

Universidad Nacional del Litoral

Facultad de Ciencias Agrarias

**Caracterización de la sensibilidad diferencial en biotipos de *Eleusine indica* (L.) Gaertn al
glifosato, haloxifop, cletodim y s-metolacoloro, del Norte de la Provincia de Buenos Aires**

Trabajo final de graduación presentado como requisito parcial para optar por el título de Magister en
Protección Vegetal

Maestrando: Ing. Agr. Marcos Ivan Mitelsky

Director: Ing. Agr. M. Sc. Dr. Marcelo Aníbal Carmona

Co Director: Ing. Agr. Dr. Ignacio Miguel Dellaferrera

Fecha:

Esperanza, Santa Fe, Argentina

ÍNDICES

RESUMEN.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
<i>1.1 Biotipo, resistencia y tolerancia:</i>	7
<i>1.2 Descripción de Eleusine indica:</i>	8
<i>1.3 Eleusine indica en Argentina:</i>	8
<i>1.4 Descripción de los herbicidas en estudio:</i>	9
<i>1.4.1 Glifosato:</i>	9
<i>1.4.2 Haloxifop y cletodim:</i>	10
<i>1.4.3 S-metolacoloro:</i>	10
<i>1.5 Objetivo general:</i>	10
<i>1.6 Objetivos específicos:</i>	10
2. MATERIALES Y	
MÉTODOS.....	11
<i>2.1 Descripción de las poblaciones en estudio:</i>	11
<i>2.2 Metodología:</i>	12
3. RESULTADOS Y DICUSIÓN.....	13
<i>3.1. Crecimiento de dos poblaciones de Eleusine indica:</i>	13

3.2. Sensibilidad a glifosato de las diferentes poblaciones de <i>Eleusine indica</i>:	14
3.3. Sensibilidad a haloxifop de las diferentes poblaciones de <i>Eleusine indica</i>:	17
3.4. Sensibilidad a cletodim de las diferentes poblaciones de <i>Eleusine indica</i>:	19
3.5. Sensibilidad a s-metolacoloro de las diferentes poblaciones de <i>Eleusine indica</i>:	19
4. DISCUSIÓN	19
5. CONCLUSIONES	20
6. BIBLIOGRAFIA	21
7. ANEXO	26

Índice de tablas.

Tabla 1: Pesos medios de cada biotipo en dos momentos de crecimiento	14
Tabla 2: Dosis necesaria de glifosato para disminuir un 50% el peso fresco de la parte aérea en función del testigo	14
Tabla 3: Dosis necesaria de glifosato para controlar el 50% de los individuos en función del testigo	16
Tabla 4: Dosis de haloxifop requerida para reducir un 50% del peso fresco de dos biotipos de <i>Eleusine indica</i>	17
Tabla 5: Comparación entre dos biotipos de <i>Eleusine indica</i> en el control con haloxifop	18

Índice de gráficos.

Gráfico 1: Porcentaje de supervivencia de <i>Eleusine indica</i> de los biotipos San Pedro y Paraíso, en función de la dosis de glifosato en plantas de 30 días de crecimiento.....	15
Gráfico 2: Peso fresco de las plantas de <i>Eleusine indica</i> , de los biotipos San Pedro y Paraíso, en función de la dosis de glifosato en plantas de 30 días.....	15
Gráfico 3: Porcentaje de supervivencia de <i>Eleusine indica</i> de los biotipos San Pedro y Paraíso, en función de la dosis de glifosato en plantas de 60 días de crecimiento.....	16
Gráfico 4: Reducción del peso vivo de <i>Eleusine indica</i> , de los biotipos San Pedro y Paraíso, en función de la dosis de glifosato a los 60 días.....	17
Gráfico 5: Reducción del peso vivo de <i>Eleusine indica</i> , de los biotipos San Pedro y El Paraíso, en función de la dosis de haloxifop.....	18

Índice de figuras.

Figura 1: Estado de las malezas al momento de la aplicación de herbicidas de los 30 días de crecimiento.....	26
Figura 2: Preparación de la siembra de los distintos biotipos.....	26
Figura 3: Simulación de lluvia, para la incorporación de herbicidas pre emergentes.....	26
Figura 4: Evaluación 21 días después de la aplicación de glifosato en el biotipo San Pedro.....	27
Figura n°5: evaluación 21 días después de la aplicación de glifosato en el biotipo Paraíso.....	27
Figura n°6: evaluación 21 días después de la aplicación de cletodim en ambos biotipos.....	27
Figura n°7: evaluación 21 días después de la aplicación de haloxifop en ambos biotipos. Adelante biotipo San Pedro, atrás Paraíso.....	28

Caracterización de la sensibilidad diferencial en biotipos de *Eleusine indica* (L.) Gaertn al glifosato, haloxifop, cletodim y s-metolacoloro, del norte de la provincia de Buenos Aires

RESUMEN

Eleusine indica (L.) Gaertn se considera una de las malezas más problemáticas y se encuentra en muchas regiones. Las malezas en situaciones de uso intensivo de herbicidas, tienen la capacidad de seleccionar biotipos poco sensibles a los mismos. El estudio de la sensibilidad diferencial permite conocer si el aumento de la frecuencia de la maleza es debido a la resistencia a herbicidas o problemas en la aplicación de los mismos. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la sensibilidad de *E. indica* a herbicidas pre (s-metolacoloro) y postemergentes (glifosato, haloxifop y cletodim), sobre 2 biotipos del norte de la provincia de Buenos Aires. Para cuantificar la sensibilidad diferencial de cada biotipo en estudio, a cada herbicida, se utilizó el peso fresco de la parte aérea de cada individuo, dicho valor se expresó como porcentaje de los testigos sin tratar y ajustando cada biotipo a un modelo logístico de cuatro parámetros. Se pudo determinar que el biotipo Paraíso requiere una dosis mayor de glifosato para reducir el 50% de la biomasa que el biotipo San Pedro, aunque la misma no tuvo diferencias estadísticas significativas. En cuanto a Haloxifop para reducir el 50% del biotipo del testigo el biotipo San Pedro requiere de 5,7 veces más de dosis que el biotipo Paraíso, aunque sin diferencia estadística significativa. La sensibilidad a glifosato y haloxifop resulta alta en ambos biotipos. No se pudo realizar el análisis de sensibilidad sobre cletodim y s-metolacoloro debido a que la menor dosis en estudio controlaba todas las repeticiones.

PALABRAS CLAVE: *Eleusine indica*, herbicidas, biotipos, sensibilidad.

Abstract

Eleusine (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) is considered one of the most problematic weeds. Weeds in situations of intensive herbicide use have the ability to select biotypes that are less susceptible to them.

