

Calderón, Magdalena

Evaluación de la respuesta de malezas a la aplicación de glifosato en un cultivo de soja (glycine max) en Victoria, Entre Ríos

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Calderón, M. 2013. Evaluación de la respuesta de malezas a la aplicación de glifosato en un cultivo de soja (glycine max) en Victoria, Entre Ríos [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-respuesta-malezas-soja.pdf> [Fecha de consulta:...]



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA
Facultad de Ciencias Agrarias
Ingeniería en Producción Agropecuaria

“Evaluación de la respuesta de malezas a la aplicación de glifosato en un cultivo de soja (Glycine max) en Victoria, Entre Ríos”



Trabajo Final de Graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria

Autor: Calderón, Magdalena

Profesor Tutor: Ing. Agr. Inés Cecilia Daverede, PhD.

Fecha: 12/12/13



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Agradezco a Dios porque su luz Divina fue imprescindible para confiar y que se concluyan estos años de carrera.

Agradezco a mis amados padres y hermano, y a otros afectos tan importantes para mí, por su apoyo incondicional y permanente durante toda mi carrera.

Agradezco inmensamente a la Ingeniera Agrónoma Inés Cecilia Daverede, tutora de mi Trabajo Final de Graduación por su compromiso, su valiosísima colaboración, su orientación, dedicación y constante enseñanza durante el desempeño de este trabajo.

Agradezco enormemente a mi corrector, Ingeniero Agrónomo Ricardo Nicolás Paglione por sus sugerencias y aportes en el trabajo.

Agradezco a la familia Risso por permitirme efectuar el ensayo en “El Badén” y a mi amigo Emilio Ros por darme la oportunidad de trabajar juntos.

Agradezco a mis amigos de toda la vida, a mis amigos de la facultad y a mis amigos del Círculo por su acompañamiento y apoyo de siempre, y porque que de una u otra forma fueron parte de mis logros.

Por último, no puedo dejar de estar infinitamente agradecida con mi prima Paula, con quien compartí cada momento de la carrera.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

RESUMEN

La problemática del surgimiento de resistencia y tolerancia de malezas a glifosato es un fenómeno que se ha incrementado en los últimos años de forma vertiginosa como resultado del mal uso de las tecnologías disponibles. Los objetivos de este trabajo fueron i. relevar la población de malezas presente en un cultivo de soja, ii. determinar el efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas, iii. evaluar el impacto indirecto del inoculante *Bradyrhizobium japonicum* y el promotor de crecimiento *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de soja sobre la población de malezas y iv. determinar el efecto de la presencia de malezas sobre el cultivo de soja. El ensayo se efectuó en Victoria, Entre Ríos, mediante un diseño estadístico de Parcelas Divididas en Bloques Completos Aleatorizados con 4 repeticiones y 6 tratamientos (sin inoculante y sin glifosato, con inoculante *B. japonicum* y sin glifosato, con co-inoculante *B. japonicum* + *P. fluorescens* y sin glifosato, sin inoculante y con glifosato, con inoculante *B. japonicum* y con glifosato, con co-inoculante *B. japonicum* + *P. fluorescens* y con glifosato), realizándose las mediciones en 24 sub-parcelas. Antes de la siembra, se procedió a inocular con 24 cc de inoculante BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109) y 24 cc BIAGRO Prosol (*P. fluorescens*) cada 8 kg de semilla según los tratamientos. La siembra se realizó en directa a 52 cm entre surco y 24 semillas m⁻¹ lineal. En el estado V4, se efectuó el relevamiento de malezas, contando e identificando los ejemplares encontrados mediante un cuadrante muestreador y antes que el cultivo cerrara el surco, se realizó la aplicación a una dosis estándar de 3 L ha⁻¹ de glifosato al 48% y a los 12 días de la aplicación se volvió al lote para el recuento y evaluación de la respuesta de las malezas al herbicida. La cosecha mecánica consistió en el conteo y corte al ras de plantas de malezas y soja en micro-parcelas de 2 m² para obtener los datos de biomasa, materia seca y rendimiento. Los datos se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza en Infostat. Se observó que las especies presentes en el lote eran *Echinochloa colona*, *Digitaria sanguinalis* y *Urochloa platyphylla*, cuyas densidades promedio fueron 12 pl m⁻², 0,22 pl m⁻² y 0,33 pl m⁻², respectivamente. Los ejemplares de *D. sanguinalis* y *E. colona* se presentaron con baja susceptibilidad a glifosato, mientras que *U. platyphylla* fue controlada correctamente por el herbicida. Con respecto a los parámetros evaluados a cosecha, no se encontró efecto indirecto del inoculante de crecimiento y promotor como generadores de mayor biomasa y materia seca del cultivo y por consiguiente mayor sombreado de las malezas, como así tampoco hubo efecto de la presencia de malezas en la biomasa, materia seca y rendimiento del cultivo de soja.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

ÍNDICE

Introducción.....	5
Materiales y Métodos.....	13
Resultados.....	21
Discusión.....	28
Conclusiones.....	30
Anexos.....	33
Bibliografía.....	40



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

INTRODUCCIÓN

En la década de 1960, en lo que es actualmente el núcleo sojero del país, los cultivos más importantes eran trigo, maíz y pasturas, con una incidencia relativamente alta de la ganadería. El control de malezas se llevaba a cabo utilizando unos pocos herbicidas hormonales y labranzas, considerando a estos compuestos como la solución del problema de malezas.

En la década del '70, el cultivo de soja se introdujo al sistema productivo, acompañado por, los herbicidas selectivos para soja, tales como metribuzin y la trifluralina (residuales), bentazón, lactofen (latifolicidas postemergentes de contacto), diclofop metil (graminicida postemergente sistémico). En el año 1976 comenzó a comercializarse en el país el glifosato con la marca comercial Round up. Los tratamientos herbicidas de postemergencia se complementaban con escardas posteriores, siendo una de las labores del cultivo de la oleaginosa más complejas. En ese momento, como malezas problema se destacaban *Amaranthus quitensis* (yuyo colorado), *Chenopodium album* (quínoa), *Datura ferox* (chamico), *Cyperus rotundus* (cebollín) y *Sorghum halepense* (sorgo de Alepo), *Echinochloa colona* (capín), *Digitaria sanguinalis* (pasto cuaresma), *Cynodon dactylon* (gramón) (Papa y Tuesca, 2013; Satorre *et al.*, 2003).

En los años 80, se desarrollaron herbicidas inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS), familia que incluía a las imidazolinonas, sulfonilureas, triazolpirimidinas, caracterizados por su alta eficiencia, amplio espectro, selectividad, poder residual y baja toxicidad para animales, lo que se traducía en una simplificación del control de malezas (Papa y Tuesca, 2013), el cual se basaba en el empleo de Scepter, Pivot, Preside, Spider los cuales son residuales y Clorimuron con 2,4 DB como postemergentes. Excepto este último, todos son inhibidores de la ALS. Pero, el mal uso de esta tecnología generó la aparición del primer caso de resistencia en Argentina: *Amaranthus sp.* Resistente a inhibidores de ALS, provocando numerosas pérdidas de productividad en la provincia de Tucumán durante la campaña 1995/96, difundándose de modo rápido por el sureste de Córdoba (Andino, 2011).

Durante la década del 90, el mercado argentino de agroquímicos acompañó el crecimiento de la producción agrícola, que se caracterizó por el logro de cosechas récord y el incremento del área cultivada con siembra directa. Sin embargo, en los últimos años se produjo una caída en el consumo de productos, lo cual se explicaría, en parte, por el incremento del área sembrada con soja transgénica (Satorre *et al.*, 2003). En el período desde 1991 a 1997, el laboreo intensivo en rotaciones de cultivos con herbicidas tradicionales aumentó la frecuencia de malezas latifoliadas anuales como *Portulaca oleracea* (verdolaga), *Chenopodium album* y *Datura ferox*, siendo



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

mayor su densidad en labranza convencional con respecto a siembra directa (Puricelli *et al.*, 2005).

En 1996, ingresaron al sistema productivo cultivos de soja resistentes a glifosato. La simplicidad de uso de este herbicida, su amplio espectro de control, bajo costo y gran selectividad, sumado a su función como herramienta para solucionar el problema de resistencia a inhibidores de ALS, provocó una merma en la diversidad de herbicidas utilizados en soja (Papa y Tuesca, 2013).

El glifosato es un herbicida no selectivo, sistémico, utilizado para el control de malezas anuales y perennes emergidas en el campo antes de la siembra, así como en postemergencia sobre cultivos tolerantes. El mecanismo de acción de este herbicida es el bloqueo de la enzima 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS) involucrada en una de las etapas en la vía de síntesis de los aminoácidos aromáticos triptofano, fenilalanina y tirosina (Monsanto, 2008). En consecuencia, la presencia de glifosato determina la supresión de crecimiento y muerte de las plantas (Villalba, 2009). El glifosato y sus formulados implicarían un bajo riesgo para la salud humana o el ambiente en condiciones de uso responsable, entendiéndose por ello la aplicación de dosis recomendadas y de acuerdo con buenas prácticas agrícolas (Conicet, 2009).

El glifosato se transformó en un herbicida de uso durante todo el año sin importar el tamaño de las malezas para su control (López Andino, 2011). Esta tecnología contribuyó a la expansión del cultivo de soja hacia otras áreas donde antes no era factible. En la Argentina, se emplearon 160 millones de litros de producto comercial durante la campaña 2004/05 ascendiendo a 205 en la campaña 2007/08 e incrementándose nuevamente a aproximadamente 256 millones de litros del principio activo (equivalente a una formulación L.S. de sal isopropilamina a una concentración de 360 g.e.a L⁻¹) durante la campaña 2010/11 (Papa y Tuesca, 2013; AAPRESID, 2013b; Rainero, 2008).

De esta manera se consolidó un modelo productivo basado en la ausencia de labranzas, el uso casi exclusivo de glifosato como herbicida, tanto para barbechos como para cultivos. Las escasas o nulas rotaciones, tanto de cultivos como de herbicidas, con soja RR como cultivo predominante, trajeron como consecuencia inmediata una disminución en la diversidad productiva, y profundizaron los cambios en la abundancia relativa de ciertas especies y actual composición de las comunidades de malezas (Monsanto, 2008; Papa *et al.*, 2012). Como resultado de este proceso de adaptación a la fuerte y reiterada presión de selección ejercida por el empleo de glifosato, se verificó un incremento en la abundancia de especies capaces de sobrevivir a aplicaciones con dosis normales de este principio activo “malezas tolerantes a glifosato” y el registro de varias especies resistentes a este herbicida (Papa *et al.*, 2012). Esto se debió a que, en general, dentro de una comunidad o población de una



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

especie existe diversidad, lo que explica que algunos genotipos de forma eventual puedan sobrevivir frente a la agresión que implica la aplicación del herbicida, constituyendo éste un poderoso agente seleccionador (Papa y Feliza, 2001). Además, este modo de utilización favoreció la selección de aquellas especies que presentan mecanismos de adaptación ecológica, tales como la dinámica de emergencia para escapar a la acción del herbicida. Las razones ecológicas del escape a herbicidas fueron: el tamaño de la población, momento de emergencia, protección del cultivo, diferencias en tolerancia de acuerdo al estado de crecimiento de la maleza y condiciones ambientales adversas antes o después de la aplicación del herbicida (Scursoni, 2009). Las malezas antes más frecuentes, caracterizadas por su elevado porte y alta tasa de crecimiento se diferencian de las especies de reciente aparición por su tolerancia a las dosis normales de uso del herbicida, la adaptación a bajos niveles de radiación y la germinación escalonada y el ciclo relativamente corto que le permiten el escape a un herbicida no residual como glifosato (Vitta *et al.*, 2002).

Las consecuencias de la generalización de la siembra directa y el uso continuo de glifosato desde el punto de vista de las comunidades y poblaciones de malezas fueron las siguientes: disminución de la abundancia, disminución de la dominancia, variaciones no significativas en el número total de especies, y modificaciones en la frecuencia específica (“desplazamiento de flora”). En cuanto a esta última, los cambios pudieron sintetizarse de la siguiente manera:

- Aumento de Poáceas anuales de ciclo estival (*Digitaria sanguinalis*, *Eleusine indica*, *Urochloa plathphylla* y *Setaria geniculata*); Asteráceas con dispersión anemófila tanto anuales (*Conyza bonariensis*) como perennes (*Senecio sp.*); dicotiledóneas anuales de ciclo otoño-estival que exhiben tolerancia a dosis usuales de glifosato (2,5 a 3 L ha⁻¹) (*Bowlesia incana*, *Lamium amplexicaule*).
- Disminución de especies que requieren estímulos de irradiancia y/o alternancia térmica para desbloquearse (*Datura ferox*), dicotiledóneas sensibles al glifosato (*Amaranthus quitensis*).
- Niveles más o menos estables de dicotiledóneas estivales de difícil control con glifosato a las dosis normales de uso (*Portulaca oleracea*).
- Tendencias variables, a veces en aumento, de monocotiledóneas que requieren dosis más elevadas de glifosato que las normales (*Cynodon dactylon*).
- Invasión de las mal llamadas “malezas nuevas” y preadaptadas (antes confinadas a alambrados, banquinas y zonas no trabajadas) que en general exhiben una fuerte tolerancia a glifosato (*Commelina erecta*, *Chloris sp*, *Parietaria debilis*, *Verbena spp*, *Oenothera spp*)
- Generación de biotipos resistentes (*Sorghum halepense*, *Lulium sp.*) (Leguizamón, 2007).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Los resultados ineficientes de las nuevas tácticas y estrategias de manejo y control de malezas acentuaron el problema de la actual composición y abundancia de las comunidades de malezas y el de la selección de poblaciones resistentes a los herbicidas, obligando a los productores a aumentar las dosis aplicadas, la frecuencia de aplicación de herbicidas y el abanico de productos utilizados (Ghersa y Ferraro, 2011). La pérdida de glifosato como herramienta fundamental de control de malezas en los sistemas de siembra directa implicó un retroceso a una situación de manejo más compleja a la existente previamente a la incorporación de sojas transgénicas (López Andino, 2011).

