UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RESIDUALIDAD DE HALOXIFOP-METIL Y CLETODIM APLICADOS EN BARBECHO EN AVENA (*Avena sativa)* Y CEBADA (*Hordeum vulgare)*

por

Luis Martín TROYA CARESANI
Fernando SAUER LEITE

TESIS presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2016

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (Dr. Sci) Grisel Fernández

Ing. Agr. (Dr. Sci) Juana Villalba

Lic. Luciano Dabala

Fecha: 22 de junio de 2016

Autores:

Luis Martín Troya Caresani

Fernando Sauer Leite

AGRADECIMIENTOS

Finalizando este trabajo de tesis con el cual estamos consumando una importante etapa de nuestras vidas, queremos brindarle especial gracias a nuestra tutora Ing. Agr. Dra. Grisel Fernández, por su dedicación, compromiso y el apoyo brindado para hacer posible este trabajo.

A la Ing Agr. Lorena Scaglia y al Dr. Luis Montero por su ayuda a nivel de campo.

A la Asociación Rural de Soriano por brindarnos la unidad experimental en la cual efectuar el estudio de campo.

A Facultad de Agronomía junto a los profesores que hemos tenido durante toda la carrera por darnos la oportunidad de poder formarnos tanto a nivel personal como profesional.

A nuestras familias por acompañarnos, apoyarnos y alentarnos en este proceso de formación y permitirnos así concretar esta gran vocación por la carrera.

A todos nuestros amigos por su incondicional apoyo a lo largo de la carrera y a todos aquellos que de una u otra manera aportaron para la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

Página

PAGINA DE APROBACIÓN..... II

AGRADECIMIENTOS..... III

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES…..... VI

1. INTRODUCCIÓN..... 1

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... 3
2.1 PROBLEMÁTICAS DE MALEZAS GRAMÍNEAS EN BARBECHOS PARA CULTIVOS INVERNALES..... 3
2.2 LOS PROBLEMAS CON RAIGRÁS……..... 5
2.3 EL MANEJO DEL RAIGRÁS EN BARBECHO……..... 6
2.4 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS HERBICIDAS UTILIZADOS…… 7
2.4.1 Glifosato……..……..…… 7
2.4.2 Herbicidas graminicidas selectivos de post emergencia (GSPE)…….. 8
2.4.2.1 Haloxifop-metil..…..……..…..…..... 10
2.4.2.2 Cletodim..... 11

3. MATERIALES Y MÉTODOS..... 15
3.1 LOCALIZACIÓN……..……..... 15
3.2 TRATAMIENTOS……...…...…..……..……..... 15
3.2.1 Descripción de los tratamientos….....……..... 15
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL……..... 16
3.4 INSTALACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS..... 16
3.5 DETERMINACIONES..... 17
3.5.1 Determinaciones a campo en avena y cebada……..... 17
3.5.1.1 Población……..... 17
3.5.1.2 Evaluaciones en planta…..... 17
3.5.2 Determinaciones a cosecha en avena..... 17
3.5.3 Determinaciones a cosecha en cebada..... 17
3.5.3.1 Número de espigas…..... 17
3.5.3.2 Peso de granos del área cosechada.……... 18
3.5.3.3 Peso de 1000 granos……... 18
3.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN…….……... 18
3.7 CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL EXPERIMENTO……..... 18

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 20
4.1 EFECTO DE LA RESIDUALIDAD DE LOS HERBICIDAS APLICADOS EN BARBECHO EN AVENA……..... 20
4.1.1 Fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra…….…….…… 20
4.1.2 Fecha de aplicación al día de la siembra…..……..... 22
4.2 EFECTO DE LA RESIDUALIDAD DE LOS HERBICIDAS APLICADOS EN BARBECHO EN CEBADA..…..... 25
4.2.1 Fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra……..…… 25
4.2.2 Fecha de aplicación al día de la siembra……..... 30

5. CONCLUSIONES..... 33
5.1 AVENA…… 33
5.2 CEBADA…….....…… 33

6. RESUMEN..... 34

7. SUMMARY..... 35

8. BIBLIOGRAFÍA..... 36

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No. Página

1. Descripción de los tratamientos……..… 15

Figura No.

1. Temperatura y precipitaciones del período según mes……... 18
2. Largo de hoja de avena (cm) estimada en Zadoks 2.0 para el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días presiembra …..…. 21
3. Largo de hoja de avena (cm) estimada en Zadoks 2.0 para la dosis simple y doble para fecha de aplicación a los 12 días presiembra …….…… 21
4. Altura de las plantas de avena (cm) en Zadoks 3.0 para el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días presiembra…… 22
5. Desarrollo temprano de avena estimado por escala Zadoks en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra… 23
6. Peso fresco de planta de avena (gramos) en Zadoks 3.0 en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra… 23
7. Peso fresco de avena (kg) al momento de la desecación en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra..… 24
8. Peso seco de avena (kg) al momento de la desecación del tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra ……..…… 24
9. Desarrollo temprano de cebada estimado por escala Zadoks en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra……..…… 26
10. Altura de las plantas de cebada (cm) en Zadoks 3.0 en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra……..……..... 26
11. Ancho de hoja de cebada (mm) estimada en Zadoks 2.0 para la dosis simple y doble para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra…… 27
12. Peso fresco de planta de cebada (gramos) en Zadoks 3.0 en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra……..……... 27
13. Número de espigas de cebada por m^2 a la cosecha en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra……...….. 28
14. Número de espigas de cebada por m^2 a la cosecha para la dosis simple y doble en fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra...…...…… 28
15. Rendimiento de grano de cebada (kg) del tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim en fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra….……....…… 29
16. Rendimiento de grano de cebada (kg) a la cosecha para la dosis simple y doble en fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra……..... 29

17. Altura de las plantas de cebada (cm) en Zadoks 3.0 en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra…… 30
18. Peso fresco de planta de cebada (gramos) en Zadoks 3.0 en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra …… 31
19. Número de espigas de cebada por m^2 a la cosecha para la dosis simple y doble en fecha de aplicación al día de la siembra……..……...……...… 31
20. Rendimiento de grano de cebada (kg) del tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim en fecha de aplicación al día de la siembra……....……..… 32
21. Rendimiento de grano de cebada (kg) a la cosecha para la dosis simple y doble en fecha de aplicación al día de la siembra…….…...…… 32

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente los sistemas de rotaciones agrícolas ganaderos mantenían comunidades de malezas multiespecíficas, caracterizadas por abundante diversidad de especies latifoliadas y una menor incidencia de gramíneas anuales. Sin embargo, con los cambios ocurridos en los sistemas de preparación de suelos esta situación presentó importantes cambios.

A partir de la década pasada, tras una evolución hacia sistemas de producción donde se ha generalizado la siembra directa, los laboreos son sustituidos por aplicaciones con herbicidas totales alcanzándose resultados similares. De esta forma, el proceso de laboreo en la preparación de una buena cama de siembra para el cultivo a implantar y para el control de las malezas es sustituido por el barbecho químico.

Los sistemas sin laboreo con mucho rastrojo en superficie crean condiciones favorables para la germinación e implantación para muchas especies de gramíneas.

Se puede destacar la incidencia del raigrás anual (*Lolium multiflorum* L.) como ejemplo de esto al haber pasado a ser la maleza de mayor frecuencia en los enmalezamientos invernales del litoral agrícola uruguayo (Ríos et al., 2005) debido a su "adaptación" ante el nuevo panorama asociado a la siembra directa. Así mismo y aumentando la problemática que dicha maleza conlleva, a su vez presenta la capacidad de desarrollar biotipos tolerantes al glifosato (Formoso et al. 2007, Della Valle y Ferrari 2011), dificultando de esta forma su control.

Adicionandose a la tecnología de siembra directa, la gran adopción de la tecnología de cultivares transgénicos resistentes a glifosato (RR) llevó a la generalización de su uso prácticamente de forma continua en aplicaciones postemergentes, durante todo el año, previo y posterior a la siembra. Esto provocó un cambio significativo en la composición de las comunidades de malezas en el país llevando incluso a la generación de tolerancias y resistencias por parte de algunas especies de malezas,

La aplicación de la tecnología RR, concretamente de maíces RR, generó a su vez un nuevo problema de malezas pudiendo dar lugar a plantas voluntarias tolerantes a glifosato, conformando parte del grupo de plantas no deseadas, capaces de presentarse tanto en el barbecho como además en el cultivo que le sigue compitiendo así con este. Estos individuos voluntarios no pueden ser controlados debidamente con los herbicidas que toleran por lo cual se debe recurrir a otros compuestos con modos de acción diferentes, los cuales tengan la capacidad de controlar a estos debidamente.

Para la solución de esta problemática se ha recomendado la utilización de herbicidas graminicidas en el barbecho, conocidos como graminicidas selectivos de post emergencia (GSPE).

Existe poca información en relación a la utilización de estos herbicidas en el barbecho y además, recientemente se han comprobado efectos de residualidad en cultivos siguientes a su aplicación lo cual limita su uso. Por este motivo, el presente estudio tuvo por objetivos generar información referente al tema planteado y en particular pretendió determinar los efectos residuales de aplicaciones de cletodim y haloxifop-metil aplicados 81, 55, 33, 12 y 0 días antes de la siembra de los cultivos de avena y cebada.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROBLEMÁTICAS DE MALEZAS GRAMÍNEAS EN BARBECHOS PARA CULTIVOS INVERNALES

Desde hace muchos años hasta principios de la década pasada, antes de la aplicación masiva de la tecnología de siembra directa, los sistemas de rotaciones agrícolas ganaderas mantenían comunidades de malezas multiespecíficas, caracterizadas por una abundante diversidad de especies latifoliadas y una menor incidencia de gramíneas anuales. Esta situación se debió a la mayor adaptabilidad de este tipo de malezas a laboreos frecuentes y una gran presión de competencia determinando en ellas así, altas velocidades de crecimiento, rápido vigor inicial y una producción de semillas abundante. A su vez, las semillas por lo general podrían llegar a sobrevivir de forma latente en el suelo por varios años sin perder su viabilidad con el fin de establecerse cuando las condiciones ambientales sean las adecuadas, reinfestando nuevamente cultivos y pasturas.

Sin embargo, con los cambios ocurridos en los sistemas de preparación de suelos esta situación presentó importantes cambios. En Uruguay, tuvo lugar una fuerte expansión de la tecnología de siembra directa desde principios de los 90 aplicándose así de forma generalizada en más del 90% de la superficie bajo agricultura (MGAP. DIEA, 2010). En estos sistemas los laboreos son sustituidos por aplicaciones de herbicidas totales alcanzándose resultados similares. De esta forma, el proceso de laboreo en la preparación de la cama de siembra y en el control de las malezas es sustituido por el barbecho químico.

Froud-Williams et al. (1981) mencionan que al realizar el cambio entre los dos sistemas, las semillas ubicadas más próximas a la superficie son las que germinan preferencialmente durante los primeros años, disminuyendo así este banco a medida que pasa el tiempo. Esto va dando progresivamente oportunidad a que las reinfestaciones de malezas siguientes en cultivos y pasturas provengan de especies que se adaptan a las nuevas condiciones en las que se debe de efectuar la germinación e implantación, debajo del rastrojo.

De esta forma, en sistemas de siembra directa la diversidad, frecuencia y densidad de especies de malezas latifoliadas disminuye al no satisfacerse sus requerimientos estrictos de luz y alternancia de temperaturas para la germinación, y presentar características morfológicas que no se adaptan del todo bien a estos sistemas. Por otro lado, la frecuencia, densidad y biomasa de gramíneas dadas sus características morfológicas y ecofisiológicas aumentan, transformándose así en las malezas predominantes en los sistemas de siembra directa. Como consecuencia de esto, en sistemas de siembra directa, es dable esperar mayor incidencia de gramíneas anuales como lo demostraron Tuesca y Puricelli (2000) observando mayor densidad de estas

especies en sistemas conservacionistas, siendo la más abundante *Digitaria sanguinalis* (L) Scop. El residuo en superficie provee de sitios seguros para la germinación y mantiene condiciones de humedad adecuadas que conjuntamente con la capacidad de la radícula de las gramíneas anuales les permite establecerse en sistemas conservacionistas y así favorecer la emergencia y crecimiento de este grupo de malezas.

Además de lo establecido por los autores mencionados en el punto anterior, Fernández y Villalba (1999) estudiando los cambios del enmalezamiento en cero laboreo establecen mayores densidades totales de especies de malezas gramíneas y algunas perennes para estas condiciones de laboreo.

En este tipo de sistemas la utilización de herbicidas para el control de las malezas y el mantenimiento de barbechos libres de estas son claves para el éxito de la tecnología, siendo de gran importancia la eliminación de toda fuente de competencia para el debido establecimiento y futuro crecimiento de los cultivos.

Adicionandose a la tecnología de siembra directa, la introducción de la tecnología RR, basada en la adopción de cultivares transgénicos resistentes al glifosato, fue rápidamente adoptada por los productores debido a dos importantes atributos de ella como son la simplificación de los manejos y una importante flexibilidad, lo cual es comprobado por los relevamientos realizados tanto en Brasil como en EEUU (Dill 2005, Christoffoleti et al. 2008). De esta forma, el glifosato, herbicida de amplio espectro inhibidor de la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSP), pasó a transformarse en un herbicida de uso prácticamente de forma continua en aplicaciones postemergentes, durante todo el año, previo y posterior a la siembra, resultando que en el caso de soja por ejemplo se aplicara de 5 a más veces por año (Fernández et al., 2015). Debido a esto, se ha demostrado que el uso masivo de glifosato como principal sustituto del laboreo, provocó un cambio significativo en la composición de las comunidades de malezas en el país.