The study of differential susceptibility allows us to determine whether the increase in weed frequency is due to herbicide resistance or issues in their application.. To determine the differential susceptibility of every biotype being studied, the fresh weight of the air part of every plant was used. This value was expressed as a percentage of the plants without any treatment and adapting every biotypes to a logistic model of four parameters. The main objective of this study was to quantify the susceptibility of two biotypes of *E. indica* from northern Buenos Aires to pre (s-metolachlor) and post (glyphosate, haloxyfop and clethodim) emergence herbicides. Our results indicate that in order to obtain a 50% of biomass reduction of Paraiso biotype, a higher dose of glyphosate is needed when compared to the dose needed for San Pedro biotype, although this biomass did not have any significant statistical differences. In contrast, in order to obtain similar biomass reduction in San Pedro biotype, it was necessary to apply 5.7 times more than the dose of haloxyfop needed for the Paraiso biotype, although this did not have any significant statistical differences. Sensitivity to glyphosate and haloxyfop is high in both biotypes. Finally, when *E. indica* was treated with clethodim and s-metolachlor the minimum dose was sufficient to obtain a total control.

KEYWORDS: *Eleusine indica*, herbicides, biotypes, sensibility.

1. INTRODUCCIÓN

Las malezas constituyen uno de los factores bióticos adversos de mayor importancia en los cultivos, ya que compiten por agua, luz y nutrientes, son hospedantes de patógenos e insectos perjudiciales, generan pérdidas económicas por mermas de rendimiento, menor calidad de granos, aumento en los costos de cosecha, entre otras (Heap, 2019). Desde un punto de vista ecológico, las malezas pueden considerarse especies pioneras de una sucesión (Soriano, 1975). La sucesión es la manifestación, dentro de un sistema, de los ajustes paulatinos entre la información genética de los organismos que tienen presencia en el sistema y a la información ecológica del lugar (Soriano, 1975). En este contexto, la intensificación de las metodologías de control de malezas traería aparejado una aceleración, en las respuestas

adaptativas de las malezas, es decir, los ajustes dejarían de ser paulatinos y se tornarían cada vez más abruptos (Vitta *et al.*, 1999).

Una característica distintiva de las malezas presentes en situaciones de uso intensivo de herbicidas, es la capacidad de generar biotipos resistentes a los mismos (Vitta *et al.*, 1999). La aparición de malezas resistentes es un proceso evolutivo, en respuesta a la aplicación repetida de herbicidas con el mismo modo de acción, las poblaciones cambian su composición genética y se adaptan a la intensa selección impuesta por el control químico (Vitta *et al.*, 1999). La adopción masiva en muchas partes del mundo de cultivos que exhiben resistencia a herbicidas ha intensificado aún más el uso de herbicidas (Duke, 2005; Powles, 2008), lo cual ha llevado a la aparición de numerosas especies de malezas con resistencia a herbicidas (Vila-Aiub *et al.*, 2008; Vencil *et al.*, 2012), entre ellas *E. indica*.

1.1 Biotipo, resistencia y tolerancia:

Un biotipo es un grupo de plantas dentro de una especie con determinadas características biológicas que no son comunes al resto de los individuos de la población. Ese nuevo biotipo se podría manifestar a partir de la mutación natural y espontánea (única o múltiple) que ocurriera a nivel de la semilla a partir de la cual germinara (Heap, 2019). Uno de los factores ante los cuales el nuevo biotipo podría mostrar una respuesta diferencial, es la aplicación de un herbicida. En ese caso, el nuevo biotipo podría sobrevivir pese a la aplicación de un herbicida que antes resultaba efectivo para toda la población. La capacidad hereditaria natural de un individuo o individuos de una población, que le permita sobrevivir y reproducirse pese al tratamiento con un herbicida, es lo que se denomina “resistencia” a dicho herbicida (Christofolletti y Nicolai, 2016). Para que una población de cierta maleza sea considerada como un nuevo caso de resistencia, debe poder sobrevivir y reproducirse a una dosis normal de uso del herbicida a campo, debe tener una diferencia en sensibilidad con la población original y sensible; y además la resistencia debe ser heredable para las generaciones posteriores (Heap, 2005). En cambio, el término de tolerancia, define la capacidad natural o innata de una especie de sobrevivir y reproducirse a la acción del herbicida (Powles y Holtum, 1994).

La resistencia de las malezas a los herbicidas es uno de los principales desafíos en la agricultura en todo el mundo, especialmente en los últimos años, con un número sustancial de casos de especies resistentes a los herbicidas (Takano *et al.*, 2017). En Argentina, actualmente, existen 26 especies de malezas resistentes a 5 grupos químicos de herbicidas, inhibidores de acetolactato sintetasa (ALS), Auxinas sintéticas, inhibidores de acetil coenzima-A carboxilasa (ACCase), inhibidores de protoporfirinógeno oxidasa (PPO) e inhibidores de la 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa, existen además 15 casos de resistencia múltiple (REM, 2023).

1.2 Descripción de Eleusine indica:

Eleusine indica (L.) Gaertn se considera una de las malezas más problemáticas y se encuentra en muchas regiones del mundo (Takano *et al.*, 2006). Es una hierba anual, con cañas generalmente ramificadas desde la base, decumbentes y radicales en los nudos inferiores, muy comprimidas, de 30-50 cm de altura. En estado vegetativo, posee hojas con vainas abiertas, ciliada en el margen, lígula membranosa, lámina plana o conduplicada, de 3-8 mm de alto. En estado reproductivo, tiene una inflorescencia formada por 5 a 12 espigas fasciculadas en el ápice de la caña o sobre un eje, de 5-7 cm de longitud. Espiguillas imbricadas en 2 series. Su hábito es cespitoso-decumbente. Su ciclo anual con emergencia primaveral, vegetación primaveral a estival y floración primaveral hasta otoñal. Es una especie autógama que presenta un rápido crecimiento con metabolismo C4 y alta producción de semillas (más de 120000 semillas/planta), que se propagan por el viento (Troiani y Steibel, 2008; Lovato, 2018).

