flora composition in strip-tilled tomato (*Solanum lycopersicum*). *European Weed Research Society* 55, 416–425.

Caporicci, J. La estrategia como el mejor aliado en el manejo de malezas. *Revista Horizonte A. Investigación – Malezas*. (Disponible en: <http://horizonteadigital.com/la-estrategia-como-el-mejor-aliado-en-el-manejo-de-malezas-por-ing-agr-juan-caporicci/>)

Caviglia, O. P., Sadras, V. O., Andrade, F. H. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat–soybean. *Field Crop Research* 87.. P 117-129.

Cazorla, C.; Baigorria, T.; Lardone, A.; Bojanich, M.; Aimetta, B. y Vilches, D. (2010). Antecesores de maíz: barbecho o cultivo de cobertura. EEA INTA Marcos Juárez. Publicaciones INTA.

Chon, S. u., Kim, Y. M. 2004. Herbicidal Potential and Quantification of Suspected Allelochemicals from Four Grass Crop Extracts. *J. Agronomy y Crop Science* 190. P 145 – 150.



Creamer, NG; MA Bennett; BR Stinner; J Cardina y EE Regnier. 1996. Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. *Hortscience* 31:410–413.

Cutti, L., Pinto Lamego, F., Moraes de Aguiar, A. C., Kaspar, T. E., Gonsiorkiewicz Rigon, A. Winter cover crop on weed infestation and maize yield. *Rev. Caatinga, Mossoró*, v. 29, n. 4, p. 885 – 891.

Davis, A. S. 2010. Cover-Crop Roller–Crimper Contributes to Weed Management in No-Till Soybean. *Weed Science* 58: pages 300-309.

De Bruin, J. L., Porter, P. M., Jordan, N. R. 2005. Use of a Rye Cover Crop following Corn in Rotation with Soybean in the Upper Midwest. *American Society of Agronomy. Agronomy Journal* 97:587–598.

De Decker, J. 2015. Cultivos de cobertura para la supresión de maleza en cultivos orgánicos. *Hortalizas*. (Disponible en: <http://www.hortalizas.com/cultivos/cultivos-de-cobertura-para-la-supresion-de-maleza-en-cultivosorganicos/>). Visitado Octubre 2020.

Delate, K., Cwach, D., Chase, C. 2011. Organic no-tillage system effects on soybean, corn and irrigated tomato production and economic performance in Iowa, USA. Cambridge University Press. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 27; 49–59.

Delfino, P., Dell Inocenti, F., Moreno, S. 2014. Alternativas para el manejo de malezas tolerantes durante el barbecho invernal en la región centro–norte de la provincia de Córdoba. Universidad Nacional de Córdoba- Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada y CW Robledo. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Dorn, B., Stadler, M., van der Heijden, M., Streit, B. 2013. Regulation of cover crops and weeds using a roll-chopper for herbicide reduction in no-tillage winter wheat. ScienceDirect. Soil y Tillage Research 134; 121–132.

Eclesia, R. P., Wingeyer, A. B., Ré, A. E., Rampoldi, A., Marnetto, M. J., Pautasso, J. M., Valentinuz, E., Wouterllo, N., Roman, L., Engler, P., Caviglia, O., Novelli, L., Dupleich, J, Piñeiro, G., y Corte, F. 2019. Utilización forrajera de los cultivos de servicios. Red de Innovadores. Revista técnica cultivos de invierno 2019. P: 59-66.

FAO 2004. Manejo de malezas para países en desarrollo. Capítulo 3: Opciones de manejo y perspectivas. Subcapítulo: Tendencias actuales en el manejo de malezas. (Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0j.htm>).

Fernández, E. O., Gavotti, R. E., Marengo, E. 2017. Diversidad y manejo de malezas mediante cultivos de cobertura y barbecho químico invernal en la región centro de Córdoba. Universidad Nacional de Córdoba- Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Fernández, R., Quiroga, A., Arena, F., Antonini, C., y Saks, M. 2007. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. Quiroga A., A. Bono (Editores). Manual de Fertilidad y Evaluación de Suelos. EEA INTA Anguil, pub. Téc. 51:59.

Ferraro, D. O. 2018. Implicancias ambientales del uso de productos fitosanitarios: desarrollo de herramientas de evaluación en agroecosistemas. Productividad y medio ambiente ¿Enfoques a integrar o misión compartida? Conferencias y resúmenes del 3er Simposio de Malezas y Herbicidas. Ediciones INTA. Libro digital. P: 17-21.

Fisk, J. W., Hesterman, O.B., Shrestha, A., Kells, J. J., Harwood, R. R., Squire, J. M., Sheaffer, C. C. 2001. Weed Suppression by Annual Legume Cover Crops in No-Tillage Corn. Agronomy Journal 93:319–325.

