

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE GLIFOSATO PRECOSECHA DE
SORGO GRANÍFERO EN LA REINFESTACIÓN POTENCIAL DE *SIDA*
*RHOMBIFOLIA***

por

JOURDAN Pablo

LUSSICH Andrés

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2010

Tesis aprobada por:

Director: -----

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha

Autor : -----

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A nuestra directora de trabajo Ing. Agr. Grisel Fernández, por su constante apoyo, buena voluntad y dedicación de tiempo yendo más allá de lo curricular para que este trabajo haya podido ser realizado.

A la Ing. Agr. Juana Villalba, por su apoyo y colaboración durante el transcurso de este trabajo.

A nuestros padres, hermanos, familiares, amigos y seres queridos tanto los encontrados durante el transcurso de esta carrera, como los de toda la vida que de alguna u otra forma representaron un gran apoyo para que este trabajo pudiera llevarse a cabo.

A todos aquellos que de una u otra manera permitieron realizar y culminar este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN	2
2.1 <i>SIDA RHOMBIFOLIA L. (ESCOBA DURA)</i>	2
2.1.1 Características generales del género Sida.....	2
2.1.2 Características generales de Sida rhombifolia	2
2.2 PROBLEMÁTICA DE SIDA RHOMBIFOLIA EN EL PAÍS	6
2.3 GLIFOSATO PRECOSECHA	7
2.4 EL HERBICIDA GLIFOSATO	12
2.4.1 Características generales.....	12
2.4.2 Modo de acción	14
2.4.3 Sitio de acción	14
3. MATERIALES Y METODOS	15
3.1. LOCALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS.....	15
3.2 METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN	15
3.2.1 Experimento a campo.....	15
3.2.2 Experimentos en laboratorio.....	17
3.3 TRATAMIENTOS.....	17
3.3.1 Experimento a campo.....	17
3.3.2 Experimentos en laboratorio.....	18
3.4 DETERMINACIONES	20
3.4.1 Determinaciones a campo.....	20
3.4.2 Determinaciones en laboratorio.....	22

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	22
3.5.1 Experimento a campo.....	22
3.5.2 Experimento en laboratorio	23
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	24
4.1 EXPERIMENTO DE CAMPO	24
4.2 EXPERIMENTOS EN LABORATORIO	41
5. CONCLUSIONES.....	45
6. RESUMEN	46
7. SUMMARY	47
8. BIBLIOGRAFÍA	49

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N°	Página
1. Descripción de los tratamientos.....	18
2. Descripción de los tratamientos en laboratorio.....	19
3. Escala utilizada para la evaluación de control.....	21
4. Escala (ALAM) para la evolución de control de malezas.....	22
5. Tamaño y estructura de la población de <i>S. rhombifolia</i> en el área experimental.....	24
6. Resultados de control (%) y según escala ALAM para el promedio de los Estados 1, 2 y 3 en las dos dosis de glifosato ensayadas.....	27
7. Resultados de control (%) y según escala ALAM para el promedio de los Estados 1, 2 y 3 en las dos dosis de glifosato ensayadas.....	30
8. Resultados de control (%) y según escala ALAM para el promedio de los Estados 1, 2 y 3 en las dos dosis de glifosato ensayadas.....	33
9. Resultados de control (%) y según escala ALAM para el promedio de los Estados 1, 2 y 3 en las dos dosis de glifosato ensayadas.....	37

Figura N°	Página
1. Proporción de los diferentes estados con respecto al total de plantas muestreadas.....	25
2. Composición por estado en el total de muestreos realizados ordenados en forma creciente en función de la proporción del Estado 1.....	26
3. Control en % según tratamientos y estado de la maleza.....	28
4. 5, 6, 7, 8 y 9. Proporción de cada grado de control (escala 0 al 6, expresado en %) para las 2 dosis y en los 3 estados estudiados.....	29
10. Control en % según tratamientos y estado de la maleza....	30
11.12, 13, 14, 15 y 16. Proporción de cada grado de control (escala 0 al 6, expresado en %) para las 2 dosis y en los 3 estados estudiados.....	31
17. Porcentajes de control separados en dos grupos, controles menores a 4 (66,67%) y controles mayores o iguales a 4.....	32
18. Control en % según tratamientos y estado de la maleza.....	33
19. 20, 21, 22, 23 y 24. Proporción de cada grado de control (escala 0 al 6, expresado en %) para las 2 dosis y en los 3 estados estudiados.....	35
25. Porcentaje de plantas rebrotadas en función del número total de plantas marcadas por estado y por tratamiento.....	36

26. Control en % según tratamientos y estado de la maleza....	37
27.28, 29, 30, 31 y 32. Proporción de cada grado de control (escala 0 al 6, expresado en %) para las 2 dosis y en los 3 estados estudiados.....	38
33. Control en % de los 3 estados con ambas dosis de herbicida y para las cuatro fechas de evaluación.....	39
34. Porcentaje de germinación a los 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 días post-instalacion (DPI) con pre-tratamiento de enfriamiento y escarificación leve.....	42
35. Promedios acumulados de germinación registrados cada 2 días para testigo, dosis baja y dosis alta, a partir de la fecha de instalación del experimento con semillas pre-enfriadas y con escarificación leve.....	43

1. INTRODUCCIÓN

Sida rhombifolia es una maleza que ha cobrado importancia en los últimos tiempos supuestamente asociada a la generalización de la siembra directa. Si bien no presenta difícil control en la etapa de cultivos si resulta muy problemática en la fase de pasturas en sistemas agrícolas-pastoriles en la medida en que no existen alternativas de control efectivas.

Recientes relevamientos destacan la trascendencia de sus incrementos poblacionales en áreas agrícolas habiendo sido registrada como la segunda especie más frecuente en campos del litoral con sistemas de siembra directa. Esto ha sido interpretado como el resultado, entre otros factores, de las escasas opciones de control químico de post-emergencia, una importante tolerancia al glifosato en los estados de desarrollado avanzados y fundamentalmente, de la elevada tasa reproductiva asociada a muy altas producciones de semilla.

Las emergencias a campo se dan en la primavera tardía, generalmente posteriores a las aplicaciones de glifosato u otros herbicidas que se utilizan en esos momentos para la instalación de los cultivos de verano reduciendo así las opciones de control.

En consideración de la problemática planteada y de la importancia de la reproducción sexual en los incrementos poblacionales de esta especie resulta de alto interés contribuir con estudios relativos a alternativas que permitan la disminución de las poblaciones de la maleza. Con tal propósito se planteó el presente estudio que tuvo por objetivos estudiar el efecto de aplicaciones de glifosato en precosecha de sorgo en la re infestación potencial de la maleza.

2. REVISIÓN

2.1 *SIDA RHOMBIFOLIA L. (ESCOBA DURA)*

2.1.1 Características generales del género Sida

El género *Sida* perteneciente a la familia de las Malváceas abarca más de 170 especies en el mundo predominando en regiones subtropicales y templadas (Kissman y Groth, 2000).

Las diversas especies de *Sida* presentes en el Uruguay son conocidas con el nombre de “Escoba dura” o “Malvavisco falso”.

Entre las Malváceas las plantas del género *Sida* se reconocen por algunas características morfológicas particulares. Con poquísimas excepciones no ocurren epicálices, los cálices presentan 10 lados en la base y 5 lóbulos en la parte superior de tipo cuneado, presentan nervaduras primarias prominentes, juntándose en la base. Los ovarios presentan 5 o más mericarpos, cada uno con un óvulo péndulo. Los mericarpos se diferencian en dos partes; una inferior indehisciente en la que se localiza la semilla y una superior generalmente biaristada o birostrada; paredes laterales generalmente reticuladas en la parte inferior y lisas en la parte superior.

2.1.2 Características generales de *Sida rhombifolia*

La especie *Sida rhombifolia*, lleva su nombre debido a que sus hojas nuevas presentan una forma rómbica característica que al alcanzar un grado mayor de desarrollo se tornan más elípticas. Es la especie más ampliamente distribuida dentro de su género. (Sivarajan & Pradeep 1994).

2.1.2.1 Morfología

Se trata de una planta erecta, bastante ramificada teniendo normalmente hasta 60 cm, pero en condiciones ideales puede tornarse semi arbustiva alcanzando una altura de 1.50 metros de altura (Kissman y Groth, 2000). Según Tveten et al. (1993), los tallos son erectos, extensos y ramificados, creciendo entre 50-120 cm de altura, siendo las secciones más bajas leñosas.

Según Kissman y Groth (2000), la planta está provista de pelos estrellados, muy cortos, todos del mismo tamaño. El tallo es cilíndrico, fibroso, tornándose fibro leñoso en partes viejas. En plantas de un año los tallos generalmente quedan hasta con 5 mm de espesor, pero con plantas de más edad el tallo puede llegar a 2 a 3 cm en la base. La raíz principal es pivotante pudiendo llegar a 50 cm de profundidad desarrollando muchas raíces secundarias.

Las hojas son simples y alternas con peciolo de hasta 6 mm de longitud. En plantas nuevas, las hojas son de color verde intenso, mientras que en plantas viejas presentan un color verde-grisáceo. Tanto en hojas nuevas como viejas, pueden presentar pigmentaciones purpuras especialmente en los márgenes. (Kissman y Groth, 2000; Tveten, 1993). Marzocca (1976), describe a las hojas como romboides o lanceoladas rómbicas, con un largo de 3-6 cm y un ancho de hasta 2 cm, siendo agudas en el ápice, dentadas en la parte superior y atenuadas o sub-redondeadas en la base, y brevemente pecioladas.

Según Tveten et al. (1993), la mitad apical de las hojas tienen bordes dentados o serrados, mientras que el resto de las hojas son enteras. Los pecíolos tienen pequeñas espinas (estípulas) en sus bases.

Las flores son aisladas, axilares, con pedúnculo filiforme, geniculado en la parte media dos o tres veces más largo que el peciolo correspondiente. Cáliz con 5 sépalos unidos hasta la mitad cuneadas en la parte terminal. El cáliz luego de la maduración toma color amarillo castaño. La corola presenta 5 pétalos asimétricos poco mayores que los sépalos, de coloración amarilla. El androceo presenta filamentos separados en la parte superior con anteras fijadas

en la parte media. El gineceo con ovario supero del cual se eleva un estilete filiforme, dividido en la parte superior en cuanto en sean los carpelos. Estigmas apicales capitados (Kissman & Groth, 2000).

Según Tveten et al. (1993), las flores moderadamente delicadas se presentan por separado en el pedúnculo de la flor que surge de la zona comprendida entre los tallos y pecíolos de las hojas. Se componen de cinco pétalos que son de 4 a 8 mm de largo, de color crema a un anaranjado-amarillo, y puede ser algo rojizo en el centro. Cada uno de los cinco pétalos superpuestos son asimétricos, teniendo un lóbulo largo en un lado. Los estambres se unen en una columna corta.

Según Kissman & Groth, (2000); Marzocca (1976), el fruto se denomina esquizocarpo formado por 10 – 12 carpelios aunque Tveten (1993), dicen que el fruto es una capsula acanalada que se divide en 8-10 segmentos. Presenta un tamaño de 3 a 4 mm de longitud y 5 a 6 mm de diámetro.

La semilla tiene un tamaño de 2 mm de longitud y 1,4-1,5 en los lados por 1,1 mm en el dorso. Las mismas sólo germinan después de ser escarificadas y presentan comportamiento fotoblástico negativo aún cuando también germinan en luz blanca (Cardoso 1990, Felipe & Polo 1983). Marzocca (1976), describe a la semilla como de color castaño oscuras o negruzcas, de 1,8 mm de largo, con pelitos blancos alrededor del hilio.

Algunos aspectos de la biología

Ha sido clasificada como planta perenne con reproducción por semillas por algunos autores (Kissman y Groth, 2000), y se comportó como bianual en el estudio de Rodríguez (1998) presentando una vida media de 16,5 meses.

También Mello y Souza & García sostienen en consideración de observaciones de plantas creciendo a campo que la especie tiene comportamiento bianual.

Por el contrario autores como Leitão Filho *et al.*, (1982), Lorenzi (1991) y Kissmann y Groth (2000) en consideración de la capacidad de rebrote que presenta la describen como perenne además de afirmar que el comportamiento de crecimiento y reproducción observado en la especie no es el común de las plantas bianuales. Con estas características, el ciclo de vida de *S. rhombifolia* es más parecido al ciclo de una planta perenne policárpica, de que el ciclo de las plantas bianuales.