1.3 Eleusine indica en Argentina:

En el Norte de la Provincia de Buenos Aires, en la campaña 1991/1992, se citaba a *E. indica* como maleza de importancia en crecimiento, según una encuesta a productores (Leiva y Iannone 1994). En el año 2012, se determina un biotipo de *E. indica* resistente a glifosato en Oncativo, provincia de Córdoba (Ustarroz y Rainero, 2012). En el año 2016, en la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres de Tucumán, se detecta un biotipo resistente a cletodim y a haloxifop (Devani *et al.*, 2016). Los problemas en el control de *E. indica* con herbicidas posemergente, produjo que el uso de herbicidas

en preemergencia, s-metolacoloro o metolacoloro, junto con con sulfentrazone o flumiozaxin se volvieron una práctica común en amplias zonas productivas del país (CREA, 2018). En el relevamiento de malezas del noroeste de la provincia de Buenos Aires, se observó un aumento sostenido en la frecuencia de *E. indica*, que pasó de valores de frecuencia específica muy baja (1 %) en el periodo 2014-15 a valores de 37%, para el periodo 2019-20 (Acciaresi y Principiano, 2020). Los partidos de Ramallo y San Nicolás presentaron los valores más altos de frecuencia específica y en aquellos casos donde se detectaron biotipos de *E. indica* resistentes a glifosato, la especie se presentó en la mayor parte de los lotes en forma de individuos dispersos y pequeños manchones con coberturas de hasta 5 % (Acciaresi y Principiano, 2020). En este contexto, es de suma importancia el estudio de la sensibilidad diferencial de *E. indica* en el norte de la provincia de Buenos Aires, para evaluar si el aumento sostenido en la frecuencia de aparición de esta maleza se debe a fallas en el control (resistencia), o a problemas o errores de aplicación.

1.4 Descripción de los herbicidas en estudio:

1.4.1 Glifosato:

El glifosato actúa en la síntesis de aminoácidos aromáticos. Este herbicida es un potente inhibidor de la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (denominada EPSP sintasa), esta enzima participa de la ruta metabólica del shikimato, que fija un 20-30% del carbono durante el proceso de fotosíntesis y produce ligninas, alcaloides, flavonoides, ácidos benzoicos y fitohormonas, además de algunos aminoácidos necesarios para la síntesis de proteínas (Arregui y Puricelli, 2013). La acción de la enzima EPSP sintasa, es inhibida por el herbicida glifosato, el que tiene una estructura similar a la del ácido fosfoenolpirúvico y compite eficientemente por el sitio activo de la enzima (Wakabayashi y Böger, 2004). A través de procesos biotecnológicos se han desarrollado cultivos genéticamente modificados que son tolerantes a este herbicida (Arregui y Puricelli, 2013). El modelo de producción de la zona núcleo se caracteriza por el acentuado predominio del cultivo soja, y se sustenta por la generalización de sistemas de labranza conservacionistas, utilización intensiva de herbicidas y la adopción masiva de cultivares transgénicos resistentes a glifosato (Vitta *et al.*, 1999; AAPRESID, 2012; Frene, 2012).

1.4.2 Haloxifop y cletodim:

Los herbicidas haloxifop y cletodim, son inhibidores de la síntesis de lípidos, dentro del grupo inhibidores de la ACCasa. Al inhibir, la síntesis de lípidos, se produce una disrupción irreversible de la síntesis de la membrana de plástidos y se altera la semipermeabilidad de las membranas, lo que conduce a una mezcla intracelular de las enzimas catabólicas y sus sustratos (Arregui y Puricelli, 2013). En el año 2004 el Ministerio de Agricultura de la Argentina, autoriza el uso de maíz resistente a glifosato, utilizando graminicidas para su control como maleza y a partir del 2012, los volúmenes de importación de cletodim y haloxifop comienzan a crecer de manera exponencial (comunicación personal Piñero, 2020).

1.4.3 S-metolacoloro:

El herbicida s-metolacoloro, pertenece al grupo de los inhibidores de la división celular, de forma particular la familia química de las cloroacetamidas, son herbicidas que inhiben la síntesis de ácidos grasos de cadena muy larga, componentes de las ceras cuticulares (Trenkamp, 2004). Se absorbe principalmente por los tallos, coleoptile, e hipocótilo y en menor medida por las raíces y semillas (Anzalone, 2007; Diez, 2013). En balances de la Cooperativa Agropecuaria de la Violeta (provincia de Buenos Aires), el uso de los graminicidas preemergentes se cuadruplicó en las últimas 2 campañas (comunicación personal Antinori, 2019).

1.5 Objetivo general:

Cuantificar la sensibilidad de las poblaciones de *Eleusine indica* a herbicidas postemergentes y pre-emergente.

1.6 Objetivos específicos:

Comparar el crecimiento de dos poblaciones de *Eleusine indica* del norte de la provincia de Buenos Aires, en un entorno sin aplicación de herbicida.

Cuantificar la sensibilidad de dos biotipos de *Eleusine indica* del norte de la provincia de Buenos Aires a aplicaciones postemergentes de glifosato, haloxifop y cletodim.

Cuantificar la sensibilidad de dos biotipos de *Eleusine indica* del norte de la provincia de Buenos Aires a aplicaciones pre-emergentes de s-metolacoloro.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción de las poblaciones en estudio:

Para el presente trabajo se utilizaron semillas de dos biotipos del Norte de Buenos Aires, una ubicada en la localidad de San Pedro (biotipo San Pedro) y otra en el Partido de Ramallo (biotipo El Paraíso), recolectadas en el año 2018. Los lotes de donde se extrajeron las muestras se encontraban con una secuencia de monocultivo de soja resistente a glifosato de 5 años consecutivos.

El sitio de colección del biotipo San Pedro se caracterizó por tener en 2 años consecutivos problemas en el control de *E. indica* con glifosato, haloxifop y cletodim (herbicidas postemergentes), todos con dosis mayores a las recomendaciones por marbete. Con respecto a s-metolacoloro (herbicida pre-emergente), el mismo no se aplicó en las últimas 3 campañas. En el biotipo de El Paraíso se presentaron problemas para el control con glifosato y haloxifop, no así con cletodim, y fallas con el herbicida s-metolacoloro. No pudiéndose identificar en el último caso si constituyeron fallas de control o respondieron a problemas de aplicación.

2.2 Metodología:

Con el fin de determinar la sensibilidad al glifosato y diferencias en el crecimiento de las diferentes poblaciones, se sembraron en macetas grandes las semillas de cada población. Estas fueron llevadas a cámara de crecimiento, una vez emergidas, se trasplantaron a macetas de 250 cm³, colocando una plántula por maceta. El crecimiento de las mismas siguió en la cámara de crecimiento, con un fotoperíodo de 16 horas a 24 °C y 8 hs de oscuridad a 14 °C.

Para comparar el crecimiento de las dos poblaciones en estudio, se pesó la parte aérea de la maleza, a los 30 y 60 días post emergencia (DPE). Se utilizaron 5 plantas de cada población para comparar el peso medio, en los momentos indicados de evaluación. Estas plantas nunca recibieron aplicación de herbicidas. Se realizó prueba de t para evaluar la significancia estadística.