Tanto productores como técnicos enfrentan hoy problemas grandes relacionados con el control de malezas: la baja efectividad que se viene observando en los controles con herbicidas, la incidencia cada vez más frecuente de malezas resistentes a más de un sitio de acción, la dificultad de controlarlas únicamente con glifosato y, con ello, la aparición de especies que necesitan un manejo diferente al que se viene realizando hasta el momento (Belluccini, 2013; Papa *et al.*, 2012). De continuar el uso intensivo de glifosato como herbicida, se espera que continúe el incremento en la proporción de especies tolerantes en los agroecosistemas actuales, aumentando entonces la competencia al cultivo de malezas no controladas, comprometiendo la rentabilidad futura de estos sistemas de producción (Dellaferrera *et al.*, 2009).

Resistencia a Glifosato en Argentina

La resistencia es la capacidad hereditaria natural de un individuo o individuos (biotipo) de una población, que le permita sobrevivir y reproducirse después de haber sido expuestos a una determinada dosis de un herbicida que normalmente sería letal para los individuos de una población normal de la misma especie (AAPRESID, 2013b).

Mediante mutaciones genéticas poco comunes y al azar, las poblaciones de malezas naturalmente contienen individuos resistentes a herbicidas a frecuencias muy bajas (Heap, 2011). Estas mutaciones ocurren en la EPSPS, ya mencionada, y tornan a la enzima insensible al glifosato. La enzima producida por el gen mutado (epsps*) tiene una menor afinidad por el glifosato y es catalíticamente activa en presencia del herbicida. En varias especies, variaciones puntuales en la secuencia de nucleótidos que codifican para la EPSPS confieren resistencia al glifosato (Villalba, 2009). El herbicida no es el agente que genera la mutación, pero sí es el que la selecciona. La ventaja adaptativa del nuevo biotipo le permitirá sobrevivir a la aplicación del herbicida que, de ese modo, podría favorecer su selección entre los demás individuos susceptibles de la misma especie. Así, se produce un incremento de su participación en



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

la población de la misma especie y puede generarse cuando se efectúe reiteradamente cierta forma de manejo del herbicida que, sumado a la biología de la propia maleza, promueva la supervivencia y expansión del nuevo biotipo (AAPRESID, 2013b). El uso repetido de un mismo herbicida expone a la población a una presión de selección que conduce al aumento del número de individuos resistentes. Los biotipos susceptibles mueren mientras que los resistentes sobreviven produciendo semillas. Si persiste la aplicación de herbicidas que actúan sobre el mismo sitio de acción, la proporción del biotipo resistente se incrementa en relación al biotipo.

Para que el desarrollo de la resistencia pueda prosperar es indispensable la diversidad genética dentro de la población de interés. La probabilidad de que la población adquiera resistencia dependerá de la frecuencia de mutación, de las ventajas selectivas de los alelos o genes que confieren resistencia y del tamaño considerando que el glifosato tiene un solo modo de acción y su metabolismo es limitado en las plantas.

Es importante destacar que, en general, el fenómeno de resistencia se hace visible cuando los biotipos resistentes alcanzan por lo menos un 20% de los individuos dentro de la población (Villalba, 2009). Además, esta susceptibilidad diferente a una dosis determinada debe ser considerada en las condiciones en que fue realizado el tratamiento, pues existe una correlación importante entre la susceptibilidad de las distintas especies y el estado de desarrollo de las malezas, ya que a medida que se baja la dosis de producto y se avanza en el estado de desarrollo, el control será menos efectivo (Dellaferrera *et al.*, 2009).

Son tres los mecanismos por los que una especie puede desarrollar resistencia a un herbicida: por cambios en el sitio-objetivo de la acción del herbicida, por metabolismo o por exclusión. En el caso particular del glifosato, la resistencia debida a cambios en el sitio-objetivo y por metabolización son muy poco probables. El mecanismo de resistencia a glifosato por exclusión parecería estar asociado a los casos de resistencia de *Lolium* y *Conyza* (Monsanto, 2008).

El total de especies que han generado resistencia a glifosato en el mundo varía según la fuente pero se puede afirmar que se trata de más de 15. En nuestro país, en el año 2005 en la provincia de Salta se comenzaron a notar matas de *Sorghum halepense* (sorgo de Alepo) que no se lograban controlar con las dosis normales de glifosato (Papa y Tuesca, 2013). Asimismo, técnicos de EEA Manfredi notaron que plantas de sorgo de Alepo escaparon a una aplicación de 3 L ha⁻¹ de glifosato 48% en un lote cerca de la localidad de Corralito (Córdoba) a los 9 y 19 DDA (días después de la aplicación) comparados con los ejemplares que se suponía que no eran resistentes. Hasta fines de 2007 se llevan registrados casos de presencia de sorgo de Alepo resistente a glifosato en campos ubicados en ciertas localidades de las provincias de



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Salta, Tucumán, Córdoba, Santiago del Estero, Corrientes y Santa Fe (Monsanto, 2008).

Desde el primer caso de resistencia hasta la fecha, el problema viene aumentando: en el año 2007 se reportaron lotes en los que *Echinochloa colona* (capín) escapaba a tratamientos de glifosato. Últimamente se confirmaron como resistentes *Cynodon hirsutus* (gramilla mansa) y *Lolium multiflorum* en la zona sojera núcleo (Papa *et al.*, 2012).

El estudio realizado en el noreste de la provincia de Buenos Aires por Juan Carlos Papa *et al.* (2012) sobre un biotipo de *Lolium multiflorum* registró un incremento en la magnitud del control siguiendo el aumento de dosis de glifosato, lográndose, con las dosis consideradas estándar (720 a 1440 g.e.a. ha⁻¹), efectos relativamente bajos de entre 41,7 y 60% respectivamente.

Durante las campañas 2009/10 y 2010/11, estudios de la EEA INTA Manfredi confirmaron la presencia de una alta tolerancia de *Cynodon hirsutus* a glifosato a dosis de 6 y 10 L ha⁻¹ a campo, generando el herbicida un efecto leve sobre las plantas a dosis que duplicaban las recomendadas para la especie (Ustarroz *et al.*, 2011).

En cuanto al caso de *Echinochloa colona* (capín), el biotipo resistente a glifosato fue observado por primera vez en fincas cítricas en la provincia de Tucumán (AAPRESID, 2013a). Se han informado casos sospechosos en Armstrong (Santa Fe), Cruz Alta (Córdoba) y en la provincia de Santiago del Estero (Papa *et al.*, 2010a). Actualmente, la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres de Tucumán (EEAOC) se encuentra trabajando en conjunto con el doctor Albert Fischer de la Universidad de California para la identificación de las características moleculares del biotipo de Tucumán (Monsanto, 2008).

Recientemente, técnicos del INTA Manfredi confirmaron la existencia de un biotipo de *Eleusine indica* (grama carraspera) en la zona centro de la provincia de Córdoba y recibieron numerosos avisos de fallas en los controles (Belluccini, 2013).

Con respecto a los casos no confirmados, existen sospechas de *Digitaria insularis*, *Amaranthus* e *Ipomoeas* (López Andino, 2011; AAPRESID, 2013c). Algunos productores y técnicos de la provincia de Córdoba están advirtiendo fallas en controles de *Conyza bonariensis* (rama negra) con glifosato en las últimas dos campañas, como así también en el control de *Chenopodium album* (quínoa) en distintas zonas (Rainero, 2008). Con respecto a rama negra, se ha efectuado un estudio que reveló que la tolerancia a glifosato aumenta con el estado de desarrollo de la maleza; es mínima en estado juvenil y máxima cuando las plantas se encuentran en estado reproductivo o próximas a él (Ustarroz *et al.*, 2010).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

La resistencia de malezas a herbicidas es un fenómeno que está continuamente evolucionando y, una vez establecida una población con mayor proporción de biotipos resistentes, difícilmente esta población volverá a su condición inicial, pudiendo restringir o hasta inhabilitar la utilización de esos herbicidas. El conocimiento de las características genéticas, bioecológicas y agronómicas que favorecen la aparición de biotipos resistentes es muy importante para retardar la aparición de este problema (De la Vega, 2011).

Tolerancia a Glifosato en Argentina

A diferencia del concepto de resistencia, en los casos en que todos los individuos de una especie sean capaces de sobrevivir a la aplicación de un herbicida, se dice que la especie es tolerante al mismo, siendo la tolerancia la habilidad inherente de una especie de sobrevivir y reproducirse después de ser expuesta a un tratamiento herbicida (De la Vega, 2011).

En el centro y norte de la provincia de Córdoba, los casos concretos de malezas tolerantes a este herbicida son *Oenothera rosea*, *O. indecora*, *Portulaca gilliesii*, *P. grandiflora*, *Talinum paniculatum*, *Modiolastrum gilliesii*, *Iresine diffusa*, *Sphaeralcea bonariensis*, *Hybanthus parviflorus*, *Borreria verticillata*, *Gomphrena pulchella* y *G. perennis*. En un estado de crecimiento mediano a adulto, todas estas malezas necesitan dosis de 5 L ha⁻¹ de glifosato 48% o superiores para controlarlas adecuadamente (Rainero, 2008).

En la Figura 1 se puede ver una lista de especies tolerantes a glifosato.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Tolerancia Alta		Tolerancia Media		Tolerancia baja	
Nombre científico	Familia	Nombre científico	Familia	Nombre científico	Familia
Asclepias spp.	ASC	Achillea Millefolium	COM	Ambrosia artemisiifolia	COM
Baccharis spp.	COM	Aithamantera philloides	AMA	Ammi majus	UMB
Chloris cantherae	GRA	Bowlesia incana	UMB	Anagallis arvensis	PRI
Commelina spp.	COM	Cicorium vulgare	COM	Anoda cristata	MAL
Crisanthemum spp.	COM	Clematis montevidensis	RAN	Artemisia verotorum	COM
Dicliptera tweediana	ACA	Convolvulus arvensis	COV	Carduus spp.	COM
Dioscorea spp.	DIO	Coryza bonariensis	COM	Chenopodium album spp.	QUE
Glycine max (RG)	LEG	Cucumis dipsaceus	CUC	Euphorbia heterophylla	EUP
Hybanthus parviflorus	VIO	Cucurbita andreana	CUC	Flaveria Bidentis	COM
Irisene diffusa	AMA	Cyperus rotundus	CIP	Gamochaeta spicata	COM
Jaborosa integrifolia	COM	Dichondra spp.	COV	Gomphrena spp.	AMA
Malva parviflora	MAL	Geranium dissectum	GER	Lamium amplexicaule	LAB
Momordica charantia	CUC	Heliotropium veronicifolium	BOR	Lolium multiflorum	GRA
Notroscordum fragrans	LIL	Ipomoea spp.	COV	Parthenium hysterophorus	COM
Oenothera inaequalis	ENO	Malvastrum spp.	MAL	Phytalis spp.	SOL
Parietaria debilis	URT	Medicago sativa	LEG	Plantago lanceolata	PLA
Petunia axillaris	SOL	Melilotus spp.	LEG	Polygonum aviculare	POL
Ricinus communis	EUP	Pisum sativus	LEG	Polygonum convolvulus	POL
Rynchosia minima	LEG	Sida spp.	MAL	Portulaca oleracea	POR
Senna tora	LEG	Solanum atriplicifolium	SOL	Raphanus sativus	BRA
Solanum nigrum	SOL	Solanum elaeagnifolium	SOL	Rumex spp.	POL
Spharalcea bonariensis	MAL	Stachys arvensis	LAB	Senecio spp.	COM
Trifolium repens	LEG	Trianthema portulacastrum	POR	Sonchus oleraceus	COM
Wedelia glauca	COM	Urtica urens	URT	Taraxacum officinale	COM
Zea mays (RG)	GRA	Verbena spp.	COM	Veronica persica	ESC
		Viola spp.	LEG	Viola arvensis	VIO

Figura 1. Especies de alta, media y baja tolerancia a glifosato en Argentina (Dow AgroSciences, 2013).