En laboreos anuales con preparación de suelo las plantas de *S. rhombifolia* son destruidas y su reproducción ocurre por semilla, lo que sugiere que la planta sea anual, comportándose como perenne solo en curvas de nivel, y márgenes de laboreo, por escapar al trabajo mecánico. (Kissmann & Groth, 2000)

Se propaga por semillas, vegeta desde la primavera y florece y fructifica en el estío hasta avanzada la estación otoñal (Marzocca, 1976).

Según Rzedowski (2001), en un trabajo realizado en México la germinación comienza durante el mes de abril (octubre para hemisferio sur) y se alarga hasta el mes de junio (diciembre para hemisferio sur), en donde al mismo tiempo algunas plantas ya alcanza 30-40 cm de longitud. Lo mismo sucede durante el mes de setiembre (marzo para hemisferio sur) donde termina el crecimiento en el que algunas plantas alcanzan 1,0 m de altura, en otras se observan los botones florales, algunas siguen su crecimiento, y en otras se observa la presencia de flores en donde algunas tienden a secarse. En los meses de noviembre y diciembre (mayo y junio para hemisferio sur) se da la formación de semillas, seguramente debido al cambio de las condiciones ambientales, iniciando su reposo en el mes de enero (julio para hemisferio sur) hasta marzo (setiembre para hemisferio sur) del siguiente año.

Estudios realizados en el país (Fernandez *et al.*, 2009) señalan emergencias más tardías en la primavera. En parcelas a campo y con observaciones a partir del mes de setiembre no se registraron emergencias significativas sino a partir de las primeras lluvia en noviembre.

En relación a la reproducción de semilla, en experimentos a campo, llevados a cabo por Mello y Souza- García, citados por Rodríguez (1998), y por Calderón

et al. (2000) en Costa Rica se constataron elevadas producciones de semillas por planta. La media de semillas/planta fue de 9920 en el primer caso y en el estudio de Calderón et al., resultó la segunda especie más prolífica dentro de las cotiledóneas estudiadas con 7962 semillas/planta. En este mismo estudio también se midió número de frutos/planta y número de semillas/fruto siendo los valores promedios de 971 y 8,2 respectivamente.

Las semillas pueden presentar dormancia (Smith, 1977). Efectivamente en el estudio de Fontana et al. (2002), las semillas de *Sida* sin pre-tratamiento para dormancia sólo alcanzaron germinaciones del 20%, mientras que el mejor tratamiento permitió alcanzar niveles de germinación del 90%.

Según Smith (1977), luego de superada la dormancia las semillas germinan con temperaturas óptimas entre 25-35 °C, tanto en luz como en oscuridad aunque no existe germinación con temperaturas mayores a 40°C y es casi nula con temperaturas menores de 20°C (Smith et al. 1992).

En cuanto a la respuesta a la luz, en los trabajos de Fernandez y Rodriguez (s/p) la especie se comportó como fotoblástica negativa prácticamente duplicando los porcentajes de germinación en condiciones de oscuridad.

2.2 PROBLEMÁTICA DE SIDA RHOMBIFOLIA EN EL PAÍS

Es una maleza que ha mostrado incrementos poblacionales explosivos en los últimos años supuestamente asociados a la generalización de la siembra directa. Ya anteriormente Smith et al. (1992) y Kissman y Groth, (2000) afirmaban que los problemas con especies de *Sida* pueden aumentar en condiciones de siembra directa.

Relevamientos recientes de chacras de cultivos del litoral agrícola en el país, (Ríos et al., 2005-2007) la destacan como la segunda especie más frecuente, aunque casi tan frecuente como *Digitaria sanguinalis* que resultara la de mayor frecuencia en chacras con más de 2 años de siembra directa.

También en Argentina (centro sur de Santa Fe), los resultados de una encuesta realizada por Papa, J (2004) a un grupo de productores posicionó a esta especie entre las 36 más difíciles de controlar con las tecnologías disponibles actualmente, empleadas en cultivos extensivos. Según el autor, la baja susceptibilidad al glifosato, el pobre control con sulfonilureas y las rotaciones con pasturas son importante explicación de su frecuencia en chacras.

La especie *S. rhombifolia* al tener un comportamiento de baja susceptibilidad al glifosato, numerosos flujos durante todo el verano y muy elevadas producciones de semilla, incrementan sus poblaciones en forma muy importante de un año al siguiente.

2.3 GLIFOSATO PRECOSECHA

En general para las condiciones de producción promedio de nuestro país se producen importantes retrasos en la cosecha del cultivo de sorgo. En la mayoría de los casos el final del ciclo de este cultivo transcurre en una época del año, el otoño, en la que son frecuentes las precipitaciones y/o condiciones climáticas poco favorables para el secado de grano (Coirolo y Nuñez, 1997). Esto es particularmente desfavorable en los sistemas agrícolas con rotaciones ya que no se realiza la siembra del cultivo de invierno que le sigue en tiempo y forma adecuada.

Los desecantes químicos que se utilizan en precosecha son herbicidas que aplicados por medio de una pulverización, secan artificialmente el follaje sin afectar los granos. Su aplicación se realiza cuando los granos alcanzan entre un 25-30% de humedad, que en general es el momento cuando se alcanza la madurez fisiológica de la planta. Dicha aplicación se efectúa con el objetivo de adelantar y facilitar la cosecha mecánica, además de presentar una ventaja en los problemas de manejo del rastrojo de sorgo en situaciones donde se desea sembrar un cultivo de invierno posterior (Coirolo y Nuñez, 1997).

Clark (1981) y Darwent et al. (1994) sostienen que aplicaciones de glifosato precosecha permiten el control de malezas que interfieren con la cosecha mecánica del trigo, aceleran el secado del cultivo y permiten una

cosecha más oportuna. Adicionalmente se reducen potencialmente los costos del secado de grano sin afectarse la calidad del mismo.

El glifosato ha demostrado afectar la germinación de la semilla o la calidad de las plántulas cuando éste se aplica directamente a la semilla (Hassan, 1988; Young et al., 1984) o es aplicado en precosecha (Baur et al., 1977; Bovey et al.)

En el caso de sorgo, se observó que semillas que recibieron 2,24 y 4,48 kg/ha de glifosato comercial (36% de equivalente ácido) precosecha aumentaron las anomalías de las germinaciones comparada con semilla no tratada (Bovey et al., 1975)

Según Azlin y Mc Whorter (1981); Whigham y Stoller (1979), los herbicidas precosecha son utilizados para desecar la vegetación verde de soja con el fin de acelerar la cosecha, aunque la investigación ha demostrado que los desecantes aplicados antes de la madurez fisiológica de soja pueden reducir la germinación y el crecimiento posterior.

En un trabajo realizado por Yenish y Young (2000) sobre el efecto de la aplicación de glifosato precosecha en la calidad de la semilla y plántula de trigo, se destaca el problema que ocurre al este de Washington en donde los productores reportan preocupación por la poca emergencia e instalación del trigo. Estos problemas son anomalías como la no emergencia del coleoptile de la semilla, coleoptiles cortos o hinchados, y pobre vigor inicial de las plántulas. Las dosis fueron de 0,62 o 0,84 ea/ha en los estados de desarrollo grano lechoso (Escala Zadocks 70-79), en masa blanda (Escala Zadocks 85), o masa dura (Escala Zadocks 87), 7 días después de grano pastoso duro, o 1 día antes de la cosecha. Los resultados de este trabajo por un lado demostraron que el porcentaje de germinación fue alterado cuando se le aplicó glifosato en estado lechoso con reducciones de 2 hasta 46% comparado con testigo sin tratar. También se vio que la dosis tuvo efecto en esta característica obteniendo un 23% menos de germinación con la dosis alta. Por otra parte se observó que el largo del coleoptile era menor en las dos dosis de glifosato aplicadas en el estado de grano lechoso cuando comparadas con todas las otras dosis aplicadas y momentos.

En este mismo experimento las aplicaciones en estado lechoso redujeron además de un 28 a 99%, y de 19 a 39%, la densidad de plántulas y la altura de

la planta respectivamente. La dosis alta redujo 42% más la densidad de plantas que la dosis baja. Esta reducción se debe a la germinación pobre cuando se aplicó en este estado de desarrollo. Otra característica que se vio afectada fue el peso de los granos en donde se redujo de 19 hasta 73% cuando se le aplicó en el mismo estado de desarrollo.

En otro trabajo realizado por Craven et al. (2007) en trigo los días a la cosecha y el rango de días de crecimiento fueron significativamente reducidos con los tratamientos en el momento en que el cultivo se encontraba en estado de masa blanda aunque el rendimiento no fue afectado. La germinación también fue severamente afectada cuando se le aplicó glifosato en el mismo estado del cultivo.

Otras investigaciones han encontrado poca o ninguna inhibición de la germinación de la semilla de una cantidad de especies de cultivos, incluyendo el trigo con aplicaciones de glifosato precosecha. Sin embargo se han notado efectos fitotóxicos en plántulas (Baur et al., 1977; Darwent et al., 1994, Sprankle et al., 1975).

Glifosato aplicado directamente a la semilla de trigo cosechada no afectó la germinación de la semilla, pero se redujeron el largo de las raíces de las plántulas y también los rebrotes (Hassan, 1988).

Algunos trabajos muestran reducciones en los rendimientos, otros lo mejoran, y algunos no tienen diferencias cuando el glifosato es aplicado precosecha.

Según Yenish y Young (2000) existieron diferencias significativas en rendimiento de trigo con una reducción de 20 a 77% únicamente cuando el glifosato se aplicó en grano lechoso, dependiendo del año, variedad y dosis de glifosato.

Por lo contrario, en un trabajo en donde se realizaron evaluaciones en 3 ambientes diferentes, en 2 los rendimientos fueron mayores (14 y 16%) cuando se aplicó glifosato precosecha comparado con testigo sin tratar, y en el tercer sitio no hubo diferencias en rendimiento (Darwent et al., 1994).

Blackshaw et al. (2000) tuvieron como resultado que las aplicaciones de glifosato precosecha o post-cosecha resultaron en rendimientos de trigo y control de *Hordeum jubatum* similares en 2 de los 3 años evaluados

En otro trabajo estudiando Cebada, Canola y Lino los rendimientos fueron significativamente superiores el año siguiente a la aplicación en todos los tratamientos con glifosato precosecha comparado con testigo sin tratar (Baig et al., 1999).

La necesidad de aplicaciones de herbicidas precosecha para desecar malezas verdes ofrece un potencial de oportunidad para minimizar la viabilidad de la producción de la semilla de las malezas. El extenso sistema de raíces rastreras, tubérculos o rizomas de las malezas perennes, generan un gran desafío para poder erradicarlas. Prácticas que agotan o erradican las estructuras de la reproducción vegetativa de las malezas perennes a menudo conducen a un control más efectivo en largo plazo (Anderson, 1991; Bhowmik 1994, Donald 1994).

Las aplicaciones de herbicidas de otoño para el control de malezas perennes se han utilizado cuando los cultivos que se manejan no son resistentes a los herbicidas, por lo tanto estas malezas son de difícil control en la etapa de cultivo. (Orfanedes Cera de 1991, Shaw y Mack, 1991; Whaley y Van-Gessel, 2002a, 2002b; citados por Vangessel et al.). Estas aplicaciones dependen de la traslocación. A principios de floración es cuando estas aplicaciones son más efectivas para el control de malezas perennes, pero no siempre es factible debido a los diferentes efectos de los herbicidas en los cultivos.

Aplicaciones de otoño pueden no ser el momento óptimo para el control de algunas especies perennes. Sin embargo, esta aplicación de calendario puede ser el momento más práctico para la mayoría de los agricultores que no están usando los cultivos resistentes a glifosato.

Aplicaciones de chlorflurenol, chlorsulfuron y glifosato redujeron la producción de semilla y viabilidad de *Setaria faberi* y *Abutilon theophrasti* cuando las malezas se encontraban en estado reproductivo temprano (Biniak y Aldrich 1986).