En la determinación de sensibilidad al glifosato, a los 30 (3-4 hojas) y 60 días DPE (finalización de etapa vegetativa), se realizó la aplicación del herbicida. Las plantas de cada biotipo se aplicaron en dosis crecientes de glifosato (0; 66,2; 132,4; 264,8; 397,2; 529,6; 1059,2; 2118,4 g i.a ha⁻¹). Cada dosis se aplicó sobre 5 plantas de cada biotipo, es decir que cada unidad muestral tuvo 5 repeticiones. Dichas aplicaciones fueron llevadas a cabo en laboratorio con una cámara de asperjado equipada con pastillas de abanico plano Magnojet 8001, calibradas para asperjar 175 l ha⁻¹ a una presión de 275 kPa, se utilizó glifosato en su sal potásica 66,2% (p/v).

A los 21 días post aplicación se determinó el peso fresco de la parte aérea de cada individuo, dicho valor se debe expresar como porcentaje de los testigos sin tratar y ajustando cada población a un modelo logístico de cuatro parámetros:

$$(y) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b[\log(x) - \log(GR50)])} \quad (1)$$

(1) Donde el parámetro “GR₅₀” representa la dosis del herbicida que reduce el peso de la parte aérea en un 50% en comparación con el testigo sin tratar y es la dosis correspondiente a la respuesta media entre los límites superior e inferior “d” y “c” respectivamente. El parámetro “b” marca la inflexión alrededor

de “GR₅₀” (Streibig, 1993). Se utilizó el programa estadístico “R” con “drc plug-in” en la interfaz “RStudio” (Kniss *et al.*, 2011).

Se evaluaron las diferencias de sensibilidad mediante el factor de resistencia que se determinó como: “GR₅₀” (resistente)/ “GR₅₀” (sensible), que indica la multiplicación de la dosis en la población resistente necesaria para producir el mismo efecto en la población sensible (Madsen y Jensen, 1995; Seefeldt *et al.*, 1995; Christoffoleti, 2002; Takano *et al.*, 2017; Dellaferrera *et al.*, 2018).

Los parámetros “GR₅₀” se compararon mediante contrastes de la prueba t ($p > 0,05$). Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa informático R (R Core Team 2022) con el “paquete drc” (Ritz y Streibig 2005).

Para la determinación de sensibilidad a los herbicidas ACCasa, se utilizó la misma metodología que para glifosato. Sin embargo, las aplicaciones se realizaron en plantas de 30 DPE, empleando dosis creciente de g ia ha⁻¹ de haloxifop (0; 2,7; 5,4; 10,8; 21,6; 43,2; 86,4; 172,8) y de cletodim (0; 12; 24; 48; 96; 144; 192; 384).

Finalmente, en la evaluación de sensibilidad al s-metolacoloro se sembraron 100 semillas de *E. indica* por maceta, con 4 repeticiones por dosis empleada, sobre suelo seco para evitar la germinación, ambas poblaciones con un poder germinativo del 30 %. Posteriormente se aplicó las dosis del herbicida en g ia ha⁻¹ (0, 60, 120, 240, 480, 960, 1920, 3840), y 10 días luego de la aplicación se simuló una lluvia de 20 mm para incorporar el herbicida aplicado. Luego las macetas se mantuvieron a capacidad de campo mediante riego por capilaridad para no afectar el movimiento herbicida en el suelo. A los 21 días posteriores a la incorporación, se determinó el número de plantas nacidas de cada maceta y se determinó la sensibilidad con la metodología descrita anteriormente.

3. RESULTADOS

3.1. Crecimiento de dos poblaciones de *Eleusine indica*:

En la evaluación de comparación de crecimiento de las plantas de ambos biotipos (Tabla 1), a los 30 DPE no se encuentran diferencias entre los biotipos en los pesos medios de las plantas ($p=0,1198$). A los 60 DPE esta diferencia se hace significativa ($p=0,0291$) siendo la población San Pedro la que presenta mayor tamaño.

Tabla 1: Pesos medios de cada biotipo en dos momentos de crecimiento.

Tiempo de crecimiento	Paraíso	San Pedro	valor p
30 días	2,37 +/-0,66	3,15 +/-0,55	0,1198
60 días	10,95 +/- 0,57	14,05 +/- 2,10	0,0291

Valor $p < 0.05$ indica diferencias significativas

3.2. Sensibilidad a glifosato de los diferentes biotipos de *Eleusine indica*:

En la evaluación de 30 y 60 DPE, se observó una reducción a medida que se incrementa la dosis de herbicidas utilizados en los estadios vegetativo (4 hojas) y vegetativo tardío (Gráfico 2 y 4). La dosis que produce un 50% (GR_{50}) y un 80% (GR_{80}) de control fue mayor cuando las plantas se encontraban en estado vegetativo avanzado (Tabla 2). Aunque los dos biotipos resultaron sensibles al glifosato, ya que con la dosis de uso comercial las plantas de 30 días de crecimiento son controladas.

Al comparar la GR_{50} de glifosato, ambas poblaciones en sus estados vegetativos temprano y tardío no se encontraron diferencias significativas entre ambos en ninguno de los estados de crecimiento de la maleza (Tabla 2).

Tabla 2: Dosis necesaria de glifosato para disminuir un 50% el peso fresco de la parte aérea en función del testigo.

Biotipos	GR_{50}	GR_{80}	FR	valor-p
Paraíso 30 días	156,82 +/- 29,06	251,02 +/- 57,67	1,03	0,9041
San Pedro 30 días	152,60 +/- 18,56	205,20 +/- 47,17	1	
Paraíso 60 días	237,05 +/- 0,51	345,14 +/- 47,43	1,33	0,1364
San Pedro 60 días	178,24 +/- 32,83	252,39 +/- 76,81	1	