En términos generales, la importancia del tema de este estudio radica en que se han reportado varios casos de especies y biotipos de malezas con diferentes grados de resistencia y tolerancia a glifosato como consecuencia del mal uso del herbicida en el cultivo de soja, generando una creciente y sostenida preocupación entre productores y técnicos, los cuales año a año se alertan con sucesivos eventos de resistencia y tolerancia a este herbicida. Adicionalmente, la información sobre la distribución y diversidad de malezas con baja susceptibilidad a glifosato en Argentina es relativamente escasa e insuficiente para la magnitud de la problemática.

El estudio del comportamiento de las malezas al glifosato en un cultivo de soja, mediante el relevamiento de la diversidad y abundancia de malezas, permitirá mejorar la toma de decisiones sobre el control de malezas resistentes a este herbicida, contribuyendo al sostenimiento de la biodiversidad de especies y a la sustentabilidad del sistema productivo. Además, se estudiará el impacto indirecto que generará el inoculante *Bradyrhizobium japonicum* y el promotor de crecimiento *Pseudomonas fluorescens* sobre las plantas de soja en la población de malezas debido al sombreado y el efecto de la presencia de malezas en el cultivo de soja.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

En este trabajo, se evaluará la posibilidad de que la aplicación de una cierta dosis de glifosato genere un efecto en la supervivencia de las malezas presentes en el lote que se va a estudiar, debidas a la susceptibilidad de las mismas al glifosato. Adicionalmente, al estudio particular del inoculante y promotor de crecimiento, aquí también se evaluará si las malezas presentarán menor crecimiento debido a una posible superioridad en el crecimiento de las plantas de soja inoculadas, y si el crecimiento de malezas será aún menor en los tratamientos a los cuales se ha adicionado el promotor de crecimiento.

❖ **Objetivo general**

- El objetivo general de este trabajo es estudiar el comportamiento de una población de malezas ante la aplicación de glifosato.

❖ **Objetivos particulares**

- Estudiar la presencia de malezas en el cultivo de soja mediante un relevamiento de la diversidad y abundancia de las mismas, generando un aporte a la información disponible actualmente.
- Determinar el efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas existente.
- Evaluar el impacto indirecto de la presencia del inoculante y promotor de crecimiento en el cultivo de soja sobre la población de malezas.
- Determinar el efecto de la presencia de malezas sobre el cultivo de soja.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación Geográfica y Características Edafoclimáticas

El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento “El Badén”, el cual se encuentra ubicado en el distrito Montoya, departamento Victoria, provincia de Entre Ríos (lat S: 32° 34' 3,7" y long O: 59° 55' 35,55").

El suelo correspondiente al lote está descripto como Argiudol ácuico, caracterizado por ser profundo, bien drenado, con un epipedón mólico oscuro, franco-limoso a franco-arcillo-limoso, y un horizonte argílico pardo oscuro, franco-arcillo-limoso, con moteados de hierro-manganeso. Según la Carta de Suelos de la República Argentina, la serie Antelo es muy representativa y la más extensa de la peniplanicie alta, suavemente ondulada a ondulada, con manto de loess espeso, del extremo este del departamento Victoria. En cuanto al drenaje, el suelo se encuentra bien drenado, escurrimiento superficial medio y permeabilidad moderada. La erosión de la serie es



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

actual, leve, generalmente en forma laminar y es muy susceptible a la misma en grado moderado a severo.

Horizonte	A1	B21t	B22t	B3	Cca
Prof. de muestra (cm)	02-15	30-40	50-65	80-96	110-125
Materia orgánica (%)	3,20	1,78	0,78	0,35	0,07
Nitrógeno total (%)	0,18	0,11	0,07	0,04	0,04
Relación C/N	10	9	6	5	1
pH H ₂ O	5,6	5,7	6,1	6,4	7,7
Fósforo asimilable (ppm P ₂ O ₅)	5,60	2,36	0,71	-	-

Fuente: Carta de Suelos de la República Argentina (INTA Victoria).

Con respecto a las precipitaciones de la zona, el promedio acumulado anual del año 2005 al 2012 es de 1017 mm para la Estación Establecimiento “El Cuadro”, según INTA. Los datos descriptos a continuación corresponden al período comprendido desde la siembra hasta la cosecha del cultivo de soja.

	Nov 12	Dic 12	Ene 13	Feb 13	Mar 13	Abr 13
T max (°C)	30,2	31,3	32,5	29,7	26,9	25,5
T min (°C)	16,4	17,6	17,5	16,5	13,3	12,7
HR (%)	62,4	67,5	62,1	71,3	75,3	72,9
PP (mm)	49,0	237,4	27,4	119,8	68,6	1,6
PP acum (mm)	49,0	286,4	313,8	433,6	502,2	503,8

Fuente: Bolsa de Cereales de Entre Ríos.

Los cultivos de las últimas campañas fueron: soja de primera en la campaña 2010/2011 y trigo/soja de segunda en la campaña 2011/12. El barbecho químico efectuado para el lote del ensayo fue el 25 de agosto de 2012 con 0,013 L ha⁻¹ de Radar (fluazifop-p-butyl 12,5% p/v (125g/L)), 35 g ha⁻¹ de Heat (Kixor[®] saflufenacil 70%) y 2 L ha⁻¹ de Sulfosato (glifosato 62% p/v).

Diseño Experimental

Modelo Estadístico

$$y_{ijk} = \mu + G_i + U_{j(i)} + I_k + (GI)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Donde:

G_i es el efecto del glifosato

$U_{j(i)}$ es el error de la parcela grande

I_k es el efecto del inoculante y promotor de crecimiento

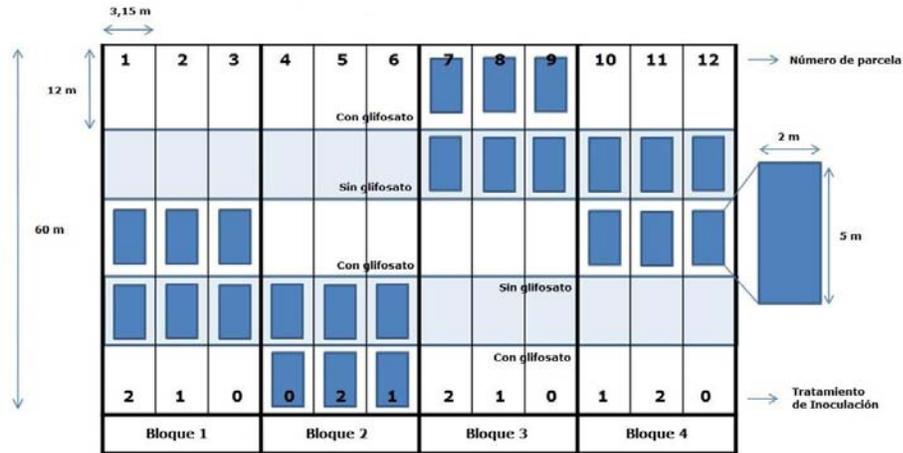
$(GI)_{ik}$ interacción inoculante x glifosato

ε_{ijk} error de la parcela pequeña

El ensayo estuvo constituido por un estudio experimental de diseño de Parcelas Divididas en Bloques Completos Aleatorizados con un arreglo factorial con 4 repeticiones. Se consideraron significativas aquellas pruebas con $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos fueron efectuados utilizando el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2012). Además, se realizó un relevamiento inicial de la población de malezas en cuanto a su diversidad y abundancia previo al tratamiento de aplicación de glifosato.

Los dos factores evaluados fueron: inoculante (control, inoculado y co-inoculado) y glifosato (control y aplicación de glifosato). Los tratamientos estuvieron conformados por las combinaciones de las dos variables explicatorias o factores, generando un total de 6 tratamientos dispuestos en 4 bloques: 1) Testigo no inoculado sin aplicación de glifosato, 2) Inoculación BIAGRO Líquido *Bradyrhizobium japonicum* cepa E109 sin aplicación de glifosato, 3) Co-inoculación BIAGRO Líquido *B. japonicum* cepa E109 + BIAGRO Prosol *Pseudomonas fluorescens* sin aplicación de glifosato 4) Testigo no-inoculado con aplicación de glifosato, 5) Inoculación con *B. japonicum* con aplicación de glifosato, 6) Co-inoculación con *B. japonicum* + *P. fluorescens* con aplicación de glifosato.

Los tratamientos de inoculación se dispusieron en franjas y los de aplicación de glifosato se hicieron en forma perpendicular a los surcos del cultivo de soja, según el diagrama 1.



Tratamientos de Inoculación

0: Testigo sin inoculación

1: Inoculado BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109)

2: Co-inoculado BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109) + BIAGRO Prosol (*Pseudomonas fluorescens*)

Diagrama 1. Disposición de los tratamientos en el ensayo.

Primeramente, la elección del área para efectuar el ensayo priorizó un área homogénea y representativa del lote. Con el fin de evaluar un inoculante y promotor de crecimiento, el día 3 de noviembre 2012 se llevó a cabo la inoculación de la semilla en galpón (Foto 1 y 2).

Las dosis para cada tratamiento fueron las siguientes (Foto 3):

0. Testigo (Sin inocular): 8 kg de semilla con 12,8 cc de fungicida BIAGRO TC (thiram y carbendazim) y 35,2 cc de agua.
1. Inoculado BIAGRO Líquido (*Bradyrhizobium japonicum* cepa E109): 8 kg de semilla con 24 cc de inoculante BIAGRO Líquido y 12,8 cc de fungicida BIAGRO TC.
2. Co-inoculado BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109) + BIAGRO Prosol (*Pseudomonas fluorescens*): 8 kg de semilla con 24 cc de inoculantes BIAGRO Líquido en conjunto con 24 cc de BIAGRO Prosol y 12,8 cc de fungicida BIAGRO TC.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias



Foto 1. Inoculación.



Foto 2. Semilla inoculada.



Foto 3. Bolsas con los tres tratamientos de inoculación.

Fuente: Magdalena Calderón.

Seguidamente, se llevó a cabo la siembra en forma directa de la variedad 5009 de Nidera (Foto 4, 5 y 6), a una distancia entre surcos de 52 cm y con una densidad de 24 semillas m^{-1} lineal, aplicando 120 kg de superfostato triple, debajo y al costado de la semilla. La semilla empleada presentó valores de viabilidad del 95%, vigor del 91% y peso de 1000 semillas de 160 g.



Foto 4. Sembradora.



Foto 5. Llenado de tolvas.



Foto 6. Vista general del ensayo.

Fuente: Magdalena Calderón.

En el estado V4, se realizó la identificación y recuento de malezas, conformando un análisis cuantitativo y cualitativo. Dicho relevamiento se hizo el 4 de diciembre de 2012 en 24 sub-parcelas de 2 x 5 m dentro de cada parcela, con un cuadrante de hierro. El muestreador se colocó tres veces por sub-parcela perpendicular a los surcos y en los entresurcos (Foto 7), cuantificándose las malezas incluidas en el mismo y descalzándose un ejemplar de cada especie para su herborización. Una vez concluida la recolección, se continuó con la identificación de los ejemplares extraídos (Foto 8) recurriendo a consultar bibliografía de identificación de especies (Molina, 2011; com. pers. D. Ustarroz, octubre 2013).



Foto 7. Muestreo con cuadrante.



Foto 8. Extracción de ejemplares.

Fuente: Magdalena Calderón.

El 9 de diciembre 2012 se tomó una muestra del suelo para efectuar análisis. La misma estuvo conformada por 7 piques en el área donde se realizó el ensayo, a dos profundidades: A = 0-20 cm y B = 20-40 cm. Resultados del análisis de Suelo en Tabla 1.

Tabla 1. Análisis de suelo.

Determinación	Método	0-20 cm	20-40 cm
Materia Orgánica	Walkley y Black	5,35 %	
Nitratos	Diazotación con SNEDD	35 ppm	41 ppm
pH	Potenciometría	6,05	
Fósforo Asimilable	Bray I	20 ppm	30 ppm
Cond Eléctrica	Conductimetría	0,12 mmhos/cm	
Humedad	Estufa	19,1 %	21,9 %

Antes de que el cultivo de soja cerrara el surco, se procedió a realizar la pulverización con glifosato (Foto 9). La población de malezas se encontraba en estado vegetativo y excelentes condiciones de receptividad. Se empleó la Escala de Zadoks (RIAN, 2009) para definir más precisamente el estado fenológico en el que se encontraban los ejemplares de malezas en el momento de aplicación del herbicida. La mayor parte de la población existente se encontraba en estado de macollaje Z 22 y Z 23 (un tallo principal y dos macollos; un tallo principal y tres macollos; respectivamente). La aplicación se llevó a cabo el 15 de diciembre a las 13:30 hs con una dosis de 3 L ha⁻¹ de Glifosato Zamba® (1.08 kg ha⁻¹ de equivalente ácido) (Foto 10) con 60 L ha⁻¹ de agua. Las condiciones ambientales del día fueron: 5 km h⁻¹, humedad 80-75 %, temperatura 25 °C. Para la labor se empleó una maquina PLA MAP II 2850 (año 2010), ancho de labor 25 m, con pastilla cono hueco, presión 3,5 bar (kg cm⁻²). Las pasadas de glifosato se realizaron con una velocidad de avance de 16 km h⁻¹ en forma perpendicular a los surcos y siguiendo el diagrama de ensayo.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias



Foto 9. Aplicación de glifosato.



