



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Trabajo Final

Carrera Ingeniería Agronómica

Evaluación de estrategias de control de *Bromus catharticus* en el cultivo de cebada

Modalidad: Trabajo de Investigación

Alumno: Iroulart, Gonzalo

Legajo: N° 27383/5

DNI: 38.327.083

Teléfono/Celular: 2983-583403

Correo electrónico: iroulart94@gmail.com

Director: Dr. Marcos Yannicari

Co-Directora: Lic. Mg Sci. Alejandra Carbone

Diciembre 2019

Resumen

Recientemente en el sur de la provincia de Buenos Aires se han detectado poblaciones de *Bromus catharticus* con baja sensibilidad a glifosato. Esto dificulta el manejo de la maleza previo a la siembra de cultivos de cereales de invierno. Ante este panorama, los estudios que contribuyan a evaluar alternativas de manejo, resultan trascendentes. En el presente trabajo se evaluaron distintas estrategias de control químico de *Bromus catharticus* resistente a glifosato, en pre-siembra, pre-emergencia y post-emergencia del cultivo de cebada. Se determinó que, al momento de realizar el control de pre-siembra, la utilización de glifosato en combinación con otros principios activos como el caso de cletodim y haloxifop llevaron a controles satisfactorios de la maleza. En tanto, el manejo con herbicidas residuales en pre-emergencia del cultivo, no fue efectivo con los tratamientos considerados. No obstante, se demostró que en post-emergencia existen alternativas experimentales eficaces como la mezcla de ajustadas dosis de metribuzin con clorimuron. Como resultado de este trabajo se cuantificó el nivel de pérdidas de rendimiento de cebada asociado a diferentes densidades de *Bromus catharticus*, brindando las evidencias que indican la importancia de esta maleza en interferencia con el cultivo de cebada.

Introducción

La cebada (*Hordeum distichum* L.) es una planta anual monocotiledónea, perteneciente a la familia de las Poáceas (gramíneas), que se cultiva principalmente para la elaboración de malta (Dimitri y Parodi, 1977). Sin embargo, junto a la cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) tiene gran importancia para la alimentación animal y humana; razón por lo cual en la última década la cebada se convirtió en el quinto producto más cultivado en el ámbito global, representando 141 millones de toneladas en el periodo 2018/2019 (MAGyP, 2019).

La malta de cebada se utiliza mayoritariamente para producir cerveza, pero también da lugar a la elaboración de otras bebidas sin alcohol o de muy poca graduación, como el Kvas, popular en Europa. Además, se extrae de ella un endulzante natural llamado azúcar de malta o jalea de malta utilizado por deportistas de alto rendimiento. En panadería, la harina de cebada se utiliza para elaborar el a veces denominado pan negro (De Bernardi, 2015). Es un hecho que el consumo de cebada para la alimentación humana fue históricamente importante, pero en términos globales ha ido perdiendo relevancia, dado que actualmente es utilizado en su gran mayoría como insumo relevante en la producción de cerveza y whisky y, he aquí su principal fortaleza, como alimento para animales debido a sus grandes propiedades nutritivas (De Bernardi, 2015).

La cebada cervecera es un cultivo que depende y está impulsado activamente por la industria de la malta o malterías. Estas reciben todo lo que se produce por contratos y se cosecha con calidad apta para maltería. Una vez abastecidas, exportan los excedentes de cebada cervecera (MAGyP 2016). Las partidas o lotes de cebada cervecera que no cumplen con las condiciones de calidad para la fabricación de malta, se destinan a exportación con la modalidad de cebada en grano, destinada a forraje, llamada cebada forrajera, pero en realidad es semilla de cebada cervecera (Corradi et al., 2005).

En la Argentina, es utilizada casi exclusivamente para la fabricación de malta, a diferencia de Europa donde existe un mercado forrajero que absorbe el producto excedente o de mala calidad. La industria maltera requiere ser abastecida con tonelajes suficientes en forma continua, debiendo cumplir la materia prima entregada por los productores, con los más estrictos requerimientos de calidad exigidos por parte del sector industrial (Bragachini y Peiretti 2009).

La producción nacional de cebada de la última campaña se ubicó en poco más de 5 millones de toneladas, un 35% más respecto a la del año precedente. A su vez, ese volumen resultó ser el segundo mayor registro en lo que va de este siglo. Las principales zonas que permitieron alcanzar tal nivel de

producción, se encuentran en el sudeste y centro/norte de la Provincia de Buenos Aires, totalizando unas 938.000 hectáreas (MAGyP, 2019). Se estima que en la última campaña más de un tercio de esa superficie se asoció a los partidos de Cnel. Dorrego, Tres arroyos, G. Chaves y San Cayetano, al sur de la provincia de Buenos Aires (Manso y Zamora, 2018).

Las malezas en el cultivo de cebada

En toda la región pampeana, las malezas han sido consideradas históricamente como una de las adversidades biológicas más importantes, limitando significativamente el rendimiento de los cultivos (Papa, 2009). El impacto que causan las malezas en la producción de cebada se manifiesta no solo en la interferencia asociada a la disminución del rendimiento, sino también en contaminación del grano durante la cosecha (Vigna et al., 2012).

La comunidad de malezas en un cultivo es el resultado de una serie de factores interrelacionados. Tanto las especies presentes como la abundancia de cada una, dependen de las infestaciones de los años precedentes, del manejo histórico y actual del lote, como de las condiciones climáticas (Leguizamón y Puricelli, 2004; Scursoni et al., 2014). Así es que entre las especies dicotiledóneas que comúnmente interfieren con cereales de invierno se destacan: *Ammi majus* L., *Bowlesia incana* Ruíz & Pavón, *Brassica rapa* L., *Carduus acanthoides* L., *Lamium amplexicaule* L., *Polygonum aviculare* L., *Polygonum convolvulus* L., *Raphanus sativus* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Veronica arvensis* L., *Viola arvensis* Murray, entre otras (Leguizamón y Puricelli, 2004; Scursoni et al., 2014). Sin embargo, las principales malezas problema dentro del cultivo de cebada son de la familia de las Poáceas, siendo las de mayor frecuencia: *Lolium multiflorum* Lam. y *Lolium perenne* L., *Avena fatua* L. y *Bromus catharticus* Vahl., conocida como “cebadilla criolla” (Istilart et al., 2015).

Habitualmente, el control de malezas se realiza mediante la aplicación de herbicidas, sin emplear otras prácticas tales como ajuste de densidad o fechas de siembra que tiendan a mejorar la interferencia del cultivo frente a la maleza (Martin, 2009; Scursioni et al., 2011). En tal sentido, los herbicidas son considerados el método más sencillo y eficaz para el manejo de malezas (Jhonson et al., 2009).

Los herbicidas registrados para el control de malezas en el cultivo de cebada incluyen aquellos considerados auxinas sintéticas (2,4-D, dicamba, picloram, clopiralid, fluroxipir y MCPA), metribuzin (triazina, inhibidor del fotosistema II) y sulfonilureas (metsulfuron, prosulfuron, triasulfuron, iodosulfuron-mesosulfuron) para el control de malezas latifoliadas y otros de acción graminicida: fenoxaprop, pinoxaden (ambos inhibidores de la enzima ACCasa -acetil Co-A carboxilasa-) y iodosulfuron-mesosulfuron (sulfonilureas para el control de *Avena fatua* y *Lolium spp.*) (Senseman, 2007). Estos principios activos se encuentran registrados para su uso en post-emergencia del cultivo y de la maleza, sin embargo, no están registrados para el control de *Bromus catharticus* (CASAFE, 2019); evidenciando la dificultad de manejo de esa maleza dentro del cultivo de cebada.

Bromus catharticus como maleza de cereales de invierno

El género *Bromus* comprende aproximadamente 150 especies distribuidas en regiones templadas y frías de ambos hemisferios. En Sudamérica, las especies de *Bromus* se distribuyen en una amplia región desde zonas ubicadas a nivel del mar hasta la cordillera de los Andes (Peterson y Planchuelo 1998; Speziale et al., 2015).

La especie *Bromus catharticus*, conocida comúnmente como “cebadilla criolla”, es nativa de América del Sur, a partir de donde fue ampliamente introducida como forrajera en regiones templadas de todo el mundo. Es una

especie hexaploide ($6n = 42$) cromosomas y posee dos tipos de floración, cleistógama y chasmógama, aunque es considerada una especie autógama facultativa por su baja tasa de alogamia (Naranjo, 1992). Por otro lado, es una especie anual o bianual de ciclo otoño-invierno-primaveral. Posee numerosas ramificaciones basales (macollos), algunas de las cuales producen tallos floríferos en cuyo extremo está la inflorescencia, que es una panoja laxa con espiguillas achatadas, cada una de las cuales contiene de 6 a 12 semillas grandes (Abbott y Pistorale, 2010). Un aspecto clave en el comportamiento de la especie es su extenso período reproductivo que abarca desde mediados de la primavera hasta el final del verano, con la mayor proporción de macollos reproductivos que ocurren entre octubre y noviembre (Scheneiter y Rosso, 2005).

Muchos autores reconocen distintas variantes y las clasifican como más de una especie, sin embargo, se reconocen dos variedades de la siguiente manera: *B. catharticus* var. *catharticus* con lemma aristada de 0,5-4 mm de largo con hojas jóvenes en prefoliación convolutada y *B. catharticus* var. *rupestris* (Spegazzini) con lemma mucronada o con una arista corta de 0,3-0,5 mm de largo, con hojas jóvenes en prefoliación plegada (Peterson y Planchuelo 1998).