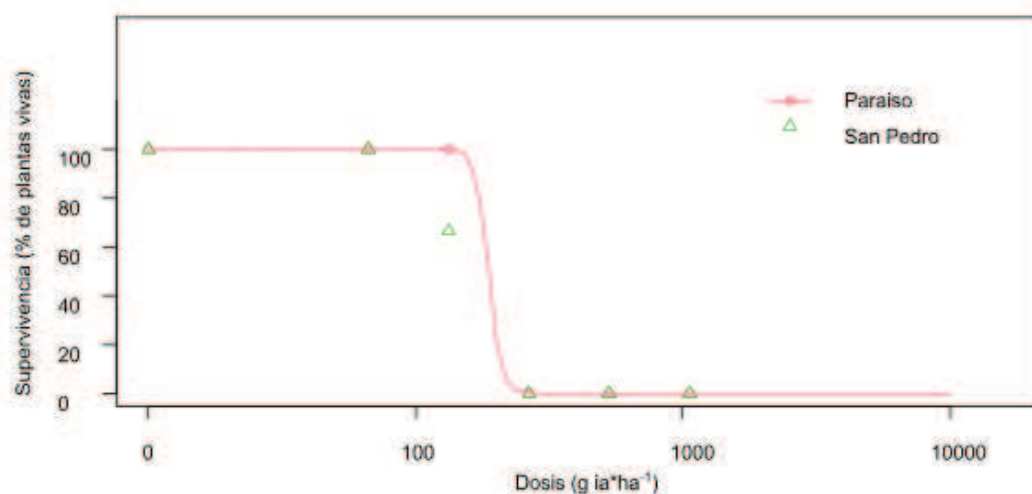


Gráfico 1: Supervivencia de *Eleusine indica* en forma de % de las poblaciones San Pedro y Paraíso, en función de la dosis de glifosato en plantas de 30 días de crecimiento.

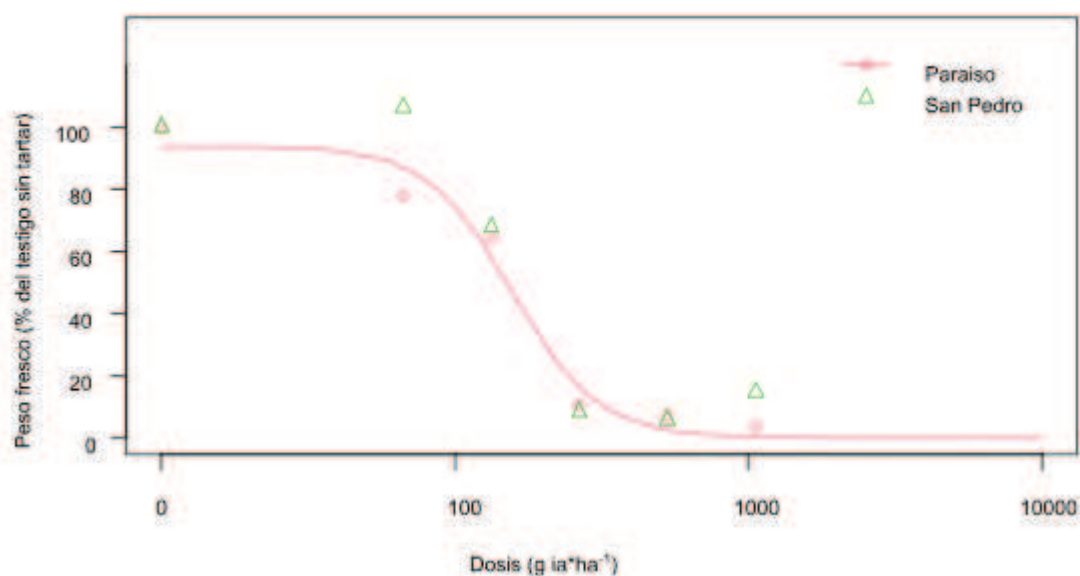


Gráfico 2: Peso fresco de las plantas de *Eleusine indica*, de las poblaciones San Pedro y Paraíso, en función de la dosis de glifosato en plantas de 30 días.

La dosis que controla el 50% (DL₅₀) de los individuos a los 30 DPE es mayor en el biotipo Paraíso (Gráfico 1), pero sin diferencias estadísticas significativas (Tabla 3). Lo mismo se observó en DL₈₀ a

los 30 DPE. En cuanto a los 60 DPE, se mantuvo que la DL_{50} y DL_{80} es mayor en el biotipo Paraíso (Gráfico 3), sin diferencias estadísticas significativas.

Tabla 3: Dosis necesaria de glifosato para controlar el 50% de los individuos en función del testigo.

Biotipos	DL_{50}	DL_{80}	FR	valor-p
Paraíso 30 días	186,62 +/- 227,46	201,29 +/- 246,66	1,61	0,8517
San Pedro 30 días	141,44 +/- 57,65	161,42 +/- 197,32	1	
Paraíso 60 días	693,08 +/- 328,47	2306,97 +/- 2135,51	1,31	0,5212
San Pedro 60 días	529,57 +/- 24,55	568,55 +/- 341,97	1	-

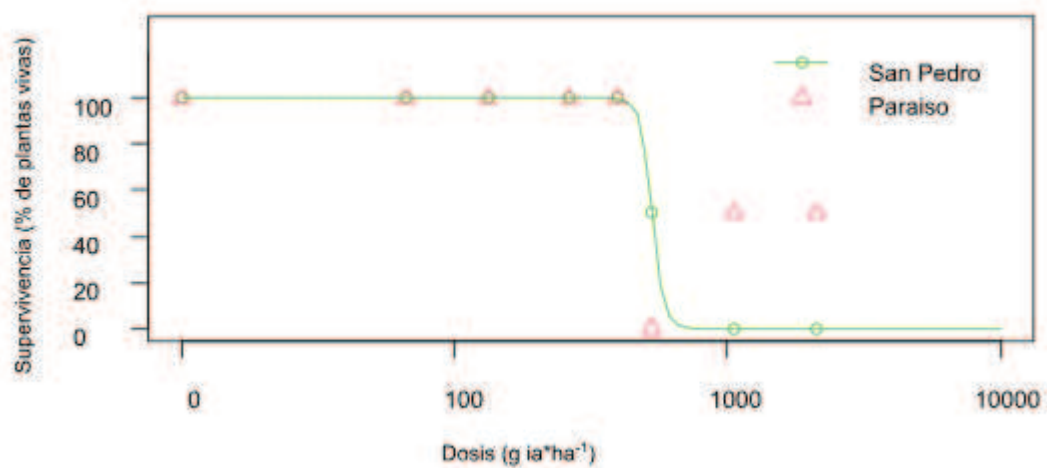


Gráfico 3: Supervivencia de *Eleusine indica* en forma de % de las poblaciones San Pedro y Paraíso, en función de la dosis de glifosato en plantas de 60 días de crecimiento.