Al aplicar un herbicida, se logra crear de manera artificial condiciones ambientales negativas extremas ya sea para la población vegetal en general al utilizar herbicidas de acción total, o a cierto espectro de ellas en el caso de usar herbicidas selectivos. Tomando en cuenta una comunidad o una población de una especie en particular, en general existe una gran diversidad genotípica la cual implica que sí se realizan las mismas aplicaciones repetitivamente, algunos de estos genotipos con el tiempo puedan llegar a sobrevivir a la agresión (Papa et al., 2004). Si esto se sigue repitiendo en el tiempo lo que se logrará eventualmente es una disminución significativa en la frecuencia de los genotipos susceptibles, aumentando al mismo tiempo la frecuencia de los tolerantes y/o resistentes. De esta forma cabe mencionar cual es la diferencia entre estos dos conceptos. Papa et al. (2004) consideran a la tolerancia como la capacidad que tienen los individuos de una especie de soportar la dosis de determinado herbicida debido a características que son propios de ellos. Una población

que es tolerante, previamente nunca fue susceptible. Por otro lado, Taberner Palou et al. (2007) definen a la resistencia como la capacidad heredable de un biotipo de una planta para sobrevivir a la aplicación de un herbicida, al cual la población originalmente era sensible. Se asume que cualquier población de malezas puede estar parcialmente constituida por biotipos resistentes en baja frecuencia y que el uso repetido de un mismo herbicida expone la población a una presión de selección tal que produce un aumento en el número de individuos resistentes (Gressel y Segel, 1978).

2.2 LOS PROBLEMAS CON RAIGRÁS

Debido a lo mencionado, el raigrás anual (*Lolium multiflorum* L.) pasó a ocupar un rol importante habiéndose constituido en la maleza de mayor frecuencia en los enmalezamientos invernales del litoral agrícola uruguayo (Ríos et al., 2005), siendo además capaz de desarrollar biotipos tolerantes al glifosato (Formoso et al. 2007, Della Valle y Ferrari 2011), dificultando así su control.

Debe considerarse además que con la aplicación de la tecnología RR se ha generado indirectamente un nuevo problema de malezas, presentando la problemática que la cosecha de los cultivos de este tipo no siempre es del todo eficiente. En mayor o menor medida se producen pérdidas determinando que quede semilla del mismo cultivo en el campo. Consiguientemente, al presentarse las condiciones ambientales adecuadas, estas tienen la capacidad de germinar dando lugar a plantas voluntarias tolerantes a glifosato, conocidas vulgarmente como “guachas”, las cuales pasan a formar parte del grupo de plantas no deseadas, presentándose en el barbecho o incluso en el cultivo siguiente compitiendo con la especie objetivo. Papa (2009) establece que si bien una parte de estas plantas que procedan de cultivos estivales es capaz de ser destruida por las primeras heladas invernales, otra parte de ellas pueden lograr escapar, ya sea como semilla o incluso como plantas, en sitios relativamente protegidos. Estos individuos voluntarios, los cuales se presentan como malezas, no pueden ser controlados debidamente con los herbicidas que toleran por lo cual se debe recurrir a otros compuestos con modos de acción diferentes, los cuales si tengan la capacidad de controlar a estos debidamente. En la actualidad, siendo el cultivo de maíz transgénico RR resistente a glifosato ampliamente utilizado en el país, es un claro ejemplo de esta problemática, generando dificultades en los barbechos de invierno. Para estos, si bien tanto los graminicidas como el glifosato son sistémicos y de absorción foliar, difieren en sus mecanismos de acción por lo cual son una buena alternativa para su control.

Por otra parte, el raigrás presenta ciertas características que la confieren como una maleza de aún mayor importancia, siendo ésta una especie gramínea de crecimiento invernal, alógama, espontánea, con abundante producción de tallos y semillas, con excelente resiembra natural, y con ocurrencia de flujos sucesivos de emergencias que van desde principios de otoño hasta la primavera (Cousens, 1996). Así mismo, la maleza presenta cierta “adaptabilidad” al sistema de siembra directa, lo cual ha llevado que sea

una de las especies más frecuentes en las chacras tanto de trigo como de cebada dentro de las zonas agrícolas del nuestro país, al igual que en Argentina. Relevamientos llevados por INIA Uruguay desde el 2005, tanto para cultivos de invierno como de verano, revelaron que las gramíneas anuales han aumentado su frecuencia (Belgeri y Caulin 2008, Mailhos y San Román 2008) siendo en cultivos de invierno el raigrás anual la especie gramínea dominante (Ríos et al. 2007, Ríos y Fontaina, citados por Ríos et al. 2013). Estas características son las principales causantes de que el raigrás se considere una gran competidora de los cultivos, y por lo tanto un blanco muy importante para los productores a la hora de la preparación de la cama de siembra.

2.3 EL MANEJO DEL RAIGRÁS EN BARBECHO

El manejo de esta maleza en cultivos invernales se basa principalmente en el control químico en base a aplicaciones con glifosato durante el período de barbecho presiembra (Yanniccari et al., 2011) donde claramente parte de la población, en el caso de que ésta presente resistencia al herbicida tomado en cuenta, podría escapar de este control.

En países vecinos se ha constatado una pérdida de efectividad de glifosato sobre *L. multiflorum* luego de varios años de uso repetido. En Chile se identificaron poblaciones resistentes a glifosato en huertos de naranjos con historia de 8-10 años de uso del herbicida (Pérez y Kogan, 2003) y en lotes con 12 años de aplicación de glifosato en barbecho para trigo o avena (Espinoza et al., citados por Ríos et al., 2013). A su vez, en Brasil Galli et al., citados por Papa y Tuesca (2014), observaron el mismo fenómeno en sistemas extensivos. La pérdida de efectividad de control de glifosato promueve necesariamente cambios en los tratamientos tradicionales con la modificación de dosis, coadyuvantes y/o la incorporación de nuevos principios activos solos o en mezcla. Estos cambios en el manejo ya se pueden percibir. Actualmente el manejo de raigrás (tanto anual como perenne) resistentes a herbicidas en barbechos se basa en la aplicación de graminicidas solos o en mezcla con glifosato (López et al., 2008).

López et al. (2008), encontraron en su estudio que los controles más efectivos se alcanzaban con cletodim y haloxifop-metil solos o en mezcla con dosis de 500 g de e.a. ha^{-1} de glifosato. La mezcla claramente superó el control de los herbicidas por separado, hecho confirmado por Lindon et al., citados por Vigna et al. (2013). Se sospecha que este sinergismo sobre el control de las poblaciones de raigrás estaría dado por la variabilidad en la sensibilidad relativa a los diferentes herbicidas por parte de los individuos integrantes de la misma.

Por otro lado, Galli et al., citados por Papa y Tuesca (2014), igualmente pudieron concluir, en Brasil, que una alternativa para el control de biotipos de *L. multiflorum* que manifiestan problemas de control con glifosato es el empleo de este con graminicidas en barbecho químico. Ellos observaron que de las mezclas evaluadas glifosato + cletodim

(1440 e.a. + 72 gr i.a.ha^{-1}) mostró el control más rápido independientemente del estadio de desarrollo (desde tres hojas hasta inicio de floración). En ensayos posteriores observaron que el agregado de cletodim 96 gr. o haloxifop-metil 60 gr de i.a.ha $^{-1}$ con 720 gr de e.a.ha^{-1} de glifosato brindaron controles para raigrás resistente a glifosato superiores al 97% en diferentes estadios de la maleza.

Si bien desde los primeros ensayos efectuados se ha observado la gran efectividad de algunas mezclas, a condiciones de campo difícilmente se ha podido llegar a concretar un control total sobre esta especie de maleza, sobre todo sobre plantas que ya han escapado a tratamientos previos o se encuentran en estadios muy avanzados de desarrollo. Las semillas de las plantas no controladas lograrían dar origen a una población hija con una proporción mayor de individuos de menor sensibilidad a esos herbicidas. Por lo cual es de suma importancia que una vez efectuada la decisión de control, ésta busque generar el mayor control que sea posible.

En Australia se ha demostrado que la técnica del “doble golpe” puede constituir una muy buena herramienta para el control de raigrás (Walsh et al., 2007). De la misma forma, otros autores han podido constatar efectivamente a la técnica como una alternativa para casos de poblaciones de *L. multiflorum* difíciles de controlar o con grados importantes de resistencia a glifosato (Vigna et al., 2011). El método en sí consiste en la aplicación de dos herbicidas separados por un intervalo de hasta 14 días en lugar de aplicarlos en mezcla en el tanque mismo. Con la lógica de evitar la presencia de plántulas de *Lolium* en el momento de la emergencia del cultivo invernal, utilizando este método la aplicación de los graminicidas selectivos postemergentes afectarían los nacimientos posteriores que dado a su menor desarrollo serían más sensibles (Vigna et al., 2013). En este mismo estudio se indica que la aplicación secuencial de dosis crecientes de paraquat a tratamientos previos con glifosato o graminicidas en dosis completas y triples genera un incremento abrupto de la velocidad de control de todos los tratamientos y el control final por parte de glifosato. El doble golpe con paraquat en dosis de 552 y 1104 g ia.ha^{-1} tres días luego de la aplicación permitió alcanzar el 100% de control en varios tratamientos evitando los escapes de *L. multiflorum* que podrían producir semillas. La efectividad y necesidad de emplear esta técnica se encuentra en relación con el desarrollo que tenga el raigrás a controlar y el momento del año o del manejo del lote.

2.4 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS HERBICIDAS UTILIZADOS

2.4.1 Glifosato

Este es un herbicida perteneciente al grupo G de la clasificación otorgada por el Comité de Acción contra la Resistencia a Herbicidas (HRAC). El mecanismo de acción que ejerce consiste en la inhibición de la síntesis de los aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptófano) alterando de esta forma la síntesis de proteína e

impidiendo la formación de ciertos compuestos secundarios como es el caso de la lignina, alcaloides, flavonoides, ácidos benzoicos y hormonas vegetales.

Es un herbicida no selectivo, de acción foliar, sistémico, translocándose tanto por xilema como floema siendo su principal vía de translocación el simplasto (Martino, 1995). Cuando el glifosato es absorbido, no es degradado fácilmente por las plantas permitiendo así que su translocación sea hacia órganos subterráneos y de reserva obteniéndose un buen control incluso para las especies perennes.

Desde el punto de vista ambiental, este herbicida presenta un mínimo riesgo ya que al ser adsorbido por los coloides del suelo y su alta tasa de descomposición, evita la presencia de residuos en suelos, cuencas acuíferas y productos vegetales. Esto permite su amplia aplicación en sistemas de cero laboreo (Bovey, 1985) permitiendo además la siembra de cultivos de forma sucesiva y consecuentemente la intensificación de las etapas agrícolas (Lescano de Ríos y Lemos, 1989). Esto a su vez es una limitante en los sistemas de siembra directa, ya que al presentar una rápida desactivación al tomar contacto con el suelo, el herbicida es incapaz de controlar futuras emergencias de malezas. Lo cual se agrava cuando las aplicaciones se realizan anticipadamente a la siembra.

La eficiencia en la aplicación de este herbicida no sólo depende de la dosis utilizada para la aplicación sino también de la especie que se intenta eliminar y etapa fenológica, además de las condiciones antes, durante y después de la aplicación. Factores tales como altas temperaturas y baja humedad relativa tienden a disminuir la eficacia de la dosificación, así como la presencia de rocío o un período libre de precipitaciones menor a seis horas luego de la aplicación. Comúnmente el glifosato tarda en penetrar a la hoja de 4 a 24 horas lo cual justifica el comportamiento comentado en oraciones anteriores. Se debe de asegurar una buena cobertura foliar ya que ese es el lugar de ingreso hacia la planta tomando en cuenta el volumen de agua utilizado y el tamaño de gota objetivo con el fin de favorecer la retención de la solución en la superficie foliar y que de esta forma haya menores pérdidas, logrando la debida absorción y translocación (Martino, 1995).

La sintomatología producida por este herbicida es detención del crecimiento y clorosis en las hojas, seguido de necrosis. Estos comienzan en el ápice y zonas meristemáticas (García Torres y Fernández – Quintanilla, 1991). Si bien el cese de crecimiento es inmediato (48 – 72 horas post aplicación), los síntomas se empiezan a observar a partir de los 15 – 30 días.

2.4.2 Herbicidas graminicidas selectivos de post emergencia (GSPE)

El cletodim junto al haloxifop-metil son herbicidas que pertenecen al grupo A de la clasificación disputada por el HRAC. Este grupo está compuesto por la familia

química de los ariloxifenoxipropianatos (APP), las ciclohexanodinonas (CHD) y del fenilpirazol, los cuales comúnmente son denominados FOPs, DIMs y DEMs, respectivamente. Estos se clasifican como herbicidas postemergentes para el control selectivo de gramíneas anuales y perennes en cultivos de hoja ancha y algunos cultivos cerealeros (Irzyk et al. 1990, Zimdhal et al. 2007) controlando un amplio espectro de gramíneas (CASAFE, 2009).