El mejoramiento genético permitió obtener muchas variedades comerciales con excelente aptitud forrajera como especie de invierno (Belesky et al., 2007), pero desde hace varias décadas se encuentra como maleza de barbechos y cereales de invierno (Marzocca, 1976; Cabrera y Zardini, 1978; Ahumada y Troiani, 2016). En tal sentido, la elevada plasticidad de la especie habría permitido explicar la capacidad de adaptarse a los diferentes agroecosistemas de la región pampeana. Aulicino y Arturi (2002) encontraron que diferentes poblaciones de la provincia de Buenos Aires muestran plasticidad en caracteres vegetativos y reproductivos que se asociarían a la capacidad de adaptación de esta especie.

La plasticidad se refleja en la posibilidad de determinada especie de producir propágulos en un amplio rango de condiciones ambientales y es una

característica asociada a la malherbosidad (Baker 1974; Radosevich et al., 2007), como a la rápida evolución hacia la resistencia a herbicidas (Powles y Yu, 2010).

Pese a ser una especie nativa y frecuente maleza de cereales de invierno, la información respecto al impacto productivo que provoca *Bromus catharticus* al interferir con cereales de invierno resulta escasa, tanto a nivel nacional como en reportes extranjeros. Considerando su potencial dispersión, asociada a su baja sensibilidad a ciertos herbicidas, los aportes que permitan dilucidar su interferencia como maleza de cereales de invierno cobran especial importancia.

Malezas resistentes a herbicidas

A pesar de la disponibilidad de herbicidas, no ha sido posible erradicar a las malezas, sino que, por el contrario, se seleccionaron malezas tolerantes y/o resistentes a algunos principios activos (Papa, 2009). La resistencia a herbicidas se define como la habilidad hereditaria de un biotipo, dentro de una especie, capaz de sobrevivir y reproducirse cuando son tratados con una dosis recomendada de herbicida a la cual la especie es normalmente susceptible (Weed Science Society of America, 1998).

El masivo uso de herbicidas ha provocado efectos negativos en los agroecosistemas, conduciendo a la reducción de la biodiversidad en suelos cultivados, cambios en las comunidades de malezas y una rápida evolución de biotipos resistentes (Owen, 2008).

La repercusión de esta problemática ha comenzado a nivel mundial cuando se reportó, en 1970, el primer caso de resistencia de *Senecio vulgaris* L. a triazinas (Ryan, 1970). Posteriormente, la detección de nuevas malezas resistentes a otros principios activos de amplia difusión, incrementó la relevancia de la resistencia a herbicidas (Le Baron y Gressel, 1982; Powles y Holtum, 1994; Espinoza et al., 2005).

Desde la aparición del glifosato en el mercado en 1974, no se habían registrado malezas resistentes a este principio activo hasta el año 1996, cuando Pratley y colaboradores señalaron la resistencia de un biotipo de *Lolium rigidum* L. en Australia. Desde entonces, 43 especies han desarrollado diferentes biotipos resistentes a glifosato (ISHRW, 2019). Se ha demostrado que la aplicación continua de glifosato durante diez años, asociada a la reducida rotación de cultivos, favorece la aparición de biotipos de malezas resistentes a este herbicida (Owen, 2008).

El glifosato actúa como fitotóxico al interferir con la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPs), responsable de catalizar la reacción entre el shikimato-3-fosfato y el fosfoenolpiruvato (PEP) (Schönbrunn et al., 2002). La inhibición de la enzima blanco se produce mediante la competencia del glifosato con el PEP por el sitio de unión a la EPSPs, esto se traduce en la acumulación de ácido shikímico (Pline et al., 2002). Como resultado de las alteraciones provocadas por el herbicida se inhibe la biosíntesis de triptófano, tirosina y fenilalanina, y se afecta la regeneración de ribulosa bifosfato, un metabolito clave de la fotosíntesis (ciclo de Calvin) (Servaites et al., 1987). Esto perturba el metabolismo proteico y la síntesis de compuestos aromáticos secundarios: lignina, flavonoides, alcaloides y fitoalexinas (Herrmann et al., 1995 y Franz et al., 1997).

En Argentina, el dificultoso control de ciertas poblaciones de *Sorghum halepense* (Pers.) en el norte de la provincia de Salta (De la Vega et al., 2006) y *Lolium perenne* y *L. multiflorum* (Lam.) en el sur bonaerense (Vigna et al., 2008; Yanniccari et al., 2012) fueron los indicios para la detección de poblaciones de malezas resistentes a glifosato. A los que posteriormente se le sumaron otras especies (ISHRW, 2019).

En la campaña agrícola 2017/18, a los mencionados antecedentes se agrega la baja sensibilidad a glifosato de poblaciones de *Bromus catharticus* hallados por el grupo de trabajo de la Chacra Experimental Integrada Barrow (convenio MAIBA – INTA) en cultivos de trigo y cebada del partido de Tres Arroyos, al sur de la provincia de Buenos Aires. Los resultados de los estudios

realizados indican que estos biotipos problema toleran dosis cuatro veces mayores a aquellos normalmente susceptibles, corroborando su resistencia a glifosato (Yanniccari, et al. 2019). Resultando ser a nivel mundial, el primer caso de esa especie con resistencia a glifosato (ISHRW, 2019).

El difícil control de esta maleza en post-emergencia de trigo y cebada hace que el manejo en barbecho previo a la siembra sea trascendente (Yanniccari et al., 2019). En tal momento, poblaciones de *Bromus catharticus* del partido de Tres Arroyos han sobrevivido al control con glifosato. Ante este panorama, los estudios que contribuyan a evaluar alternativas de manejo, resultan trascendentes. Más aun considerando que no existen herbicidas registrados para el control de esta maleza en el cultivo de cebada (CASAFE, 2019).

Hipótesis

Las alternativas de control químico capaces de ser empleadas en el cultivo de cebada muestran diferente eficacia de control de *Bromus catharticus*.

Objetivo general

Evaluar la eficacia de control de tratamientos herbicidas para el manejo de *Bromus catharticus* en pre-siembra, pre-emergencia y post-emergencia del cultivo de cebada.

Objetivos específicos

- Evaluar la eficacia de control de *Bromus catharticus* con herbicidas aplicados en pre-siembra del cultivo de cebada.
- Comparar la eficacia de control de *Bromus catharticus* lograda con herbicidas pre-emergentes y post-emergentes.
- Determinar el nivel de control de la maleza y la fitotoxicidad provocada sobre el cultivo mediante herbicidas post-emergentes de acción gramínicida.
- Explorar alternativas de control con herbicidas experimentales para su empleo en el cultivo de cebada.
- Determinar el impacto de la interferencia de *Bromus catharticus* en los componentes del rendimiento de cebada.

Materiales y métodos

Con la finalidad de cumplir los objetivos planteados, se llevaron a cabo dos experimentos de campo para evaluar alternativas de control de *Bromus catharticus* en pre-siembra, pre-emergencia y post-emergencia del cultivo de cebada.

Experimento de control de *Bromus catharticus* en pre-siembra del cultivo de cebada

Se realizó un experimento a campo en un lote (38° 46' S; 60° 30' O) del partido de Tres Arroyos (Provincia de Buenos Aires), en cercanías a la localidad de Copetonas. Allí se detectó una población de *Bromus catharticus* de baja sensibilidad a glifosato, donde se evaluaron tratamientos para el control de la maleza en barbecho:

- 1- **Glifosato** (Sulfosato Touchdown®, 50,6% equivalente ácido (e.a.)): 1012 g e. a. ha⁻¹.
- 2- **Glifosato** (Sulfosato Touchdown ®, 50,6% e.a.) + **cletohim** (Select®, 24% ingrediente activo (i.a.)): 1012 g e.a. ha⁻¹ + 192 g i.a. ha⁻¹.
- 3- **Glifosato** (Sulfosato Touchdown ®, 50,6% e a.) + **haloxifop** (Galant® HL, 52% e.a.): 1012 g e.a. ha⁻¹ + 130 g e.a. ha⁻¹.
- 4- **Testigo sin control**: Sin aplicación de herbicidas.

Los tratamientos herbicidas se realizaron con un pulverizador experimental de precisión, con presión constante de 35 lb generada por CO₂ comprimido. El equipo fue provisto de pastillas tipo abanico plano (Teejet® 11002), calibrado para erogar un volumen constante de 145 L ha⁻¹. Las condiciones ambientales al momento de las aplicaciones fueron: velocidad del

viento de 12,5 km h⁻¹, 36 % de humedad relativa y 22 °C de temperatura ambiente. La maleza se encontraba en un estado de 2-4 macollos.

Determinaciones

Se efectuaron evaluaciones de control a partir de estimaciones visuales a los 45 y 60 días después de las aplicaciones (DDA) en función de comparaciones respecto al tratamiento testigo sin herbicida.

Experimento de control de *Bromus catharticus* en pre-emergencia y post-emergencia de cebada

Se realizó un experimento a campo en un lote de producción (38° 43' S; 60° 29' O) cultivado con cebada cervecera cultivar Andreia, situado en cercanías a la Ruta Provincial 72 en el partido de Tres Arroyos. Allí se detectó una población espontánea de *Bromus catharticus* de baja sensibilidad a glifosato (Yanniccari, 2018) y sobre la cual se evaluaron los siguientes tratamientos herbicidas:

- 1- **Aplicación pre emergente de pyroxasulfone** (Yamato®, 85% i.a.): 102 g i.a. ha⁻¹.
- 2- **Aplicación pre emergente de pyroxasulfone** (Yamato®, 85% i.a.) + **flumioxazin** (Sumisoya®, 48% i.a.): 102 + 57,6 g i.a. ha⁻¹.
- 3- **Aplicación pre emergente de S-metolaclor** (Dual Gold®, 96%): 960 g i.a. ha⁻¹.
- 4- **Aplicación pre emergente de producto experimental** (cloroacetamida experimental, 72% i.a.): 1440 g i.a. ha⁻¹.
- 5- **Aplicación post emergente de iodosulfuron-mesosulfuron + metsulfuron** (Hussar Plus®): 12-1,8 + 3 g i.a. ha⁻¹.