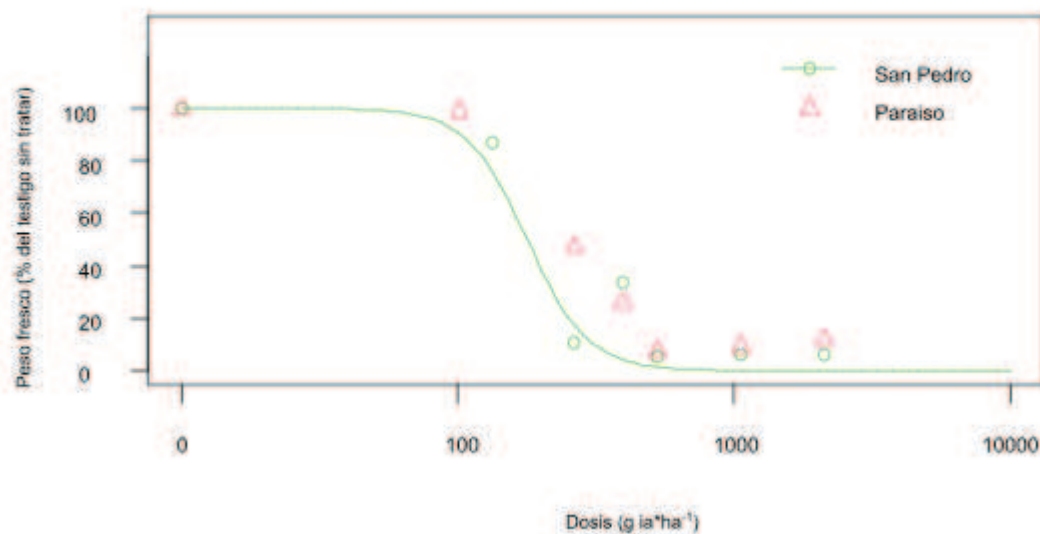


Gráfico 4: Reducción del peso vivo de *Eleusine indica*, de las poblaciones San Pedro y Paraíso, en función de la dosis de glifosato a los 60 días.

3.3. Sensibilidad a haloxifop de las diferentes biotipos de *Eleusine indica*:

En cuanto a haloxifop, los dos biotipos en estudio resultaron sensibles a dicho herbicida, y de igual manera que para el caso de glifosato, a medida que se incrementa la dosis de haloxifop se reduce la biomasa de los individuos aplicados. En el análisis de sensibilidad diferencial, el biotipo San Pedro requiere una dosis mayor de haloxifop (1,82 g de i.a ha) que el biotipo El Paraíso (0,31 g de i.a ha) (Tabla 4).

Tabla 4: Dosis de haloxifop requerida para reducir un 50% del peso fresco de dos biotipos de *Eleusine indica*.

Biotipo	GR ₅₀ (g ia ha-1)
El Paraíso	0,318 +/- 0,53
San Pedro	1,821 +/- 1,23

La dosis de uso comercial de haloxifop para el control de *E. indica* es de 43,2 g de i.a ha y es para destacar que las dosis utilizadas para disminuir un 50 % la biomasa de la maleza, han sido extremadamente bajas, resultando ambas poblaciones muy sensibles al haloxifop (Gráfico 5).

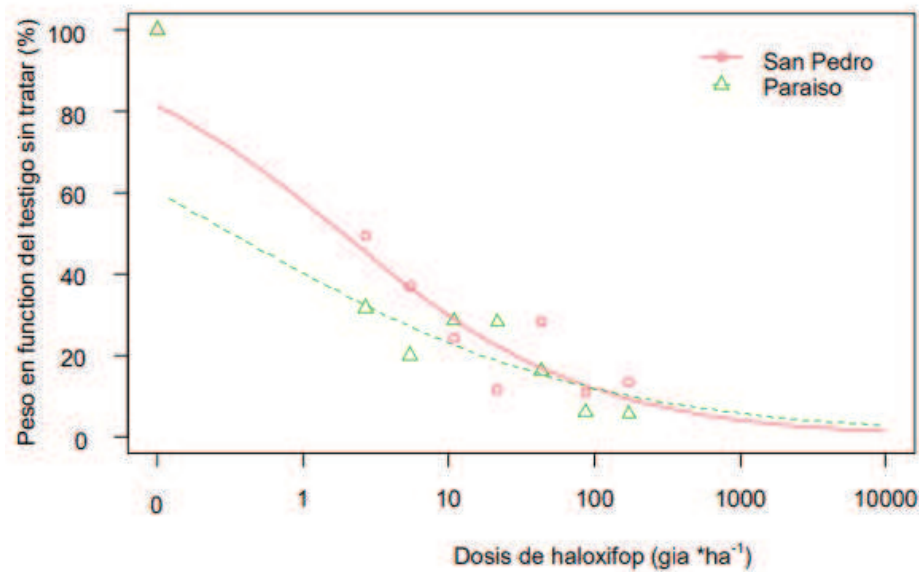


Gráfico 5: Reducción del peso vivo de *Eleusine indica*, de los biotipos San Pedro y El Paraíso, en función de la dosis de haloxifop.

Cuando comparamos los dos biotipos, para tener una reducción del 50 % del peso vivo, el biotipo San Pedro, requiere de 5,7 veces más de herbicida que el biotipo paraíso (Tabla 5).

Tabla 5: Comparación entre dos poblaciones de *Eleusine indica* en el control con haloxifop.

Comparación	Factor	p-valor
San Pedro/ Paraíso	5,72+/-10,29	0,648

3.4. Sensibilidad a cletodim de las diferentes poblaciones de *Eleusine indica*:

En las aplicaciones de cletodim, la dosis mínima utilizada fue suficiente para el control total de ambas poblaciones, lo que muestra la gran sensibilidad de ambas poblaciones.

3.5. Sensibilidad a s-metolaclo-ro de las diferentes poblaciones de *Eleusine indica*:

En cuanto a las aplicaciones de S-metolaclo-ro, la dosis mínima utilizada fue suficiente para el control total de ambas poblaciones, lo que muestra la gran sensibilidad de ambas poblaciones.

4. DISCUSIÓN

En la comparación de pesos medios de los biotipos en estudio, el biotipo de San Pedro al tener un crecimiento mayor que el biotipo Paraíso, presenta una ventaja como maleza, pues logrando un mayor tamaño a igual tiempo desde la emergencia será menos sensible a herbicidas postemergentes. Las especies de malezas son generalmente más susceptibles a los herbicidas en las etapas iniciales de crecimiento en comparación con las plantas más grandes (Kudsk, 2008; Soltani *et al.*, 2016). El estado de la planta al momento de la aplicación es un factor clave para controlar la biomasa de *E. indica* (Brunori, 2020).