Forcella, F. 2012. Short- and full-season soybean in stale seedbeds versus rolled-crimped winter rye mulch. *Renewable Agriculture and Food Systems*.

Galloway, B. A., Weston, L. A. 1996. Influence of Cover Crop and Herbicide Treatment on Weed Control and Yield in No-Till Sweet Corn (*Zea mays* L.) and Pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) *Weed Technology*. Volume 10: 341-346.

Gaona, L., Bedmar, F., Gianelli, V., Faberi, A. 2018. Evaluación del riesgo de impacto ambiental de plaguicidas mediante el Coeficiente de Impacto Ambiental (EIQ). Productividad y medio ambiente ¿Enfoques a integrar o misión compartida? Conferencias y resúmenes del 3er Simposio de Malezas y Herbicidas. Ediciones INTA. Libro digital. P: 27-30.

Grenón, D., Galán, E., Pernuzzi, F., y Guzman, S. 2015. IIRAmb: avances en el Índice Integrado de Riesgo Ambiental por el uso de plaguicidas en cultivos. 47 JAIIO CAI, Congreso Argentino de AgroInformática. P: 127-139.

Guzmán, S., D., y Grenón, D., (Director). 2018. CRONITOX: Índice de Riesgo de Toxicidad Crónica por uso de Plaguicidas. Encuentro de Jóvenes Investigadores 2018 - Universidad Nacional del Litoral.

Halwani, M., Reckling, M., Schuler, J., Bloch, R., Bachinger, J. Soybean in No-Till Cover-Crop Systems. *Agronomy* 2019, 9, 883; doi: 10.3390/agronomy9120883

Kahl, M. B. 2016. Efecto de la calidad de aplicación, sobre el control de *Conyza sumatrensis* en dos estados de desarrollo. Tesis presentada para optar al título de Magister Scientiae en Protección Vegetal Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de La Plata.

Kahl M., De Carli R. y Behr E. 2016. Dinámica de las malezas de ciclo invernal sobre cultivos de cobertura y en barbecho químico en el centro-oeste de Entre Ríos. Serie de Extensión INTA Paraná Nro. 78:09-16.

Kahl, M. B., y Iglesia, P. 2020. Cultivos de Cobertura en Entre Ríos. Todo lo básico que hay que saber a la hora de su siembra. EEA INTA Paraná.

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.

Liebert, J. A., Di Tommaso, A., Ryan, M. R. 2017. Rolled Mixtures of Barley and Cereal Rye for Weed Suppression in Cover Crop-based Organic No-Till Planted Soybean. Weed Science Society of America.

Lobos, M., Miranda, W., Rampo, M., Babinec, F., Raspo, S., Telechea, P., Luzzi, M., y Barraco, M. 2017. Cultivos de cobertura invernales y herbicidas pre emergentes, incidencia en la densidad de una población natural de malezas. INTA EEA Gral. Villegas – Memoria Técnica 2016-2017, p; 23-25.

Macías, F. A., Chinchilla, N., Galindo, J. L. G., Carrera, C., Marín, D., García Díaz, M. D., Sanchez, P., Arroyo, E., Mera, E. Y., Pando, E. y Galindo, J. C. G. 2007. Nuevos retos en la agricultura, la Alelopatía. Dossier Sanidad Vegetal. Agricultura.

Marzetti, M; Coppiolo, A; Bertolotto, M. 2017. Impacto ambiental de las malezas resistentes y tolerantes. Rem. AAPRESID. Online. Internet. Disponible en: <http://www.aapresid.org.ar/rem/> [consultado: Julio 2020].

Mehring G. H., Stenger J. E., Hatterman-Valenti, H. M. 2016. Weed Control with Cover Crops in Irrigated Potatoes. Agronomy 6, 3, Journal MDPI.

Menalled, F. D. 2010. Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de manejos. Agroecología 5: 73-78.

Metzler 2015. El manejo integrado de malezas (MIM). Comunicado AAPRESID. (Disponible en <http://www.aapresid.org.ar/blog/el-manejo-integrado-de-malezas-mim-2/>)

Mirsky, S. B., Curran, W. S., Mortensen, D. M., Ryany, M. R., and Shumway, D. L. 2011. Timing of Cover – Crop Management Effects on Weed Suppression in No-Till Planted Soybean using a Roller-Crimper. Weed Science Society of America. Weed Science, 59(3):380-389.

Mirsky, S. B., Ryan, M. R., Curran, W. S., Teasdale, J. R., Maul, J., Spargo, J. T., Moyer, J., Grantham, A. M., Weber, D., Way, T. R., Camargo, G. G. 2012. Conservation tillage issues: cover crop-based organic rotational no-till grain production in the mid-Atlantic region, USA. Renewable Agriculture Food Systems 27: pages 31–40.