Foto 10. Bidón del glifosato empleado.

Fuente: Magdalena Calderón.

Con el objeto de realizar evaluaciones de control visual del comportamiento de los ejemplares en las sub-parcelas de muestreo, se volvió al lote 12 días después de la aplicación (12 DDA) (27/12/12). Con respecto al muestreo, se procedió de la misma manera que para la identificación y recuento pre aplicación. En este caso, se observó, en las parcelas en las que se aplicó el herbicida, qué malezas murieron con la aplicación de glifosato y qué malezas no murieron. Según la recomendación de la Dra. Luz Zapiola, se elaboró una escala de 1 a 4 con el fin de clasificar los estados de susceptibilidad o resistencia al herbicida de los ejemplares, correspondiendo 1 a maleza totalmente viva, 2 media viva, 3 media muerta y 4 totalmente muerta. Para las especies que fueron susceptibles al herbicida o mostraron algún grado de susceptibilidad, se colocaron banderines en las parcelas sin glifosato con el objeto de recolectar las semillas.

Con anterioridad a la cosecha mecánica (4 de marzo de 2013) del cultivo, se colectaron las semillas de las especies, poniéndolas en sobres rotulados y llevadas a FCA (Foto 11).



Foto 11. Sobres con semillas colectadas.

Fuente: Magdalena Calderón.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

La cosecha manual del cultivo se realizó el 6 y 7 de abril de 2013 en un área de 2 m² dentro de las parcelas (Foto 14). Dentro de las micro-parcelas se hizo el conteo de plantas de soja y malezas. Seguidamente, se cortaron todas las plantas de malezas en la base del área y se colocaron en bolsas de papel-madera rotuladas y taradas previamente (Foto 12). De la misma manera, se cosechó la totalidad de las plantas de soja de las micro-parcelas (Foto 13).

Luego, se pesaron las muestras de plantas de soja y las muestras de plantas de malezas (Foto 15 y 16). Las muestras de malezas se enviaron a laboratorio para secarlas a estufa, mientras que las muestras de soja se secaron al sol (Foto 17), ambos para calcular la materia seca.



Foto 12. Muestra de malezas.



Foto 13. Muestra de plantas de soja.



Foto 14. Micro-parcela ya cosechada.



Foto 15. Pesado de muestra de malezas.



Foto 16. Pesado de muestra de plantas de soja.



Foto 17. Secado de plantas de soja al sol.

Fuente: Magdalena Calderón.

La culminación del secado de las plantas de soja fue a los 10 días posteriores a la cosecha manual. El 22 de abril 2013 se llevaron las muestras de soja a INTA Paraná y se trillaron con una trilladora estacionaria automotriz marca Wintersteiger (Foto 18). Las semillas se colocaron en bolsas de nylon rotuladas y taradas previamente y se pesaron para obtener rendimiento (Foto 19). Luego se contaron 300 granos por



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

muestra para la obtención del dato de peso de 1000 granos. La humedad del grano fue de 9,5 % (Foto 20).

Por último, con los datos obtenidos del ensayo se efectuó el análisis estadístico.



Foto 18. Trilladora estacionaria.



Foto 19. Pesado de semillas



Foto 20. Medición de humedad de semillas

Fuente: Magdalena Calderón.

RESULTADOS

Relevamiento de Malezas

En el estado de V4 de la soja, se realizó la identificación y recuento de malezas existentes en las 24 sub-parcelas del ensayo (Foto 21) siguiendo el Diagrama 1. Se pudo observar que la totalidad de las especies relevadas fueron pertenecientes a la familia Gramíneas. La población general de malezas del lote del ensayo estuvo constituida por 3 especies botánicas, contando con una destacada frecuencia de la especie *Echinochloa colona* (Foto 22), la cual mostró una densidad media de casi 12 pl m⁻² (Gráfico 1), seguida por las poblaciones con menos ejemplares relevados, las cuales fueron *Digitaria sanguinalis* (Foto 23) y *Urochloa platyphylla* (Foto 24), las cuales mostraron densidades muy bajas: 0,22 y 0,33 pl m⁻², respectivamente (Gráfico 1).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias



Foto 21. Vista general del ensayo desde la parcela 1 sin glifosato.



Foto 22. Ejemplar de *Echinochloa colona* en estado vegetativo.



Foto 23. Ejemplar de *Digitaria sanguinalis* en estado vegetativo.



Foto 24. Ejemplar de *Urochloa platyphylla* en estado vegetativo.

Fuente: Magdalena Calderón.

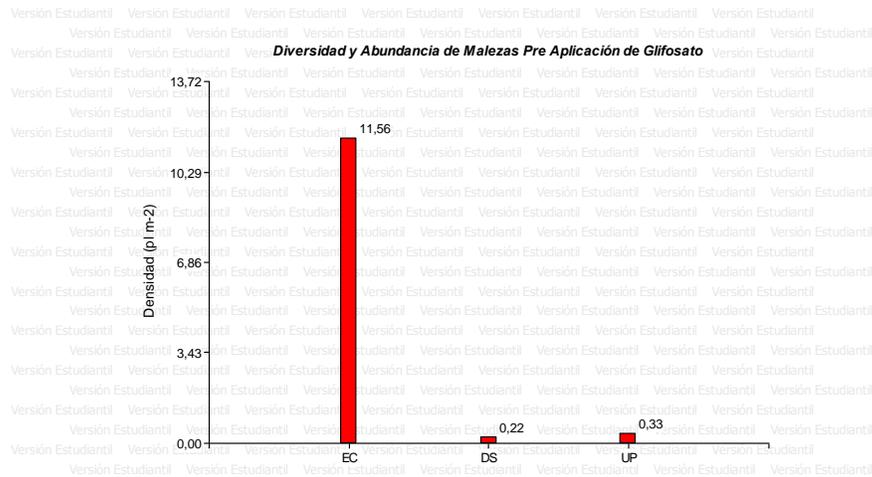


Gráfico 1. EC: *Echinochloa colona*, DS: *Digitaria sanguinalis*, UP: *Urochloa platyphylla*.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Relevamiento de Malezas Posterior a la Aplicación de Glifosato

Se efectuó el relevamiento con el objeto de observar la respuesta a glifosato de las malezas presentes en el lote (Foto 25). La densidad general de malezas fue en promedio de 5 pl m⁻² para el lote relevado. La especie *D. sanguinalis* se mostró en el estado de viva (Foto 26) y *U. platyphylla* en el estado de muerta (Foto 29), ambas en una densidad de 8 pl m⁻² (Gráfico 2).

En cuanto a *E. colona*, se presentó en todos los estados, siendo predominante la participación de la misma en el estado de media viva (Foto 27) con 28 pl m⁻² seguida por el estado de muerta con 16 pl m⁻², estado de media muerta (Foto 28) con 13 pl m⁻² y 8 pl m⁻² para el estado viva (Gráfico 2). Se debe aclarar que estas densidades fueron calculadas entre las sub-parcelas en las que estuvieron presentes las especies.



Foto 25. Vista general del ensayo desde las parcelas sin glifosato.



Foto 26. Ejemplo de maleza "viva".



Foto 27. Ejemplo de maleza "media viva".



Foto 28. Ejemplo de maleza "media muerta".



Foto 29. Ejemplo de maleza "muerta".

Fuente: Magdalena Calderón.

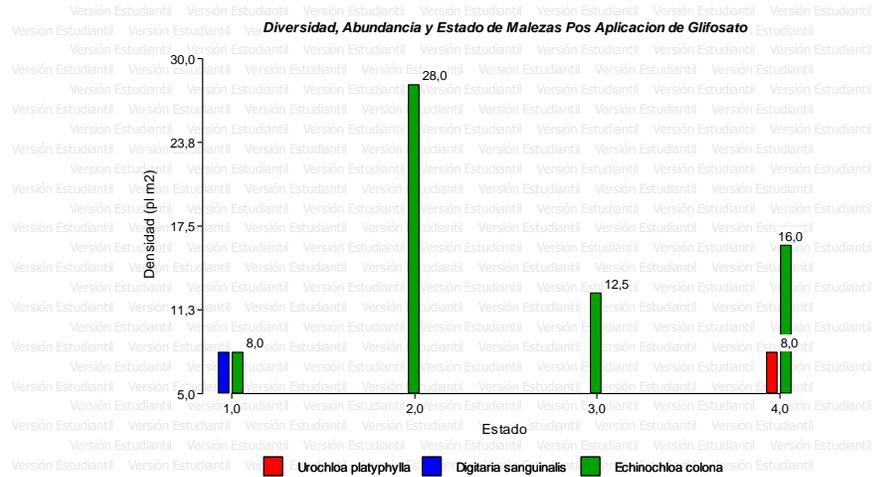


Gráfico 2. Estado 1: “viva”; Estado 2: “media viva”; Estado 3: “media muerta”; Estado 4: “muerta”.

Parámetros Cuantitativos a Cosecha

Además de los datos poblacionales obtenidos en el relevamiento, en la Tabla 2 están reunidas las variables cuantitativas estudiadas en el ensayo en el momento de la cosecha.

Tabla 2. Biomasa y Materia Seca de Malezas ante Tratamiento de Inoculación. Biomasa, Materia Seca y Rendimiento de Soja ante Tratamientos de Inoculación y Glifosato.

Tratamiento	Descripción de Tratamiento	Malezas Biomasa kg ha ⁻¹	Malezas Materia Seca %	Soja Biomasa kg ha ⁻¹	Soja Materia Seca %	Soja Rendimiento kg ha ⁻¹
0 SG	Testigo Sin Inoculante, Sin Glifosato	896,3	27	5234	61,7	2642
0 CG	Testigo Sin Inoculante, Con 3 L ha ⁻¹ de Glifosato	0	0	5646	61,1	2704
1 SG	Inoculado con <i>Bradyrhizobium japonicum</i> cepa E109, Sin Glifosato	716,3	26,5	5346	62,2	2993
1 CG	Inoculado con <i>B. japonicum</i> cepa E109 Con 3 L ha ⁻¹ de Glifosato	0	0	4965	60,1	2413
2 SG	Inoculado con <i>B. japonicum</i> cepa E109 y co-inoculado con <i>Pseudomonas fluorescens</i> , Sin Glifosato	1435	26,1	4834	58,8	2677
2 CG	Inoculado con <i>B. japonicum</i> cepa E109 y co-inoculado con <i>P.</i>	0	0	5465	63,6	2850



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

fluorescens, Con 3 L
ha⁻¹ de Glifosato

p-value	Glifosato		0,62	0,8	0,69
	Inoculante	0,19	0,64	0,82	0,9
	Glifosato*Inoculante		0,61	0,60	0,54
n	12	12	24	24	24
CV	51,6	10,4	20,3	11,5	26,4
DMS p=0,05	837,7	4,51	1580,4	10,5	1064,4

No se observó efecto del inoculante como responsable del mayor sombreado sobre la biomasa de malezas, pero las sub-parcelas inoculadas presentaron una disminución en un 20% sobre las no tratadas. Mientras que las co-inoculadas, la biomasa de malezas tuvo un incremento en 60% (Gráfico 3).

No obstante, se debe aclarar que estas diferencias fueron estadísticamente no significativas.

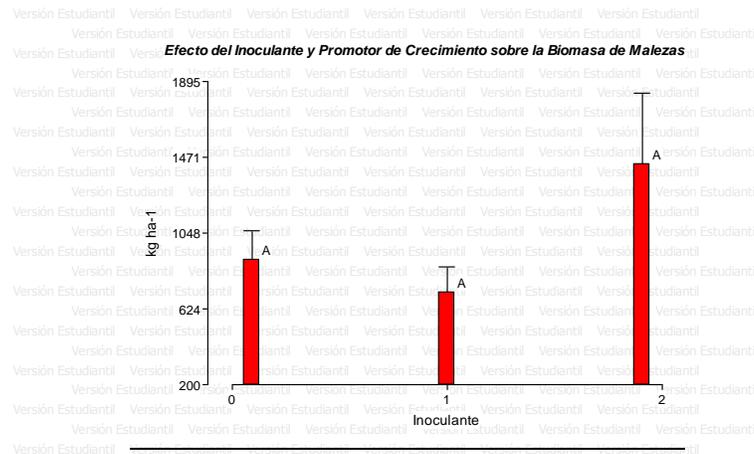


Gráfico 3.