El análisis de sensibilidad diferencial a glifosato, determinó que a medida que se incrementa la dosis se reduce el peso o biomasa, con una curva característica para cada población. Según Vellini y colaboradores (2008), el rango de dosis y la amplitud de las respuestas no sólo varían en función de cada una de las especies, sino que también depende del estadio de crecimiento dentro de una misma especie. Dado los resultados de biomasa analizados en este trabajo, ambas poblaciones de *E. indica* muestran, en todos los casos, que a estados ontogénicos más avanzados se requieren mayores dosis para reducir el 50% y 80% de la biomasa. Los resultados con glifosato son coincidentes con estudios donde se demuestra una menor sensibilidad y eficacia de control en estados más avanzados de crecimiento (Soltani *et al.*, 2016; Kudsk, 2008; Jordan *et al.*, 1999). Para los herbicidas estudiados el tamaño de planta influye en la dosis requerida para lograr el control de la especie, la GR₈₀ se incrementa 4,06 veces en el caso de glifosato. Una posible explicación de esta menor sensibilidad en estados avanzados de

desarrollo puede deberse a que en plantas más desarrolladas se reduce la absorción y aumenta el metabolismo (Singh y Singh, 2008).

El análisis de sensibilidad diferencial a haloxifop, queda claro que los dos biotipos estudiados son muy sensibles al herbicida, aunque el biotipo San Pedro requiere más dosis para reducir el 50% del peso vivo. Esta diferencia, puede estar asociada a que el biotipo San Pedro presenta un mayor crecimiento que el biotipo Paraíso. Como ya se observó en otros trabajos, estados más avanzados del crecimiento de las malezas tienen una menor sensibilidad a los herbicidas (Soltani *et al.*, 2016).

5. CONCLUSIONES

El biotipo de San Pedro presenta un mayor crecimiento a los 60 DPE con respecto a la población El Paraíso. Sin embargo, a los 30 DPE las poblaciones muestran similar crecimiento.

La sensibilidad a glifosato resulta alta en ambos biotipos y en ambos estadios de crecimiento. Es decir, ambos biotipos, son controlados con dosis menores a las de uso de marbete recomendadas a campo.

Ambos biotipos son controlados con dosis de haloxifop menores a las de uso de marbete recomendadas a campo. El biotipo de San Pedro requiere más dosis que la de El Paraíso, pero sin diferencias significativas.

En las aplicaciones de cletodim y s-metalocloro la dosis mínima utilizada fue suficiente para el control total de ambas poblaciones.

En un futuro, se recomienda hacer un análisis de sensibilidad diferencial con un número mayor de muestras, que permitan caracterizar con mayor detalle, las poblaciones que se encuentran en un área determinada y utilizar dosis mínimas más bajas que las realizadas en este estudio.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AAPRESID. 2012. Evolución de la superficie en Siembra Directa en Argentina. Acceso 15-9-23: [Evolución-y-retos-de-la-Siembra-Directa-en-Argentina.pdf \(aapresid.org.ar\)](http://aapresid.org.ar/evolucion-y-retos-de-la-siembra-directa-en-argentina.pdf)
- Acciaresi, H. A. y Principiano, M.; 2020. Evolución en la distribución de malezas resistentes y tolerantes a herbicidas en el NO de la provincia de Buenos Aires. - EEA Pergamino. INTA
- Anzalone, A. 2007. Herbicidas. Modos y mecanismos de acción en plantas. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, UCLA. Venezuela. 72p.
- Arregui, M. y Puricelli. 2013. Mecanismos de acción de plaguicidas. 1ª ed. Rosario. UNR Editora 268 p.
- Brunori, A. 2020. Aspectos de la biología y el control de Eleusine indica y Eleusine Trystachya en barbechos y en el cultivo de soja. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Rosario. Zavalla. 28-54 p.
- Christoffoleti, P. 2002. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. Scientia Agricola, 59(3), 513-519. Acceso: 10/4/2019. <http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n3/10584.pdf>.
- Christoffoleti, P. y Nicolai, M. 2016. Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. HRAC-BR. Acceso 20-5-2019. https://docs.wixstatic.com/ugd/48f515_e542d5a0e8a549b99a19079afe6fd9ba.pdf.
- CREA. 2018. Malezas: una batalla silenciosa en la mayor parte de las regiones productivas del país. <https://www.crea.org.ar/malezas-una-batalla-silenciosa>
- Dellaferrera, I., Cortés, E., Panigo, E., De prado, R., Christoffoleti, P. y Perreta, M. 2018. First Report of *Amaranthus hybridus* with Multiple Resistance to 2,4-D, Dicamba, and Glyphosate. Agronomy 8: 140.

- Devani, P, Vargas, P, Sabaté, S, Vinciguerra, F. y Olea, I. 2016. Detección de resistencia a herbicidas inhibidores de la enzima ACCasa en *Eleusine indica* en la provincia de Tucumán, Argentina. Acceso: 12/4/2019. <http://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2016/08/ELEIN-RESISTENTE-ACC-FINAL.pdf>.
- Diez de ulzurum, P. 2013. Manejo de malezas problema. Modos de acción de herbicidas. REM.
- AAPRESID, Rosario, Santa Fe. Argentina. Acceso 20-9-2020. https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/AAP167289/AAP-Manual_Rem_Herbicidas.pdf
- Duke, S. 2005. Taking stock of herbicide-resistant crops ten years after introduction. Pest Management Science: 61: 211-218.
- Fernández, O., Leguizamon, E. y Acciaresi, H. 2016. Malezas e invasoras de la Argentina II. Descripción y reconocimiento. Bahía Blanca. Editorial de la Universidad Nacional del Sur. 478 p.
- Frene; R. 2012. Manual de Barbecho Químico Dow AgroScience. 39 pág.
- Heap, I. 2005. Criteria for Confirmation of Herbicide-Resistant Weeds. Acceso 20-5-2019. <http://weedsience.org/Documents/Resistancecriterion.Pdf>.
- Heap, I.M. 2019. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Acceso: 10/4/2019. <http://www.weedsience.org>.
- Jordan, N.; Kelrick, M.; Brooks, J. y Kinerk, W. 1999. Biorational management tactics to select against triazine-resistant *Amaranthushybridus*: a field trial. Journal of Applied Ecology 36(1): 123-132.
- Kniss, A.R., Vassios, J.D., Nissen, S.J. y Ritz, C. 2011. Nonlinear regression analysis of herbicide absorption studies. Weed Sci 59: 601–610.