En un trabajo realizado por Bennett y Shaw (2000) se evaluaron la producción de semilla y viabilidad de *Senna obtusifolia*, *Sesbania exaltata* y *Ipomoea lacunosa* en maduración temprana de soja luego de la desecación precosecha. En la mayoría de los casos la germinación, emergencia y crecimiento de plántulas fueron reducidos, además de desecar muy bien todas

las malezas aunque se observó una desecación más lenta de la primer maleza nombrada.

También Ivany y Doohan (1997) estudiaron el control de dos malezas perennes (*Elytrigia repens* y *Mentha arvensis*) cuando se le aplicó glifosato precosecha en cebada. Se llegaron a niveles entre de 85-100% de control para *Elytrigia repens* mientras que para *Mentha arvensis* también se señalaron muy buenos controles. El control del % de rebrote al siguiente año fue excelente para las dos malezas disminuyendo en más del 90% cuando se le aplicó alrededor de 1 kg ia/ha para ambos casos. En un trabajo similar pero para el control de *Cirsium arvense* también se observaron disminuciones de 75% de rebrote al año siguiente con dosis de glifosato de 0,45 hasta 1,8 kg ia/ha, solamente 1 de las 3 sitios evaluados necesito dosis mayores a 1,8 kg ia/ha para llegar al mismo porcentaje de control.

Según trabajos realizados por Holroyd y Strickland (1978), citados por Shuma y Raju (1993) sobre los efectos de la utilización de glifosato en *Avena fatua* L. este se muestra efectivo en el control de la maleza determinando incrementos en la mortalidad de semillas.

Los cariopses y embriones en panojas no tratadas con glifosato mostraron un progresivo incremento en crecimiento alcanzando el máximo 20 días post antesis. Contrariamente en panojas tratadas con glifosato el crecimiento de cariopses y embriones fue diferente y dependió del momento de aplicación del herbicida. Cuando el glifosato fue aplicado previo, durante o pocos días luego de la antesis, el crecimiento de los cariopses y embriones nunca alcanzo el máximo, por el contrario cuando se aplicó a los 7 o más días post antesis prácticamente no hubo efecto sobre el crecimiento de estas estructuras (Shuma y Raju 1993).

Los mismos autores indican que embriones provenientes de cariopses tratadas a los 9 y 11 días post antesis presentaron organización tanto interna como externa normal. Dichos cariopses germinaron normalmente.

Según Shuma et.al (1995), la aplicación de glifosato (0,88 kg de i.a. ha⁻¹) durante o previo a antesis de las flores terminales en el tallo principal impidió la formación de semilla debido a la desecación o muerte del tallo. La aplicación realizada 7 días post antesis en el tallo principal hizo que las semillas que maduraran fueran encogidas y con germinación menor a las panojas no

tratadas y que las semillas en las porciones inferiores abortaran. Cuando la aplicación fue realizada 14 días post anthesis, las semillas producidas tanto en el tallo principal como en los macollos tuvieron menor peso que los testigos sin tratar. Las semillas provenientes del tallo principal germinaron sin presentar síntomas de dormancia mientras que las provenientes de los macollos demoraron en germinar y tuvieron menor porcentaje de semillas viables.

Shuma et.al (1995) indican que si las semillas están suficientemente desarrolladas resisten la desecación provocada por el glifosato. Por el contrario el menor vigor y la pérdida de dormancia encontrada en semillas tratadas a los 10 y 15 días post anthesis brinda la posibilidad de controlar esta maleza a través de métodos culturales integrados con control químico tanto en barbecho como en cultivos.

En estudios realizados por Fontes y Hareau (2001) en el país en esta misma especie con glifosato en precosecha de trigo también se observó efecto diferencial del herbicida dependiendo del grado de maduración de la maleza. La capacidad germinativa se redujo en un 44% en el caso de semillas verdes al momento de la aplicación y sólo en un 1,8% cuando ya se encontraban marrones al momento de la pulverización.

2.4 EL HERBICIDA GLIFOSATO

El glifosato (N-fosfometil glicina) es un herbicida no selectivo, utilizado en postemergencia. Debido a su capacidad de translocarse en el floema es particularmente útil para matar órganos subterráneos de plantas perennes que tienden a prosperar en pasturas y sistemas de agricultura conservacionista (Martino, 1995).

Debido a que es rápidamente metabolizado en suelo por los microorganismos y fuertemente adsorbido, glifosato no presenta residualidad y por lo tanto, tampoco presenta actividad pre-emergente (Sprankle et. al., 1975)

2.4.1 Características generales

El herbicida es un derivado del aminoácido glicina, con ácido fosfórico unido al radical amino. Generalmente es formulado como sal isopropilamónica

de glifosato aunque también existen otras formas, como las sales potásicas y las sales amoníacas y diamoníacas de glifosato.

Las hojas y partes fotosintéticamente activas constituyen los principales órganos de intercepción y absorción. La presencia de cutícula y especialmente de ceras externas son las principales barreras para la absorción.

El glifosato es altamente soluble en agua ya que posee un reducido tamaño y es de naturaleza polar, esto hace que no pueda atravesar por si mismo las cutículas foliares y membranas hidrofóbicas de las malezas por lo cual es formulado como sal (Ashfield, 2006).

Durante los días siguientes a la aplicación se da la absorción del glifosato por parte de las plantas a través de la cutícula de las hojas. Bajo condiciones favorables generalmente el glifosato es rápidamente absorbido por el follaje y luego es seguido por un período de comparativamente lenta asimilación. En especies perennes la absorción cesa tres días luego de la aplicación, lo mismo no sucede en especies anuales, la cual sigue con el proceso por más de tres días (Malik et al. citados por Cessna et al, 1994).

Además de la especie maleza a tratar y su estado fenológico, también existen otros factores que hacen modificar la absorción, uno de ellos es el comportamiento de las gotas de la solución herbicida sobre la superficie de la hoja, lo que puede variar dependiendo de la naturaleza y composición de la cutícula y las ceras epiculares asociadas (Wyrill, J. B. and O. C. Burnside. 1976). Algo que no se debe olvidar son los factores ambientales, que de una forma u otra intervienen en la eficiencia del glifosato, dentro de estos se encuentran las precipitaciones, la humedad relativa y temperatura ambiental, la intensidad lumínica y el viento. (Caseley y Coupland, 1994)

La principal forma de traslocación es a través del simplasto, principalmente por floema pero también se da a través de otros tejidos vivos. En algunos casos también se ha observado traslocación de tipo aposimplástica (Wyrill, J. B. and O. C. Burnside. 1976).

Cuando el herbicida ya ingresó dentro de la planta, es usualmente traslocado junto con los asimilados a lugares en donde existe gran actividad metabólica.

Según Kogan y Pérez (2003), las plantas afectadas por la acción del glifosato y en especial los tejidos más jóvenes, presentan clorosis y luego se tornan color café. La muerte de la misma sucede entre dos a tres semanas o más luego de realizada la aplicación. La acción lenta del herbicida se explica por el gran tamaño del pool de aminoácidos aromáticos que existen en las plantas, requiriéndose de cierto tiempo para que sean agotados los mismos.

2.4.2 Modo de acción

Consiste en la inhibición de la síntesis de los aminoácidos aromáticos (triosina, fenilalanina y triptofano), esto lleva a que se altere la producción de proteínas, previniendo la formación de compuestos secundarios como la lignina. Este mecanismo de acción es único entre los diferentes grupos de herbicidas (Kogan y Pérez, 2003)

2.4.3 Sitio de acción

Su sitio metabólico de acción es en la vía del ácido shiquímico inhibiendo la enzima 5-enolpiruvil shiquimato 3-fosfato sintasa (EPSPS), proceso que solamente ocurre en plantas, bacterias y hongos; y que conduce a la síntesis de los aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina y triptofano (Martino, 1995). Aproximadamente el 20% del carbón fijado por las plantas sigue la ruta del ácido shiquímico que, además de los aminoácidos aromáticos, produce un número de productos finales de gran importancia para la vida vegetal, entre ellos vitaminas, ligninas, alcaloides y una amplia gama de compuestos fenólicos, como los flavonoides (Kogan y Peréz 2003).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

El presente trabajo consistió en un experimento a campo y experimentos complementarios en laboratorio. El experimento a campo fue realizado en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, Paysandú- Uruguay (Latitud 32 S, 56 W) durante el verano-otoño del año 2009, sobre un cultivo de sorgo del área de producción destinado a cosecha de grano húmedo que presentaba una infestación generalizada de *Sida rhombifolia*.

Los experimentos en laboratorio fueron conducidos en cámara de crecimiento del Laboratorio de Malherbología de la EEMAC.

3.2 METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN

3.2.1 Experimento a campo

Este experimento tuvo por objetivo determinar el efecto de aplicaciones de glifosato en pre-cosecha de sorgo en la re infestación potencial de *Sida rhombifolia*.

El diseño experimental usado fue de bloques completos al azar, con 3 repeticiones.

El mismo fue instalado el 22 de mayo cuando el sorgo alcanzó la madurez fisiológica, fecha en la que se procedió a delimitar el área experimental que ocupó una superficie total de 238 m², siendo las unidades experimentales las parcelas de ancho igual a 4 surcos y 12 m de largo. Para la determinación del momento de madurez fisiológica del cultivo se realizaron estimaciones del porcentaje de humedad en granos extraídos de la porción media de las panojas hasta que se alcanzara entre el 30 a 33% de humedad.

El herbicida utilizado fue Panzer Gold (480 g ea/ha), y la aplicación se realizó en los 4 entresurcos centrales con un equipo pulverizador experimental con fuente de CO₂ a presión constante de 1,4 lb y ancho operativo de 2 m.

El volumen de aplicación fue de 100 l/ha y el agua utilizada fue deionizada a los efectos de evitar cualquier inactivación del herbicida. Al momento de realizar la aplicación la temperatura ambiental era 26 °C, la humedad relativa 67 % y la velocidad del viento de 8.85 km/h en dirección NNE.

Previo a la aplicación del herbicida se estimó tamaño y estructura de la población de la maleza con el objetivo de conocer las características de la infestación en el área experimental. A tales efectos, en una transecta de 50 metros de largo y a cada dos pasos en el entre surco del cultivo de la chacra comercial, se registró número y grado de desarrollo de *S. rhombifolia* utilizando la siguiente escala que distinguió 3 diferentes estados:

- Estado 1: Planta herbácea hasta 25 cm de altura.
- Estado 2: Planta herbácea con 25 a 50 cm de altura (tallo verde empezando a colorear)
- Estado 3: Planta con más de 50 cm de altura, y tallo verde o leñosa con tallo oscuro.

En cada caso se anotó además si la planta estaba en comienzo de floración, en floración, o comenzando la fructificación.

En el área experimental y a nivel de cada parcela también se identificaron estos 3 grados de desarrollo procediéndose a anillar con cable de distintos colores (rojo para estado 1, azul para estado 2 y blanco para estado 3) 10 plantas por estado totalizando de esta forma 90 plantas por tratamiento.

3.2.2 Experimentos en laboratorio

Los experimentos de laboratorio se correspondieron con un diseño completamente al azar y se utilizaron 4 repeticiones en todos los casos.

Los mismos fueron estudios de germinación y dormancia en las semillas colectadas en los tratamientos del experimento a campo. Se utilizaron cajas de Petri esterilizadas con discos de papel absorbente, también esterilizados en la base en donde fueron distribuidas 50 semillas por caja, regadas con 10 ml de agua o con la solución que correspondiera, selladas y llevadas a cámara de crecimiento a 25°C y régimen de 12 horas de luz y 12 de oscuridad.

3.3 TRATAMIENTOS

3.3.1 Experimento a campo

Los tratamientos ensayados se detallan en el Cuadro a continuación:

Cuadro N° 1. Descripción de los tratamientos.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	
	Glifosato (g ea/ha)	Panzer Gold (l/ha)
T1	0	0
T2	1080	2,25
T3	1800	3,75

3.3.2 Experimentos en laboratorio

Se realizó un primer estudio con el objetivo de evaluar capacidad germinativa de las semillas colectadas en los 3 tratamientos del experimento a campo resultando en consecuencia 3 tratamientos (T1= testigo sin aplicación, T2= Glifosato 1080 g ea/ha y T3= Glifosato 1800 g ea/ha).