Los FOPs y DIMs actúan en los plástidos sobre la Acetil Coenzima A Carboxilasa (ACCasa) de las gramíneas donde unen el dominio CT de forma irreversible rápidamente causando cambios en su conformación que previenen la transferencia del grupo carboxilo desde el dominio BCCP hacia el sustrato de acetyl-CoA inhibiendo de esta forma a la enzima (Delye et al. 2003, Zhang et al. 2004, Xiang et al. 2009). La enzima actúa en la etapa inicial de la síntesis de ácidos grasos en el cloroplasto, los cuales son constituyentes de los lípidos que se producen en las membranas celulares y organelos. La ACCasa cataliza el primer paso de la biosíntesis de los ácidos grasos, siendo éste la carboxilación dependiente de ATP de acetil-CoA a malonil-CoA (Harwood, 1988).

Según Kogan y Pérez (2003), estos herbicidas son comúnmente absorbidos vía foliar, siendo transportados vía floema a las zonas meristemáticas y tejidos jóvenes en expansión donde efectúan mayormente su acción como inhibidores de la síntesis de lípidos y ácidos grasos. Estos mismos autores establecen que los síntomas de daño causados por estos herbicidas no se pueden evidenciar hasta una o dos semanas post aplicación. A pesar de esto, se evidencia un cese de crecimiento casi paulatinamente a la aplicación.

Generalmente, las ACCasas de las gramíneas son sensibles a su inhibición por parte de herbicidas APP y CHD, mientras que las ACCasas de las dicotiledóneas no (Burton et al., 1991). Este fenómeno es parcialmente explicado por la presencia de una forma insensible (procariótica) de ACCasa en los plástidos de las dicotiledóneas, a diferencia de la forma sensible (eucariótica) en los plástidos de las gramíneas (Konishi y Sasaki, 1994), dando como resultado la selectividad por parte de éstas ante estos herbicidas.

Tomando en cuenta el trabajo realizado por Banas et al. (2011) se considera que el efecto fitotóxico generado por estos herbicidas es a través de una reacción estimulada a los radicales libres en las especies susceptibles lo cual ocasiona estrés oxidativo, produciendo de esta forma la muerte de la planta.

Una tolerancia adecuada a los herbicidas APP y CHD junto a una excelente eficacia de estos en muchas especies de gramíneas, han llevado a la amplia diseminación de esta tecnología y que se haya optado por el uso de graminicidas en una gran variedad de cultivos (Tardif et al., 1994).

2.4.2.1 Haloxifop-metil

Haloxifop-metil es un herbicida de aplicación foliar de postemergencia perteneciente a la familia química de los ariloxifenoxipropionatos. Es un importante inhibidor de la síntesis de lípidos y ácidos grasos, siendo absorbido mediante vía foliar y transportado a través de floema a las zonas meristemáticas donde ejerce su acción. La cantidad de herbicida que es transportada es muy baja comparativamente a lo que es absorbido por la planta (Kogan y Pérez, 2003).

Haloxifop-metil tiene un átomo de carbono asimétricamente sustituido y por lo tanto consiste en un par de enantiómeros. Se ha informado que el R-haloxifop tiene al menos 1000 veces mayor actividad que el S-enantiómero cuando se aplica en postemergencia (Gerwick et al., 1988), siendo así el R-enantiómero la forma activa del herbicida. Actualmente, el único compuesto comercialmente disponible es el haloxifop-R-metil formulado como un éster. Al ser aplicado a las plantas, el éster es hidrolizado rápidamente en ácido teniendo de esta forma actividad herbicida.

Según García Torres y Fernández-Quintanilla (1991), el herbicida es activo tanto en preemergencia como en postemergencia en el control de gramíneas anuales y perennes. A su vez, diversos autores también han podido constatar su efecto como pre y postemergente. Como ejemplo de esto se podrían nombrar estudios realizados por Buhler y Burnside (1984) en los que pudieron demostrar un control efectivo de malezas a través del uso de haloxifop-metil como preemergente siendo la actividad de este tipo importante en la supresión de la germinación tardía de malezas durante el desarrollo del cultivo.

García Torres y Fernández-Quintanilla (1991) mencionan además que las dosis de uso varían de 40 a 150 g/ha para el haloxifop-metil, donde el control de especies anuales requiere las dosis más bajas y las perennes las más elevadas. Por otro lado, se ha comprobado que se podrían utilizar dosis menores en el caso de aplicarse una pequeña cantidad de un determinado aceite en base a petróleo, el cual funciona como un coadyuvante aumentando su actividad.

Estos mismos autores sugieren que el período de aplicación de los herbicidas de este grupo suele ser considerablemente amplio. Si bien la mayoría de los graminicidas son más sensibles en el estado de tres a cinco hojas, se muestran asimismo, sensibles a estados de desarrollo mucho más avanzados ante el herbicida en mención.

Además de que los herbicidas APP tienen actividad foliar, varios de ellos poseen una significativa actividad en el suelo. A pesar de esto, no hay mucha información que demuestre como es la actividad de los enantiómeros de estos herbicidas, en preemergencia (Buhler y Burnside 1984, Gillespie y Nalewaja 1986).

Chakraborty et al. (2005) realizaron estudios en relación al comportamiento y disipación en suelo en el norte de Alemania para cultivos de cebolla. Estos autores encontraron que los depósitos iniciales estuvieron dentro del rango de 1,02 y 2,36 ppm sin importar el tratamiento utilizado (aplicación foliar con Haloxifop 10EC a razón de 100, 200 y 400 g ai/ha^{-1} diluido con agua 500 Lts.ha^{-1}). A los 10 días luego de la aplicación, el 60-82% del residuo fue disipado. Para el caso del tratamiento con mayor dosis, a los 22 días se disipó en un 90,25%. La vida media fue de 3.78, 5.26 y 6.96 días respectivamente. Ningún residuo fue encontrado en las muestras de suelo extraídas el día de la cosecha, ni tampoco en muestras de hojas o bulbos. Como resultado, se puede establecer que este compuesto es posible de ser recomendado con seguridad para el control de malezas en el cultivo en consecuencia.

Buhler y Burnside (1984) estudiaron la actividad en suelo de haloxifop-metil aplicándolo como preemergente observando cuál es su efecto para diferentes especies de gramíneas como *Setaria itálica*, *Triticum aestivum*, *Setaria viridis*, *Avena sativa*, *Setaria pumila*, *Zea mays*, *Sorghum bicolor* e incluso ante una leguminosa como lo es *Glycine max*. Todas las especies de gramíneas tratadas fueron parcialmente controladas por haloxifop-metil a 0,13 kg/ha^{-1}, donde *A. sativa*, *S. itálica*, *S. viridis* y *S. pumila* fueron controladas casi en su totalidad. Todas las especies, exceptuando trigo, fueron prácticamente controladas por haloxifop-metil a 0,25 kg/ha^{-1}. A dosis de 0,5 kg/ha^{-1}, incluso trigo pudo ser controlado.

La actividad en suelo de este herbicida indica su posible utilización como herbicida preemergente. Haloxifop-metil demostró un control excelente de sorgo forrajero cuando es aplicado como preemergente y en postemergencia temprana. Registros de esto son demostrados por estos mismos autores, donde se muestra un control aceptable de esta maleza mediante el uso de haloxifop-metil a razón de 0.13, 0.25 kg/ha^{-1} en preemergencia hasta 7 días previo a la siembra de esta especie, con dosis de 0.5 kg/ha^{-1} se puede llegar a un control del 100% hasta 21 días luego de aplicado.

2.4.2.2 Cletodim

Este herbicida forma parte de la familia de las ciclohexanodionas, la cual es conformada, como se ha mencionado anteriormente, por inhibidores de la acetil coenzima-A carboxilasa. Los herbicidas CHD han emergido en los últimos años como una nueva clase de herbicidas altamente eficientes a bajas dosis con buena selectividad, sin efectos secundarios hacia organismos no objetivo. Cletodim junto a setoxidim son altamente efectivos frente a muchas especies de malezas gramíneas actuando mayormente como postemergente en soja, algodón, girasol y otros cultivos de hoja ancha (Edwards, 2005). Este herbicida es generalmente aplicado junto a adyuvantes, siendo mezclado sólo con aceite, o en combinación con alguna fuente nitrogenada

(sulfato de amonio) para máxima eficiencia. Puede mezclarse en tanque junto a glifosato lo cual permite un control de amplio espectro (Rainbolt et al., 2004).

Estos herbicidas son considerados como amigables con el medio ambiente ya que presentan relativamente baja persistencia en la mayoría de los suelos y son rápidamente degradados bajo diferentes condiciones ambientales (Bridges et al. 1991, Falb et al. 1991, Sevilla-Morán et al. 2010a, Sandín-España et al. 2013, Monadjemi et al. 2014). Como ejemplo de esto, Sevilla-Morán et al. (2010b) han establecido a los DIMs como sensibles a la radiación solar debido a que presentan un alto nivel de absorbancia, de entre los 290 y 325 nm, siendo de esta forma el proceso de fotólisis una de las principales rutas de degradación de estos pesticidas. A razón de esto, estudios han determinado que la eficacia del cletodim puede ser incrementada mediante el uso de adyuvantes formando parte de la solución mezcla como consecuencia de un aumento en la tasa de adsorción del herbicida y por ello, una menor fotodegradación (Bridges et al. 1991, McMullan 1996).

A su vez, teniendo en cuenta que una de las propiedades físico químicas de los herbicidas CHD es su carácter polar y no volátil, y que sus coeficientes de adsorción y partición los hacen muy móviles, hay una gran posibilidad de que estos herbicidas puedan a llegar a cuerpos acuáticos, convirtiéndose así en contaminantes potenciales de estos compartimientos. Por otro lado, en el caso de cletodim es observada una rápida fotólisis en medios acuosos dando como producto la formación de varios compuestos identificados donde además, estudios realizados por Sandín-España et al.[1] dieron como resultado que todos los fotoproductos demostraron menor tiempo de retención en suelo que la sustancia activa.

Este xenobiótico es susceptible a la rápida degradación debido a la acción de procesos tanto bióticos como abióticos donde como ejemplo de esto se podría mencionar la acción que ejerce el pH sobre este. Siendo que los herbicidas dentro del grupo de los DIMs son ácidos débiles, un incremento en el pH de la solución derivan a que las moléculas del herbicida pasen a su forma ionizada, generando que la absorción por parte de las plantas sea más lenta a través de la cutícula de sus hojas y que su fitotoxicidad sea menor, quedando disponible para que surja además efecto por parte del proceso de fotólisis. Falb et al. (1990) establecieron que el herbicida en estudio es un ácido lábil por lo cual su degradación se ve incrementada a medida que la acides aumente. A pH neutro, no se denota degradación e incluso se obtiene una recomposición total del herbicida, mientras que a pH 6 y 5 la recuperación del herbicida decrece en un 8% y 37% respectivamente, después de 20 horas.

---

[1] Sandín-España, P.; Sevilla-Morán, B.; Mateo-Miranda, M.; Alonso-Prados, J. L.; López-Goti, C. s.f. Rapid photodegradation of clethodim and sethoxydim herbicides in soil and plant surface model systems (en prensa).

En el 2001, Ishimitsu et al. demostraron que a nivel de campo el cletodim es principalmente oxidado a cletodim sulfóxido o a cletodim sulfona. Estos dos compuestos presentan un valor máximo de niveles de residuo tolerado para la comercialización de los productos que fueron aplicados con dicho herbicida. Por lo tanto, es importante poder determinar cuáles son las proporciones de la sustancia activa y de sus residuos en el medioambiente para asegurar la salud pública. A pesar de esto, son pocos los estudios que han reportado una determinación simultánea de cletodim y sus metabolitos luego de la oxidación hasta la fecha. Pruebas realizadas por You et al. (2013) demostraron que en el caso de ensayos sobre colza, la vida media del sulfóxido de cletodim es de 4,3 días en planta y 4,0 en suelo. Para cletodim sulfona se observó una tendencia de rápido incremento seguido de un descenso en planta de colza, donde además no se detectó presencia del metabolito a nivel del suelo. Finalmente concluyeron que los residuos finales del cletodim tras su oxidación al momento de la cosecha de este cultivo están por debajo de los máximos niveles estipulados por la lista global MRL (Maximum Residue Level tolerance) establecidos por China y Japón.

Estudios realizados por Metzler et al. (2014a) determinaron la residualidad de graminicidas para el control de *Chloris virgata* en Santa Fe, Argentina, con una elevada infestación de esta maleza. Se realizó un experimento para determinar la eficacia de algunos tratamientos tanto de preemergencia como de postemergencia sobre plantas de esta especie en estado vegetativo donde uno de los últimos fue cletodim. La residualidad fue determinada a los 30 y 60 días después de la aplicación (DDA). Los resultados categorizaron al efecto del cletodim (24%) aplicado en razón de 800 ml de principio activo por hectárea junto a 1 litro de aceite mineral y 2 de glifosato, como satisfactorios, teniendo un control del 70% para ambas fechas.

Estos mismos autores, realizaron el mismo estudio en un período similar al anterior, en lotes ubicadas en las localidades de San Gerónimo Norte y Sa Pereira (Santa Fe, Argentina) sobre poblaciones de *Chloris gayana* caracterizadas por su baja sensibilidad a glifosato. Se evaluaron 3 principios activos graminicidas selectivos post-emergentes, inhibidores de la ACCasa, con diferentes coadyuvantes, solos y en combinación con glifosato, siendo el herbicida en estudio uno de los presentes. Metzler et al. (2014a) manifiestan que “de los tres graminicidas postemergentes analizados, cletodim fue el de menor desempeño, fundamentalmente a los 40 DDA donde el promedio de control disminuyo un 22% respecto a la evaluación realizada a los 20 DDA, por efecto de un marcado rebrote” registrándose su control a los 20 DDA de aproximadamente 60%.