- 6- **Aplicación post emergente de fenoxaprop** (Puma extra®, 6,9% i.a.): 55,2 g i.a. ha⁻¹
- 7- **Aplicación post emergente de pinoxaden** (Axial®, 5% i.a.): 40 g i.a. ha⁻¹.
- 8- **Aplicación post emergente de metribuzin** (Sencorex®, 48% i.a.) + **clorimuron** (Classic®, 25% i.a.): 192 + 5 g i.a. ha⁻¹.
- 9- **Aplicación post emergente de clorimuron** (Classic®, 25% i.a.): 5 g i.a. ha⁻¹.
- 10- **Testigo sin control:** Sin herbicida.

Treinta días previos a la siembra se realizó un tratamiento de glifosato (1000 g e.a. ha⁻¹) + cletodim (160 g i.a. ha⁻¹) para el control de todas las malezas establecidas. La siembra y fertilización se realizó mediante los equipos propios del productor, empleando la tecnología comúnmente disponible en la región. Se ajustó una densidad de siembra de 250 plantas m⁻².

Las aplicaciones de pre-emergentes se realizaron el 16 de julio de 2018, una vez sembrado el cultivo y antes de la emergencia de la cebada y la maleza. En ese momento las condiciones ambientales fueron: 4,5 km h⁻¹ de velocidad del viento, 63,8% de humedad relativa y temperatura de 11,5°C. En tanto, los tratamientos post-emergentes se efectuaron el día 21 de septiembre de 2018, cuando el cultivo se encontraba en macollaje (Z 2.1-2.3) y la maleza presentaba tres hojas expandidas. Las condiciones ambientales al momento de la aplicación de los post-emergentes fueron: 13,3 km h⁻¹ de velocidad del viento, 37,9% de humedad relativa y temperatura de 22,0°C.

Como en el experimento anterior, todas las aplicaciones se realizaron con un pulverizador experimental de precisión, con presión constante de 35 lb generada por CO₂ comprimido. El equipo fue provisto de pastillas tipo abanico plano (Teejet® 11002), calibrado para erogar un volumen constante de 145 L ha⁻¹. Todos los tratamientos post-emergentes incluyeron alcohol etoxilado como coadyuvante a razón de 0,2% respecto al volumen de caldo.

Determinaciones

En distintos momentos desde la realización de los tratamientos se llevaron a cabo las siguientes evaluaciones:

- **Estimación de control de la maleza:** mediante observaciones relativas al tratamiento testigo absoluto, se realizaron estimaciones visuales de control de la maleza (%).
- **Densidad de la maleza:** empleando un marco de 0,25 m² dispuesto al azar en cada parcela, se determinó la densidad de plántulas de *Bromus catharticus* luego de 65 días desde la aplicación de los tratamientos pre-emergentes.
- **Estimación de fitotoxicidad sobre el cultivo:** empleando la escala de EWRS de 1 a 9: donde “1” representa plantas sin daños evidentes y “9” plantas con destrucción total (Kroschel, 2001).
- **Rendimiento:** una vez alcanzada la madurez de cosecha, se tomaron muestras de todas las espigas de 2 m lineales de los dos surcos centrales de cada unidad experimental. Los granos de cada muestra se extrajeron mediante una trilladora estática y se determinó el peso de mil granos empleando un contador automático (Pfeuffer GMBH, Kitzingen, Alemania) y balanza analítica. Finalmente, se estimó el peso de mil granos y rendimiento en grano ajustado al porcentaje de humedad del grano (14%).

Diseño y análisis estadístico

En ambos experimentos se empleó un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones. Las unidades experimentales fueron parcelas de 2 m de ancho y 10 m de largo. Los datos se sometieron a análisis de la varianza y se realizó la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher (5%) para el contraste de medias.



Considerando el registro de densidad de plantas de *Bromus catharticus* en cada parcela tratada con pre-emergentes y los correspondientes datos de rendimiento y peso de mil granos de cada unidad experimental, se realizaron correlaciones simples a fin de determinar relaciones entre la densidad de la maleza y el rendimiento del cultivo. En cada caso, se calcularon los coeficientes de correlación (r) y el valor de probabilidad y de ser correspondiente se ajustó un modelo lineal.

Para todos los análisis indicados se empleó el paquete estadístico InfoStat® versión 2008.

Resultados y discusión

Experimento de control de *Bromus catharticus* en pre-siembra del cultivo de cebada

A partir del análisis de la varianza, se encontró que los tratamientos evaluados mostraron diferencias significativas entre sí respecto al control de *Bromus catharticus* en barbecho ($p < 0,05$). Considerando que no existen herbicidas registrados para el control de esa maleza en el cultivo de cebada (CASAFE, 2019), el manejo de la maleza en barbecho es imprescindible para minimizar los efectos sobre cereales de invierno.

Normalmente, el empleo de glifosato en barbecho permite controlar poblaciones susceptibles de *Bromus catharticus* (CASAFE, 2019). Sin embargo, como se muestra en la Tabla 1, existen poblaciones que presentan baja sensibilidad a dosis recomendadas de glifosato, donde el herbicida no logró controlar más del 80 % de las plantas. Aquellas plantas que escapan al control no solo dificultarían el manejo en post-emergencia del cultivo, si no que resultarían trascendentes para el incremento de la frecuencia de plantas resistentes (Norsworthy, 2008).

Tabla 1. Porcentaje de control logrado con los diferentes tratamientos a los 45 y 60 días post-aplicación (DPA). Se presentan los valores promedio. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Tratamiento	45 DPA	60 DPA
1- Glifosato	56 a	76 a
2- Glifosato + Cletodim	93 b	99 b
3- Glifosato + Haloxifop	96 b	97 b

La combinación de glifosato con herbicidas como cletodim y haloxifop, permitió alcanzar niveles de control superiores al 95% de las plantas (Tabla 1).

Bajo estos tratamientos, la maleza fue eficazmente controlada y no mostró rebrotes posteriores luego de 60 días de realizados los tratamientos (Tabla 1; Figura 1).

Las mezclas de principios activos han sido propuestas como estrategias químicas para manejar y retrasar la evolución de la resistencia (Beckie y Reboud, 2009). Los tratamientos con cletodim ó haloxifop deben considerar los tiempos necesarios para su degradación antes de la siembra de cereales, éstos son dependientes de la dosis y los aspectos edafoclimáticos de cada caso (Senseman, 2007).

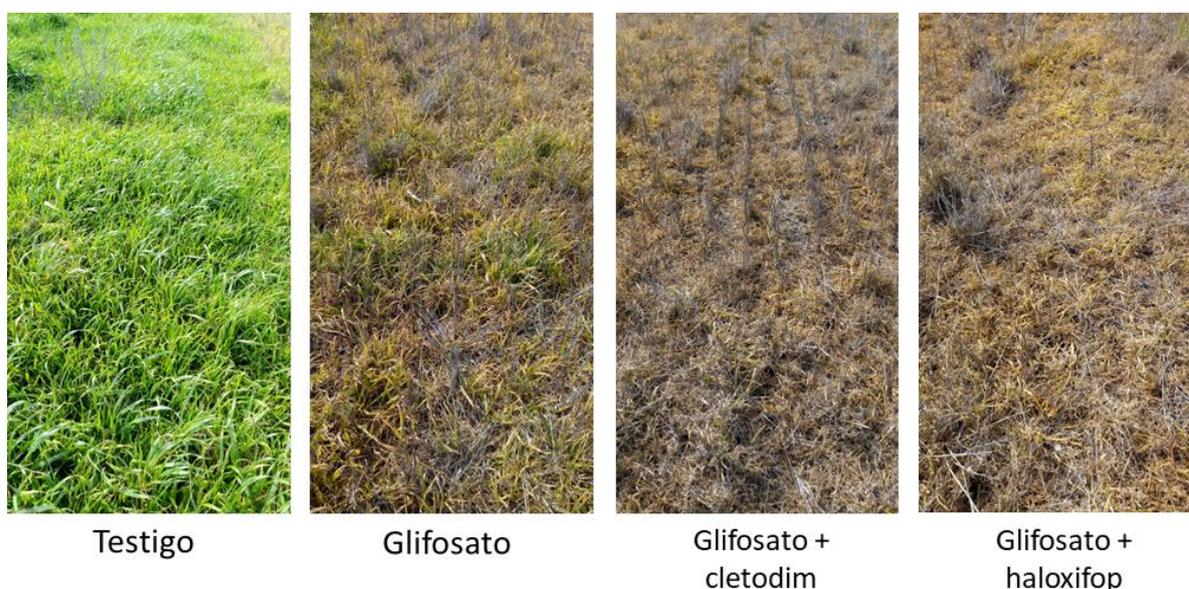


Figura 1. Efecto de herbicidas sobre el control de *Bromus catharticus* en presiembra, luego de 60 días desde la aplicación de cada tratamiento.