En este experimento que fue instalado el 6 de Agosto de 2009 solo fueron observados mínimos porcentajes de germinación, por lo que se instaló un segundo experimento el 20 de Agosto de 2009 con 2 pre-tratamientos para el levantamiento de dormancia. El total de tratamientos resultó en este caso igual a 9, fruto de la combinación de los 3 tratamientos del experimento a campo y los tratamientos de sólo agua, nitrato de potasio y pre-secado. Tal como se detalla a continuación.

Cuadro N° 2. Descripción de los tratamientos en laboratorio.

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo a campo con 10 ml de agua deionizada
T2	Glifosato 1080 g ea/ha con 10 ml de agua deionizada
T3	Glifosato 1800 g ea/ha con 10 ml de agua deionizada
T4	Testigo a campo con 10 ml de KNO ₃ 0.5M
T5	Glifosato 1080 g ea/ha con 10 ml de KNO ₃ 0.5M
T6	Glifosato 1800 g ea/ha con 10 ml de KNO ₃ 0.5M
T7	Testigo a campo con 10 ml de agua deionizada y semillas sometidas a presecado (5 días a 40° C en estufa)
T8	Glifosato 1080 g ea/ha con 10 ml de agua deionizada y semillas sometidas a presecado (5 días a 40° C en estufa)
T9	Glifosato 1800 g ea/ha con 10 ml de agua deionizada y semillas sometidas a presecado (5 días a 40° C en estufa)

En este segundo experimento tampoco se obtuvieron porcentajes de germinación significativos procediéndose a instalar un tercer experimento. El mismo fue instalado el 29 de octubre de 2009 e incluyó los 3 tratamientos de campo con un pre-tratamiento de para levantar dormancia que consistió en enfriado durante 15 días en heladera a 5 °C y escarificación leve posterior de la semilla. A diferencia de los experimentos anteriores en éste el régimen de luz

fue de 24 hs de oscuridad para lo cual las cajas de petri fueron envueltas con papel de aluminio.

3.4 DETERMINACIONES

3.4.1 Determinaciones a campo

Se evaluó el efecto de la aplicación de Glifosato en las 2 dosis sobre la maleza a los 21, 27, 35 y 42 días post aplicación (dpa).

En cada caso se estimó grado de control a nivel de plantas individuales utilizando la siguiente escala.

Cuadro N° 3. Escala utilizada para la evaluación de control.

ESCALA	DESCRIPCIÓN
0	Sin Daño visible
1	Pocas hojas verde pálido (<20%) y hojas desplegadas (mayoría).
2	Hojas verde pálido (<20%) y hojas plegadas en forma evidente.
3	Hojas verde pálido entre 30 a 50%, planta pálida y muchas hojas plegadas.
4	Muchas hojas secas (> 50%), muchas plegadas y hojas cayendo.
5	Todas las hojas amarillas o marrones y plegadas, hojas cayendo. Al quebrar, tallo verde.
6	Todas las hojas marrones y plegadas; hojas cayendo. Al quebrar, tallo seco.

Para la interpretación de los resultados de control obtenidos se utilizó además de % de control (Escala 0 es igual a 0% de control,....., Escala 6 es igual a 100% de control), la escala en base 100 de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM). La misma se presenta en el Cuadro N° 4.

Cuadro N° 4. Escala (ALAM) para la evolución de control de malezas.

Índice (%)	Grado de control
0 - 40	Ninguno a pobre
41 - 60	Regular
61 - 70	Suficiente
71 - 80	Bueno
81 - 90	Muy bueno
91 - 100	Excelente

Por otra parte también se midió el % de plantas rebrotadas en función del número total de plantas marcadas por estado y por tratamiento.

3.4.2 Determinaciones en laboratorio

En todos los experimentos de laboratorio las estimaciones consistieron en la determinación del total de semillas germinadas, consideradas como tales todas aquellas semillas con protrusión de radícula evidente, a intervalos de 2 días.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.5.1 Experimento a campo

Los niveles de control fueron analizados usando modelos lineales generalizados, asumiendo que la variable estudiada tuvo distribución

multinomial ordinal. Se usó el procedimiento LOGISTIC del paquete estadístico SAS versión 9.1.3 (SAS Institute, Cary, NC, 2003). El análisis estadístico se hizo por fecha de muestreo. A partir de las probabilidades estimadas de cada punto de la escala, se calculó el puntaje medio estimado en cada tratamiento y cada fecha.

3.5.2 Experimento en laboratorio

Los datos de laboratorio fueron analizados mediante el modelo lineal general, probando que la variable estudiada tuvo distribución aproximadamente normal y las varianzas fueron homogéneas. Se realizó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar, utilizándose cuando las diferencias fueron significativas, la prueba de separación de medias de Tukey. Se usó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS versión 9.1.3 (SAS Institute, Cary, NC, 2003). El análisis estadístico fue realizado por fecha de muestreo.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan y discuten los resultados del Experimento de campo en primer lugar y continuando, los correspondientes a los experimentos complementarios realizados en laboratorio.

4.1 EXPERIMENTO DE CAMPO

a. Características de la infestación de la maleza en el área experimental.

A los efectos de caracterizar la infestación fueron utilizados como descriptores el tamaño de la población (n° de plantas. m^{-2}) y la estructura de la misma (composición por estados).

Como se ve en el Cuadro N°5 a continuación, la densidad promedio de la población resultó igual a 188 plantas. m^{-2} indicando una muy alta infestación de la maleza en el área.

Cuadro N°5. Tamaño (plantas. m^{-2}) y estructura de la población de *S. rhombifolia* en el área experimental.

DESCRIPTOR	VALOR			
	Estado 1	Estado 2	Estado 3	Total
Promedio	114	34	40	188
Mínimo	40	0	0	57
Máximo	251	74	223	326
Desvío	63,4	21,5	65,6	77,2
Mediana	109	29	17	189
Moda	62,9	28,6	11,4	217,1

La observación del cuadro permite apreciar una importante variabilidad a nivel de los muestreos, fundamentalmente en los Estados 1 y 3 así como la

contribución mayoritaria del Estado 1 tal como se muestra en la Figura 1, que constituye el 61% de la infestación.

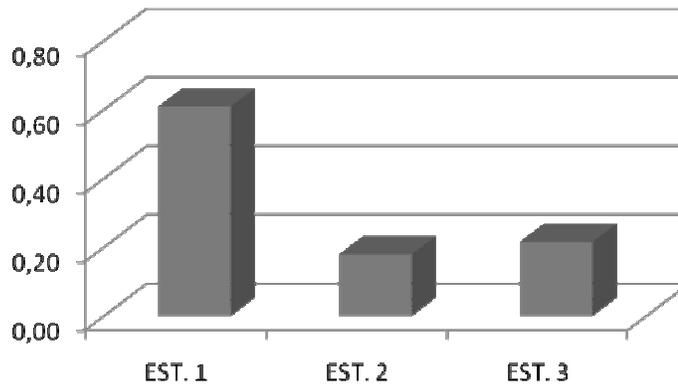


Figura 1. Proporción de los diferentes estados con respecto al total de plantas muestreadas.

En cuanto a la variabilidad detectada en los muestreos de densidad cabe acotar que no resulta sorprendente siendo que por lo general las malezas presentan distribuciones de alta heterogeneidad.

Aún cuando el número de muestreos puede ser considerado insuficiente a los efectos de mejorar este análisis, se presenta en la Figura 2 el detalle de la composición por estados evaluada en el total de muestreos realizados con el fin de analizar la variabilidad en esta característica.

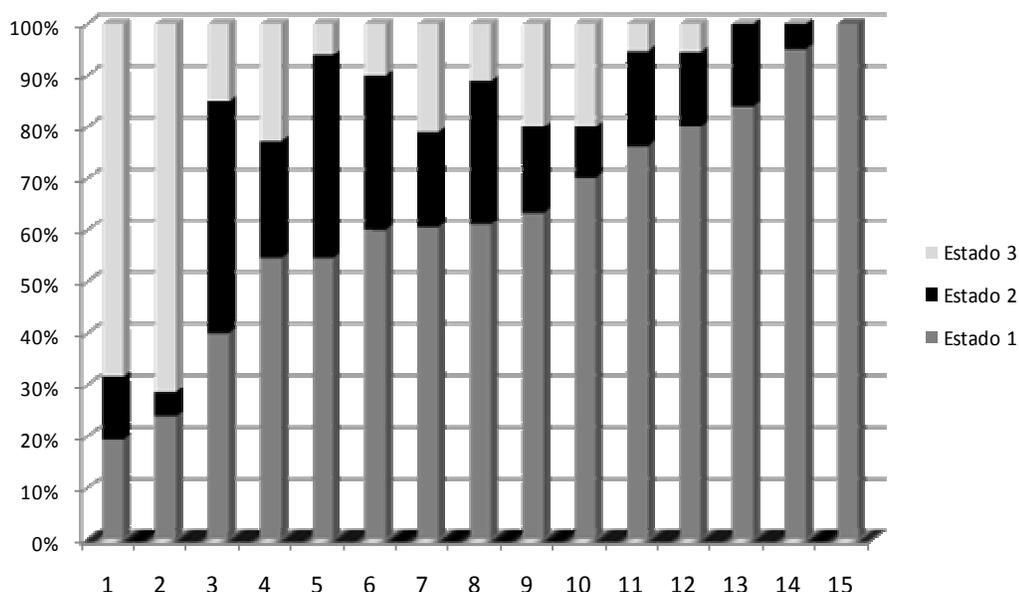


Figura 2. Composición por estado en el total de muestreos realizados ordenados en forma creciente en función de la proporción del Estado 1.

La figura muestra que en el 80% de los muestreos fue registrado presencia de los 3 estados, corroborando la existencia de flujos continuos de la maleza tal como se cita en la bibliografía (Fernandez, 2009). Uno solo de los muestreos estuvo compuesto por un único estado correspondiendo el 100% de las plantas al Estado 1.

También puede observarse, tal como se desprende de la información presentada en el Cuadro N°5 que la infestación en esta área correspondió básicamente a una población en estados tempranos. El 80% de los muestreos presentaban una contribución mayor al 50% de este tipo de plantas.

Considerando la susceptibilidad diferencial a los herbicidas post-emergentes que presenta esta especie según estado de desarrollo que se menciona en la bibliografía (Gonzalez, 2007) y siendo que en el 40% de los muestreos la proporción de plantas en Estado 3 que requerirían mayores dosis superan el 20% de la población podría afirmarse que de ajustarse la dosis bajo la sola consideración del estado predominante en la infestación se estaría

dejando de controlar debidamente un alto número de plantas en el 40% del área.

b. Resultados del Experimento de campo

Los resultados correspondientes a la evaluación de control de las dosis de glifosato ensayadas se presentan a continuación separados por fecha de evaluación procediéndose posteriormente al análisis combinado de las cuatro lecturas.

- 1° Fecha de evaluación (21 dpa)

Los resultados de control promedio de los 3 Estados en esta primera evaluación a los 21 dpa resultaron bajos para ambas dosis de glifosato, no sobrepasando el 50% de control en ninguna de las dosis utilizadas, con un valor según escala ALAM de Regular (Cuadro N°6).

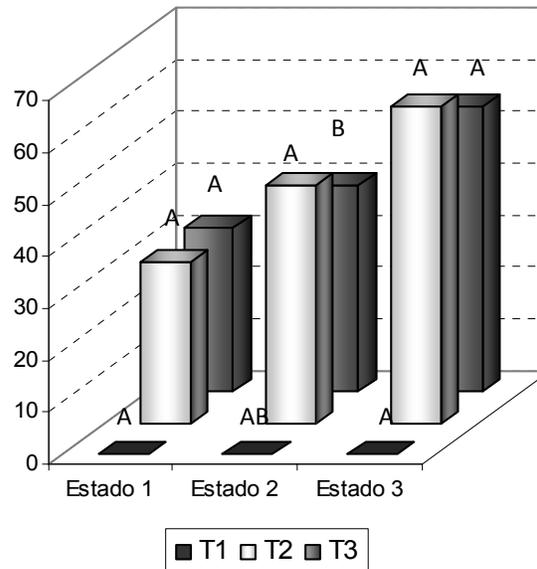
El bajo control general obtenido en esta fecha puede considerarse lo esperable analizando el poco tiempo transcurrido desde la aplicación y las características del modo de acción del herbicida ensayado.