Experimentos realizados por Metzler y Ahumada (2014b) determinaron el efecto de residualidad en el control de *Sorghum halepense* mediante el uso de graminicidas de postemergencia FOP y DIM en combinación con diferentes coadyuvantes y en mezcla con glifosato, en un lote con infestación natural en la localidad de San Gerónimo Norte,

provincia de Santa Fe. En este caso, la residualidad se estimó a los 20 y 40 DDA, registrando el control en porcentaje respecto al testigo apareado. A los 20 DDA cletodim aplicado a una dosis de 500 ml de principio activo por hectárea demostró una muy buena eficacia igual o mayor al 90%, disminuyendo a 84% a los 40 DDA como consecuencia de un rebrote.

Paralelamente con el trabajo recién mencionado, Metzler y Ahumada (2014c) tomando otra especie de maleza como referencia, *Echinocloa colona*, hicieron un experimento muy similar considerando los mismos herbicidas y dosis, y midiendo el control nuevamente a los 20 y 40 días DDA donde finalmente, cletodim obtuvo medias de control de 85 y 86% respecto al testigo, 20 y 40 DDA respectivamente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

Los experimentos fueron instalados en el área experimental de AUSID (Asociación Uruguaya pro Siembra Directa) en el predio "Expo Activa" de la Asociación Rural de Soriano sobre la ruta nacional no.2 km próximo a la ciudad de Mercedes, departamento de Soriano, con las coordenadas latitud 33°27’02.42’’S longitud 57°54’18.70’’O.

Considerando la carta de suelos 1:1000000 (Altamirano et al., 1976) el predio está ubicado sobre la unidad de suelos Bequeló, en la cual se describe la predominancia Brunosoles Éutricos Háplicos y Típicos de textura franco-arcillo-limosa.

3.2 TRATAMIENTOS

Tanto en el experimento de cebada como en el de avena se evaluó la aplicación de sólo glifosato y la aplicación de glifosato + graminicida (cletodim y haloxifop-metil) a la dosis recomendada y en el doble de esta dosis. Totalizaron así, 5 tratamientos, los que fueron aplicados en 5 fechas difiriendo en la anticipación a la siembra de cebada y avena siendo estos: 81, 55, 33, 12 y 0 días.

En el siguiente ítem se presenta la descripción detallada de los tratamientos ensayados.

3.2.1 Descripción de los tratamientos

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Fecha (días pre siembra)	Herbicida (principio activo)	Herbicida (producto comercial)	Dosis/ha-1 de productos comerciales*
1	81,55,33,12,0	Testigo: sólo glifosato	Panzer Gold 48%	2,5 l
2	81,55,33,12,0	Clethodim + glifosato	Clethomax 24% + Panzer Gold 48%	400 cc + 2,5 l

3	81,55,33,12,0	Clethodim + glifosato	Clethomax 24% + Panzer Gold 48%	800 cc + 2,5 l
4	81,55,33,12,0	Haloxifop metil + glifosato	Verdict HL 52% + Panzer Gold 48%	120 cc + 2,5 l
5	81,55,33,12,0	Haloxifop metil + glifosato	Verdict HL 52% + Panzer Gold 48%	240 cc + 2,5 l

*Las mezclas con graminicidas llevaron además aceite (1 l/ha^{-1}).

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado consistió en un diseño de bloques completos al azar (DBCA) correspondiendo los tratamientos a un diseño factorial de 5 tratamientos herbicidas por 5 fechas de aplicación previas a la siembra.

Se utilizaron 3 repeticiones por tratamiento totalizando de esta forma 75 parcelas, cada una con un área de 2 metros de ancho por 10 metros de largo.

3.4 INSTALACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

La primera aplicación correspondiendo a los 85 días previo a la siembra fue realizada el 2 de abril. En esta fecha y las siguientes fue utilizada una pulverizadora experimental presurizada con gas carbónico a presión constante de 1,4 libras, con un ancho operativo de 2 metros, 4 boquillas de abanico plano Teejet® 11002. El volumen de agua por hectárea resultó de 100 l y se utilizó agua deionizada para evitar interferencias con los herbicidas.

La siembra de avena y cebada se realizó el 21 de junio de 2014 con máquina de siembra directa de la marca Semeato®. La densidad de siembra fue de 90 kg por hectárea para el caso de la avena y de 85 kg para la cebada, ambos a distancia entre hileras de 17 cm. El cultivar utilizado en el caso de avena fue INIA CLE 1093 y para cebada Ceibo.

Las parcelas de avena y cebada fueron cosechadas manualmente el día 7 de octubre y 27 de noviembre de 2014, respectivamente.

3.5 DETERMINACIONES

Las determinaciones fueron realizadas en los surcos centrales de cada parcela buscando eliminar las interferencias que pudieran surgir por efecto de deriva desde parcelas adyacentes. Estas mediciones fueron realizadas a campo en dos oportunidades, siendo éstas próximas a los estados de Z 2.0 y Z 3.0, y realizado en laboratorio a desecación del cultivo de avena y a momento de cosecha en cebada.

3.5.1 Determinaciones a campo en avena y cebada

3.5.1.1 Población

Se estimó la densidad de avena contando el total de plantas en dos muestreos de 60 cm cada uno en cada una de las mediciones a campo.

3.5.1.2 Evaluaciones en planta

En ambas mediciones se evaluaron en 10 plantas elegidas al azar el largo de la hoja (cm), el ancho (mm) y estado fenológico según escala Zadoks.

Por otro lado, en la segunda oportunidad las variables medidas nuevamente en 10 plantas elegidas al azar fueron la altura de la planta (cm) desde la base a la inserción de la última hoja y el peso de la planta en base fresca (g).

3.5.2 Determinaciones a cosecha en avena

El 7 de octubre, al momento de la desecación de la avena pensada como un cultivo de cobertura, en cada parcela se arrojó un “cuadrado de alambre” que ocupaba un área de 0,09 m^2, repitiéndose la acción un total de 3 veces, cortando las plantas que quedaban dentro de él al ras del suelo para luego medir el peso en base fresca.

A nivel de laboratorio, se estimó el peso en base seca de las muestras de cada parcela luego de haberlas colocado en estufa durante 48 horas a 60 °C.

3.5.3 Determinaciones a cosecha en cebada

3.5.3.1 Número de espigas

Se colectó y registró el total de espigas en 3 metros lineales de los surcos centrales de cada parcela.

3.5.3.2 Peso de granos del área cosechada

Se estimó el peso de los granos (g). Las espigas de cada área fueron cosechadas manualmente y en los granos resultantes se determinó porcentaje de humedad y peso.

3.5.3.3 Peso de 1000 granos

Se estimó a partir de 5 sub muestras tomadas al azar de 50 granos cada una para cada parcela donde en un principio se midió el peso de cada una de las submuestras, luego se sacó el promedio y finalmente se multiplica por 20 para llevarlo a peso de 1000 granos.

3.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Con todas las variables estimadas se realizaron análisis de varianza (ANAVA) y test de comparación de medias según Tukey al 5% cuando fue necesario. Cuando se trató de variables evaluadas subjetivamente con escala, las medias originales fueron transformadas utilizando logaritmo neperiano.

El programa informático utilizado, en todos los caso, fue INFOSTAT.

3.7 CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL EXPERIMENTO

En la Figura 1 se presenta el registro de precipitaciones (mm) y temperatura (°C) de la estación Mercedes durante el período enero-diciembre 2014, y las medias mensuales históricas del período 1961-1990 de dicha estación.

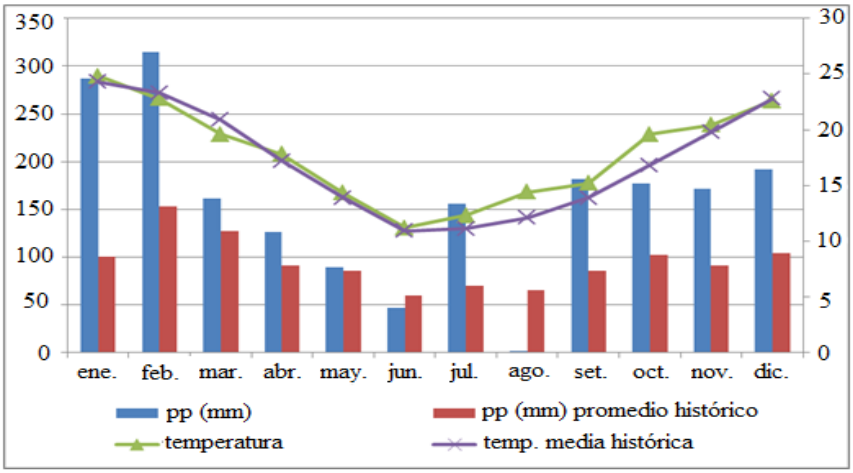


Figura 1. Temperatura y precipitaciones del período según mes. Fuente: INUMET (2015a, 2015b)

Como se observa en la Figura 1, las precipitaciones durante 2014 superaron el promedio histórico al totalizar aproximadamente 1800 mm en comparación a lo comúnmente ocurrente en las inmediaciones del país de 1200 mm. Por otro lado, durante el período de aplicación, comprendido entre el mes de abril y junio, las precipitaciones se aproximaron al promedio histórico. La temperatura, por otro lado, no presentó variaciones importantes respecto al promedio histórico durante los primeros 6 meses del período. En cambio, para el segundo semestre las temperaturas se mostraron por encima del promedio coincidiendo con la fase de crecimiento de los cultivos de avena y cebada, fenómeno el cual pudo haber permitido mayores tasas de recuperación para los cultivos en efecto, disminuyendo de esta forma las implicancias probables de haberse ejercido algún efecto residual por parte de los tratamientos graminicidas.

A fin de cuentas, no se considera al año como atípico, que haya podido modificar en cierta medida los resultados obtenidos obstruyendo así la confiabilidad del estudio en cuestión.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan y discuten, separadamente para avena y cebada, los efectos de la utilización de haloxifop-metil y cletodim en barbecho sobre variables vegetativas en forma exclusiva en el caso de avena y variables vegetativas y componentes de rendimiento en grano en cebada.

4.1 EFECTO DE LA RESIDUALIDAD DE LOS HERBICIDAS APLICADOS EN BARBECHO EN AVENA

Como se comentó en el ítem referente a "Materiales y Métodos" cada fecha de aplicación fue analizada separadamente.

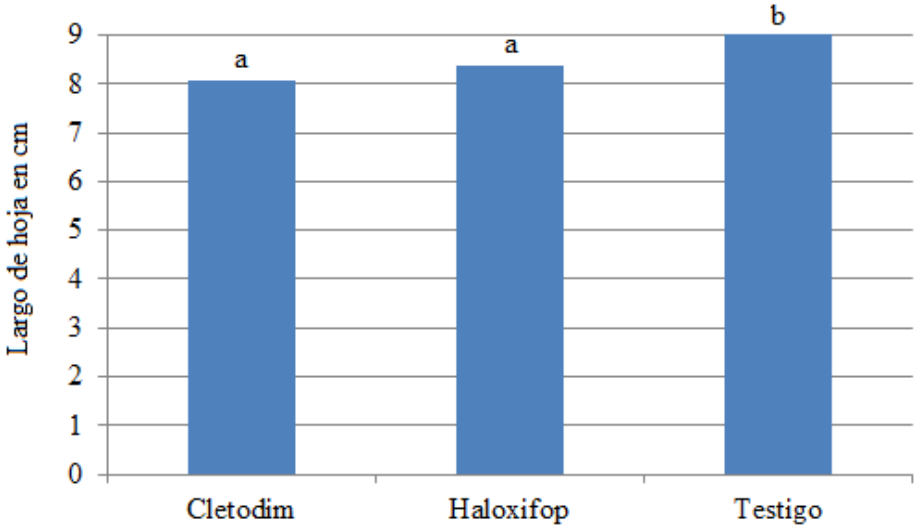
Tras la realización de los ANAVA para las determinaciones realizadas en las fechas de aplicación a los 81, 55 y 33 días pre siembra, se comprobó que no existió efecto significativo en ninguna de las variables estudiadas, ni para los herbicidas ni para dosis aplicada. En cambio, se detectaron efectos significativos en el caso de la fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra y a la siembra en sí.

4.1.1 Fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra

No se detectaron efectos significativos en el desarrollo tanto en los registros efectuados en la época aproximada a Zadoks 2.0 como a Zadoks 3.0. Por otro lado, tampoco se pudieron constatar diferencias estadísticamente significativas para las variables peso fresco, peso seco, ancho de hoja y población en Zadoks 2.0 y Zadoks 3.0. Sólo se constataron efectos en el largo de la hoja y altura de planta.

En cuanto al efecto en el largo, el análisis detectó efecto muy significativo para el herbicida ($p=0,0006$) y para la dosis ($p=0,0071$), no siendo así para el caso de la interacción entre ellas.