Mischler, R., Duiker, S. W., Curran, W. S., Wilson, D. 2010a. Hairy Vetch Management for No-Till Organic Corn Production. Agronomy Journal 102:355–362.

Mischler, R., Duiker, S. W., Curran, W. S., Wilson, D., Hyde, J. A. 2010b. Use of a Rolled-rye Cover Crop for Weed Suppression in No-Till Soybeans. Weed Science Society of America. Weed Technology 24: 253–261.

Moyer, J. R., Blackshaw, R. E., Smith, E. G., McGinn, S. M. 1999. Cereal cover crops for weed suppression in a summer fallow-wheat cropping sequence. Lethbridge Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, PO Box 3000.

Mulhollem, J. 2016. First-of-kind study suggests cover crop mixtures increase agroecosystem services. College of Agricultural Sciences Park University. (Disponible en: <https://news.psu.edu/story/424543/2016/09/07/first-kind-study-suggests-cover-crop-mixtures-increase-agroecosystem>). (Visitado en marzo 2020).

New York Integrated Pest Management of Cornell University, (Disponible en <https://nysipm.cornell.edu/eiq/calculator-field-use-eiq/>). (Visitado en Febrero 2020)

Nocelli Pac, S. 2017. Evolución y retos de la Siembra Directa en Argentina. AAPRESID. (Disponible en <http://www.aapresid.org.ar/superficie/>)

Nord, E. A., Ryan, M. R., Curran, W. S., Mortensen, D. A., Mirsky, S. B. 2012. Effects of Management Type and Timing on Weed Suppression in Soybean No-Till Planted into Roiled-Crimped Cereal Rye. *Weed Science* 60: 624-633.

Ormeño, J. Manejo y control de malezas con plantas alelopáticas: Centeno. In: *Agricultura orgánica*. Ministerio de Agricultura, INIA-Quilamapu, Chillán, Chile, pp. 121-137.

Osipitan, O. A., Dille, J. A., Assefa, Y., Knezevic, S. Z. 2018. Cover Crop for Early Season Weed Suppression in Crops: Systematic Review and Meta-Analysis. *Agronomy Journal*. Volume 10, Issue 6. American Society of Agronomy.

Palhano, M. G., Norsworthy, J. K., Barber, T. 2017. Cover Crops Suppression of Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) in Cotton. *Weed Technology*. doi: 10.1017/wet.2017.97.

Pinto, P., Fernández Long, M. E. y Piñeiro, G. 2017. Including cover crops during fallow periods for increasing ecosystem services: Is it possible in croplands of Southern South America? *Agriculture, Ecosystems y Environment*. 248: 48-57.

Pinto, P., y Piñeiro, G. 2018. Cultivos de servicios, una alternativa para el manejo de malezas. ResearchGate.

Principiano, M. A., Assiaresci, H. A. 2017. Costo financiero e impacto ambiental del control de malezas en diferentes secuencias de cultivos en el NO de la provincia de Buenos Aires. *RTA: Revista de Tecnología Agropecuaria*. Vol. 10 (34):37-41.

Principiano, M. A., Assiaresci, H. A. 2018. Estado de situación del uso de herbicidas en cultivos extensivos agrícolas de la región noroeste de la provincia de Buenos Aires y el impacto ambiental asociado. *Malezas*. EEA INTA Pergamino.

RED AAPRESID-BASF. 2019. Informe de avances Red de Cultivos de Servicios AAPRESID-BASF 2018-2019. Red de Cultivos de Servicio AAPRESID-BASF.

Reddy, K. N. 2002. Weed Control and Economic Comparisons in Soybean Planting Systems, *Journal of Sustainable Agriculture*, 21:2, 21-35.

Reddy, K. N., Zablotowicz, R. M., Locke, M. A., Koger, C. H. 2003a. Cover crop, tillage, and herbicide effects on weeds, soil properties, microbial populations, and soybean yield. *Weed Science Society of America. Weed Science*, 51(6): 987-994.

Reddy, K. N. 2003b. Impact of Rye Cover Crop and Herbicides on Weeds, Yield, and Net Return in Narrow-Row Transgenic and Conventional Soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*. Volume 17:28–35.

Reeves, D. W., Price, A. J., Patterson, M. G. 2005. Evaluation of Three Winter Cereals for Weed Control in Conservation-Tillage Nontransgenic Cotton. *Weed Science Society of America. Weed Technology*, 19(3):731-736.

REM. 2017. Cultivos de cobertura en Argentina. Qué se está haciendo y qué falta. REM.

Rimsky Korsakov, H., Lavado R. S. 2015. Cover crops in the agricultural systems of the Argentine Pampas. *Journal of Soil and Water Conservation*.