Cuadro N°6. Resultados de control (%) y según escala ALAM para el promedio de los Estados 1, 2 y 3 en las dos dosis de glifosato ensayadas.

Dosis (g e.a./ha)	% Control	Escala ALAM
0 (T1)	0	Ninguno
1080 (T2)	46,05	Regular
1800 (T3)	42, 22	Regular

Como se observa el resultado con la dosis baja (46.05%) superó el control obtenido con la dosis alta (42,22%). Si bien esto fue corroborado estadísticamente (Figura 3), en términos agronómicos las diferencias en control resultan de baja trascendencia pudiendo considerarse que el resultado con ambas dosis de glifosato fue insatisfactorio y sin diferencias importantes.

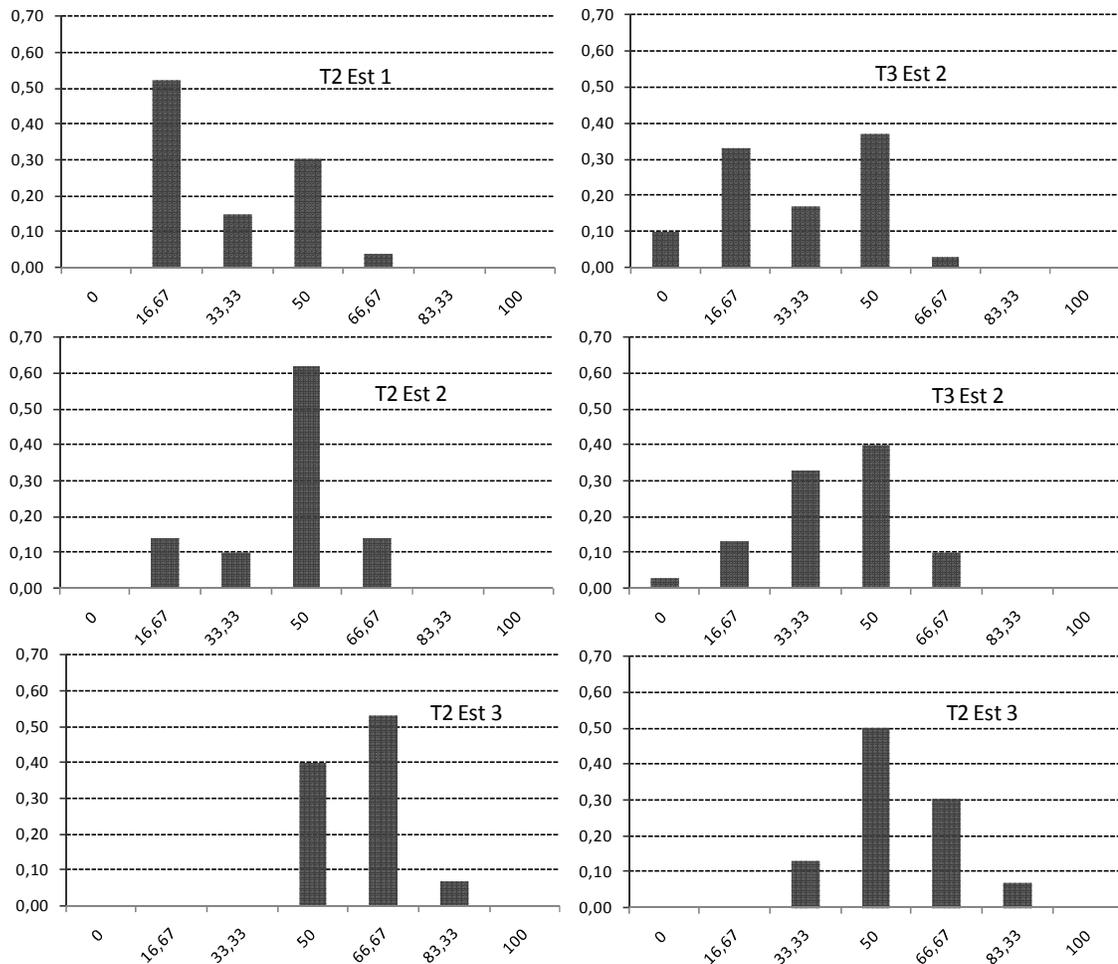
Por otra parte y tal como muestra la grafica sólo existieron efectos significativos de tratamientos para el Estado 2 (Figura 3) y ninguna diferencia entre tratamientos en los Estados 1 y 3.



T1= Testigo (s/tratamiento) T2= glifosato 1080 g e.a./ha T3= glifosato 1800 g e.a./ha

Figura 3. Control en % según tratamientos y estado de la maleza.

Observando los histogramas correspondientes a los cálculos de las probabilidades de los distintos niveles de control en uno y otro tratamiento y en los 3 estados puede verse que en las plantas en Estado 2 existió un 50% de plantas por debajo del 50% de control en el T3 mientras que en el tratamiento T2 sólo el 24% de las plantas mostraron controles por debajo de este valor.



Figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9. Proporción de cada grado de control (escala 0 al 6, expresado en %) para las 2 dosis y en los 3 estados estudiados.

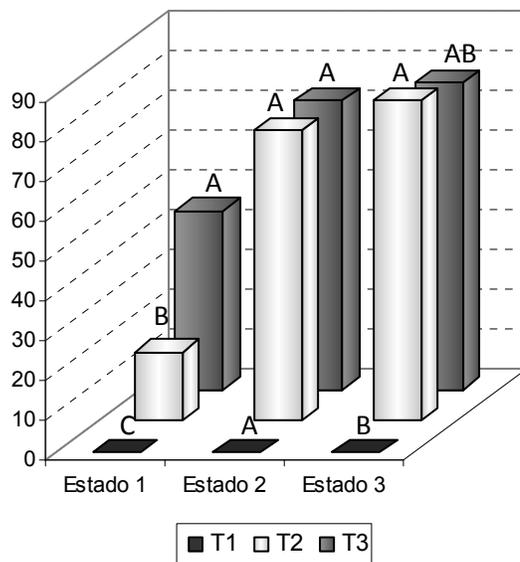
- 2° Fecha de evaluación (27 dpa)

En esta fecha, a los 27 días luego de la aplicación se empezaron observar mejores resultados de control alcanzándose niveles de Suficiente con la dosis mayor (Cuadro N°7).

Cuadro N°7. Resultados de control (%) y según escala ALAM para el promedio de los Estados 1, 2 y 3 en las dos dosis de glifosato ensayadas.

Dosis (g e.a./ha)	% Control	Escala ALAM
0	0	Ninguno
1080 (T2)	56,88	Regular
1800 (T3)	65,00	Suficiente

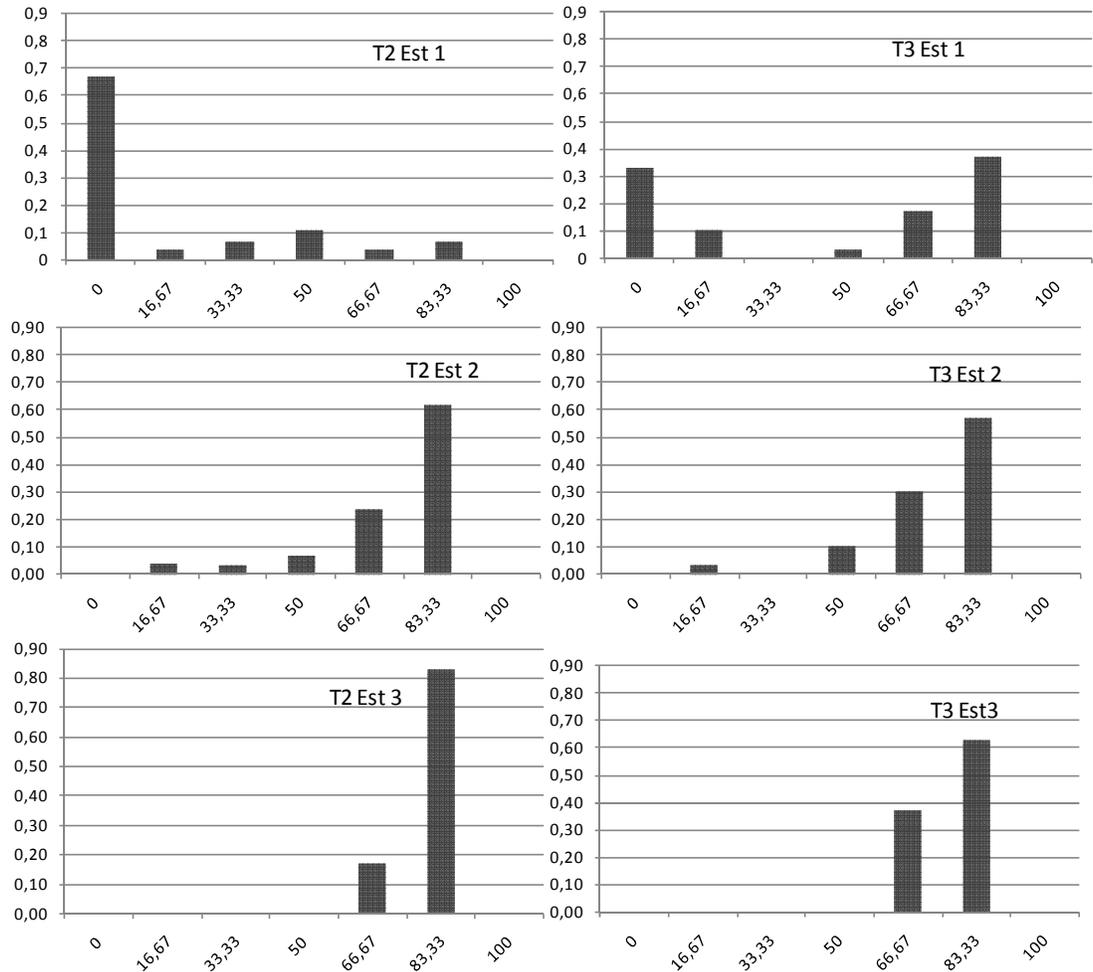
El ANAVA detectó efecto de la dosis en el Estado 1 con claras diferencias en cuanto a las respuestas. En este caso y como era de esperar, se logró mayor control con el tratamiento a dosis alta (T3), mientras que en el Estado 2 y 3 no se observaron diferencias en las dosis ensayadas (Figura 10).



T1= Testigo (s/tratamiento) T2= glifosato 1080 g e.a./ha T3= glifosato 1800 g e.a./ha

Figura 10. Control en % según tratamientos y estado de la maleza.

Los histogramas de las probabilidades correspondientes a esta fecha de evaluación (Figuras 11, 12, 13, 14, 15 y 16) corroboran las tendencias comentadas anteriormente mostrando una disminución del buen comportamiento de la dosis alta en los estados de desarrollo más avanzados.



Figuras 11, 12, 13, 14, 15 y 16. Proporción de cada grado de control (escala 0 al 6, expresado en %) para las 2 dosis y en los 3 estados estudiados.

Inclusive cuando se analizó estadísticamente la proporción de plantas con controles $\geq 66,67$, se detectó efecto de tratamientos para el caso del Estado 1 pero ningún efecto para los Estados 2 y 3 (Figura 17).

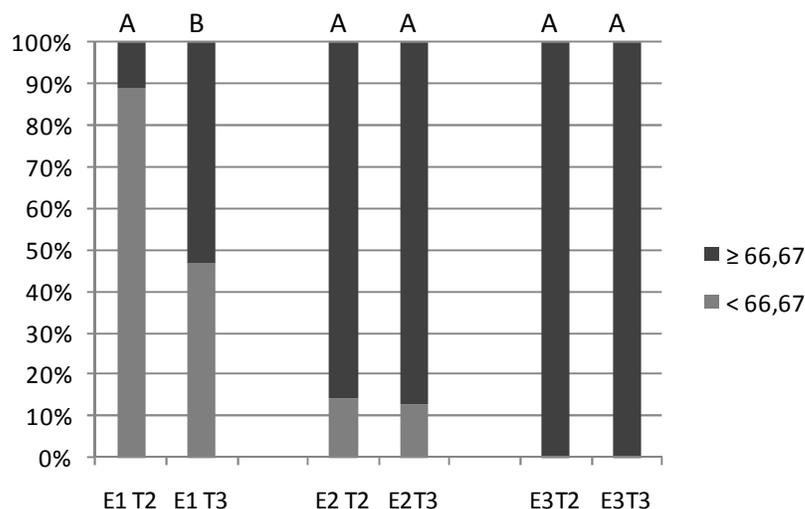


Figura 17. Porcentajes de control separados en dos grupos, controles menores a 4 (66,67%) y controles mayores o iguales a 4.