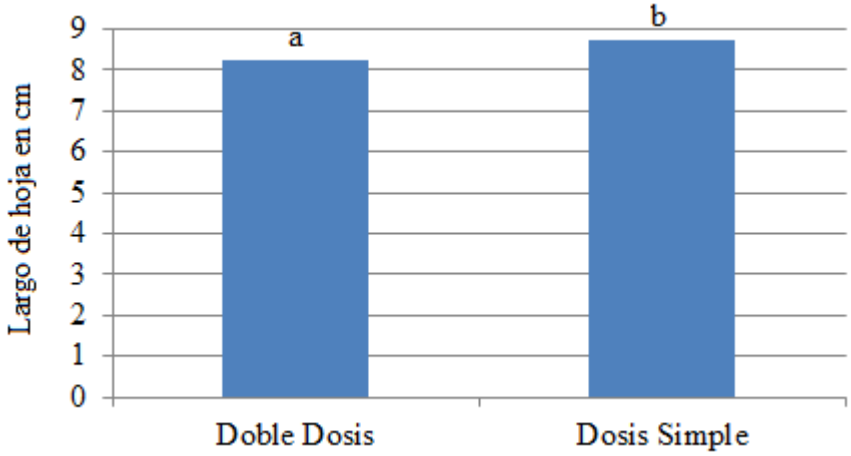
El largo de la hoja, tanto en los tratamientos con cletodim como en el tratamiento de haloxifop-metil, que resultaron similares, fue significativamente menor que el que se determinara en el tratamiento testigo presentando una disminución del 11,02% para cletodim y de 7,82% para haloxifop-metil (Figura 2).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 2. Largo de hoja de avena (cm) estimada en Zadoks 2.0 para el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días presiembra

También se detectó efecto de la dosis sobre esta variable (p=0,0071). La aplicación de la doble dosis determinó una reducción del 5,6% en el largo de la hoja en comparación de la dosis simple (Figura 3).

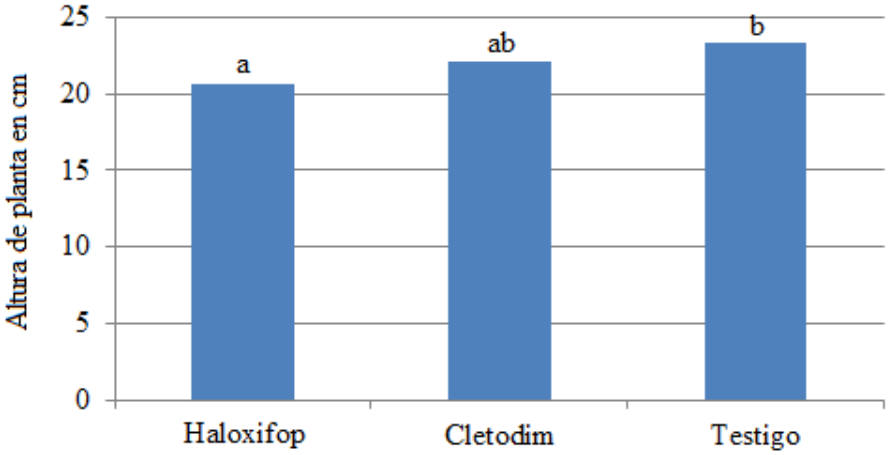


(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 3. Largo de hoja de avena (cm) estimada en Zadoks 2.0 para la dosis simple y doble para fecha de aplicación a los 12 días presiembra

En cuanto a la altura, el análisis de varianza solo detectó efecto del herbicida (p=0,01). La menor altura fue estimada en haloxifop-metil que presentó una reducción

del 11,93% en comparación a la media en el testigo. La altura en el tratamiento con cletodim resultó intermedia sin diferenciarse ni del testigo ni del haloxifop-metil (Figura 4).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 4. Altura de las plantas de avena (cm) en Zadoks 3.0 para el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días presiembra

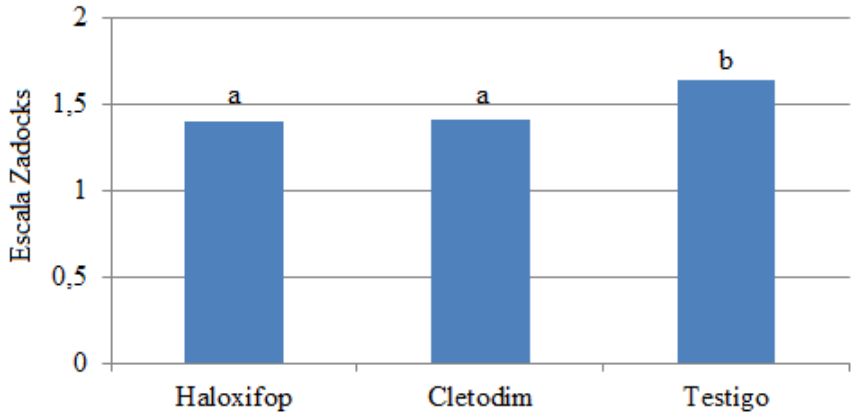
4.1.2 Fecha de aplicación al día de la siembra

No se constataron diferencias estadísticamente significativas para las variables peso seco, largo y ancho de hoja, altura de planta, y población en Zadoks 2.0 y Zadoks 3.0.

Se detectaron efectos significativos en el desarrollo temprano estimado en Zadoks 2.0 y en el peso fresco estimado en Zadoks 3.0.

En cuanto al desarrollo temprano, el análisis detectó efecto significativo para el herbicida (p=0,0049) y ningún efecto para la dosis y la interacción herbicida por dosis.

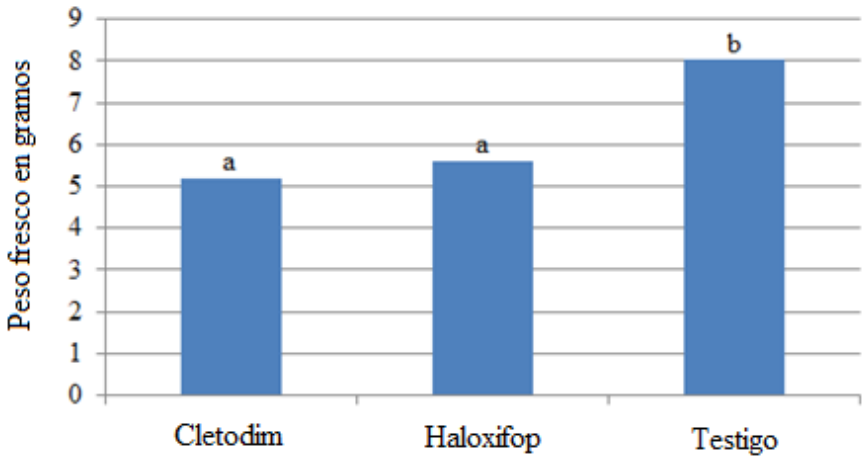
El tratamiento testigo presentó el promedio de sus plantas con mayores desarrollos que las tratadas tanto con haloxifop-metil como con cletodim, presentando estas una diferencia de aproximadamente 14% menos que el testigo (Figura 5).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 5. Desarrollo temprano de avena estimado por escala Zadoks en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra

Iguales tendencias se constataron en el caso del peso fresco de planta medido en gramos estimado en Zadoks 3.0 (Figura 6), determinándose solo efecto para los herbicidas (p=0,0024).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 6. Peso fresco de planta de avena (gramos) en Zadoks 3.0 en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra

Este efecto resultó importante encontrándose reducciones en la producción de materia en base fresca de 35,29% y 30,30%, para cletodim y haloxifop-metil respectivamente en relación al testigo.

En las determinaciones de biomasa final en base fresca y seca realizadas el 7 de octubre al momento de la desecación de la avena no pudieron detectarse efectos significativos de los tratamientos. Ambas determinaciones demostraron altos coeficientes de variación (>20%) y el análisis de los promedios permitió constatar una tendencia similar a la encontrada en la determinación del peso fresco de planta en Zadoks 3.0 al presentar los graminicidas menores valores en la variable estudiada que el testigo (Figuras 7 y 8).

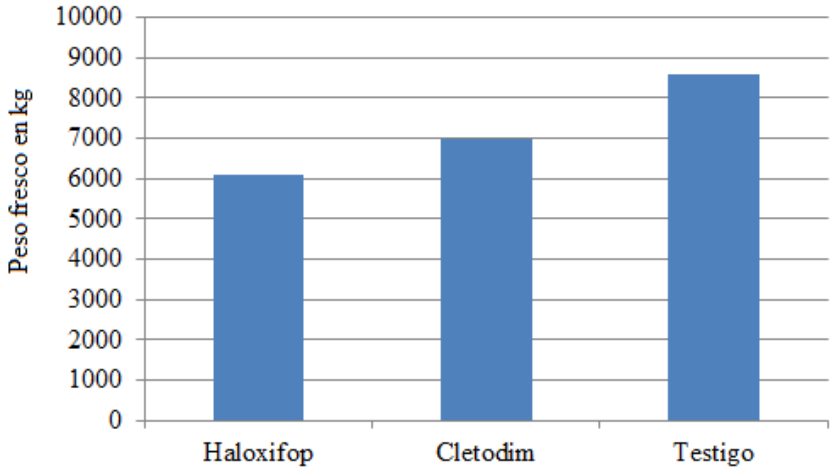


Figura 7. Biomasa final de avena en base fresca (kg/ha) al momento de la desecación en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra

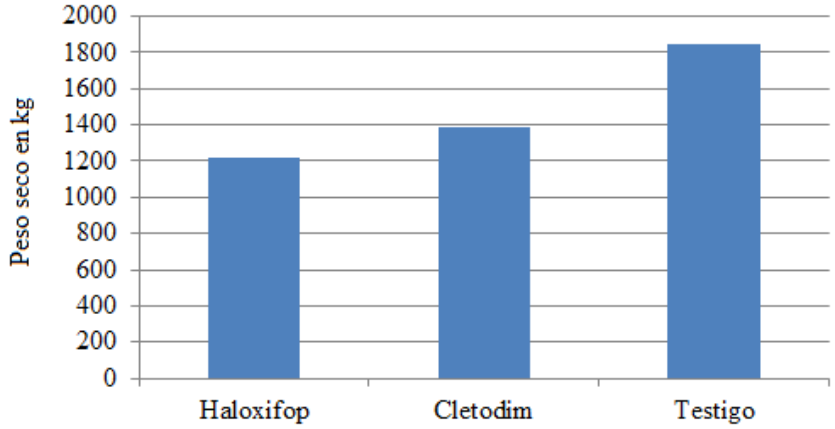


Figura 8. Peso seco de avena (kg/ha) al momento de la desecación del tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra

A modo de resumen, considerando todos los resultados obtenidos en avena, podría decirse que si bien existieron algunas indicaciones de efectos depresivos

relacionados a residualidad de los herbicidas aplicados cercanos a la siembra, no pudieron constatarse efectos mayores en el caso de avena utilizada como cultivo de cobertura.

4.2 EFECTO DE LA RESIDUALIDAD DE LOS HERBICIDAS APLICADOS EN BARBECHO EN CEBADA

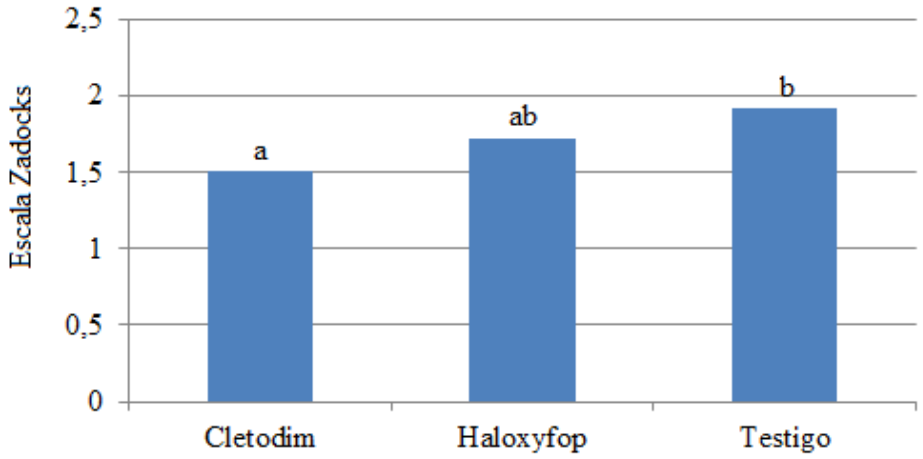
Luego de haber realizado los ANAVA para las determinaciones realizadas en las fechas de aplicación a los 81, 55 y 33 días presiembra, se comprobó nuevamente que no existió efecto significativo en ninguna de las variables estudiadas ni para los herbicidas ni para dosis aplicada. Por otro lado, se lograron apreciar efectos en el caso de la aplicación a los 12 días previos a la siembra y la aplicación al mismo día de la siembra.

4.2.1 Fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra

No se detectó efecto significativo para la variable vegetativa largo de hoja como tampoco para el desarrollo registrado en la época aproximada a Zadoks 3.0. En cambio, si se constató efecto significativo para el desarrollo temprano, altura de planta, ancho de hoja, peso de planta en base fresca en kg, número de espigas y rendimiento de grano.

En cuanto al efecto en el desarrollo temprano, el análisis detectó efecto significativo únicamente para el herbicida ($p=0,01$), no siendo así para la dosis y la interacción entre dichos factores.