No se observaron diferencias significativas entre las sub-parcelas de soja no inoculadas y las inoculadas sobre el porcentaje de materia seca. Tampoco se vio efecto de la co-inoculación sobre el porcentaje de materia seca de malezas. Se observó una disminución en un 2% y en 3% para los tratamientos de inoculación y co-inoculación respectivamente (Gráfico 4).

Cabe aclarar que para las variables biomasa y materia seca de malezas no se empleó el modelo estadístico mencionado, pues si bien a los 12 DDA los ejemplares de malezas presentaron diversos grados de susceptibilidad al glifosato, no sobrevivieron al momento de la cosecha, no contando con estos datos.

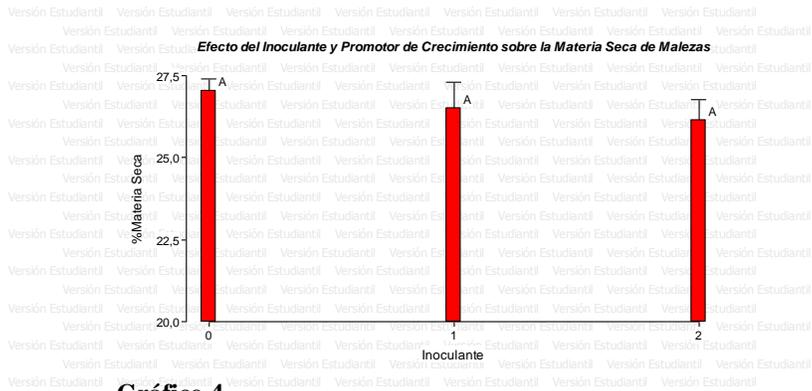


Gráfico 4.

El análisis tampoco mostró diferencias significativas para la biomasa de soja. Para las sub-parcelas no tratadas con glifosato, la inoculación generó un 2% más de biomasa que el testigo no inoculado, seguida por un 8% para las co-inoculadas. Mientras que para las sub-parcelas a las que se aplicó el herbicida, el tratamiento de inoculación generó un 12% menos de biomasa y para las co-inoculadas la biomasa fue de 3% menos que las sub-parcelas testigo (Gráfico 5).

En cuanto al efecto del glifosato, la aplicación del herbicida mostró un 8% de aumento para las sub-parcelas sin inocular. Para las sub-parcelas tratadas, se observó un 7% menos de biomasa de soja para las inoculadas y un 13% de aumento para las co-inoculadas con respecto al testigo sin inocular (Gráfico 5).

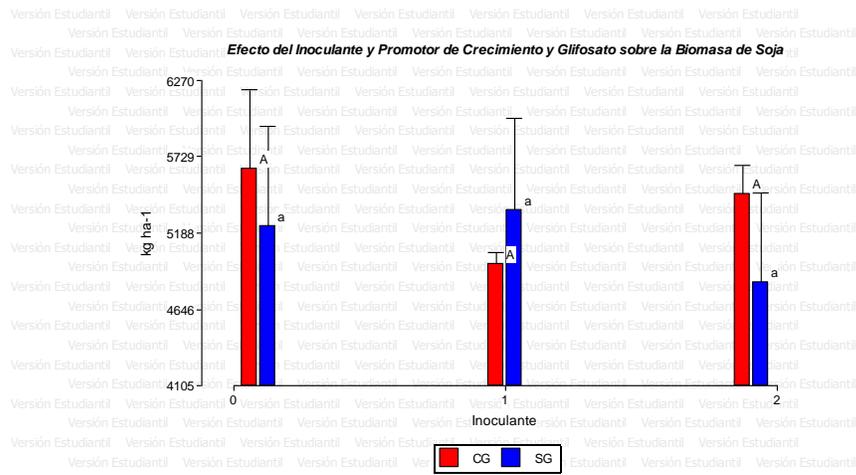


Gráfico 5.

No hubo efecto del inoculante en la materia seca de soja entre las sub-parcelas sin glifosato, pero numéricamente, el aumento fue de 2%. La co-inoculación tampoco generó un efecto sobre la materia seca de soja entre las sub-parcelas sin glifosato. Se observó un 5% menos de materia seca de soja. Para las sub-parcelas tratadas con



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

glifosato, se obtuvieron 2% de disminución y 4% de aumento de materia seca con respecto a las no inoculadas.

Para la materia seca de soja, no se observaron diferencias en la aplicación de glifosato en las sub-parcelas no inoculadas. Entre las sub-parcelas tratadas con el inoculante, se observó un 3% menos de materia seca para las tratadas con herbicida. Entre las co-inoculadas, se vio un 8% más de materia seca en las tratadas con glifosato con respecto a las sub-parcela sin el herbicida (Gráfico 6). Estas diferencias fueron no significativas en el análisis estadístico.

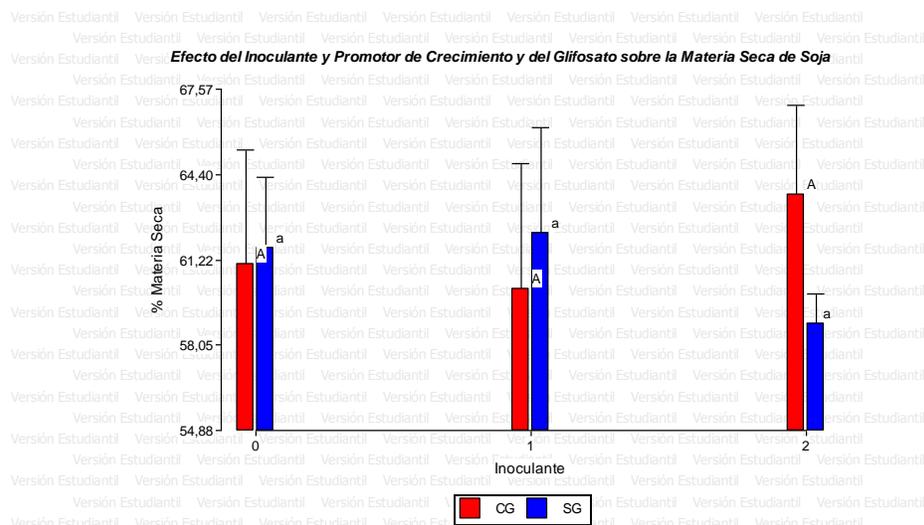


Gráfico 6.

En cuanto al rendimiento de soja, tampoco hubo efectos significativos de los tratamientos de inoculación y glifosato. Las sub-parcelas inoculadas mostraron un 13% mayor de rendimiento con respecto a las no inoculadas, entre las sub-parcelas sin glifosato. Las diferencias entre el tratamiento de co-inoculación y no inoculadas no fueron numéricamente significativas. Para las sub-parcelas con glifosato, se vio una disminución del 11% entre la inoculada con respecto a la no inoculada y un aumento del 5% entre la co-inoculada y la testigo.

Para las sub-parcelas sin inocular, la aplicación de glifosato generó un 2% de aumento en el rendimiento con respecto a las no tratadas. En el caso de las inoculadas, se vio un 19% menos de rendimiento en las sub-parcelas en la que se aplicó glifosato con respecto a las sub-parcelas testigo. Las sub-parcelas a las que se les aplicó glifosato tuvieron un 6% más de rendimiento con respecto al testigo para las co-inoculadas (Gráfico 7).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

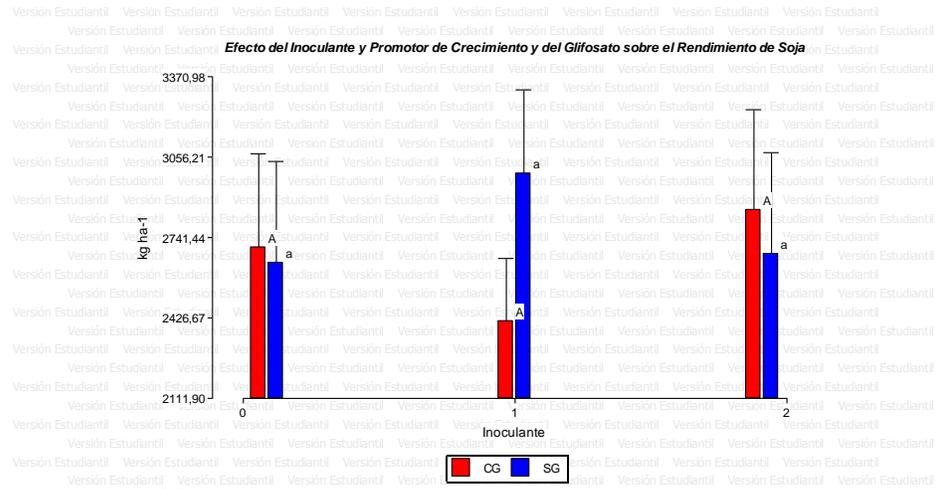


Gráfico 7.

DISCUSIÓN

Como estudio descriptivo de los datos observados durante el relevamiento de las especies de malezas presentes en “El Badén”, no se puede adjudicar precisamente ningún factor como influyente en la diversidad y abundancia de la población existente en el lote.

El relevamiento de malezas posterior a la aplicación de glifosato mostró que *E. colona* presentó todos los estados de respuesta a la aplicación de glifosato (“viva”, “media viva”, “media muerta” y “muerta”) pero el dato más relevante es la densidad de ejemplares de esta especie que se presentaron como “media viva” 12 DDA. Esto genera destacable atención para continuar con el estudio, tomando importancia la colección de semillas previa a la cosecha manual. De esta manera se podrá efectuar un estudio más detenido de la especie a dosis crecientes del herbicida para la obtención de una curva dosis respuesta que defina si se trata de un biotipo resistente a glifosato. En la provincia de Santa Fe, a partir de la campaña 2005/2006 se informaron algunos casos de poblaciones de *E. colona* con baja susceptibilidad a glifosato aplicado en dosis estándar de 720 a 1080 g.e.a. ha⁻¹ (2 a 3 l ha⁻¹ de glifosato L.S. 360 g.e.a. l⁻¹). También se ha informado de casos sospechosos en las provincias de Santiago del Estero y Tucumán (Papa *et al.*, 2010a). Un experimento en condiciones de campo sobre plantas en condiciones óptimas de receptividad en Clucellas, Santa Fe en 2008, permitió determinar la presencia de poblaciones fuertemente sospechosas de ser resistentes a glifosato, y luego de efectuar la curva respuesta dosis comparando un biotipo sensible y uno resistente, dio como resultado menos de 80-90% de control con 16 l ha⁻¹ (com. pers. J. C. Papa, septiembre 2013). Estos antecedentes, generan aún mayores sospechas de que el biotipo encontrado en el relevamiento de este estudio, se trate de biotipos de baja susceptibilidad.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Si bien no se han detectado casos sospechosos de resistencia a glifosato, y por consiguiente no se hallan estudios sobre *D. sanguinalis* y *U. platyphylla*, se puede mencionar el caso de una especie del mismo género que *U. Platyphylla*, *U. panicoides*, ya confirmada como resistente a glifosato en Australia en el año 2008 (Villalba, 2009) y altamente sospechosa como tal en nuestro país: en la campaña 2010/2011 se informaron escapes a glifosato en la provincia de Tucumán (AAPRESID, 2013d). Asimismo, los ejemplares de la especie *D. sanguinalis* se presentaron en estado de viva, por lo que merece atención. Nuevamente, un estudio que logre realizar una curva de dosis respuesta de biotipos susceptibles y resistentes podría confirmar una posible resistencia de esta gramínea a glifosato.

La hipótesis de que la superioridad en el desarrollo del cultivo de soja debido a la presencia del inoculante y promotor de crecimiento generara un efecto en la biomasa aérea de la población de malezas, no se pudo comprobar. Las variables kg ha⁻¹ y % de materia seca ante la acción del inoculante como influyente en el desarrollo del cultivo y por consiguiente responsable de un mayor sombreado sobre la población de malezas, se comportó de forma positiva, pues si bien las diferencias no eran significativas, tuvieron una tendencia decreciente ante la presencia del inoculante, lo que indica que el inoculante generó una inferioridad indirecta en el desarrollo de las malezas, traduciéndose en un efecto positivo de desarrollo del cultivo. Para la co-inoculación con *P. fluorescens* los resultados son más difíciles de explicar, pues la biomasa aérea de malezas aumentó y la materia seca disminuyó en menor medida, sin ser significativas las diferencias.