Cabe aclarar que el 100% de las plantas del Estado 3 controladas con más del 66,67% de control mostraron diferentes contribuciones de los controles 4 y 5 equivalentes a 66,67% y 83,33% de control respectivamente como se observa en los histogramas (Figuras 11, 12, 13, 14, 15 y 16), lo cual constituye la explicación al mejor comportamiento del T2 en este estado en el que el resultado promedio resulto algo más alto al tratamiento a dosis alta (T3).

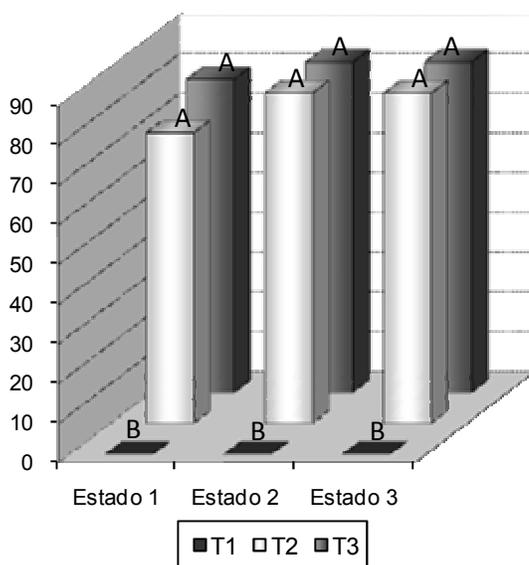
- 3° Fecha de evaluación (35 dpa)

A los 35 días luego de la aplicación de glifosato los valores de control promedio fueron más altos que los observados en las dos lecturas anteriores, alcanzando en este caso un control Bueno en el caso de la dosis baja y un control de Muy Bueno para la dosis alta, pudiendo afirmarse que existió una progresión en el control.

Cuadro N°8. Resultados de control (%) y según escala ALAM para el promedio de los Estados 1, 2 y 3 en las dos dosis de glifosato ensayadas.

Dosis (g e.a./ha)	% Control	Escala ALAM
0 (T1)	0	Ninguno
1080 (T2)	79,95	Bueno
1800 (T3)	81,85	Muy bueno

Si bien el ANAVA realizado en forma separada para cada uno de los 3 estados indicó diferencias significativas entre tratamientos, estos valores de significancia son debidos a la diferencia entre el Testigo (T1) y los tratamientos de dosis baja (T2) y dosis alta (T3) puesto que en ningún caso se obtuvieron diferencias entre las dosis de glifosato (Figura 18).



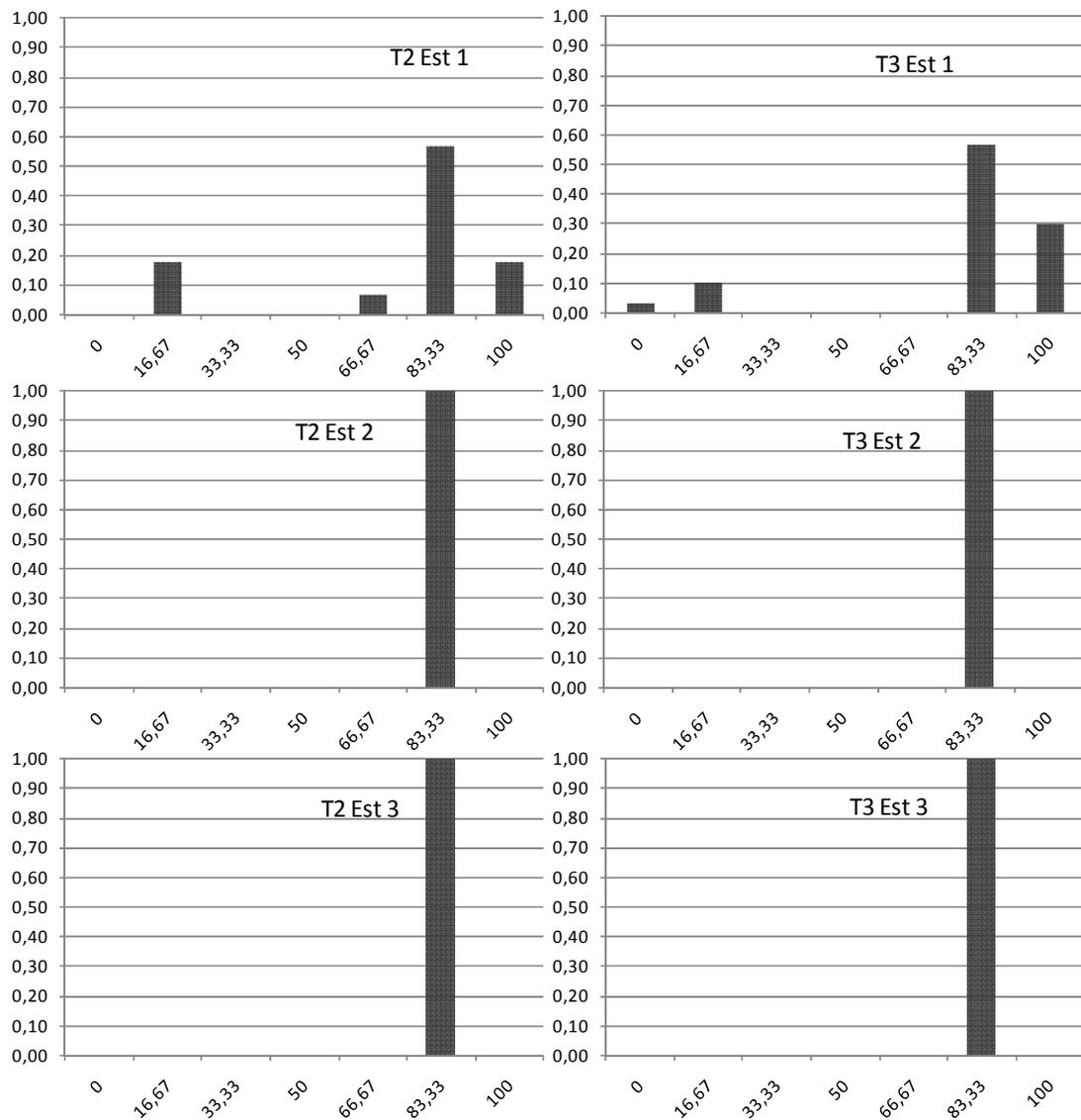
T1= Testigo (s/tratamiento) T2= glifosato 1080 g e.a./ha T3= glifosato 1800 g e.a./ha

Figura 18. Control en % según tratamientos y estado de la maleza.

Observando los histogramas a continuación (Figuras 19, 20, 21, 22, 23 y 24) se puede ver que por primera vez se llega a un control 6 igual al 100% de

control. Este comportamiento sólo se manifiesta en las plantas que se encontraban en el Estado 1 al momento de la aplicación. A su vez, las plantas en Estado 2 y 3 aún no llegando a valores máximos alcanzan buenos niveles, lográndose 83,33% de control en el 100% de los individuos.

El otro aspecto destacable en estos histogramas es la variabilidad de control registrada en las plantas de menor desarrollo. Tal como puede verse sólo en este estado se constataron plantas con máximo control y porcentajes del orden del 15 al 25% con controles por debajo del 83,33%.



Figuras 19, 20, 21, 22, 23 y 24. Proporción de cada grado de control (escala 0 al 6, expresado en %) para las 2 dosis y en los 3 estados estudiados.

En esta fecha de evaluación se observaron por primera vez plantas rebrotando tal como se detalla en la Figura 25.

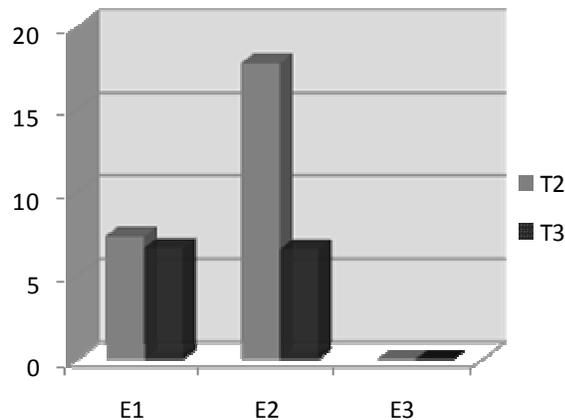


Figura 25. Porcentaje de plantas rebrotadas en función del número total de plantas marcadas por estado y por tratamiento.

Como resultaba esperable el porcentaje de plantas con rebrotes fue mayor en la dosis baja. Sin embargo esta respuesta sólo fue observada en el Estado 1 y fundamentalmente en el Estado 2. Sorprendentemente no se encontraron respuestas diferenciales en el caso de las plantas en el mayor grado de desarrollo (Estado 3) reiterándose en esta evaluación la idea de la mayor susceptibilidad en la plantas con este grado de desarrollo.

Inclusive este resultado a nivel de rebrote, relativiza los buenos resultados comentados en cuanto al control de la dosis baja en las plantas del Estado 2.

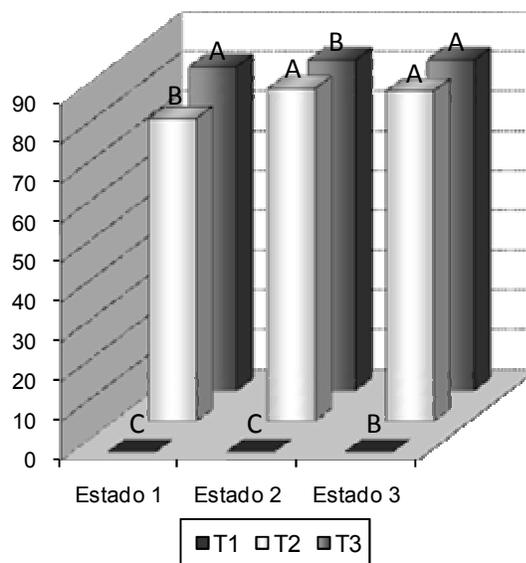
- 4° Fecha de evaluación (42 dpa)

En esta última fecha de evaluación que se realizó a los 42 días luego de aplicado el glifosato no se observaron grandes cambios con respecto a la fecha anterior. De todas maneras se logró un aumento en el control llegando a control Muy bueno según la escala utilizada en ambos tratamientos (T2 y T3).

Cuadro N° 9. Resultados de control (%) y según escala ALAM para el promedio de los Estados 1, 2 y 3 en las dos dosis de glifosato ensayadas.

Dosis (g e.a./ha)	% Control	Escala ALAM
0 (T1)	0	Ninguno
1080 (T2)	81,17	Muy bueno
1800 (T3)	82,77	Muy bueno

El ANAVA en esta fecha detectó diferencias significativas entre dosis para el caso del Estado 1 y el Estado 2, mientras que para el estado de mayor desarrollo las diferencias no tuvieron significancia.