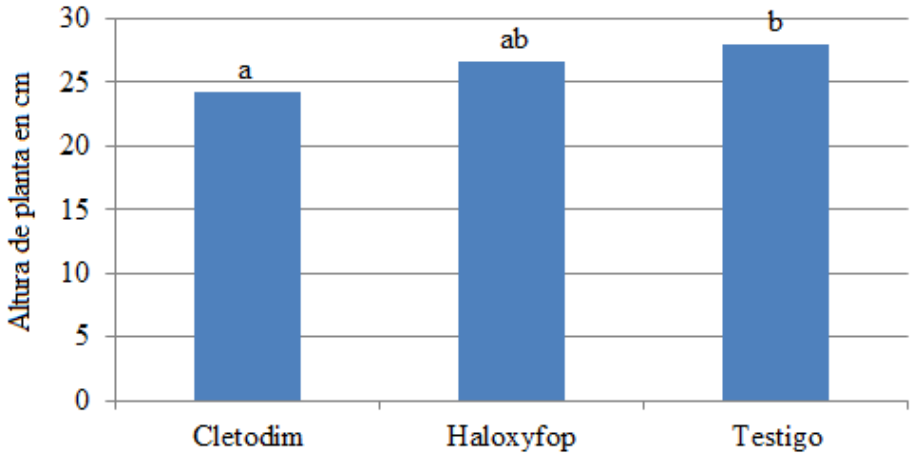
El menor desarrollo fue estimado en cletodim que presentó una reducción del 21,36% en comparación a la media dada para el testigo. El desarrollo en el tratamiento con haloxifop-metil resultó intermedio sin diferenciarse ni del testigo ni del cletodim (Figura 9).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 9. Desarrollo temprano de cebada estimado por escala Zadoks en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra

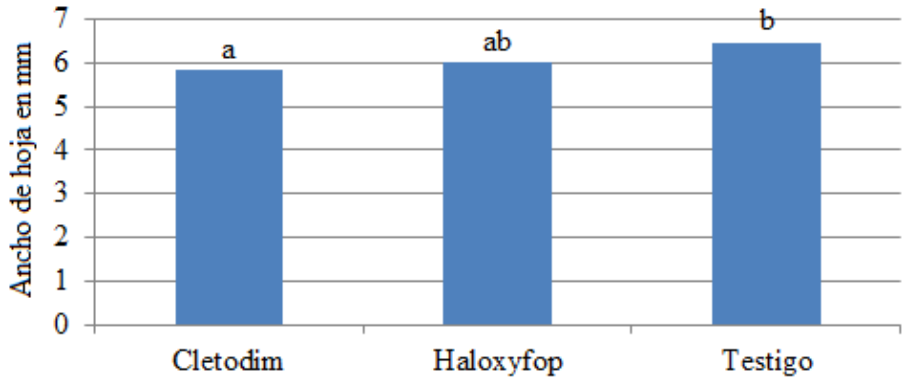
Para la altura de planta, el análisis de varianza solo detectó efecto del herbicida (p=0,05). La menor altura fue estimada en cletodim que presentó una reducción del 13% en comparación a la media dada para el testigo. La altura en el tratamiento con haloxifop-metil resultó intermedia sin diferenciarse ni del testigo ni del cletodim (Figura 10).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 10. Altura de las plantas de cebada (cm) en Zadoks 3.0 en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra

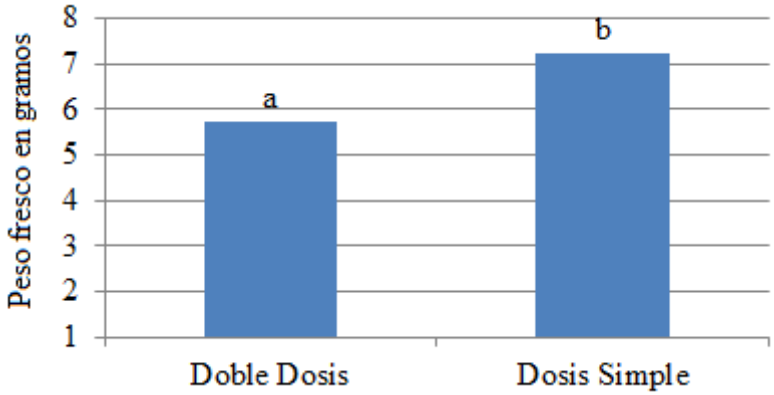
Con respecto al ancho de hoja, el análisis de varianza determinó un efecto significativo únicamente para el herbicida (p=0,05) siendo cletodim el herbicida que presentó menor valor en relación al testigo, con una disminución de 9,62%. Por otra parte, haloxifop-metil no se diferenció ni de uno ni del otro (Figura 11).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 11. Ancho de hoja de cebada (mm) estimada en Zadoks 2.0 para la dosis simple y doble para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra

Tras realizar el análisis de varianza para el peso de planta en base fresca en kg, sólo la cantidad de dosis aplicada constató diferencia significativa (p=0,09). La aplicación de la doble dosis determinó una reducción del 20,61% en la biomasa en comparación a la dosis simple (Figura 12).

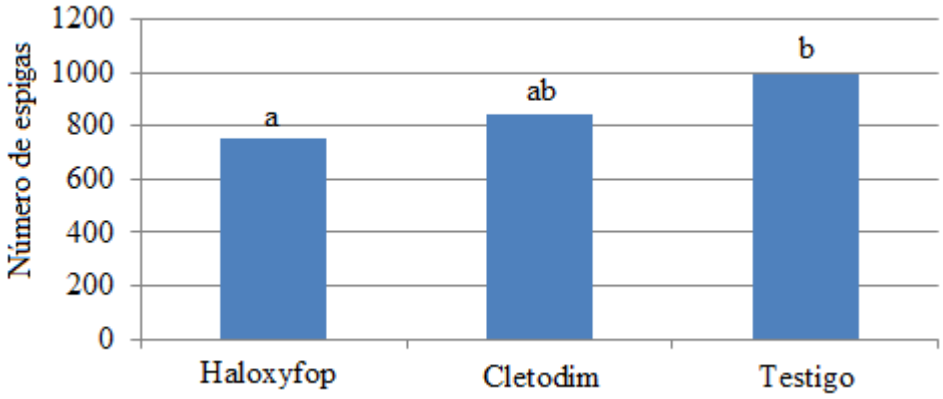


(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 12. Peso fresco de planta de cebada (gramos) en Zadoks 3.0 en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra

Para el número de espigas, el análisis detectó efecto significativo para el herbicida (p=0,04) y para la dosis (p=0,03), no siendo así para el caso de la interacción entre ellas.

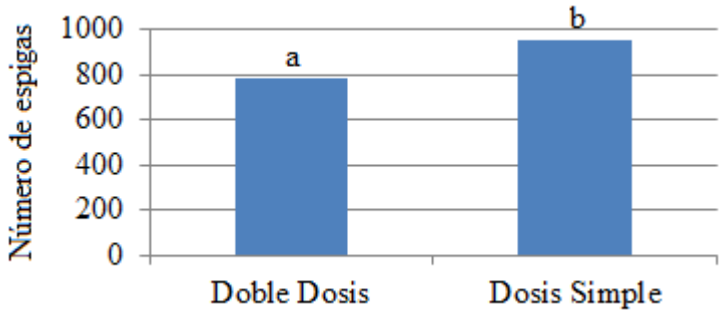
El menor valor lo presentó el haloxifop-metil teniendo de esta forma una disminución en el número de espigas constatado de 24,84% con respecto al testigo. El número de espigas para el caso del cletodim resultó intermedio sin diferenciarse ni del testigo ni del haloxifop-metil (Figura 13).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 13. Número de espigas de cebada por m^2 a la cosecha en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra

La aplicación con la doble dosis determinó una reducción del 17,84% en el número de espigas en comparación de la dosis simple (Figura 14).

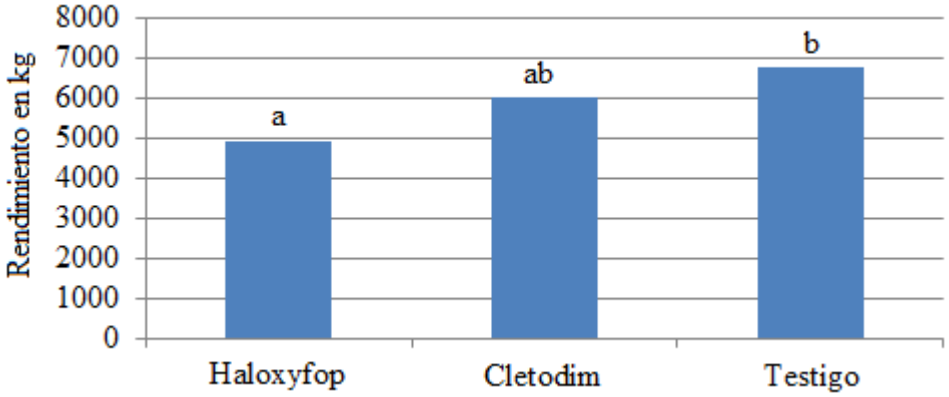


(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 14. Número de espigas de cebada por m^2 a la cosecha para la dosis simple y doble para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra

En relación a las determinaciones de rendimiento de grano a cosecha, el análisis detectó efecto significativo para el herbicida (p=0,07) y para la dosis (p=0,03).

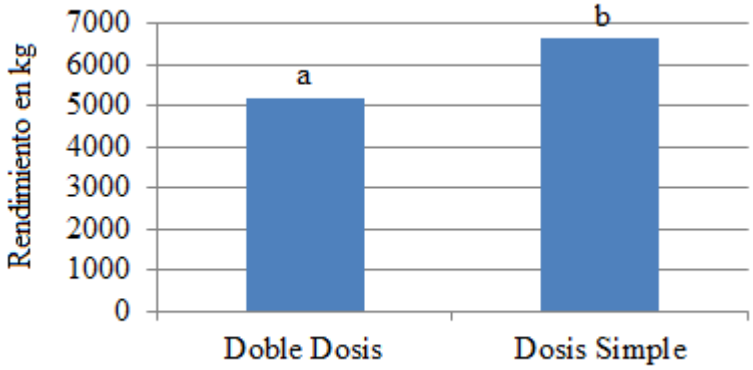
Haloxifop-metil presentó el menor valor de rendimiento siendo un 27,31% menor al presentado por el testigo. El desarrollo en el tratamiento con cletodim resultó intermedio sin diferenciarse ni del testigo ni del haloxyfop-metil (Figura 15).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 15. Rendimiento de grano de cebada (kg/ha) del tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra

Por otro lado, la aplicación de la doble dosis determinó una reducción del 21,71% en el rendimiento en grano en comparación de la dosis simple (Figura 16).



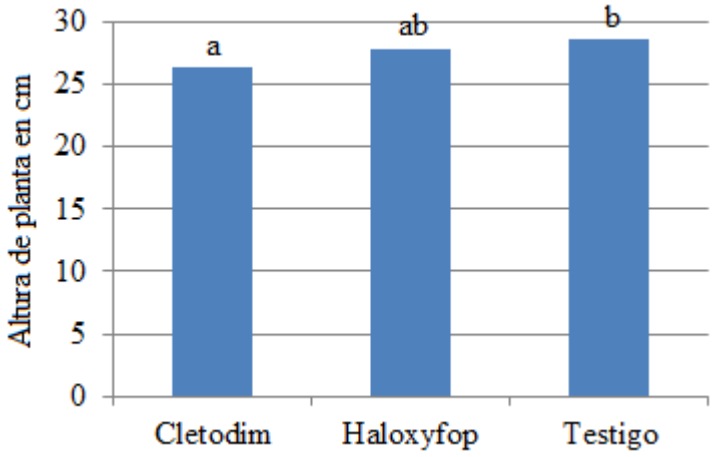
(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 16. Rendimiento de grano de cebada (kg/ha) a la cosecha para la dosis simple y doble para fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra

4.2.2 Fecha de aplicación al día de la siembra

En un principio, contrariamente a lo esperado, considerando que el estudio se basa en evaluar los efectos de residualidad, fueron detectados menos efectos e inclusive de menor magnitud en el rendimiento de grano para esta fecha que a los 12 días previos a la siembra. Además, no se detectaron efectos significativos para las variables de desarrollo constatadas. Para el caso de las variables vegetativas y las asociadas al rendimiento, se logró constatar efectos en altura y peso fresco de planta, y número de espigas por m^2.