Experimento de control de *Bromus catharticus* en pre-emergencia y post-emergencia de cebada

Inicialmente, al determinar el efecto de los tratamientos pre-emergentes sobre la densidad de plántulas de *Bromus catharticus* emergidas luego de 65

días desde la aplicación, el análisis de la varianza mostró que los herbicidas pre-emergentes no presentaron diferencias significativas entre sí con el testigo sin herbicida ($p=0,97$). Por lo tanto, los tratamientos pre-emergentes evaluados no resultaron efectivos para inhibir la emergencia de la maleza (Figura 2).

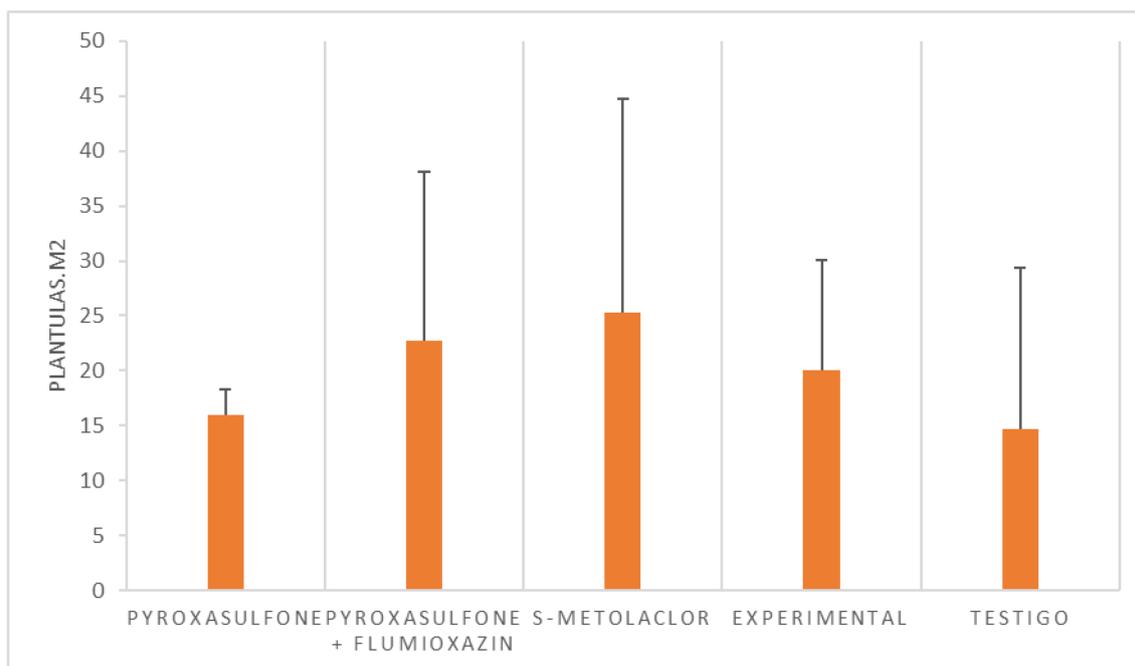


Figura 2. Densidad promedio de plántulas de *Bromus catharticus* para cada tratamiento pre-emergente y el testigo sin herbicida luego de 65 días desde la aplicación. Se presentan los valores promedio y las barras de dispersión indican el error estándar de la media.

Sin embargo, tales herbicidas mostraron diferencias altamente significativas en cuanto a los efectos fitotóxicos provocados sobre el cultivo ($p<0,01$). Tales efectos se reflejaron en retrasos en el crecimiento y desarrollo de plantas durante la implantación del cultivo. El tratamiento que afectó al cultivo en menor medida fue aquel que incluyó pyroxasulfone solo, diferenciándose del producto experimental y de la mezcla de pyroxasulfone + flumioxazin que provocaron los mayores niveles de fitotoxicidad. En tanto, el tratamiento que incluyó S-metolacolor mostró un nivel intermedio de

fitotoxicidad promedio, y no se diferenció de ninguno de los pre-emergentes evaluados (Figura 3).

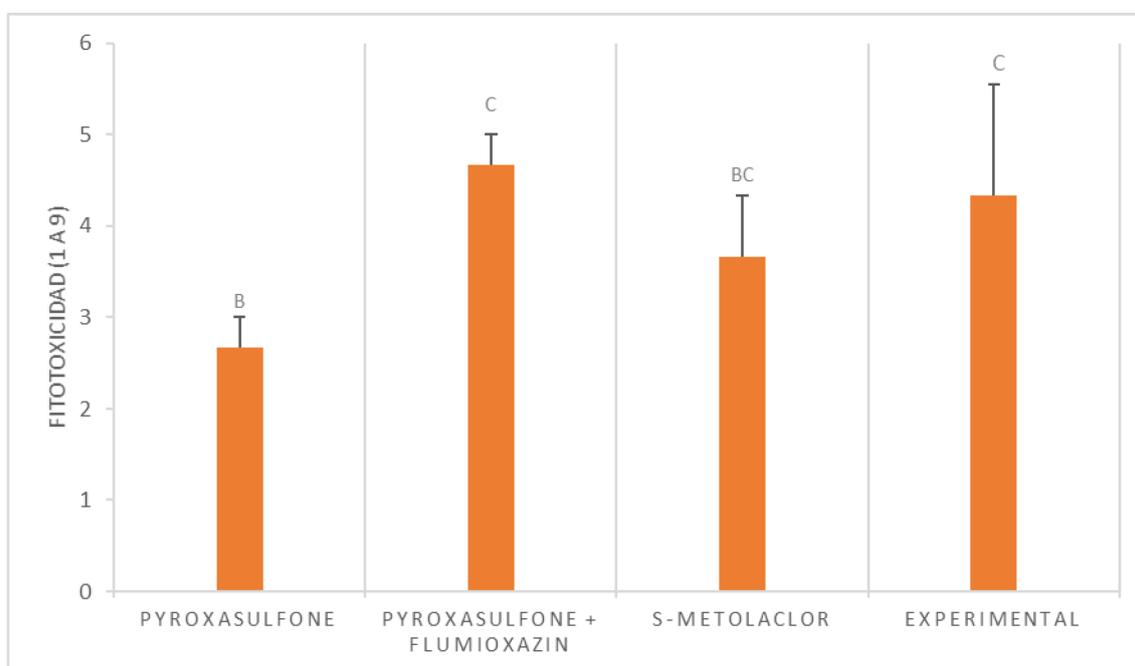


Figura 3. Nivel de fitotoxicidad (escala EWRS, 1 a 9) provocado sobre el cultivo de cebada luego de 65 días de la aplicación de los pre-emergentes. Letras iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos ($p > 0,05$).

Si bien hasta el momento no existen productos registrados para el control de malezas gramíneas en pre-emergencia de cebada (CASAFE, 2019), en el cultivo de trigo el empleo de herbicidas pre-emergentes ha permitido manejar malezas como *Lolium spp* resistente a herbicidas post-emergentes (Walsh et al., 2013). No obstante, debido al nivel de fitotoxicidad determinado en el presente trabajo y el bajo nivel de control logrado, los tratamientos pre-emergentes evaluados bajo las condiciones del experimento no resultarían ser una alternativa considerable.

Por otra parte, al tener en cuenta el control de la maleza provocado por los tratamientos post-emergentes, el análisis de la varianza mostró que los

efectos de esos herbicidas presentaron diferencias altamente significativas entre sí y frente a los tratamientos pre-emergentes ($p < 0,01$).

En ese sentido, cuando el cultivo se encontraba en encañazón, luego de 35 días desde la aplicación de los herbicidas post-emergentes, el tratamiento de mayor eficacia de control de *Bromus catharticus* fue aquel que combinó metribuzin + clorimuron (T8) (Figura 4; Figura 5). Este tratamiento permitió superar el 70% de control de la maleza, difiriendo significativamente de los restantes tratamientos donde no lograron llegar a tal valor. Cuando se obtienen valores mayores al 70 % de control se puede determinar que el producto es comercialmente aceptable. El tratamiento de pinoxaden (T7) por su parte logró un control del 68%, mostrando baja eficacia sobre *Bromus catharticus* (Figura 5).



Figura 4. Efecto de herbicidas sobre el control de *Bromus catharticus* en encañazón del cultivo de cebada, luego de 35 días desde la aplicación de cada tratamiento.

En cuanto a los restantes tratamientos de post-emergencia, éstos presentaron controles menores al 60%, siendo iodosulfuron-mesosulfuron + metsulfuron (T5) y fenoxaprop (T6) los menos eficaces. Por otro lado, en este momento de evaluación, i.e. en encañazón, los tratamientos pre-emergentes

tampoco no lograron superar el 60% del control de la maleza (Figura 5; Figura 6).