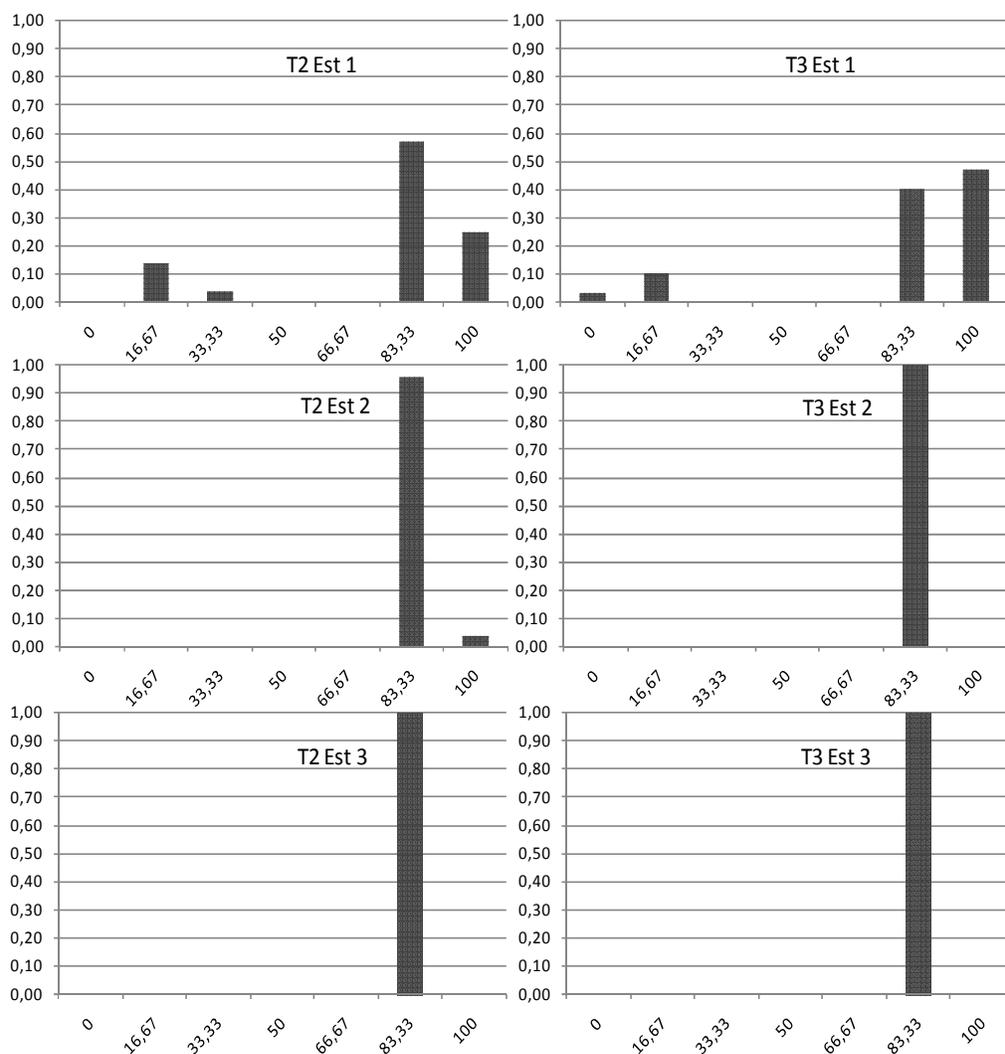
T1= Testigo (s/tratamiento) T2= glifosato 1080 g e.a./ha T3= glifosato 1800 g e.a./ha

Figura 26. Control en % según tratamientos y estado de la maleza.

Como se puede ver en el Estado 1 y como era de esperar, el control obtenido con dosis alta (T3) fue mayor al de dosis baja (T2). No sucedió lo mismo con el Estado 2 en donde el resultado con la dosis baja superó el control obtenido con la dosis alta. Si bien esto es estadísticamente cierto, como ya se comentó anteriormente, en términos agronómicos puede considerarse que no existen diferencias de control entre estos tratamientos, y que los controles con

ambas dosis de glifosato no muestran importantes diferencias alcanzando en ambos casos el valor 5 de control (83,33%) según la escala utilizada.

A los efectos de mejorar el análisis del comportamiento en los estados de desarrollo estudiados frente a las dosis se presentan los histogramas (Figuras 27, 28, 29, 30, 31 Y 32) a continuación.



Figuras 27, 28, 29, 30, 31 y 32. Proporción de cada grado de control (escala 0 al 6, expresado en %) para las 2 dosis y en los 3 estados estudiados.

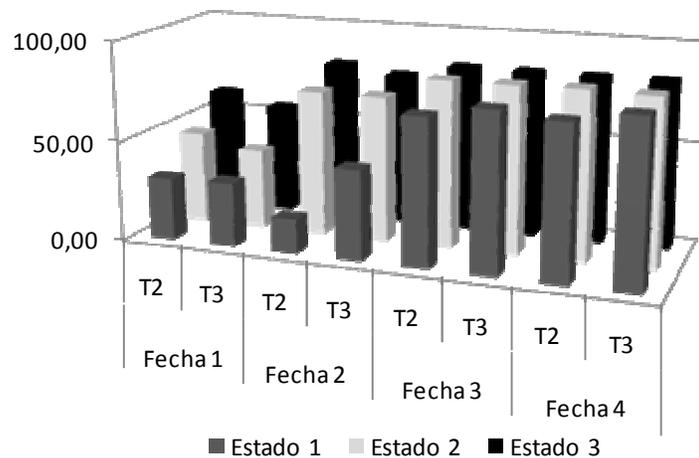
También en esta fecha resultó notoria la variabilidad de control que presentan las plantas de menor desarrollo variando de 16,67% hasta 100% y de 0 a 100% de control, para las dosis baja y alta respectivamente. Por otro lado, las 2 dosis resultaron muy similares en el Estado 2 mostrando, sólo diferencia en un 3% de las plantas que alcanzan el 100% de control (nivel 6 según escala utilizada) en el tratamiento a dosis baja, mientras que en el tratamiento de dosis alta no existe 100% de control en ningún caso. Esto explica las diferencias significativas encontradas en este estado y reafirma que agrónomicamente las diferencias son insignificantes.

Por otra parte, es importante mencionar que en esta fecha de evaluación (42 dpi) también se registraron rebrotes aunque se trató exactamente de los mismos que fueron registrados en la fecha anterior, por lo que puede afirmarse que no existieron nuevos rebrotes.

- Análisis conjunto de las 4 fechas

Con el objetivo de mejorar los posibles aportes de la información obtenida se presenta a continuación un análisis conjunto de las cuatro fechas.

La dosis alta mostró mayor efectividad de control en las plantas jóvenes en todas las fechas tal como era esperable (Figura 33). Por el contrario y tal como ya se discutió en el análisis por fecha de evaluación esto no se comprobó en el caso de las plantas de mayor edad de los Estados 2 y 3, en donde dos de las cuatro evaluaciones realizadas dieron controles iguales, inclusive algo mayores en el caso de la Fecha 1 y 4.



T1= Testigo (s/tratamiento) T2= glifosato 1080 g e.a./ha T3= glifosato 1800 g e.a./ha

Figura 33. Control en % de los 3 estados con ambas dosis de herbicida y para las cuatro fechas de evaluación.

Por otra parte, la Figura 33 muestra claramente como siempre se alcanzaron mayores controles en plantas más desarrolladas. Esta respuesta que se dio de forma consistente en ambas dosis y en todas las fechas evaluadas puede estar relacionada con un condicionamiento determinado por el tamaño de la planta a las particularidades de la aplicación del herbicida en precosecha.

Las plantas más desarrolladas, con mayor altura, podrían haber presentado ventajas en la intercepción de la pulverización. Las plantas más pequeñas, quedando en los estratos más bajos podrían no haber tenido un buen contacto con el herbicida ya que las plantas más altas y las hojas del cultivo de sorgo pudieron haber impedido una correcta intercepción de las gotas.

El análisis conjunto de las evaluaciones permitió además corroborar el progreso de control observado con este herbicida desde el día de la aplicación y hasta los 42 días post-aplicación. Esto resultó lo esperable en consideración del modo de acción del producto utilizado caracterizado por una lenta expresión de la sintomatología.

Por otra parte, considerando los registros a lo largo de las evaluaciones se constató que las plantas en Estado 1 y 2 que se encontraban en etapas vegetativas cuando se realizó la aplicación no llegaron a semillar en ninguno de los 2 tratamientos con glifosato. En el caso del testigo las plantas continuaron su desarrollo produciendo altas cantidades de semillas. Las plantas en Estado 3 se encontraban en su mayoría en etapas reproductivas al momento de la aplicación y aún cuando no se cuenta con un registro específico podría considerarse que todas aportaron semillas.

La interrogante en relación a las semillas de estas últimas plantas tiene que ver con los posibles efectos de glifosato en las características germinativas de las semillas de la maleza y fue lo que fundamentó la realización de los estudios en laboratorio que se detalla a continuación en el próximo ítem.

En base a esta constatación y considerando que la proporción de la población en los Estados 1 y 2 estimada en la evaluación inicial (Cuadro nº 5) se puede afirmar que esta aplicación de glifosato pre-cosecha evitó la semillazón del 78,7 % de la población total, lo que tendría gran impacto en las poblaciones futuras de la maleza teniendo en cuenta que se impide gran parte de su principal vía de reproducción.

4.2 EXPERIMENTOS EN LABORATORIO

Del conjunto de estos experimentos cuyo detalle figura en Materiales y Métodos se extrajeron varias consideraciones de interés.

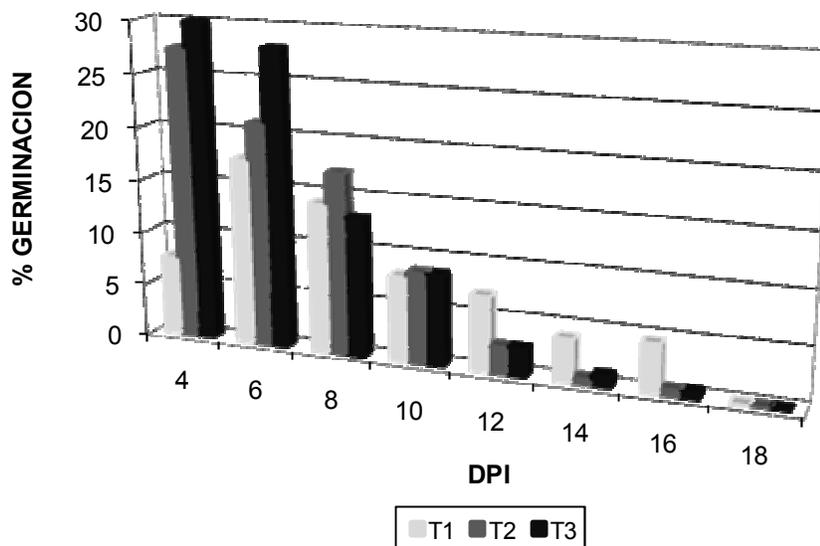
En primer lugar se observó que las semillas ensayadas presentaron dormancia. En el primer experimento instalado el 06/08/09, las semillas que no recibieron pre-tratamiento prácticamente no germinaron, resultando el valor más alto registrado de sólo 6,5%.

Por otra parte en el segundo experimento que fuera instalado el 20/08/09, en el que se incluyeron como pre-tratamientos secado y adición de nitrato, tampoco se obtuvieron niveles significativos de germinación. Aún cuando estos valores fueron algo superiores que los registrados en el primer experimento sólo se alcanzó el 13% de germinación.

Esto indica que los pre-tratamientos de secado y adición de nitrato no resultaron efectivos para levantar la dormancia en esta especie. Otros autores encontraron respuestas significativas con estos mismos pre-tratamientos como Fontana et al. (2002) quienes obtuvieron 80 y 50% de germinación respectivamente en semillas de *S. rhombifolia* realizando pre-secado y Nitrato de potasio respectivamente.

A diferencia de lo ocurrido en estos dos primeros experimentos, en un tercer experimento instalado el 29 de Octubre de 2009 en el que se estudió como pre-tratamiento enfriamiento y escarificación leve se obtuvo muy buenos porcentajes de germinación (Figura 34).

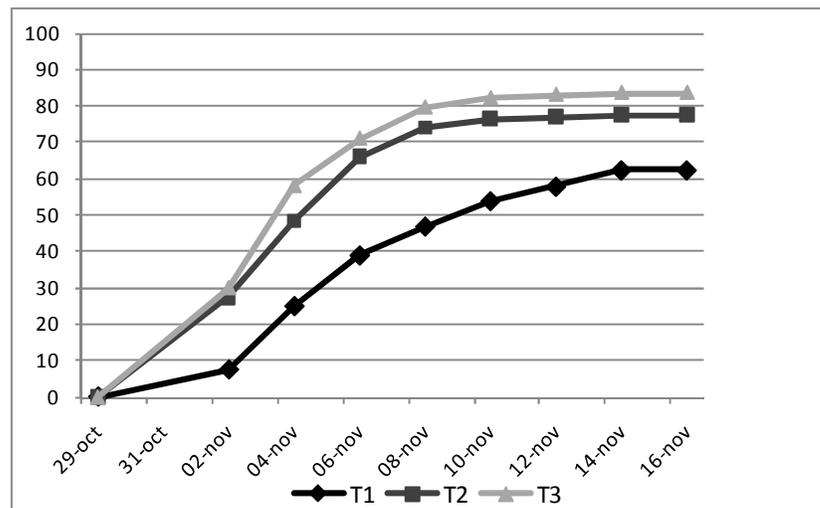
A partir de los estudios realizados no es posible afirmar que los pre-tratamientos utilizados en la primera instancia no eran los adecuados en la medida en que no fueron todos contrastados.