Para las variables de soja tampoco se obtuvieron los resultados esperados ni diferencias significativas entre los promedios de las sub-parcelas. Los tratamientos de inoculación y promotor de crecimiento no generaron efecto en la biomasa de soja. Igualmente, se obtuvieron resultados positivos ya que para los dos tratamientos, los promedios de biomasa fueron superiores a las no inoculadas cuando no se aplicó glifosato. La tendencia en el caso de las sub-parcelas a las que se les aplicó glifosato fue inversa: ambos generaron menor biomasa de soja, siendo la disminución mayor para las inoculadas. La presencia de malezas, es decir las sub-parcelas a las que no se aplicó glifosato, no interfirió en la generación de mayor biomasa aérea de las plantas de soja. El efecto generado por el glifosato entre las sub-parcelas testigo y las co-inoculadas fue positivo, aunque sin diferencias significativas: se obtuvieron aumentos en la generación de biomasa de soja debidas a la ausencia de malezas por la acción del herbicida. La respuesta del glifosato en las sub-parcelas inoculadas fue inversa: los promedios de biomasa de soja fueron inferiores a las sin inocular.

En cuanto a la materia seca de soja, sólo se vieron resultados positivos en el inoculado del cultivo en las sub-parcelas sin glifosato y en la co-inoculación en las parcelas con glifosato, siendo negativos para los demás tratamientos. Nuevamente, la



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

densidad de malezas presentes no generó efecto en la materia seca del cultivo de soja en las primeras situaciones. Sólo entre las sub-parcelas co-inoculadas se observó un aumento en la materia seca de soja cuando se aplicó glifosato, debiéndose este incremento a la supresión de malezas.

Con respecto al rendimiento de soja ante el inoculante y promotor de crecimiento, ya se obtuvieron resultados similares a los de este estudio anteriormente. En un estudio realizado en la campaña 2010/2011 en la provincia de Buenos Aires, el inoculante con *B. japonicum* y *P. fluorescens* como promotor de crecimiento no tuvieron efecto significativo sobre el rendimiento de soja, aunque numéricamente, se obtuvieron efectos positivos (Fiqueni *et al.*, 2011). En este estudio, los rendimientos para las sub-parcelas inoculadas generaron mayor rendimiento.

La inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno *B. japonicum* permite fijar nitrógeno del aire posibilitando que la planta lo utilice y, si se lo complementa con un promotor de crecimiento como *P. fluorescens* presentaría efectos benéficos como aumento de rendimiento (Fiqueni *et al.*, 2011).

El efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas y, como consecuencia, en el rendimiento del cultivo de soja, tampoco mostró resultados significativos. En las sub-parcelas testigo y en las que se aplicó el promotor de crecimiento, se observó un incremento en el rendimiento de soja debido a la menor competencia de malezas por haber estado las sub-parcelas sometidas a la acción del glifosato y su consiguiente supresión de malezas. Es oportuno mencionar nuevamente que, si bien los ejemplares de malezas presentaron diversos estados de susceptibilidad a la dosis de herbicida empleada 12 DDA, al momento de cosecha, no sobrevivió dicha población que inicialmente se había mostrado con cierta baja susceptibilidad a glifosato. En las sub-parcelas inoculadas el rendimiento de soja fue negativo: disminuyó con respecto a las que no se aplicó glifosato. Este efecto tampoco fue significativo.

CONCLUSIONES

Finalizando este estudio, se concluye que el estudio de la población de malezas existente en el lote de “El Badén” presentó ejemplares pertenecientes a la familia botánica Gramíneas en su totalidad y, dentro de ellas, gran participación de ejemplares de *Echinochloa colona* que predominó sobre las especies *Digitaria sanguinalis* y *Urochloa platyphylla*, las que se presentaron en muy bajas densidades.

Con respecto al efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas se concluye que los ejemplares de *D. sanguinalis* y *E. colona* presentaron baja susceptibilidad a la aplicación de 3 L ha⁻¹ del herbicida, poseyendo esta última



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

antecedentes en el país de resistencia y generando altas probabilidades de que también, en este caso, se trate de un biotipo resistente. Un estudio complementario de evaluación de respuesta de *D. sanguinalis* y *E. colona* a crecientes dosis de glifosato, confirmaría esta conclusión. *U. platyphylla* no presentó indicios de baja susceptibilidad, si no que fue bien controlada por el herbicida.

Estas observaciones son de suma utilidad para que los productores y técnicos de la zona sur de la provincia de Entre Ríos cuenten con información sobre la constitución de la población de malezas presentes en cuanto a su diversidad y abundancia y antecedentes de respuesta a glifosato. De esta manera, disponen de mayores herramientas a la hora de definir el manejo de malezas.

Debe considerarse que el muestreo presentó ciertos inconvenientes en cuanto a la obtención de datos de densidad de malezas, es por ello que no se efectuó una evaluación comparativa de densidades de malezas pre y pos aplicación de glifosato. El relevamiento se llevó a cabo en sub-parcelas mediante tiros al azar de un cuadrante, obteniéndose mayores densidades en las muestras posteriores a la aplicación del herbicida debidas al azar. Habiendo aplicado el herbicida, las respuestas esperadas posteriores a la aplicación hubiesen sido de menores densidades en el caso de que el glifosato hubiese generado un efecto en la población de malezas, o densidades iguales en el caso de que el herbicida no hubiese generado efecto en las malezas presentes. Se concluye que el muestreo debería haberse efectuado en la totalidad del área de las micro-parcelas muestreadas.

Por los problemas mencionados y observando estudios de resistencia a herbicidas de varios autores (Ustarroz *et al.*, 2011; Metzler *et al.*, 2011; Papa *et al.*, 2010b), para trabajos futuros de investigación se sugieren algunas modificaciones en cuanto a la metodología a seguir para efectuar las mediciones. Una propuesta sería la siguiente: establecer parcelas de 3 m de ancho x 5 m de longitud con 3 repeticiones de cada tratamiento; dentro de cada parcela no se aplica glifosato en una franja lateral de 1 m de ancho, correspondiente al testigo, quedando 2 m de ancho para las evaluaciones visuales de control del herbicida comparando y midiendo el porcentaje de control. Las evaluaciones a realizar serían a los 0, 7, 21 y 42 DDA. Para calcular el porcentaje de control del herbicida (0-100%), se evaluaría visualmente la cobertura de la/s maleza/s del área aplicada comparándola con la cobertura de la/s maleza/s del área no aplicada de la parcela testigo adyacente. Por otro lado, en cada momento se evaluaría también el estadio de crecimiento de la maleza y la altura o el diámetro según el hábito de crecimiento de cada maleza.

Como conclusión de las evaluaciones para determinar el impacto indirecto de la presencia del inoculante y promotor de crecimiento en el cultivo de soja sobre la población de malezas, se afirma que no se observó la superioridad en el desarrollo del cultivo que se planteaba en la hipótesis.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Por último, se concluye también que la presencia de las malezas no generó efecto sobre los parámetros biomasa y materia seca de soja evaluados en el cultivo. En cuanto al rendimiento de soja, se mostraron aquí resultados similares a estudios anteriormente efectuados sobre el inoculante y el promotor de crecimiento, sin diferencias de rendimiento en el cultivo de soja cuando se inoculó con *B. japonicum* y se co-inoculó con *P. fluorescens*.

Como conclusión final de este trabajo experimental, el descubrimiento de mayor relevancia es el hecho de haber encontrado muy baja susceptibilidad a glifosato en *E. colona*, pues hasta el momento no se han informado casos de sospechas o cierta posibilidad de que existan biotipos resistentes en la zona de Victoria.

Si se continúa empleando el glifosato de manera intensiva, es de esperar que continúe el incremento en la proporción de especies tolerantes en los agroecosistemas actuales, aumentando entonces la competencia al cultivo de malezas no controladas y consecuentemente comprometiendo la rentabilidad futura de estos sistemas de producción.

Es necesario que todos los actores que intervienen en el proceso productivo tomen conciencia de los problemas que se pueden generar a través del uso inadecuado de la tecnología. La utilización de un modo racional de gran variedad de herramientas de manejo disponibles permitirá prolongar su empleo en el tiempo y aumentar, en forma más sustentable, los actuales niveles de producción.



ANEXOS

Normalidad – QQ Plot

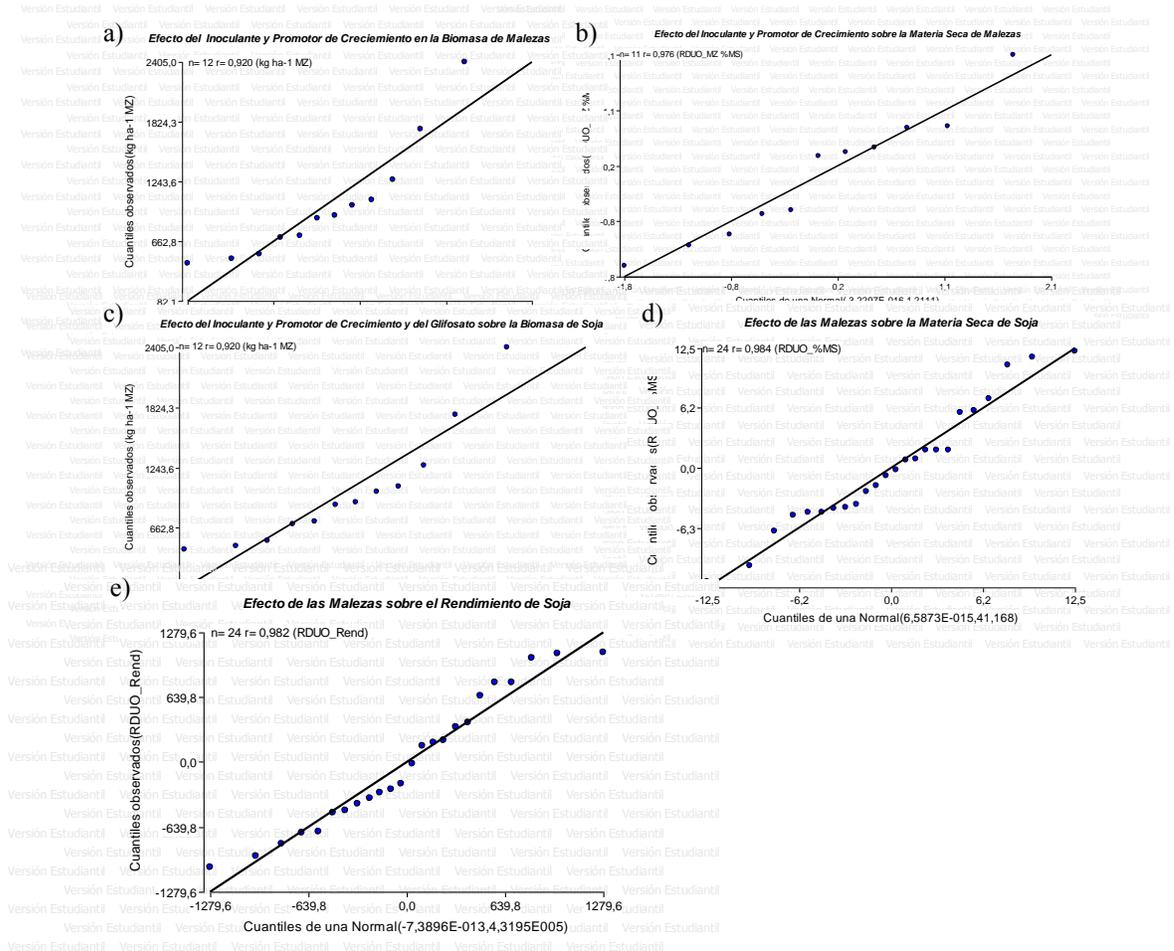


Figura 1. Gráficos de QQ Plot para: a) Biomasa de Malezas; b) Porcentaje de Materia Seca de Malezas; c) Biomasa de Soja; d) Porcentaje de Materia Seca de Soja; e) Rendimiento de Soja.

Normalidad – Shapiro-Wilks

Tabla 1. Prueba de Shapiro-Wilks para Biomasa de Malezas.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
kg ha ⁻¹ MZ	12	1015,83	571,07	0,85	0,0678

Los residuos para la variable Materia Seca de Malezas no se ajustaban a una distribución normal en la prueba de Shapiro-Wilks entonces se extrajo un valor



extremo de 35% de materia seca correspondiente al tratamiento 2 de inoculación. Se efectuó nuevamente la prueba y arrojó un $p=0,64$ ($>$ a $p=0,05$), lo cual indica que los residuos de % de materia seca de malezas se distribuyen normalmente.