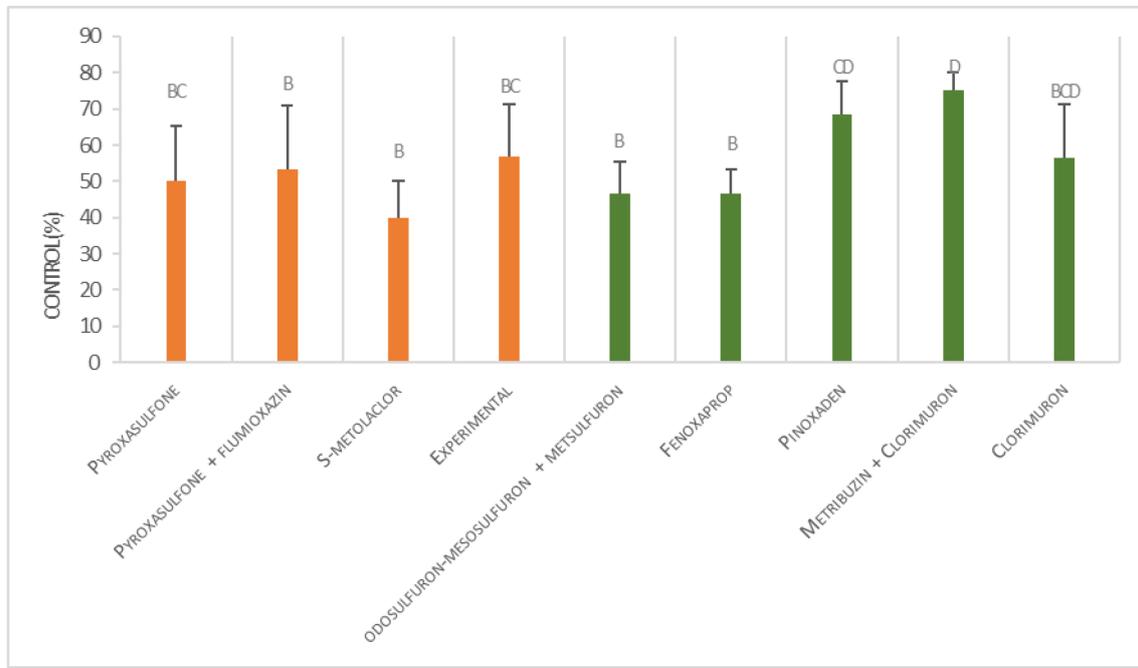


Figura 5. Control promedio de *Bromus catharticus* provocado por cada uno de los tratamientos pre- (barras naranjas) y post-emergentes (barras verdes) en encañazón del cultivo de cebada. Letras iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos ($p > 0,05$).

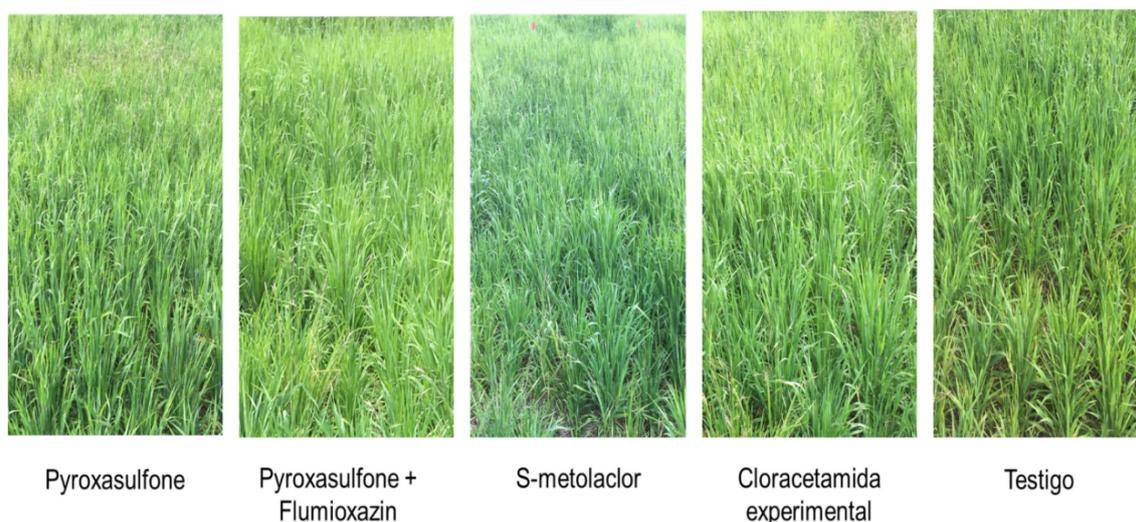


Figura 6. Efecto de herbicidas pre-emergentes sobre *Bromus catharticus* y sobre el cultivo de cebada en encañazón.

Teniendo en cuenta la fitotoxicidad provocada por los tratamientos post-emergentes, el análisis de la varianza mostró que los efectos de esos herbicidas presentaron diferencias altamente significativas entre sí y frente a los tratamientos pre-emergentes ($p < 0,01$). En este sentido, cuando el cultivo se encontraba en encañazón, luego de 35 días desde la aplicación de los herbicidas post-emergentes, el tratamiento que logró los menores efectos fitotóxicos en el cultivo fue el que incluyó pinoxaden (T7), siguiéndolo el tratamiento de clorimuron (T9) mostrando valores fitotóxicos intermedios. Los restantes tratamientos de post-emergencia provocaron efectos fitotóxicos más elevados que los nombrados, pero en comparación con los tratamientos pre-emergentes resultaron menos agresivos para el cultivo (Figura 7).

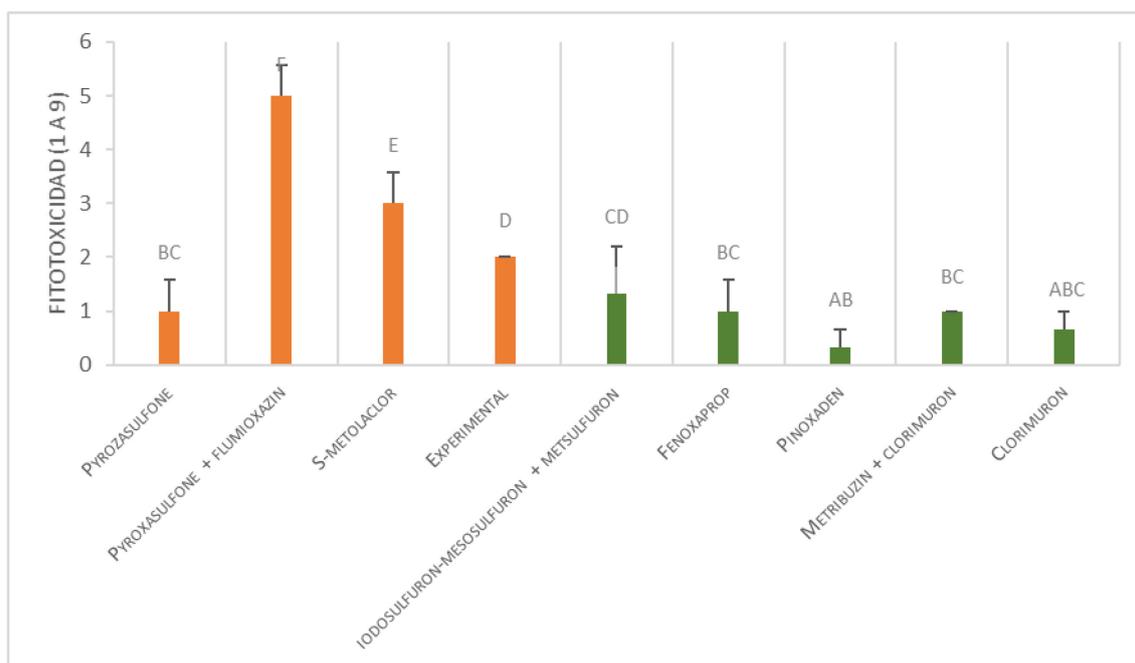


Figura 7. Nivel de fitotoxicidad (escala EWRS, 1 a 9) provocado sobre el cultivo de cebada por cada uno de los tratamientos pre- (barras naranjas) y post-emergentes (barras verdes) en encañazón del cultivo de cebada. Letras iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos ($p > 0,05$).

Rendimiento del cultivo

El análisis de la varianza mostró que el rendimiento del cultivo, reflejado en la producción de granos (kg ha^{-1}), no fue afectado significativamente por los tratamientos evaluados ($p > 0,05$). El efecto fitotóxico inicialmente detectado no llegó a condicionar significativamente el rendimiento de cebada. Si bien se encontró una diferencia superior a los 1400 kg ha^{-1} al comparar los rindes promedio del tratamiento que mostró la máxima y la mínima producción de granos (Figura 8), la heterogénea distribución de la maleza habría condicionado la variabilidad de los datos.

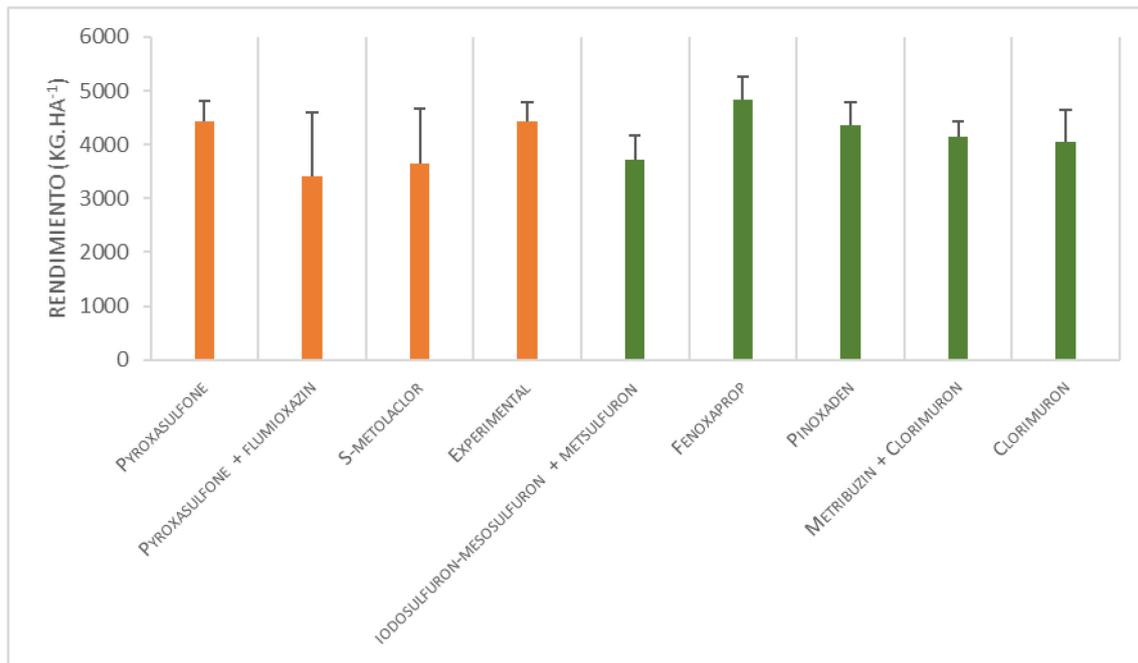


Figura 8. Rendimiento del cultivo de cebada para cada tratamiento. Se señalan los diferentes tratamientos pre- (barras naranjas) y post-emergentes (barras verdes). Se presentan los valores promedio y las barras de dispersión indican el error estándar de la media.