T1= Testigo(s/tratamiento) T2= glifosato 1080 g e.a./ha T3= glifosato 1800 g

Figura 34. Porcentaje de germinación a los 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 días post-instalación (DPI) con pre-tratamiento de enfriamiento y escarificación leve.

Tal como puede apreciarse, la germinación en las semillas provenientes de plantas que no recibieron de glifosato fue significativamente menor, a excepción del registro a los 16 dpi. Esta respuesta es particularmente clara al inicio, en las 2 primeras lecturas y explica el resultado cuando se analiza el total acumulado (Figura 35).



T1= testigo (s/tratamiento); T2= glifosato 1080 g e.a./ha; T3=glifosato 1800 g e.a./ha

Figura 35. Promedios acumulados de germinación registrados cada 2 días para testigo, dosis baja y dosis alta, a partir de la fecha de instalación del experimento con semillas pre-enfriadas y con escarificación leve.

La germinación mostró patrones similares en los 3 tratamientos aunque fue 34% superior en el T3 respecto al testigo. El T2 alcanzó acúmulos intermedios sin diferenciarse del testigo ni del T3.

En función de estos resultados puede deducirse que el glifosato afectó las características germinativas de *Sida rhombifolia*. Las respuestas observadas pueden considerarse coincidentes con las obtenidas por Shuma et al (1995) estudiando aplicaciones de glifosato en *Avena fatua* L. Estos autores encontraron que cuando se realizan aplicaciones del herbicida 10 a más días post-antesis las semillas suficientemente desarrolladas aunque resisten la desecación provocada por el glifosato pueden presentar pérdida de dormancia.

Este parece ser el efecto observado en el presente estudio pudiendo concluirse que también en las plantas ya sembradas existe una contribución de “control” con las aplicaciones de glifosato. La pérdida de dormancia, induciendo rápidas germinaciones podría exponer las plántulas a las condiciones adversas del invierno o ampliar las oportunidades de control exponiéndolas a la acción de los herbicidas en el barbecho siguiente o cultivo siguiente.

5. CONCLUSIONES

La aplicación de glifosato pre-cosecha de sorgo se mostró efectiva en la reducción de la reinfestación potencial de la maleza estimándose una reducción cercana al 80% en el total de semillas reingresando a la chacra.

Sólo se encontró efecto claro de la dosis en las plantas más jóvenes (Estado 1) en las que el control incrementó con la dosis.

La respuesta a la dosis fue inconsistente en las plantas en Estado 2 aunque en estas plantas se registraron mayores % de rebrote cuando se utilizó la dosis baja.

Las plantas en Estado 3, que fueron las que se mostraron como más susceptibles al tratamiento con glifosato no presentaron respuestas diferentes frente a dosis. Su mayor susceptibilidad al tratamiento fue interpretada como resultado de la posible mejor intercepción de la pulverización en plantas de mayor altura en caso de aplicaciones en pre-cosecha de sorgo.

Se observó progresión en el control a lo largo del periodo de evaluación, pasándose de valores promedios de Regular (< 50%) a Muy Bueno (> 81%).

Los % de germinación en las semillas tratadas con glifosato a la mayor dosis fueron superiores a los evaluados en el testigo lo cual se interpretó como resultado de efectos a nivel de la dormancia de las semillas.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ASHFIELD, L. 2005. Ecología de *Eragrostis Plan Nees* y respuesta a alternativas culturales de manejo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 72 p.
- AZLIN, W. R.; MC WHORTER, C. G. 1981 Effect of preharvest desiccants on Group IV *Glycine max* seed viability. *Weed Science*, 48:426-430.
- Baig, M. N.; Darwent, A. L.; Harker, K. N.; O'Donovan, J. T. 1999. Preharvest applications of glyphosate for yellow toadflax (*Linaria vulgaris*) control. *Weed Technology* 13:777–782.
- BAUR ET AL., 1977; BAUR, J. R., F. R. MILLER, AND R. W. BOVEY. 1977. Effects of preharvest desiccation with glyphosate on grain sorghum seed. *Agron. J* 69:1015–1018.
- BENNETT, A. C.; SHAW. D. R 2000. Effect of preharvest desiccants on weed seed production and viability. *Weed Technology* 14:530–538.
- BINIÁK, B. M.; ALDRICH. R. J 1986. Reducing velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and giant foxtail (*Setaria faberi*) seed production with simulated-roller herbicide applications. *Weed Science* 34:256–259.
- BOVEY, R. W.; MILLER. F. R. ; BAUR. J.R 1975. Preharvest desiccation of grain sorghum with glyphosate. *Agron. J* 67:618–621.
- CALDERÓN, J.; ALÁN, E.; BARRANTES, U. 2000. Estructura, dimensiones y producción de semillas de malezas del trópico húmedo. *Agronomía Mesoamericana* 11:(1): 31-39.
- CARDOSO, V.J.M. 1990. Germination studies on dispersal units of *Sida rhombifolia* L. *Rev brasil. Bot.* 13: 83-88.
- CASELEY, J.; COUPLAND, D. 1985. Environmental and plant factors affecting glyphosate uptake, movement and activity. *In* E. Grossbard and D. Atkinson, eds. *The Herbicide Glyphosate*. London: Butterworth. pp. 92–124
- CESSNA, A.; DARWENT, A.; KIRKLAND, A.; TOWNLEY-SMITH, L.; HARKER, K.; LEFKOVITCH, L. 1994. Residues of glyphosate and its metabolite AMPA in wheat seed and foliage following preharvest applications. *Can. J. Plant Sci* 74:653–661.
- CLARK, J. M. 1981. Effect of diquat, paraquat, and glyphosate on preharvest drying of wheat. *Can. J. Plant Sci* 61:909–913.

COIROLO y NUÑES. 1997. Efectos de la dosis y momento de aplicación de glifosato utilizado como desecante en sorgo granífero. Tesis Ing Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 31p

CRAVEN, M.; BERNARD, A.; LABUSCHAGNE, M. T. 2007. Effect of glyphosate application on hagberg falling number of wheat. *Cereal Chemistry* 84(5) : 492-496.

DARWENT A. L., K. J. KIRKLAND, L. TOWNLEY-SMITH, K. N. HARKER, A. J. CESSNA, O. M. LUKOW, AND L. P. LEFKOVITCH. 1994. Effect of preharvest applications of glyphosate on the drying, yield and quality of wheat. *Can. J. Plant Science* 74:221–230.

DONALD, W. W. 1994. The biology of Canada thistle (*Cirsium arvense*). *Weed Science* 6:77–101

FELIPPE, G.M.; POLO, M. 1983. Germinação de ervas invasoras: efeito de luz e escarificação. *Rev brasil. Bot.* 6: 55-60

FERNÁNDEZ, G.; VILLALBA, J. 2009. Cambios en los enmalezamientos y necesidades de cambios en los manejos. Primer simposio nacional de agricultura de secano, Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. 214:171-177 P

FONTANA, P; RISCALA, E ; RODRÍGUEZ REY, J; GIANFRANCISCO, S. Efecto de diferentes tratamientos sobre la germinación de afata (*Sida rhombifolia*). XIII Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas 2002, Facultad de Ciencias Agrarias UNNE.

FONTES, L.; HAREAU, A. 2001. Alternativas de control químico de balango (*Avena fatua* L.) en trigo (*Triticum aestivum*). Tesis Ing Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 48 p.

GONZÁLEZ, M. 2007. Efecto del uso de adyuvantes en el control químico con glifosato de *Sida rhombifolia*. Tesis Ing Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía. 44 p.

HASSAN, E. A. 1988. The influence of glyphosate on germination behaviour of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Z. Acker-Pflanzenb* 161:73–78.

IVANY, J. A.; DOOHAN, D. J. 1997. Control of quackgrass (*Elytrigia repens*) and field mint (*Mentha arvensis*) with glyphosate applied preharvest. *Weed Technology* 11 (4), 744-747.

KISSMAN, K. 1997. Plantas nocivas e tóxicas do Brasil. Sao Paulo, BASF, v.2, 285 p

_____. ; GROTH, D. 2000. Plantas infestantes e nocivas. 2 ed. Sao Paulo. Brasil , BASF.. 722 p

- KOGAN, M; PEREZ, A. 2003. Herbicidas: Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Santiago, Chile, Universidad Católica de Chile. 333 p.
- LEITÃO FILHO, H.F.; ARANHA, C. & BACCHI, O. Plantas invasoras de culturas. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. São Paulo, Brasil, 1982. v.1
- LORENZI, H. 1991. Plantas daninhas do Brasil. São Paulo, Brasil, Ed. Plantarum. 440p.
- MARTINO, D. G. 1995. El herbicida glifosato; Su manejo más allá de la dosis por hectárea. La Estanzuela: INIA. Serie Técnica 61, 22 p
- MARZOCCA, A.; 1976. Manual de malezas.3 ed. Buenos Aires, Hemisferio sur. 555 p.
- PAPA, J . C. 2005. Detección de especies de malezas de importancia emergente en el centro-sur de la provincia de Santa Fe. Castelar, Argentina. INTA (Boletín MIP no 3). 142-146. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/soja/soja2005-7%20malezas%20deteccion.pdf>
- RODRÍGUEZ, C. 1998. Dinâmica do banco de sementes de *Sida rhombifolia* L. (malvaceae) na região de Campinas. Tese Doutora em Ciencias Biologicas. Sao Paulo, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia. 83 p.
- RZEDOWSKI, G. C.; RZEDOWSKI. J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. CECSA Vol 1 México 1200 p.
- SHAW, D. R.; MACK D. R.; SMITH C. A. 1991. Redvine (*Brunnichia ovata*) germination and emergence. Weed Science 39:33–36.
- SHUMA, J. M. and RAJU, M. V. S, 1993. A histological study of the effect of glyphosate on seed development in the wild oat (*Avena Fatua* L.). Weed Research. 33(1): 43-51.
- SHUMA, J. M.; QUICK, W. A.; RAJU, M. V. S.; HSIAO, A. I. 1995. Germination of seeds from plants of *Avena fatua* L. treated with glyphosate. Weed Research. 35(4): 249-255.
- SIVARAJAN, V.V. & PRADEEP, A.K. 1994. Taxonomy of the *Sida rhombifolia*

(Malvaceae) complex in India. *Sida* 16: 63-78.

SMITH, C.A., SHAW, D.R. & NEWSOM, L.J. 1992. Arrowleaf sida (*Sida rhombifolia*) and prickly sida (*Sida spinosa*): germination and emergence. *Weed Research* 32: 103-109.

SPRANKLE, P., MEGGITT W. F.; PENNER D. 1975. Rapid inactivation of glyphosate in the soil. *Weed Science* 23:224–228.

TVETEN, G.; TVETEN, J. 1993. *Wildflowers of Houston & Southeast Texas*. University of Texas Press, Austin (1993). [ISBN 0-292-78151-2 Virginia Tech Weed Identification Guide](#)

VANGESSEL, J.; WHALEY, M.; QUINTIN R. JOHNSON, R. 2003. Impact of soybean Leaf interference and row spacing on preharvest glyphosate application. *Weed Technology*. 17:491–495.

WHIGHAM, D. K.; STOLLER. E. W. 1979. Soybean desiccation by paraquat, glyphosate, and ametryn to accelerate harvest. *Agron. J.* 71:630–634.

WYRILL, J. B.; BURNSIDE, O. C. 1976. Absorption, translocation, and metabolism of 2,4-D and glyphosate in common milkweed and hemp dogbane. *Weed Science* 24:557–566.

YENISH, J. P.; YOUNG, F. L. 2000. Effect of preharvest glyphosate application on seed and seedling quality of spring wheat (*Triticum aestivum*). 14 (1), 212-217.

YOUNG, F. L.; GEALY. D. R.; MORROW, L. A. 1984. Effect of herbicides on germination and growth of four grass weeds. *Weed Science* 32:489–493.