Tabla 2. Prueba de Shapiro-Wilks para Materia Seca de Malezas.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
MZ %MS	11	26,58	1,16	0,94	0,6402

Tabla 3. Prueba de Shapiro-Wilks para Biomasa de Soja.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
kg ha ⁻¹ SJ	24	5248,33	983,36	0,93	0,2439

Tabla 4. Prueba de Shapiro-Wilks para Materia Seca de Soja.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
%MS	24	61,26	6,43	0,93	0,2799

Tabla 5. Prueba de Shapiro-Wilks para Rendimiento de Soja.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Rend	24	2713,03	659,86	0,92	0,1359

Homocedasticidad - Prueba de Levene

Tabla 6. Prueba de Levene para Biomasa de Malezas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO kg ha ⁻¹ MZ	12	0,00	0,00	sd

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Error	2468287,50	9	274254,17		
Total	2468287,50	11			

Tabla 7. Prueba de Levene para Materia Seca de Malezas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO MZ %MS	12	0,00	0,00	2,34756533540432E18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Error	71,75	9	7,97		
Total	71,75	11			

Tabla 8. Prueba de Levene para Biomasa de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO kg ha-1 SJ	24	0,00	0,00	192031972373686000,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	3	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Glifosato	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	21507239,58	20	1075361,98		
Total	21507239,58	23			

Tabla 9. Prueba de Levene para Materia Seca de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO %MS	24	1,6E-04	0,00	116924990657593000,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,15	3	0,05	1,1E-03	0,9999
Glifosato	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,15	2	0,08	1,6E-03	0,9984
Error	946,71	20	47,34		
Total	946,86	23			

Tabla 10. Prueba de Levene para Rendimiento de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO Rend	24	0,00	0,00	7,42663828743615E18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	3	0,00	0,00	>0,9999
Glifosato	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Error	9900848,63	20	495042,43		
Total	9900848,63	23			



Homocedasticidad – Box Plot

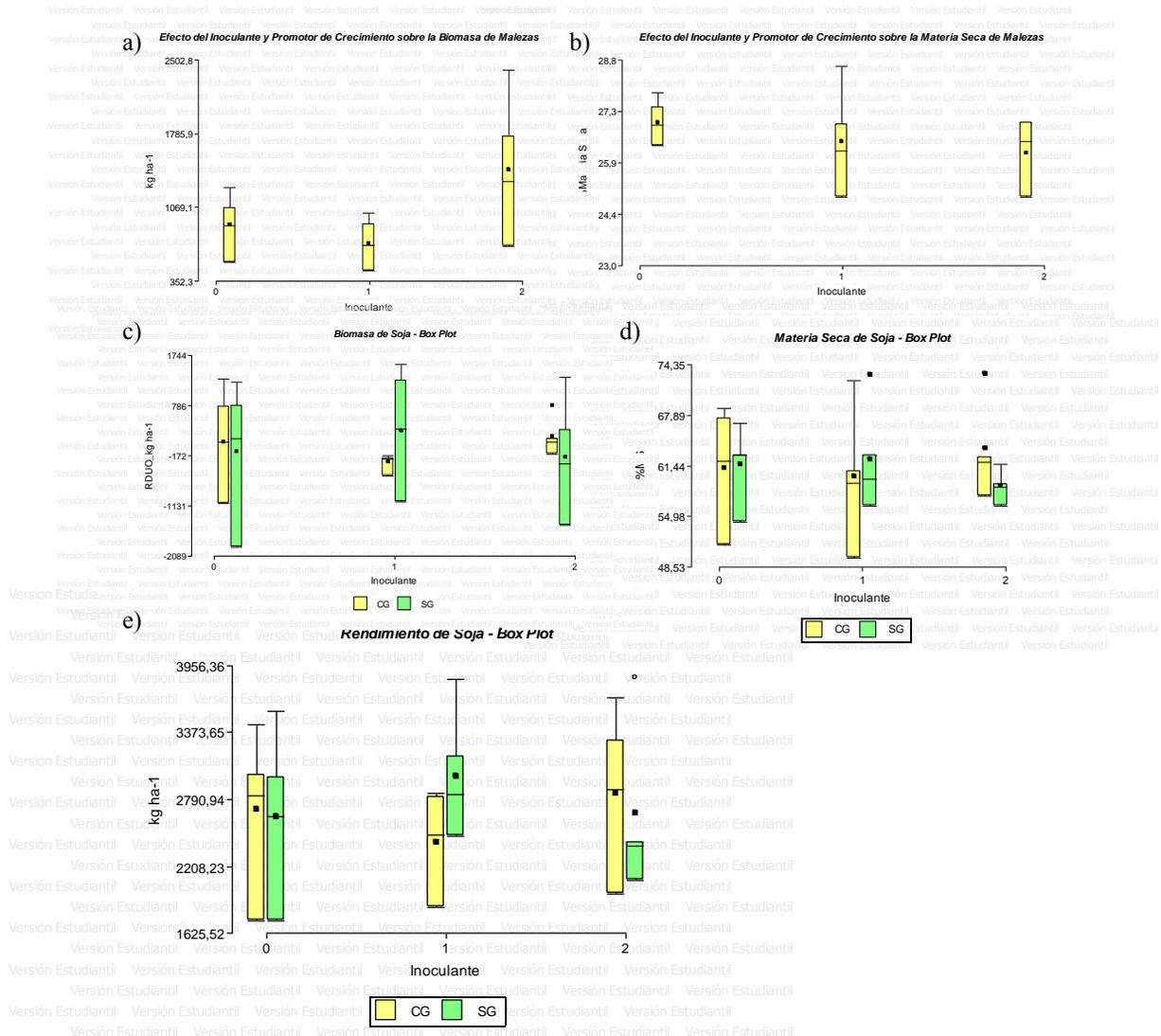


Figura 2. Gráficos de Box Plot para: a) Biomasa de Malezas; b) Porcentaje de Materia Seca de Malezas; c) Biomasa de Soja; d) Porcentaje de Materia Seca de Soja; e) Rendimiento de Soja.

ANOVA y Test de LSD Fisher

Tabla 11. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Biomasa de Malezas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kg ha ⁻¹ MZ	12	0,31	0,16	51,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1119004,17	2	559502,08	2,04	0,1859
Inoculante	1119004,17	2	559502,08	2,04	0,1859
Error	2468287,50	9	274254,17		
Total	3587291,67	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=837,69184

Error: 274254,1667 gl: 9

Inoculante	Medias	n	E.E.	
1,00	716,25	4	261,85	A
0,00	896,25	4	261,85	A
2,00	1435,00	4	261,85	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 12. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Porcentaje de Materia Seca de Malezas.
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MZ %MS	12	0,10	0,00	10,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,57	2	3,78	0,47	0,6368
Inoculante	7,57	2	3,78	0,47	0,6368
Error	71,75	9	7,97		
Total	79,32	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,51646

Error: 7,9722 gl: 9

Inoculante	Medias	n	E.E.	
1,00	26,47	4	1,41	A
0,00	27,01	4	1,41	A
2,00	28,36	4	1,41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 13. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Biomasa de Soja.
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kg ha ⁻¹ SJ	24	0,08	0,00	20,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1868958,33	5	373791,67	0,33	0,8881
Glifosato	292604,17	1	292604,17	0,26	0,6173
Inoculante	440989,58	2	220494,79	0,19	0,8247



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Glifosato*Inoculante	1135364,58	2	567682,29	0,50	0,6138
Error	20371875,00	18	1131770,83		
Total	22240833,33	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1580,42595

Error: 1131770,8333 gl: 18

Glifosato	Inoculante	Medias	n	E.E.	
SG	2,00	4833,75	4	531,92	A
CG	1,00	4965,00	4	531,92	A
SG	0,00	5233,75	4	531,92	A
SG	1,00	5346,25	4	531,92	A
CG	2,00	5465,00	4	531,92	A
CG	0,00	5646,25	4	531,92	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 14. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Materia Seca de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%MS	24	0,06	0,00	11,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	55,29	5	11,06	0,22	0,9481
Glifosato	3,00	1	3,00	0,06	0,8088
Inoculante	0,15	2	0,08	1,5E-03	0,9985
Glifosato*Inoculante	52,14	2	26,07	0,52	0,6006
Error	894,57	18	49,70		
Total	949,86	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,47287

Error: 49,6983 gl: 18

Glifosato	Inoculante	Medias	n	E.E.	
SG	2	58,85	4	3,52	A
CG	1	60,14	4	3,52	A
CG	0	61,07	4	3,52	A
SG	0	61,66	4	3,52	A
SG	1	62,21	4	3,52	A
CG	2	63,64	4	3,52	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 15. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Rendimiento de Soja.

Análisis de la varianza



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend	24	0,08	0,00	26,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	774805,79	5	154961,16	0,30	0,9054
Glifosato	79693,72	1	79693,72	0,16	0,6982
Inoculante	33912,42	2	16956,21	0,03	0,9676
Glifosato*Inoculante	661199,65	2	330599,83	0,64	0,5368
Error	9239648,98	18	513313,83		
Total	10014454,77	23			

—

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1064,35471

Error: 513313,8321 gl: 18

Glifosato	Inoculante	Medias	n	E.E.	
CG	1	2413,07	4	358,23	A
SG	0	2641,79	4	358,23	A
SG	2	2676,77	4	358,23	A
CG	0	2703,56	4	358,23	A
CG	2	2849,58	4	358,23	A
SG	1	2993,39	4	358,23	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

BIBLIOGRAFÍA

Citas de Libros

- MOLINA, A. *Malezas Argentinas*. Buenos Aires. Repunte Gráfica. Primera edición. Tomo 5. Febrero 2011.
- SATORRE, E., BENECH ARNOLD, R., SLAFER, G., DE LA FUENTE, E., MIRALLES, D., OTEGUI, M., SAVIN, R. *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. Buenos Aires. Editorial Facultad de Agronomía UBA. Primera Edición. Marzo 2003.
- SCURSONI, J. A. *Malezas. Concepto Identificación y Manejo en Sistemas Cultivados*. Buenos Aires, Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. Abril 2009.

Citas de Publicaciones

- BELLUCCINI, P.A., 2013. *La Aparición de Nuevas Malezas Tolerantes y Resistentes a Glifosato en la Región*. INTA.
- CONICET, 2009. *Evaluación de la información científica vinculada al glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente*. Informe. Comisión nacional de investigación sobre Agroquímicos decreto 21/2009. Consejo científico interdisciplinario creado en el ámbito del Consejo nacional de investigaciones científicas y Técnicas (Conicet).
- DELLAFERRERA, I., ACOSTA, J.M., CAPELLINO, P., AMSLER, A., 2009 *Relevamiento de malezas en cultivos de soja en sistema de siembra directa con glifosato del departamento Las Colinas (Provincia de Santa Fe)* Revista FAVE - Ciencias Agrarias.
- DE LA VEGA, M., 2011. *Resistencia de Malezas a Herbicidas*. Revista Especial Maleza. Aapresid.
- DI RIENZO, J. A.; F. CASANOVES, M. G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA & C. W. ROBLEDO. 2009. InfoStat, versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- GHERSA, C.M., FERRARO, D.O., 2011. *Algunos aspectos acerca de la aparición de resistencia a herbicidas en poblaciones de malezas*. Revista Especial Maleza. Aapresid.
- GONZÁLEZ FIQUENI, M.F.; DURMAN, S.; MERETTI, E.; PUEYO, M.; VACCA, M.; BOSCO, T., 2011. *Co-inoculación en soja: Efectos sobre Nodulación, Crecimiento y Rendimiento*.
- HEAP, I., 2011. *Las Peores Malezas Mundiales Resistentes a Herbicidas*. Revista Especial Maleza. Aapresid
- LEGUIZAMÓN, E. D., 2007. *El Manejo de Malezas: Desafíos y Oportunidades*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

- LÓPEZ ANIDO, P., 2011. *Malezas Resistentes; Alarma sobre un problema creciente*. Revista Especial Maleza. Aapresid.
- METZLER, M. J., PURICELLI, E., PELTZER, H. F., 2011. *Control de Conyza ssp. (rama negra) en barbecho de soja con glifosato en mezcla con herbicidas residuales y de contacto*. Actualización Técnica en Soja. EEA INTA Paraná.
- PAPA, J.C., FELIZA, J.C., 2001. *Malezas Tolerantes a Herbicidas Iresine diffusa*.
- PAPA, J. C., TUESCA, D., PONSÁ, J. C., PICAPIETRA, G., 2012. *Confirmación de la resistencia a glifosato en un biotipo de raigrás anual (Lolium multiflorum lam.) del noreste de la provincia de Buenos Aires*.
- PAPA, J. C., TUESCA, D., 2013. *Los Problemas Actuales de Malezas en la Region Sojera Nucleo Argentina: Origen y Alternativas de Manejo*. Centro Regional Santa fe. EEA INTA Oliveros.
- PAPA, J.C., TUESCA, D., BACIGUALUPPO, D., 2010a. *Detección reciente en la provincia de Santa Fe de Biotipos de E. colona sospechosos de presentar resistencia a glifosato*.
- PURICELLI, E., TUESCA, D., FACCINI, D., NISENSOHN, L., VITTA, J.I., 2005. *Análisis en los Cambios de la Densidad y Diversidad de Malezas en Rotaciones con Cultivos Resistentes a Glifosato en Argentina*.
- RAINERO, H. P., 2008 *Problemática del manejo de malezas en sistemas productivos*. Boletín de Divulgación Técnica N°3. EEA Manfredi.
- PAPA, J. C., TUESCA, D., NISENSOHN, L., 2010b. *Control tardío de rama negra (Conyza bonariensis) y peludilla (Gamochaeta spicata) con herbicidas inhibidores de la protoporfirin-IX-oxidasa previo a un cultivo de soja*. Para mejorar la producción. EEA INTA Oliveros.
- USTARROZ, D., PURICELLI E., RAINERO, H., BELLON, D., 2010 *Control de rama negra (Conyza bonariensis) Cronq. con glifosato en distintos estados de desarrollo de la maleza*. Agromensajes UNR.
- USTARROZ, D., MAZZINI, P., RAINERO, H., 2011. *Control químico de Cynodon hirsutus "gramilla mansa"* Cartilla Digital EEA INTA Manfredi
- VILLALBA, A., 2009. *Resistencia a herbicidas. Glifosato*. Ciencia, docencia y tecnología n° 39 Concepción del Uruguay, noviembre 2009.
- VITTA, J., TUESCA, D., PURICELLI, E., 2002. *El Uso Masivo de Glifosato en la Región: ¿Hay una Disminución en la Diversidad de Malezas?* Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.