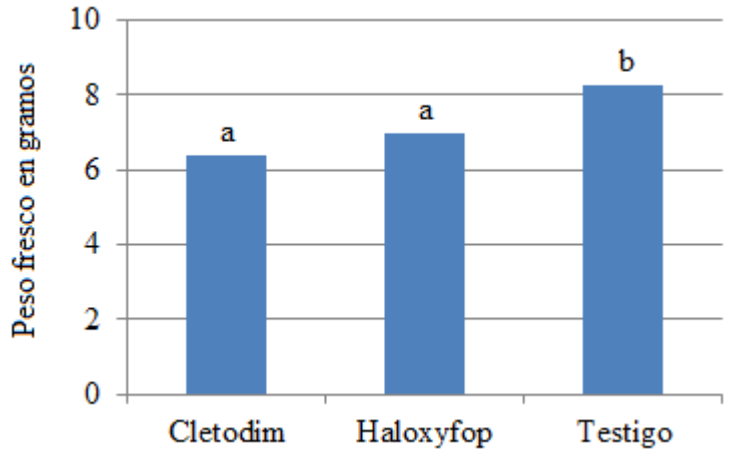
En primer instancia, se pudo determinar efecto significativo para la altura únicamente al considerar el herbicida utilizado (p=0,08). La aplicación con cletodim representó un 7,73% de altura menor que las plantas resultantes del tratamiento testigo. Por otro lado, haloxifop-metil obtuvo un valor intermedio entre el cletodim y el testigo al no presentar una diferencia significativa ante ninguno de los dos casos (Figura 17).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 17. Altura de las plantas de cebada (cm) en Zadoks 3.0 en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra

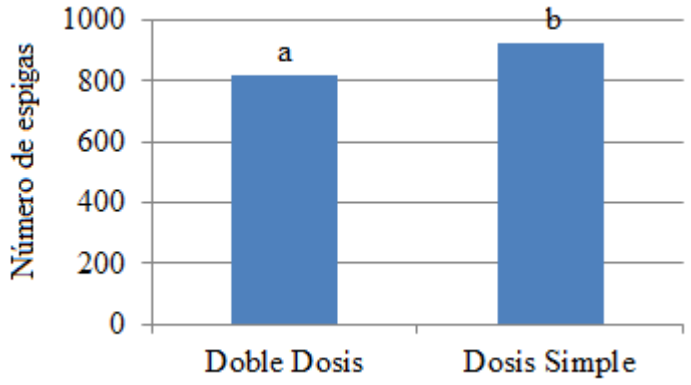
En lo que respecta al peso fresco de planta, se pudo determinar tras el análisis de los promedios diferencias significativas para el herbicida aplicado (p=0,02). El tratamiento mediante testigo presentó el promedio de sus plantas con mayores pesos que las tratadas con cletodim y haloxifop-metil, siendo estas un 22,61% y 15,96% menor, respectivamente (Figura 18).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 18. Peso fresco de planta de cebada (gramos) en Zadoks 3.0 en el tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra

Con respecto al número de espigas, a través del análisis de varianza se constató efecto significativo para la dosis utilizada (p=0,08) habiéndose obtenido un 11,64% más de espigas para el caso de efectuarse dosis simple con respecto a doble dosis (Figura 19).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 19. Número de espigas de cebada por m^2 a la cosecha para la dosis simple y doble para fecha de aplicación al día de la siembra

Por último, pese a que el análisis de los promedios aritméticos muestra una tendencia muy similar a los de la fecha de aplicación a los 12 días previos a la siembra a nivel de rendimiento, no pudo comprobarse un efecto significativo por parte del

herbicida, ni tampoco de la interacción entre herbicida y dosis. En cambio, cabe destacar una diferencia de 878,83 kg/ha de grano entre el uso de haloxifop-metil y el testigo, siendo estos el peor y mejor tratamiento respectivamente (Figura 20).

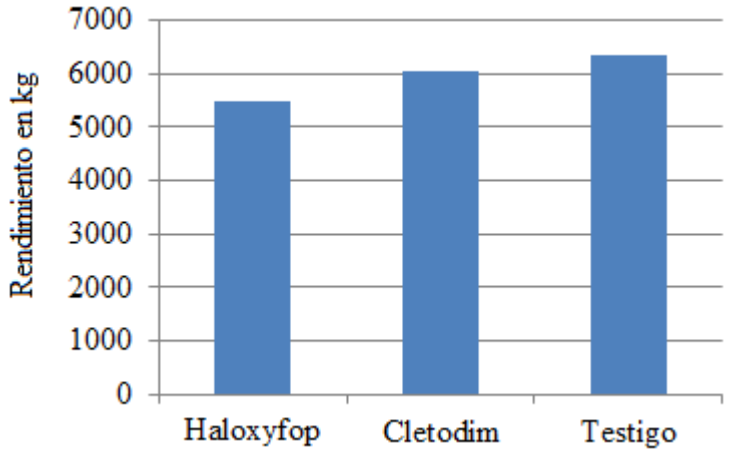
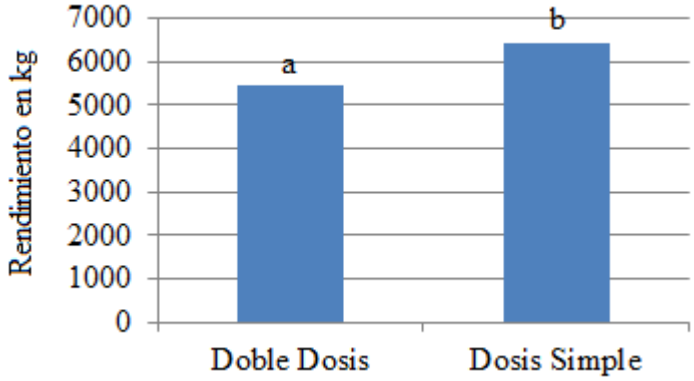


Figura 20. Rendimiento de grano de cebada (kg/ha) del tratamiento testigo, haloxifop-metil y cletodim para fecha de aplicación al día de la siembra

Por otra lado, se registró diferencia significativa (p=0,02) en el rendimiento al modificar la dosis, siendo el rendimiento un 15% inferior para el caso de la dosis doble en comparación a la dosis simple (Figura 21).



(*) Medias con igual letra no difieren estadísticamente (p<0.05).

Figura 21. Rendimiento de grano de cebada (kg/ha) a la cosecha para la dosis simple y doble para fecha de aplicación al día de la siembra

5. CONCLUSIONES

5.1 AVENA

No se encontraron efectos de herbicida ni dosis para las aplicaciones de 81, 55 y 33 días previos a la siembra y si para las aplicaciones de 12 y 0 días previos a la siembra.

En la aplicación a los 12 días presiembra, se encontraron efectos significativos para los herbicidas y la dosis en el largo de hoja estimada en Zadoks 2.0 y sólo efecto del herbicida en el caso de la altura de planta medida en Zadoks 3.0.

En la aplicación el mismo día de la siembra, los herbicidas afectaron el desarrollo temprano determinado en Zadoks 2.0 y el peso fresco de planta estimado en Zadoks 3.0.

No se detectaron efectos en la biomasa final estimada al momento de la desecación.

5.2 CEBADA

No se encontraron efectos de herbicida ni dosis para las aplicaciones de 81, 55 y 33 días previos a la siembra y si para las aplicaciones de 12 y 0 días previos a la siembra.

En la aplicación a los 12 días presiembra, desarrollo temprano, altura de planta y ancho de hoja fueron significativamente disminuidas en relación al testigo en las aplicaciones con cletodim e intermedias con haloxifop-metil. Sólo se detectó una reducción significativa en peso de planta ante el uso de la doble dosis. En las variables reproductivas, número de espigas y rendimiento final, los mayores efectos de herbicidas se observaron con las aplicaciones de haloxyfop-metil que determinaran reducciones del 25% y 27% en relación al testigo, respectivamente. El uso de la doble dosis afectó significativamente al número de espigas y rendimiento.

Las aplicaciones con graminicidas el día de la siembra determinaron disminuciones en la altura de plantas, en el peso fresco de las plantas y en el número de espigas por m^2. No se detectaron efectos significativos en el rendimiento en grano final aun cuando el efecto de la dosis resultó significativo y señaló un 15% de merma para la dosis doble en comparación a la simple.

6. RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el predio de la Expo Activa de la Asociación Rural de Soriano, ubicado en ruta 2 km 253, en la proximidad de la ciudad de Mercedes, Soriano, Uruguay, entre el 2/04/2014 al 27/11/2014. Tuvo por objetivo evaluar el efecto residual de los graminicidas haloxifop-metil y clethodim en distintas fechas de aplicación antes de la siembra de avena y cebada. Los tratamientos (T1=glifosato 2,5L/ha; T2=glifosato 2,5L/ha + clethodim 400cc/ha; T3= glifosato 2,5L/ha + clethodim 800cc/ha; T4= glifosato 2,5L/ha + haloxifop-metil 120cc/ha; T5= glifosato 2,5l/ha + haloxifop-metil 240cc/ha) fueron aplicados a los 81, 55, 33, 12 y 0 días previos a la siembra del cultivo de avena y cebada. El diseño experimental fue en bloques completos al azar (DBCA), con 3 repeticiones. Las determinaciones consistieron en evaluaciones en avena y cebada de implantación, desarrollo utilizando la escala de Zadoks y crecimiento: largo y ancho de las láminas de las hojas, altura y peso fresco de planta. A cosecha, se estimó el rendimiento en kilos por hectárea para ambos cultivos. Mientras que para cebada, se determinó además el número final de espigas por metro cuadrado. Los datos fueron procesados utilizando análisis de varianza y separación de medias por pruebas de Tukey al 5% cuando hubo efecto significativo. Los resultados en avena demostraron que no hubo efectos de herbicida ni dosis para las aplicaciones de 81, 55 y 33 días previos a la siembra. En la aplicación a los 12 días presiembra, se encontraron efectos significativos para los herbicidas y dosis en largo de hoja estimada en Zadoks 2.0 y sólo efecto del herbicida para el caso de altura de planta medida en Zadoks 3.0. En la aplicación el mismo día de la siembra, los herbicidas afectaron el desarrollo temprano determinado en Zadoks 2.0 e importantemente el peso fresco de planta estimado en Zadoks 3.0 aunque no lograron detectarse efectos en la biomasa final estimada al momento de la desecación. Los resultados en cebada demostraron que no hubo efectos de herbicida ni dosis para las aplicaciones de 81, 55 y 33 días previos a la siembra. En la aplicación a los 12 días presiembra, desarrollo temprano, altura de planta y ancho de hoja fueron significativamente disminuidas en relación al testigo en las aplicaciones con cletodim e intermedias con haloxyfop-metil. Sólo se detectó una reducción significativa en peso de planta ante el uso de la doble dosis. En las variables reproductivas, número de espigas y rendimiento final, los mayores efectos de herbicidas se observaron con las aplicaciones de haloxyfop-metil que determinaran reducciones del 25% y 27% en relación al testigo, respectivamente. El uso de la doble dosis afectó significativamente al número de espigas y rendimiento. Las aplicaciones con graminicidas el día de la siembra determinaron disminuciones en la altura de plantas, en el peso fresco de las plantas y en el número de espigas por m^2. No se detectaron efectos significativos en el rendimiento en grano final aun cuando el efecto de la dosis resultó significativo y señaló un 15% de merma para la dosis doble en comparación a la simple.

Palabras clave: Avena; Cebada; Residualidad; Cletodim; Haloxifop-metil.

7. SUMMARY

The current study was conducted on the field of “Expo Activa” which belongs to Soriano Rural Association, on the 253th kilometer of national route number 2, next to Mercedes city, Soriano department, Uruguay. The experiment took place from 2/04/2014 to 27/11/2014. Its objective was to evaluate residual behavior of graminicides on different dates of application before the sowing of oat and barley seeds. Treatments (T1= glyphosate 2,5L/ha; T2= glyphosate 2,5L/ha + clethodim 400cc/ha; T3= glyphosate 2,5L/ha + clethodim 800cc/ha; T4= glyphosate 2,5L/ha + haloxyfop-methyl 120cc/ha; T5= glyphosate 2,5l/ha + haloxyfop-methyl 240cc/ha) were sprayed 81, 55, 33, 12 and 0 days before planting oat and barley. The experiment had a randomized complete block design including 3 blocks. The determinations consisted about evaluations of oat and barley implantation, plant growth using Zadock´s scale and growth grade: film length and width and plant height and fresh weight. At harvest, crop yields per hectare were estimated for both two. Meanwhile for barley, final number of wheat stalks per square meter was estimated too. The data was processed by using the analysis of variance and mean separation by Tukey test at 5% when there was a significant effect. The results in oat show that there weren’t effects of herbicide and dose for the applications at 81, 55 and 33 days before the sowing. On the application 12 days preplant, significant effects were found for herbicide and dose estimated at Zadoks 2.0 and just herbicide effect in the case of plant height at Zadoks 3.0. For the application on the same day as the sowing, early development was affected by both graminicides estimated at Zadocks 3.0 and meaningfully fresh weight too estimated at the same moment but failed to detect effects on the final biomass estimated at the time of drying. The results in barley demonstrate that there weren’t effects of herbicide and dose for the applications at 81, 55 and 33 days before sowing. In the application at 12 days preplant, early development, plant height and leaf width were significantly decreased in relation to the control treatment in applications with clethodim and intermediate with haloxyfop-methyl. A significant reduction in plant weight was seen because of the use of the double dose. In reproductive variables, number of spikes and final performance, the major effects in regard to the herbicide used were observed with haloxyfop-methyl which determined reductions of 25% and 27% compared to the control, respectively. The use of the double dose significantly affected the number of spikes and final performance. Applications with graminicides at the sowing day determined decreases in plant height, fresh weight of plants and the number of spikes per m2. No significant effects were detected in grain yield in the end even when the dose effect was significant with a 15% decline for the double dose compared to simple.

Key words: Oat; Barley; Residual behavior; Clethodim; Haloxyfop-methyl

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay, MAP. DSF. t.1, 96 p.

2. Banas, W.; Furmanek, T.; Banas, A. 2011. Effect of haloxyfop and alloxydim applied separately and in combination with salicylic acid, diphenylamine, or norflurazon on the root growth and fatty acid composition of the selected species of grasses and dicotyledonous plants. Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura. 10 (3): 3-13.

3. Belgeri, A.; Caulin, M. P. 2008. Comunidades de malezas en siembra directa en el litoral agrícola centro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 59 p.

4. Bovey, R. W. 1985. Efficacy of glyphosate in non-crop situations. In: Grossboard, E.; Atkinson, D. eds. Herbicides glyphosate. London, Butterworths. pp. 435-448.

5. Bridges, D. C.; Smith, A. E.; Falb, L. N. 1991. Effect of adjuvant on foliar absorption and activity of clethodim and polar degradation products of clethodim. Weed Science. 39 (4): 543-547.

6. Buhler, D. D.; Burnside, O. C. 1984. Herbicidal activity of fluazifop-butyl, haloxyfop-methyl, and sethoxydim in soil. Weed Science. 32 (6): 824-831.