En el mismo sentido, al comparar el peso de mil granos no se hallaron diferencias entre los efectos provocados por cada tratamiento herbicida ($p < 0,05$). La variación hallada en este componente del rendimiento no pudo ser asociada a los herbicidas. El valor promedio mínimo de peso de mil granos fue 40,82 g y el máximo fue 45,74 g (Figura 9).

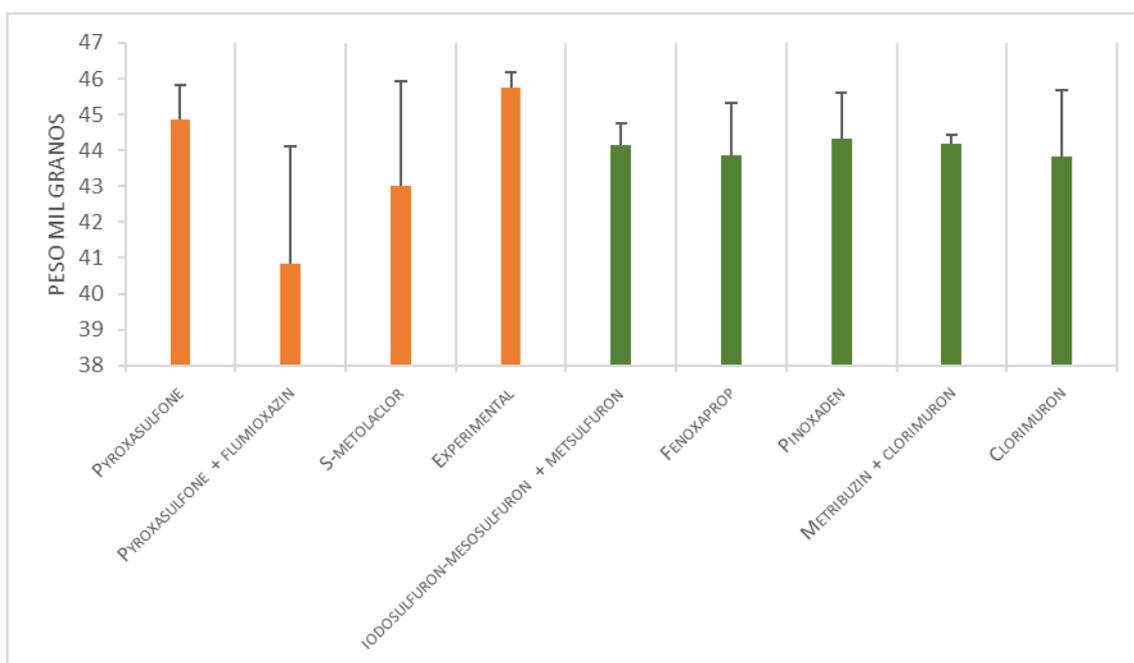


Figura 9. Peso de mil granos de cebada de cada tratamiento, se indican los tratamientos pre (barras color naranja) y post-emergentes (barras color verde). Se presentan los valores promedio y las barras de dispersión indican el error estándar de la media.

Efecto de Bromus catharticus sobre el rendimiento de cebada

Pese a que los diferentes niveles de control logrados por los herbicidas no llegaron reflejarse en el rendimiento del cultivo, se encontró variabilidad en la producción de cebada de cada unidad experimental. En tal sentido, se procedió a realizar un análisis de correlación que permita asociar el impacto en el rendimiento de diferentes densidades de *Bromus catharticus* registradas en cada parcela.

Se halló una correlación negativa ($r=-0,81$) de significancia estadística ($p<0,05$) entre ambas variables (Figura 10). Así se encontró que por cada planta de *Bromus catharticus* por metro cuadrado, el cultivo perdió casi 58 kg ha^{-1} de rendimiento (Figura 10).

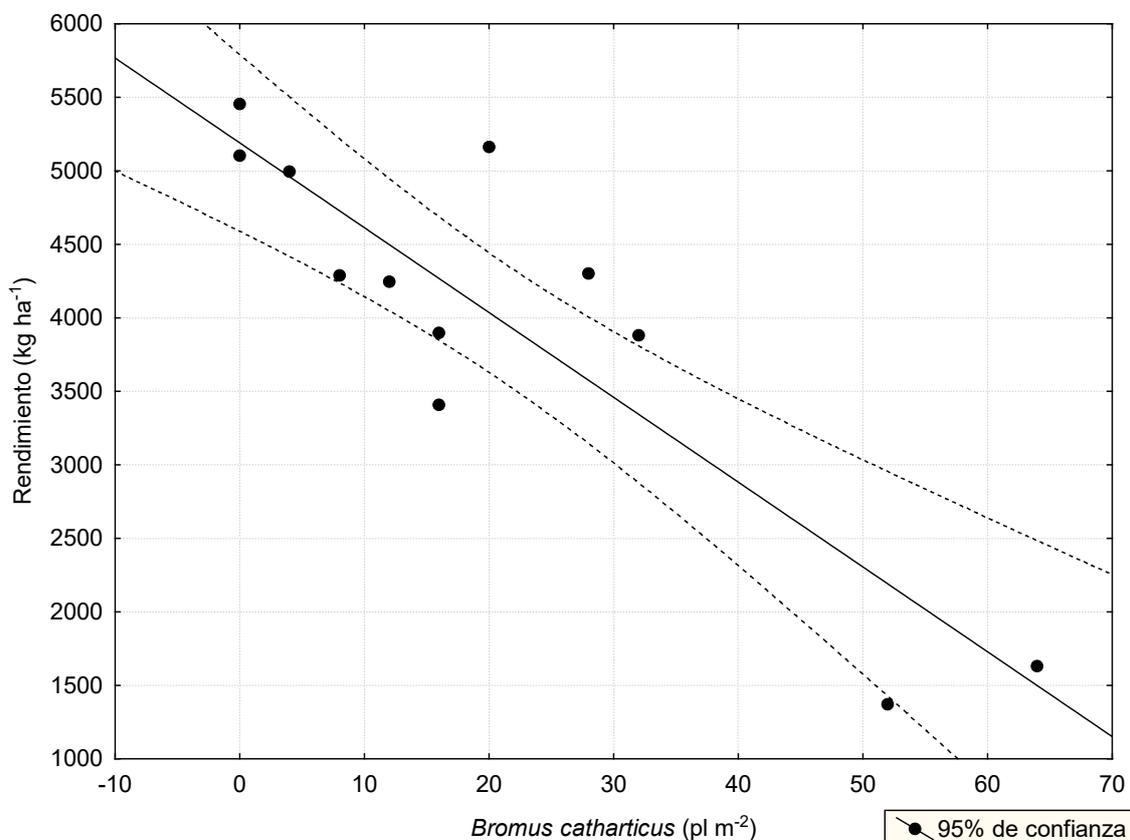


Figura 10. Correlación entre la densidad de plantas de *Bromus catharticus* y el rendimiento de cebada. Se representa la recta que asocia ambas variables según el modelo: Rendimiento (kg ha⁻¹)= -57,69 x Densidad de la maleza (pl m⁻²) + 5190,8. Entre líneas segmentadas se hallan los valores estimados para un 95% de confianza. Coeficiente de correlación: r=-0,81, p<0,05.

En cuanto al peso de mil granos se pudo determinar que el análisis de correlación demuestra una ocurrencia similar al rendimiento, en esta se halló una correlación negativa (r=-0,77) de significancia estadística (p<0,05) entre ambas variables (Figura 9). De esta forma se encontró que por cada planta de *Bromus catharticus* por metro cuadrado, el cultivo perdió 0,14 g de peso de mil granos (Figura 11).