- Kudsk, P. 2008. Optimising herbicide dose: a straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. *The Environmentalist* 28(1): 49-55.
- Leiva, P. y Iannone, N. 1994. Soja: El problema de las malezas y su control. Segunda parte: Presencia y evolución de las principales especies. Carpeta de Producción Vegetal, Área de Agronomía, EEA Pergamino, Información N° 119
- Lovato Echeverría, Rafael, A., López, M., Leguizamon, E. S. y Vanni, R. 2018 Guía para la Identificación de Malezas del Cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.) en la Provincia de Corrientes, segunda edición actualizada y ampliada; Consejo Federal de Inversiones.
- Madsen, K. H. y Jensen, J. E. 1995 Weed Control in Glyphosate-tolerant sugarbeet (*Beta vulgaris*. L) *Weed Research* 35: 105-111.
- Powles, S. 2008. Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt. *Pest Management Science* 64: 360-365.
- Powles, S. y Holtum, J. 1994. *Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry*. Boca Raton, FL: Lewis.
- R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Vienna: Foundation for Statistical Computing. Available at: <http://www.R-project.org/>
- REM. 2023. Acceso: 21/11/23. <https://www.aapresid.org.ar/rem/malezas#monitoreo>.
- Ritz, C., & Streibig, J. C. (2005). Bioassay analysis using R. *Journal of Statistical Software*, 12(5), 1-22.
- Seefeldt, S. S., Jensen, E. y Fuerst, E. P. 1995. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. *Weed Technology* 9: 218-227.

- Singh, D. & Singh, M. 2008. Absorption and translocation of glyphosate with conventional and organo silicone adjuvants. *Weed Biology and Management* 8(2): 104-111.
- Soltani, N.; Nurse, R.E. y Sikkema, P.H. 2016. Biologically effective dose of glyphosate as influenced by weed size in corn. *Canadian Journal of Plant Science* 96(3): 455-460.
- Soriano, A. 1975. Gloria y miseria de las malezas de los cultivos. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Argentina. Tomo XXIX. 34 p.
- Streibig, J. C. 1993. Herbicide bioassay. *Weed Research*, 28: 479-484.
- Takano, H, K., Oliveira JR., Constantin, J, Braz, G. y Gheno, E. 2017. Goosegrass resistant to glyphosate in brazil. *Planta daninha* 35. Acceso: 12/5/2019. <http://www.scielo.br/pdf/pd/v35/0100-8358-pd-35-e017163071.pdf>.
- Takano, H.K., Oliveira JR., Constantin, J., Braz, G.B.P. y Padovese, J.C. 2006. Growth, Development and Seed Production of Goosegrass.
- Trenkamp, S., Martin, W. y Tietjen, K. 2004. Specific and differential inhibition of very-longchain fatty acid elongases from *Arabidopsis thaliana* by different herbicides. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2004 August 10; 101(32): 11903–11908.
- Troiani, H. & Steibel, P. 2008. Reconocimiento de malezas. Región subhúmeda y semiárida pampeana. Universidad Nacional de La Pampa. Acceso 30-9-2023. <https://drive.google.com/file/d/1-4tM8eawjwmLy8I0lzsdBmH84Bs29jxu/view>
- Ustarroz, D. y Rainero, H. 2012. Alerta: *Eleusine indica* “grama carraspera”. 2012. Acceso: 3/5/2019. <https://inta.gob.ar/noticias/alerta-eleusine-indica-grama-carraspera>
- Vencil, W., Nichols, R., Wedster, T., Soteres, J., Mallory-smith, C., Burgos, N., Johnson, W. y Macclelland, M. 2012. Herbicide resistance: Toward an understanding of resistance

development and the impact of herbicide-resistant crops. Weed Science. Acceso: 30/9/2023.
https://www.researchgate.net/publication/234155925_Herbicide_Resistance_Toward_an_Understanding_of_Resistance_Development_and_the_Impact_of_Herbicide-Resistant_Crops.

Vila-aiub, M., Vidal, R., Balbi, M., Gundel, P., Trucco, F. y Gersa, C. 2008. Glyphosate resistant weeds of South American cropping systems: an overview. Pest Management Science 64: 366-371.

Vitta, J., Faccini, D., Nisensohn, L., Puricelli, E., Tuesca, D. y Leguizamón, E. 1999. Las malezas en la región sojera núcleo argentina: situación actual y perspectivas. UNR editora. 2Rosario. 34 p.

Velini, E.D., Alves, E., Godoy, M.C., Meschede, D.K., Souza, R.T. y Duke, S.O. 2008. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. Pest Management Science 64(4): 489-496.

Wakabayashi, K. y Börger, P. 2004. Phytotoxic sites of action molecular desing of modern herbicides (Part 2): Amino acid, lipid, and cell biosynthesis, and other target for future herbicides. Weed Biology and Management, 4: 59-70.

6. ANEXO



Figura 1: Estado de las malezas al momento de la aplicación de herbicidas de los 30 días de crecimiento.



Figura 2: Preparación de la siembra de las distintas poblaciones.



Figura 3: Simulación de lluvia, para la incorporación de herbicidas pre emergentes.



Figura 4: Evaluación 21 días después de la aplicación de glifosato en el biotipo San Pedro.



Figura n°5: evaluación 21 días después de la aplicación de glifosato en el biotipo Paraíso.

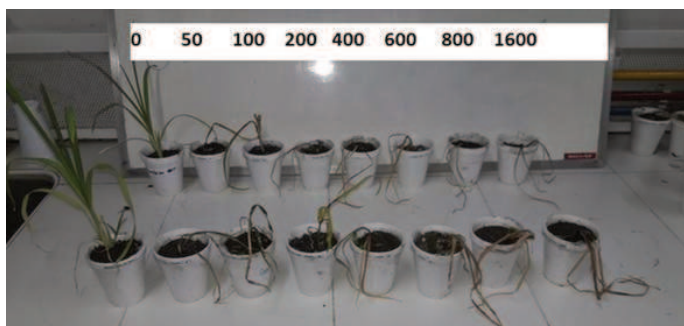


Figura n°6: evaluación 21 días después de la aplicación de cletodim en ambos biotipos.

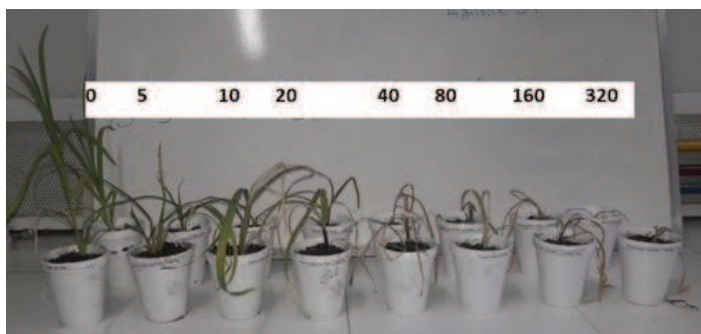


Figura n°7: evaluación 21 días después de la aplicación de haloxifop en ambos biotipos. Adelante biotipo San Pedro, atrás Paraíso.