7. Burton, J. D.; Gronwald, J. W.; Keith, R. A.; Somers, D. A.; Gengenbach, B. G.; Wyse, D. L. 1991. Kinetics of inhibition of acetyl-coenzyme A carboxylase by sethoxydim and haloxyfop. Pesticide Biochemistry and Physiology. 39 (2): 100-109.

8. CASAFE (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, AR). 2009. Guía de productos fitosanitarios. 14ª. ed. Buenos Aires, Argentina. t. 1, 500 p.

9. Christoffoleti, P. J.; Galli, A. J. B.; Carvalho, S. J. O.; Moreira, M. S.; Nicolai, M.; Foloni, L. L. 2008. Glyphosate sustainability in South American cropping systems. Pest Management Science. 64 (4): 422-427.

10. Cousens, R. D. 1996. Comparative growth of wheat, barley, and annual ryegrass (*Lolium rigidum*) in monoculture and mixture. Australian Journal of Agricultural Research. 47 (3): 449-464.

11. Della Valle, E. A.; Ferrari, J. F. 2011. Susceptibilidad de Lolium multiflorum Lam. a aplicaciones de glifosato en rastrojos de cultivos de verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 76 p.

12. Délye, C.; Zhang, X. Q.; Chalopin, C.; Michel, S.; Powles, S. B. 2003. An isoleucine residue within the carboxyl-transferase domain of multidomain acetyl-coenzyme A carboxylase is a major determinant of sensitivity to aryloxyphenoxypropionate but not to cyclohexanedione inhibitors. Plant Physiology. 132 (3): 1716-1723.

13. Dill, G. M. 2005. Glyphosate-resistant crops; history, status and future. Pest Management Science. 61 (3): 219-224.

14. Edwards, D. 2005. Reregistration eligibility decision (RED) for sethoxydim. Washington, D. C., United States Environmental Protection Agency. pp. 1-27.

15. Falb, L. N.; Bridges, D. C.; Smith, A. E. 1990. Effects of pH and adjuvants on clethodim photodegradation. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 38 (3): 875-878.

16. _____.; _____.; _____. 1991. Separation of clethodim herbicide from acid and photodegradation products by liquid chromatography. Journal-Association of Official Analytical Chemists. 74 (6): 999-1002.

17. Fernández, G.; Villalba, J. 1999. Problemática de malezas en cero laboreo. In: Curso de Actualización para Profesionales (1999, Paysandú, Uruguay). Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas. Paysandú, Facultad de Agronomía. 1 disco compacto.

18. _____.; _____.; Scaglia, L. 2015. El manejo de herbicidas y la situación actual de malezas. (en línea). In: Simposio Nacional de Agricultura (3º., 2013, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Hemisferio Sur. v.1, pp. 125-132. Consultado abr. 2016. Disponible en https://nomato.files.wordpress.com/2014/11/grisel-fernandez-3c2ba-simposio.pdf.

19. Formoso, F. A.; Fernández, G.; Ríos, A. 2007. Evaluación de la susceptibilidad de raigrás espontáneo (Lolium multiflorum Lam.) en sistemas de siembra directa del litoral agrícola. In: Seminario de Actualización Técnica (2007, Young, Rio Negro). Manejo de malezas. Montevideo, INIA. pp. 33-58 (Actividades de Difusión no. 489).

20. Froud-Williams, R. J.; Drennan, D. S. H.; Chancellor, R. J. 1981. Potencial changes in weed flora associated with reduced cultivation systems in cereal production in temperate regions. Weed Research. 21 (2): 99-109.

21. García Torres, L.; Fernández-Quintanilla, C. 1991. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas; familia de herbicidas IV. Herbicidas con actividad foliar y a través del suelo. Madrid, Mundi-Prensa. 352 p.

22. Gerwick, B. C.; Jackson, L. A.; Handly, J.; Gray, N. R.; Russell, J. W. 1988. Preemergence and postemergence activities of the (R) and (S) enantiomers of haloxyfop. Weed Science. 36 (4): 453-456.

23. Gillespie, G. R.; Nalewaja, J. D. 1986. Postemergence grass control herbicides applied to the soil. Weed Science. 34 (6): 942-947.

24. Harwood, J. L. 1988. Fatty acid metabolism. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 39 (1): 101-138.

25. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología. Dirección de Climatología y Documentación, UY). 2015a. Precipitación mensual acumulada en milímetros; Estación meteorológica Mercedes. Montevideo. 1 p.

26. _____. 2015b. Temperatura media en grados Celsius; Estación Meteorológica Mercedes. Montevideo. 1 p.

27. Irzyk, G. P.; Bauman, T. T.; Carpita, N. C. 1990. Uptake, metabolism, and activity of haloxyfop in liquid cultures of proso millet (*Panicum miliaceum* L. cv Abarr). Weed Science. 38 (6): 484-491.

28. Ishimitsu, S.; Kaihara, A.; Yoshii, K.; Tsumura, Y.; Nakamura, Y.; Tonogai, Y. 2001. Determination of clethodim and its oxidation metabolites in crops by liquid chromatography with confirmation by LC/MS. Journal of AOAC International. 84 (4): 1172-1178.

29. Kogan, M.; Pérez, A. 2003. Herbicidas, fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Santiago de Chile, Universidad Pontificia de Chile. 321 p.

30. Lescano De Ríos, M. C.; Lemos, E. 1989. Control de malezas en el sistema de intersiembra de soja dentro del cultivo de trigo. Pergamino, Buenos Aires, INTA. pp. 63-69.

31. López, R. L.; Vigna, M. R.; Gigón, R. 2008. Evaluación de herbicidas para el control de Lolium multiflorum lam. en barbecho para cereales de invierno. In:

Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas (26°.), Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (18°., 2008, Ouro Preto, MG, BR). Atas. Ouro Preto, SBCPD. s.p.

32. McMullan, P. M. 1996. Grass herbicide efficacy as influenced by adjuvant, spray solution pH, and ultraviolet light. Weed Technology. 10 (1): 72-77.

33. Mailhos, V.; San Román, G. 2008. Comunidades de malezas en siembra directa en el litoral agrícola norte. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 53 p.

34. Martino, D. L. 1995. El herbicida glifosato; su manejo más allá de la dosis por hectárea. Montevideo, INIA. 26 p. (Serie Técnica no. 61).

35. Metzler, M. J.; Papa, J. C.; Tuesca, D. 2014a. *Chloris* spp. Un problema en franca expansión. (en línea). Paraná, Argentina, INTA. s.p. Consultado abr. 2016. Disponible en http://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2014/12/INTA-Chloris-spp-un-problema-en-expansion.pdf.

36. _____.; Ahumada, M. 2014b. Evaluación de graminicidas postemergentes fop y dim en el control de *Sorghum halepense* resistente a glifosato para barbecho químico. (en línea). Paraná, AR, INTA. s.p. Consultado abr. 2016. Disponible en http://www.malezacero.com.ar/wp-content/uploads/2015/01/ADA-Metzler-y-Ahumada-Graminicidas-en-Sorghum-halepense-RG.pdf

37. _____.; _____. 2014c. Evaluación de graminicidas postemergentes fop y dim en el control de *Echinocloa colona* resistente a glifosato para barbecho químico. (en línea). Paraná, AR, INTA. s.p. Consultado abr. 2016. Disponible en http://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2015/01/Metzler-y-Ahumada-Graminicidas-en-Echinochloa-colona-RG.pdf content/uploads/sites/3/2015/01/Metzler-y-Ahumada-Graminicidas-en-Echinochloa-colona-RG.pdf.

38. Monadjemi, S.; Ter Halle, A.; Richard, C. 2014. Accelerated dissipation of the herbicide cycloxydim on wax films in the presence of the fungicide chlorothalonil and under the action of solar light. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 62 (21): 4846-4851.

39. Papa, J. C., Felizia, J. C., Esteban, A. J. 2004. Tolerancia y resistencia a herbicidas. Montevideo, INTA. 6 p.

40. _____. 2009. Determinación del efecto del glifosato sobre la eficacia de algunos graminicidas para el control de maíz RR espontáneo. INTA. Revista Maíz Para Mejorar la Producción. 41: 67-69.

41. _____.; Tuesca, D. 2014. Los problemas actuales de malezas en la región sojera núcleo argentina: origen y alternativas de manejo. INTA. Revista Maíz Para Mejorar la Producción. 52: 151-165.

42. Pérez, A.; Kogan, M. 2003. Glyphosate-resistant *Lolium multiflorum* in Chilean orchards. Weed Research. 43 (1): 12-19.

43. Rainbolt, C. R.; Thill, D. C.; Young, F. L. 2004. Control of volunteer herbicide-resistant wheat and canola 1. Weed Technology. 18 (3): 711-718.

44. Ríos, A.; Fernández, G.; Collares, L. 2005. Estudio de las comunidades de malezas asociadas a los sistemas de siembra directa en Uruguay. In: Seminario-Taller Iberoamericano Resistencia a Herbicidas y Cultivos Transgénicos (Colonia del Sacramento). Ponencias. Colonia, INIA. 1 disco compacto. pp. 129-141.

45. _____.; _____.; _____.; García, A. 2007. Comunidades de malezas asociadas a los sistemas de siembra directa en Uruguay. In: Congreso Sociedad Española de Malherbología; la Malherbología en los Nuevos Sistemas de Producción Agraria (11°., 2007, Albacete, España). Actas. Albacete, SEM. pp. 135-141.

46. _____.; Belgeri, A.; Cabrera, M.; Della Valle, E. A.; Ferrari, J. F.; Aristegui, M. J.; Frondoy, L.; Gómez, M. 2013. Prevención de la resistencia de raigrass anual (*Lolium multiflorum* Lam) y yerba carnicera (*Conyza bonariensis* L.) en Uruguay. In: Ríos, A. ed. Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. Montevideo, INIA. pp. 83-97 (Serie Técnica no. 204).

47. Sandín-España, P.; Sevilla-Morán, B.; Mateo-Miranda, M.; Alonso-Prados, J. L; Calvo, L. 2013. Photochemical behavior of alloxydim herbicide in environmental waters. Structural elucidation and toxicity of degradation products. Microchemical Journal. 106 (1): 212-219.

48. Sevilla-Morán, B.; Alonso-Prados, J. L.; García-Baudín, J. M.; Sandín-España, P. 2010a. Indirect photodegradation of clethodim in aqueous media. byproduct identification by quadrupole time-of-flight mass spectrometry. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 58 (5): 3068-3076.

49. _____.; _____.; _____.; _____.; Mateo-Miranda, M. 2010b. Sunlight transformation of sethoxydim-lithium in natural waters and effect of humic

acids. International Journal of Environmental and Analytical Chemistry. 90 (3-6): 487-496.

50. Taberner Palou, A.; Cirujeda, A.; Zaragoza, C. 2007. Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas; 100 preguntas sobre herbicidas. (en línea). Roma, FAO. 67 p. Consultado feb. 2016. Disponible en http://www.fao.org/3/a-a1422s.pdf.

51. Tardif, F. J.; Preston, C.; Holtum, J. A. M.; Powles, S. B. 1996. Resistance to acetyl-coenzyme A carboxylase-inhibiting herbicides endowed by a single major gene encoding a resistant target site in a biotype of *Lolium rigidum*. Functional Plant Biology. 23 (1): 15-23.

52. Tuesca, D. H.; Puricelli, E. 2001. Análisis de los cambios en las comunidades de malezas asociados al sistema de labranza y al uso continuo del glifosato. In: Díaz Rossello, R. coord. Siembra directa en el cono Sur. Montevideo, PROCISUR. Documentos. pp. 183-201 (Documentos).

53. Vigna, M. R.; López, R. L.; Gigón, R. 2011. Evaluación de la técnica del doble golpe para el control de poblaciones de *Lolium multiflorum* en el SO de Buenos Aires. In: Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM) (20º., 2011, Viña del Mar, Chile). Actas. Buenos Aires, AR, INTA. 1 disco compacto. pp. 399-409.

54. _____.; _____.; _____. 2013. Situación de la problemática y propuesta de manejo para *Lolium* y *Avena fatua* resistentes a herbicidas en el sur de Buenos Aires. In: Ríos, A. ed. Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. Montevideo, INIA. pp. 75-83 (Serie Técnica no. 204).

55. Walsh, M. J.; Powles, S. B. 2007. Management strategies for herbicide resistant weed populations in australian dryland crop production systems. Weed Technology. 21 (2): 332-338.

56. Xiang, S.; Callaghan, M. M.; Watson, K. G.; Tong, L. 2009. A different mechanism for the inhibition of the carboxyltransferase domain of acetyl-coenzyme A carboxylase by tepraloxydim. Proceedings of the National Academy of Sciences. 106 (49): 20723-20727.

57. Yanniccari, M.; Istilart, C.; Castro, A. M. 2011. Hacia el manejo de *Lolium* spp (Ryegrass perenne) resistente a glifosato. Malezas Problema. Revista Técnica Especial AAPRESID. ene.: 51-55.

58. You, X.; Liang, L.; Liu, F. 2014. Dissipation and residues of clethodim and its oxidation metabolites in a rape-field ecosystem using QuEChERS and liquid chromatography/tandem mass spectrometry. Food Chemistry. 143 (1): 170-174.

59. Zhang, H.; Tweel, B.; Tong, L. 2004. Molecular basis for the inhibition of the carboxyltransferase domain of acetyl-coenzyme-A carboxylase by haloxyfop and diclofop. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 101 (16): 5910-5915.

60. Zimdahl, R. 2007. Fundamentals of weed science. 3rd. ed. Fort Colllins, Academic Press. 688 p.