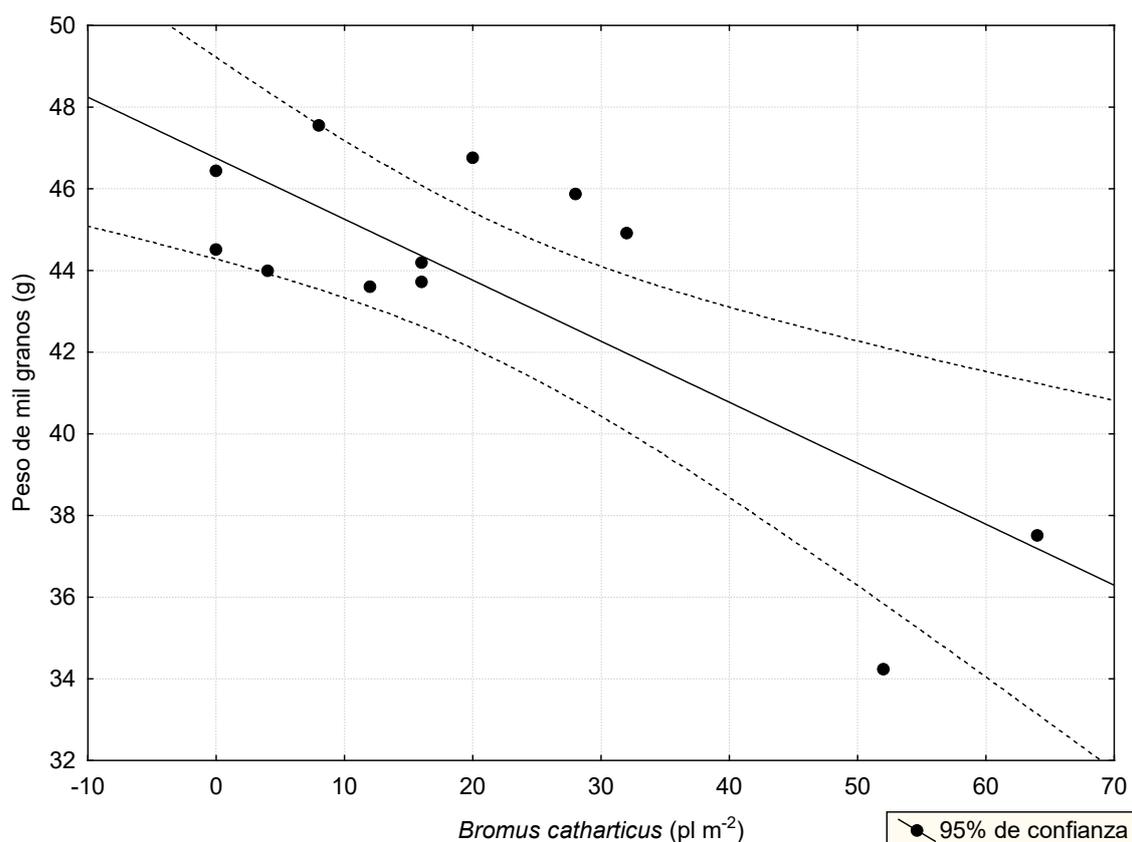


Figura 11. Correlación entre la densidad de plantas de *Bromus catharticus* y el peso de mil granos de cebada. Se representa la recta que asocia ambas variables según el modelo: $\text{Peso de mil granos (g)} = -0,14 \times \text{Densidad de la maleza (pl m}^{-2}\text{)} + 46,7$. Entre líneas segmentadas se hallan los valores estimados para un 95% de confianza. Coeficiente de correlación: $r = -0,77$, $p < 0,05$.

Los resultados obtenidos de las aplicaciones pre-emergentes y post-emergentes de herbicidas mostraron que los tratamientos post-emergentes evaluados fueron más efectivos en comparación con los tratamientos pre-emergentes. El tratamiento post-emergente que ejerció mayor nivel de control sobre *Bromus catharticus* fue la combinación de metribuzin con clorimuron, siendo el único tratamiento que obtuvo los parámetros de control comercialmente aptos. Esta combinación de productos no se encuentra registrada en Argentina, sin embargo existen antecedentes internacionales que

demuestran su acción herbicida en diversas malezas (Georges y Boubakar, 2015).

El empleo de metribuzin para el control de *Bromus rigidus* Roth. ha sido documentado como un efectivo principio activo en cultivos de trigo duro, pese a los efectos fitotóxicos provocados sobre el cultivo sobre todo en aplicaciones tempranas (Bouhache et al., 1997). Scursoni (2003) evaluó el empleo de metribuzin en cultivares de cebada y encontró que la sensibilidad al herbicida varió con los materiales considerados, la dosis de uso y el momento de aplicación. Los efectos fitotóxicos se reflejaron en niveles de clorosis que fueron más severos cuando la aplicación se realizó en inicio de macollaje. Sin embargo, al igual que en el presente trabajo, en esas experiencias también se evaluaron mezclas de metribuzin con otros principios activos.

La práctica de mezclar uno o más herbicidas en el caldo de pulverización, es una práctica frecuente y tiene muchas ventajas cuando se lo compara con el modo de uso de cada producto por separado, esto puede generar un aumento en el espectro de acción en la aplicación y en consecuencia un aumento en el control de la plaga (Massaro et al., 2016). Otro aspecto a considerar de la mezcla de metribuzin + clorimuron es la combinación de modos de acción (inhibidor del fotosistema II e inhibidor de la ALS, respectivamente), teniendo en cuenta que ambos grupos de herbicidas son de alto riesgo de evolución de resistencia (Heap, 2019), las mezclas de los mismos constituyen técnicas favorables para la prevención de la resistencia (Beckie, 2006).

Esta combinación de herbicidas se incluye dentro de los tratamientos realizados de forma experimental en el presente trabajo, considerando que no existen herbicidas registrados para el control de esta maleza en el cultivo de cebada (CASAFE, 2019). Se puede recalcar que metribuzin con clorimuron condujo a un control comercialmente apto, y los tratamientos de clorimuron solo y la cloracetamida experimental en pre-emergencia, mostraron controles levemente inferiores a los exigidos para ser comercialmente aptos.

La densidad poblacional de *Bromus catharticus* dentro del cultivo de cebada afectó negativamente los componentes de rendimiento, mostrando disminuciones significativas en la producción de grano ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y peso de mil granos (g) por cada planta de la maleza. Si bien esta maleza es frecuente en los cultivos de invierno, como se indicó anteriormente, no se hallaron antecedentes que cuantifiquen las pérdidas de rendimiento asociadas a esta especie de maleza en trigo ó cebada.

La interferencia generada por *Bromus catharticus* condicionó el rendimiento de cebada. Analizando la función de pérdida por cada planta de la maleza por m^{-2} , el cultivo perdió alrededor de 1% de rendimiento (i.e. pendiente/ordenada al origen $\times 100$; en Figura 10: $-57,69 / 5190,8 \times 100 = 1,1\%$). Sin embargo, cuando se considera el efecto de la densidad de *Bromus catharticus* sobre el peso de mil granos del cultivo, se encontró que una planta de la maleza por m^{-2} conduce a casi un 0,3% de pérdida en el peso de mil granos (en Figura 11: $-0,14 / 46,7 \times 100 = 0,29\%$). Por lo tanto, la interferencia de *Bromus catharticus* sobre cebada sería mayor en el período de definición del número de granos más que en el llenado de los mismos.

Conclusión

Los resultados del presente trabajo permiten comparar la eficacia de control de tratamientos herbicidas para el manejo de *Bromus catharticus* en pre-siembra, pre-emergencia y post-emergencia del cultivo de cebada. Las evidencias arribadas permiten aceptar la hipótesis planteada que sostiene que *las alternativas de control químico capaces de ser empleadas en el cultivo de cebada muestran diferente eficacia de control de Bromus catharticus*.

Se pudo determinar que al momento de realizar el control de pre-siembra, la utilización de glifosato en combinación con otros principios activos como el caso de cletodim y haloxifop podrían conducir a controles satisfactorios de *Bromus catharticus*. En tanto, el manejo de la maleza en pre-emergencia de la maleza no fue efectivo con los tratamientos considerados, pero se demuestra que en post-emergencia existen alternativas experimentales eficaces para suprimir la maleza.

Bromus catharticus se detectó como una maleza agresiva frente al cultivo de cebada cervecera, cuya pérdida de rendimiento se asoció a la densidad de la maleza que habría repercutido tanto en el número de granos producidos como en el peso de los mismos.

Los resultados del presente trabajo se plantean como una estrategia de control dentro de un manejo integrado de malezas, donde en conjunto con otros métodos de control permitirían favorecer al cultivo en detrimento de la maleza.

Bibliografía

- **Abbott, L. y Pistorale, S.** 2010. Determinación de componentes de la varianza y heredabilidad en cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.). Agriscientia 27: 115-123.
- **Ahumada, O. y Troiani, H.** 2016. *Bromus catharticus* Vahl. En: Malezas e Invasoras de la Argentina. Tomo II: Descripción y reconocimiento. Fernández, O.; Leguizamón, E. y Acciaresi, H. (Eds.). EdiUNS: 444.
- **Aulicino, M. y Arturi, M.** 2002. Phenotypic diversity in Argentinian populations of *Bromus catharticus* (Poaceae). Genetic and environmental components of quantitative traits. New Zealand Journal of Botany 40(2): 223-234.
- **Baker, H.G.** 1974. The evolution of weeds. Annual Review of Ecology and Systematics. 5:1-24.
- **Beckie, H.J.** 2006. Herbicide-resistant weeds: Management tactics and practices. Weed technology 20: 791-814.
- **Beckie, H.J. y Reboud, X.** 2009. Selecting for Weed Resistance: Herbicide Rotation and Mixture. Weed Technology 23: 363-370.
- **Belesky, D.; Ruckle, J.M. y Abaye, A.** 2007. Seasonal distribution of herbage mass and nutritive value of Prairiegrass (*Bromus catharticus* Vahl). Grass and Forage Science 62: 301-311.
- **Bouhache, M.; Bennasseur, S.; Taleb, A. y Rssaïsp, N.** 1997. Possibilités de contrôle chimique du brome rigide (*Bromus rigidus* Roth.) dans une culture de blé. Actes Inst. Agron. Veto (Maroc) 17: 261-266.
- **Bragachini, M. y Peiretti, J.** 2009. Cebada Cervecera, el 2do. Cultivo de Invierno en Argentina con franca expansión. INTA PRECOP. INTA EEA Manfredi. Disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/CebadaCerveceraFrancaExpansion.asp>.
- **Cabrera, A. y Zardini, E.** 1978. Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires. Ed. ACME. 756 pág.