Rositano, F., Bert, F. E., Piñeiro, G., Ferraro, G. O. 2017. Evaluación del impacto ambiental del manejo agrícola en tres sistemas agrícolas argentinos. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* Marzo 2017.

Sá Pereira, E. 2013. Los cultivos de cobertura y la productividad del maíz en siembra directa: dinámica del nitrógeno, agua y fracciones orgánicas del suelo. Tesis de doctor en agronomía. Universidad Nacional del Sur.

Sá Pereira, E., Galantini, J., Quiroga, A. 2013. Sistemas de cultivos de cobertura de suelo de otoño-invierno: sus efectos sobre la disponibilidad de agua. Capítulo 10. *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción*. EEA INTA Anguil.

Sá Pereira, E., Vechi, G., Ibarra, C., Pedelaborde, M. 2014. Inclusión de Cultivos de Cobertura de Invierno como Alternativa a los Barbechos de Larga Duración en un Argiudil típico del Sudoeste de la Provincia de Buenos AIRES. EEA INTA Bordenave.

Sampietro, D., A. 2003. Aleopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. Sitio Argentino de Producción Animal.

Scianca, C. M. 2010. Cultivos de cobertura en molisoles de la región pampeana. Producción de materia seca, eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno e incidencia sobre el cultivo de soja. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur.

Silva, P. 2003. Efecto alelopático de los rastrojos. In: Sustentabilidad en Cultivos Anuales: Cero Labranza, Manejo de Rastrojos. Acevedo, E. (ed.). Santiago, Universidad de Chile. Fac. de Cs. Agronómicas, serie Ciencias Agronómicas N°8. 83-98.

Singer, J. W. y Kohler, K. A. 2005. Rye Cover Crop Management Affects Grain Yield in a Soybean-Corn Rotation. Plant Management Network. doi:10.1094/CM-2005-0224-02-RS.

Smith, A. N., Reberg-Horton, S. C., Place, G. T., Meijer, A. D., Arellano, C., Mueller, J. P. 2011. Rolled Rye Mulch for Weed Suppression in Organic No-Tillage Soybeans. *Weed Science*, 59: 224-231.

Steenwerth, K., Belina, K. M. 2008. Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in a vineyard agroecosystem. *Applied Soil Ecology*. Sciencedirect. Volume 40, issue 2. P 359-369.

Stewart, C. L.; R. E. Nurse; L. L. Van Eerd; L. L. Vyn y P. H. Sikkema. 2011. Weed control, environmental impact, and economics of weed management strategies in glyphosate-resistant soybean. *Weed Technology*. 25:535-541.



Teasdale, J. R. y Mohler, C. L. 1993. Light transmittance, soil–temperature, and soil–moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agron. J.* 85:673–680

Teasdale, J. R. 2013. Contribution of Cover Crops to Weed Management in Sustainable Agricultural Systems. *J. Prod. Agric.*, Vol. 9, no. 4, 1996.

Walters, R. 2005. High Residue Conservation Tillage for Row Crops. Conservation Tillage Underground Report 1.

Walters, R. 2007. High Residue Conservation Tillage for Row Crops. Conservation Tillage Underground Report 2.

Weber, J. F., Kunz, C., Peteinatos, G.G., Zikeli, S., Gerhards, R. 2017. Weed Control Using Conventional Tillage, Reduced Tillage, No-Tillage, and Cover Crops in Organic Soybean. *Agriculture*, 7, 43; doi:10.3390/agriculture7050043

Webster, T. M., Scully, B. T., Grey, T. L., Culpepper, A. S. 2013. Winter cover crops influence *Amaranthus palmeri* establishment. Elsevier – ScienceDirect. *Crop Protection* 52: 130-135.

Wells, M. S., Reberg-Horton, S. C., Mirsky, S. B. 2014. Cultural Strategies for Managing Weeds and Soil Moisture in Cover Crop Based No-Till Soybean Production. *Weed Science* 2014 62:501–511.

Westgate, L. R., Singer, J. W., Kohler, K. A. 2005. Method and Timing of Rye Control Affects Soybean Development and Resource Utilization. *Agronomy Journal* 97: 806–816.

Wortman, S. E., Francis, C. A., Bernards, M. A., Blankenship, E. E., Lindquist, J. L. 2013. Mechanical Termination of Diverse Cover Crop Mixtures for Improved Weed Suppression in Organic Cropping Systems. Weed Science Society of America. *Weed Science* 61:162-170.

Zinati, G. M., Seidel, R., Grantham, A., Moyer, J., Ackroyd, V. J., Mirsky, S. B.  
2017. High-Residue Cultivation Timing Impact on Organic No-Till Soybean Weed  
Management. Weed Science Society of America - Weed Technology.