- **CASAFE.** 2019. Guía de Productos Fitosanitarios. https://guiaonline.casafe.org/index.php/ms_session_manager. Último acceso: 20 octubre 2019.
- **Corradi, P.; del Río, J.A.; Eleicegui, G. y Zorraquin, T.** 2005. Agroalimentos Argentinos II. AACREA. 284 pág.
- **De Bernardi, L.** 2015. Producción de cebada. Revista Alimentos Argentinos 65: 26-31.
- **De la Vega, M.H.; Fadda, D.; Alonso, A.; Argañaraz, M.; Sánchez, J. y García, A.** 2006. Curvas dose-resposta em duas populações de *Sorghum halepense* ao herbicida glyphosate no norte Argentino. In Congresso Brasileiro da Ciencia das plantas Daninhas. Brasilia, Brasil. Resumos. p. 4.
- **Dimitri, M. y Parodi, L.** 1977. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Editorial ACME. Buenos Aires. Pp. 630.
- **Espinoza, N.; Díaz, J. y De Prado, R.** 2005. Ballica (*Lolium multiflorum* Lam) con resistencia a glifosato, glifosato-trimesium, iodosulfuron y flucarbazone-Na. In XVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas; I Congreso Iberoamericano de Ciencia de las Malezas. Varadero, Matanzas, Cuba, 8 al 11 de noviembre de 2005.
- **Franz, J.E. et al.** 1997. Glyphosate: A unique and global herbicide. Washington, DC: American Chemical Society, ACS Monograph, 189. 653 p.
- **Georges, K. y Boubakar, O.** 2015. Herbicidal Activity of Chlorimuron-ethyl (107 g/kg) associated with Metribuzin (643 g/kg) on Sugar Cane weeds and Its Effects on Soil Agrochemical Properties, in Burkina Faso. Journal of Environmental Science and Engineering B 4: 501-512.
- **Heap.** 2019. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponible en: <http://weedsociety.org/>. Último acceso: 20 de Noviembre de 2019.
- **Herrmann, K.M.** 1995. The Shikimate Pathway as an Entry to Aromatic Secondary Metabolism. Plant Physiology 107: 7-1 2.

- **Johnson, W.; Davis, V.; Kruger, G. y Weller, S.** 2009. Influence of glyphosate-resistant cropping systems on weed species shifts and glyphosate resistant weed populations. *European Journal of Agronomy* 31: 162–172.
- **Kroschel, J.** 2001. A Technical manual for parasitic weed research and extension. Springer. 276 p.
- **Le Baron, M. y Gressel, J.** 1982. *Herbicide Resistance in Plants*. Wiley-Interscience. 401 p.
- **Leguizamón, E. y Puricelli, E.** 2004. Manejo de malezas en trigo. Cátedra de malezas. Departamento de Sistema de Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias. Disponible en: [https://www.agroconsultasonline.com.ar//documento.html/El%20manejo%20de%20malezas%20en%20trigo%20\(2004\).pdf?op=d&documento_id=121](https://www.agroconsultasonline.com.ar//documento.html/El%20manejo%20de%20malezas%20en%20trigo%20(2004).pdf?op=d&documento_id=121)
- **MAGyP.** 2016. Cebada cervecera. Informe de cebada, junio 2016. Disponible en: <http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/Informe-de-cebada.pdf>.
- **MAGyP.** 2019. Perfil de la Cebada. Informe mercados agropecuarios 2019. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Disponible en: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/informes/perfil-de-cebada-2019.pdf.
- **Manso, L. y Zamora, M.** 2018. La superficie sembrada con cultivos de cosecha fina en la región de influencia de la experimental. Actualización técnica en cultivos de cosecha fina 2018/19: 6-8.
- **Martin, A.** 2009. Persistencia de malezas gramíneas en cultivos de trigo del sudeste bonaerense. Tesis Doctoral Ing. Agr. Andrés N. Martin. FAUBA. Disponible en: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/doctorado/2017martinandresnelson.pdf>.
- **Marzocca, A.** 1976. *Manual de malezas*. Hemisferio Sur. 564 p.
- **Massaro, R.A.; Kahl, M.; Bernal, G.; Petroni, J.P.** 2016. Compatibilidad de la mezcla de glifosato y 2,4-D sal amina en dos calidades de agua y dos volúmenes de caldo para pulverización.

Disponible

en:

https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_ser_exten_79_2016_kahl_m_19-23.pdf

- **Naranjo, C. A.** 1992. Biosystematic studies in species *Bromus* (Section Ceratochloa Poaceae) I. Breeding systems and isolation barriers. *Darwiniana* 31: 173-183.
- **Norsworthy, J.K.** 2008. Effect of tillage intensity and herbicide programs on changes in weed species density and composition in the south eastern coastal plains of the United states. *Crop Protection* 27:151-160.
- **Owen, M.D.** 2008. Weed species shifts in glyphosate-resistant crops. *Pest Management Science* 64: 377–387.
- **Papa, J.C.** 2009. Problemas actuales de malezas que pueden afectar al cultivo de soja. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-problemas_actuales_de_malezas.pdf
- **Planchuelo, A.M y Peterson, P.M.** 1998. The Species of *Bromus* (Poaceae: Bromeae) in South America. En: “Grasses systematics and evolution”. SWL Jacobs, J Everett (Eds.). 392p.
- **Pline, W.; Wells, R.; Little, G.; Edmisten, K. y Wilcut, J.** 2002. Glyphosate and water-stress effects on fruiting and carbohydrates in glyphosate-resistant cotton. *Crop Science* 43: 879-885.
- **Powles, S. y Holtum, J.A.** 1994. Herbicide resistance in plants: Biology and biochemistry. CRC Press. 365p.
- **Powles, S. y Yu, Q.** 2010. Evolution in action: Plants resistant to herbicide. *Annual Review in Plant Biology* 61:317-347.
- **Pratley, J.; Baines, P.; Eberbach, P.; Incerti, M. y Broster, J.** 1996. Glyphosate resistance in annual ryegrass. *Proceedings of the 11th Annual Conference of the Grassland Society of New South Wales*:122-124.
- **Radosevich, S.; Holt, J. y Ghera, C.** 2007. Ecology of Weeds and Invasive Plants: Relationship to Agriculture and Natural Resource Management. John Wiley & Sons. 472p.
- **Ryan, G.F.** 1970. Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. *Weed Science* 18: 614-616.

- **Scheneiter, J y Rosso, B.** 2005. Acumulación de forraje y dinámica del macollaje de germoplasma de cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vhal) en mezcla con alfalfa (*Medicago sativa* L.) Revista de Investigaciones Agropecuarias 34: 109-121.
- **Schonbrun, E. et al.** 2002. Interaction of the herbicide glyphosate with its target enzyme 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase in atomic detail. Proceedings of the National Academy of Sciences 98: 1376-1380.
- **Scursoni, J.** 2003. Control de malezas y fitotoxicidad de Metribuzín en mezcla con 2,4-D en cultivares de cebada (*Hordeum vulgare* L.). Revista Facultad de Agronomía 23: 99-104.
- **Scursoni, J.A.; Martín, A.; Catanzaro, M.P.; Quiroga, J. y Goldar, F.** 2011. Evaluation of post-emergence herbicides for the control of wild oat (*Avena fatua* L.) in wheat and barley in Argentina. Crop Protection 30: 18–23.
- **Scursoni, J.A.; Gigón, R.; Martín, A.; Vigna, M.; Leguizamón, E.; Istilart, C. y López, R.** 2014. Changes in Weed Communities of Spring Wheat Crops of Buenos Aires Province of Argentina. Weed Science 62: 51–62.
- **Senseman, S.A.** 2007. Herbicide Handbook. 9th Edition. Weed Science Society of America. 458 pág.
- **Servaites, J. et al.** 1987. Glyphosate effects on carbon assimilation, ribulose biphosphate carboxylase activity, and metabolite levels in sugar beet leaves. Plant Physiology 85: 370-374.
- **Speziale, K.L.; Lambertucci, S.; Souto, C. e Hiraldo, F.** 2015. Native species as goods. Conservation Biology 29: 596–598.
- **Vigna, M.** 2008. Manejo y control de malezas en trigo. Taller de protección vegetal del cultivo de trigo, INTA Bordenave. Octubre de 2008.
- **Vigna, M.; Lopez, R. y Gigon, R.** 2012. Situación de la problemática y propuesta de manejo para *Lolium* y *Avena fatua* resistentes a herbicidas en el sur de Buenos Aires. Disponible en:

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta - barrow -
lolium y avena fatua resistente.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_barrow_-_lolium_y_avena_fatua_resistente.pdf)

- **Walsh, M.; Newman, P. y Powles, S.** 2013. Targeting weed seeds in-crop: a new weed control paradigm for global agriculture. *Weed Technology* 27:431–436.
- **Weed Science Society of America.** 1998. Technology Notes. *Weed Technology* 12: 789– 790.
- **Yanniccari, M.; Istilart, C.; Giménez, D. y Castro, A.M.** 2012. Glyphosate resistance in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) from Argentina. *Crop Protection* 32: 12-16.
- **Yanniccari, M.** 2018. Group G/9 resistant Rescuegrass (*Bromus catharticus*). International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponible en:
<http://weedscience.org/Details/Case.aspx?ResistID=17144>.
- **Yanniccari, M.; Iroulart, G.; Istilart, C.** 2019. Control en barbecho de cebadilla criolla (*Bromus catharticus*) resistente a glifosato. Actualización técnica en cultivos de cosecha fina 2018/19: 97-98.