Citas de Internet

- AAPRESID, 2013a. <http://www.aapresid.org.ar/rem/echinochloa-colona-una-maleza-muy-danina/> *Echinochloa colona: una maleza muy dañina*.
- AAPRESID, 2013b. <http://www.aapresid.org.ar/rem/malezas-para-estar-alerta/> *Malezas para estar Alerta*.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

AAPRESID, 2013c. <http://www.aapresid.org.ar/rem/malezas-resistentes-como-capitalizar-la-experiencia-estadounidense/> *Malezas Resistentes, ¿Cómo capitalizar la experiencia estadounidense?*

AAPRESID, 2013d. <http://www.aapresid.org.ar/rem/689/> *Urochloa panicoides*.

Dow AgroSciences, 2013. *Tolerancia de las malezas al glifosato*.

http://www.dowagro.com/ar/herbicidas/barbecho/malezas_tolerantes.htm

Monsanto, 2008. <http://www.monsanto.com/global/ar/productos/documents/guia-tecnologica-final.pdf> *Manejo de Resistencia de las Malezas*. Guía de Uso de las Tecnologías. Monsanto imagine. Páginas 10, 11 y 12.

Red de Información Agropecuaria Nacional (RIAN) INTA, 2009.

http://rian.inta.gov.ar/agronomia/Manual_Trigo.pdf *Trigo. Manual de campo*. Página 13.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA
Facultad de Ciencias Agrarias
Ingeniería en Producción Agropecuaria

“Evaluación de la respuesta de malezas a la aplicación de glifosato en un cultivo de soja (Glycine max) en Victoria, Entre Ríos”



Trabajo Final de Graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria

Autor: Calderón, Magdalena

Profesor Tutor: Ing. Agr. Inés Cecilia Daverede, PhD.

Fecha: 12/12/13



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA
Facultad de Ciencias Agrarias
Ingeniería en Producción Agropecuaria

“Evaluación de la respuesta de malezas a la aplicación de glifosato en un cultivo de soja (Glycine max) en Victoria, Entre Ríos”



Trabajo Final de Graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria

Autor: Calderón, Magdalena

Profesor Tutor: Ing. Agr. Inés Cecilia Daverede, PhD.

Fecha: 12/12/13



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Agradezco a Dios porque su luz Divina fue imprescindible para confiar y que se concluyan estos años de carrera.

Agradezco a mis amados padres y hermano, y a otros afectos tan importantes para mí, por su apoyo incondicional y permanente durante toda mi carrera.

Agradezco inmensamente a la Ingeniera Agrónoma Inés Cecilia Daverede, tutora de mi Trabajo Final de Graduación por su compromiso, su valiosísima colaboración, su orientación, dedicación y constante enseñanza durante el desempeño de este trabajo.

Agradezco enormemente a mi corrector, Ingeniero Agrónomo Ricardo Nicolás Paglione por sus sugerencias y aportes en el trabajo.

Agradezco a la familia Risso por permitirme efectuar el ensayo en “El Badén” y a mi amigo Emilio Ros por darme la oportunidad de trabajar juntos.

Agradezco a mis amigos de toda la vida, a mis amigos de la facultad y a mis amigos del Círculo por su acompañamiento y apoyo de siempre, y porque que de una u otra forma fueron parte de mis logros.

Por último, no puedo dejar de estar infinitamente agradecida con mi prima Paula, con quien compartí cada momento de la carrera.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

RESUMEN

La problemática del surgimiento de resistencia y tolerancia de malezas a glifosato es un fenómeno que se ha incrementado en los últimos años de forma vertiginosa como resultado del mal uso de las tecnologías disponibles. Los objetivos de este trabajo fueron i. relevar la población de malezas presente en un cultivo de soja, ii. determinar el efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas, iii. evaluar el impacto indirecto del inoculante *Bradyrhizobium japonicum* y el promotor de crecimiento *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de soja sobre la población de malezas y iv. determinar el efecto de la presencia de malezas sobre el cultivo de soja. El ensayo se efectuó en Victoria, Entre Ríos, mediante un diseño estadístico de Parcelas Divididas en Bloques Completos Aleatorizados con 4 repeticiones y 6 tratamientos (sin inoculante y sin glifosato, con inoculante *B. japonicum* y sin glifosato, con co-inoculante *B. japonicum* + *P. fluorescens* y sin glifosato, sin inoculante y con glifosato, con inoculante *B. japonicum* y con glifosato, con co-inoculante *B. japonicum* + *P. fluorescens* y con glifosato), realizándose las mediciones en 24 sub-parcelas. Antes de la siembra, se procedió a inocular con 24 cc de inoculante BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109) y 24 cc BIAGRO Prosol (*P. fluorescens*) cada 8 kg de semilla según los tratamientos. La siembra se realizó en directa a 52 cm entre surco y 24 semillas m⁻¹ lineal. En el estado V4, se efectuó el relevamiento de malezas, contando e identificando los ejemplares encontrados mediante un cuadrante muestreador y antes que el cultivo cerrara el surco, se realizó la aplicación a una dosis estándar de 3 L ha⁻¹ de glifosato al 48% y a los 12 días de la aplicación se volvió al lote para el recuento y evaluación de la respuesta de las malezas al herbicida. La cosecha mecánica consistió en el conteo y corte al ras de plantas de malezas y soja en micro-parcelas de 2 m² para obtener los datos de biomasa, materia seca y rendimiento. Los datos se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza en Infostat. Se observó que las especies presentes en el lote eran *Echinochloa colona*, *Digitaria sanguinalis* y *Urochloa platyphylla*, cuyas densidades promedio fueron 12 pl m⁻², 0,22 pl m⁻² y 0,33 pl m⁻², respectivamente. Los ejemplares de *D. sanguinalis* y *E. colona* se presentaron con baja susceptibilidad a glifosato, mientras que *U. platyphylla* fue controlada correctamente por el herbicida. Con respecto a los parámetros evaluados a cosecha, no se encontró efecto indirecto del inoculante de crecimiento y promotor como generadores de mayor biomasa y materia seca del cultivo y por consiguiente mayor sombreado de las malezas, como así tampoco hubo efecto de la presencia de malezas en la biomasa, materia seca y rendimiento del cultivo de soja.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

ÍNDICE

Introducción.....	5
Materiales y Métodos.....	13
Resultados.....	21
Discusión.....	28
Conclusiones.....	30
Anexos.....	33
Bibliografía.....	40



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

INTRODUCCIÓN

En la década de 1960, en lo que es actualmente el núcleo sojero del país, los cultivos más importantes eran trigo, maíz y pasturas, con una incidencia relativamente alta de la ganadería. El control de malezas se llevaba a cabo utilizando unos pocos herbicidas hormonales y labranzas, considerando a estos compuestos como la solución del problema de malezas.

En la década del '70, el cultivo de soja se introdujo al sistema productivo, acompañado por, los herbicidas selectivos para soja, tales como metribuzin y la trifluralina (residuales), bentazón, lactofen (latifolicidas postemergentes de contacto), diclofop metil (graminicida postemergente sistémico). En el año 1976 comenzó a comercializarse en el país el glifosato con la marca comercial Round up. Los tratamientos herbicidas de postemergencia se complementaban con escardas posteriores, siendo una de las labores del cultivo de la oleaginosa más complejas. En ese momento, como malezas problema se destacaban *Amaranthus quitensis* (yuyo colorado), *Chenopodium album* (quínoa), *Datura ferox* (chamico), *Cyperus rotundus* (cebollín) y *Sorghum halepense* (sorgo de Alepo), *Echinochloa colona* (capín), *Digitaria sanguinalis* (pasto cuaresma), *Cynodon dactylon* (gramón) (Papa y Tuesca, 2013; Satorre *et al.*, 2003).

En los años 80, se desarrollaron herbicidas inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS), familia que incluía a las imidazolinonas, sulfonilureas, triazolpirimidinas, caracterizados por su alta eficiencia, amplio espectro, selectividad, poder residual y baja toxicidad para animales, lo que se traducía en una simplificación del control de malezas (Papa y Tuesca, 2013), el cual se basaba en el empleo de Scepter, Pivot, Preside, Spider los cuales son residuales y Clorimuron con 2,4 DB como postemergentes. Excepto este último, todos son inhibidores de la ALS. Pero, el mal uso de esta tecnología generó la aparición del primer caso de resistencia en Argentina: *Amaranthus sp.* Resistente a inhibidores de ALS, provocando numerosas pérdidas de productividad en la provincia de Tucumán durante la campaña 1995/96, difundándose de modo rápido por el sureste de Córdoba (Andino, 2011).

Durante la década del 90, el mercado argentino de agroquímicos acompañó el crecimiento de la producción agrícola, que se caracterizó por el logro de cosechas récord y el incremento del área cultivada con siembra directa. Sin embargo, en los últimos años se produjo una caída en el consumo de productos, lo cual se explicaría, en parte, por el incremento del área sembrada con soja transgénica (Satorre *et al.*, 2003). En el período desde 1991 a 1997, el laboreo intensivo en rotaciones de cultivos con herbicidas tradicionales aumentó la frecuencia de malezas latifoliadas anuales como *Portulaca oleracea* (verdolaga), *Chenopodium album* y *Datura ferox*, siendo



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

mayor su densidad en labranza convencional con respecto a siembra directa (Puricelli *et al.*, 2005).

En 1996, ingresaron al sistema productivo cultivos de soja resistentes a glifosato. La simplicidad de uso de este herbicida, su amplio espectro de control, bajo costo y gran selectividad, sumado a su función como herramienta para solucionar el problema de resistencia a inhibidores de ALS, provocó una merma en la diversidad de herbicidas utilizados en soja (Papa y Tuesca, 2013).

El glifosato es un herbicida no selectivo, sistémico, utilizado para el control de malezas anuales y perennes emergidas en el campo antes de la siembra, así como en postemergencia sobre cultivos tolerantes. El mecanismo de acción de este herbicida es el bloqueo de la enzima 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS) involucrada en una de las etapas en la vía de síntesis de los aminoácidos aromáticos triptofano, fenilalanina y tirosina (Monsanto, 2008). En consecuencia, la presencia de glifosato determina la supresión de crecimiento y muerte de las plantas (Villalba, 2009). El glifosato y sus formulados implicarían un bajo riesgo para la salud humana o el ambiente en condiciones de uso responsable, entendiéndose por ello la aplicación de dosis recomendadas y de acuerdo con buenas prácticas agrícolas (Conicet, 2009).

El glifosato se transformó en un herbicida de uso durante todo el año sin importar el tamaño de las malezas para su control (López Andino, 2011). Esta tecnología contribuyó a la expansión del cultivo de soja hacia otras áreas donde antes no era factible. En la Argentina, se emplearon 160 millones de litros de producto comercial durante la campaña 2004/05 ascendiendo a 205 en la campaña 2007/08 e incrementándose nuevamente a aproximadamente 256 millones de litros del principio activo (equivalente a una formulación L.S. de sal isopropilamina a una concentración de 360 g.e.a L⁻¹) durante la campaña 2010/11 (Papa y Tuesca, 2013; AAPRESID, 2013b; Rainero, 2008).

De esta manera se consolidó un modelo productivo basado en la ausencia de labranzas, el uso casi exclusivo de glifosato como herbicida, tanto para barbechos como para cultivos. Las escasas o nulas rotaciones, tanto de cultivos como de herbicidas, con soja RR como cultivo predominante, trajeron como consecuencia inmediata una disminución en la diversidad productiva, y profundizaron los cambios en la abundancia relativa de ciertas especies y actual composición de las comunidades de malezas (Monsanto, 2008; Papa *et al.*, 2012). Como resultado de este proceso de adaptación a la fuerte y reiterada presión de selección ejercida por el empleo de glifosato, se verificó un incremento en la abundancia de especies capaces de sobrevivir a aplicaciones con dosis normales de este principio activo “malezas tolerantes a glifosato” y el registro de varias especies resistentes a este herbicida (Papa *et al.*, 2012). Esto se debió a que, en general, dentro de una comunidad o población de una



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

especie existe diversidad, lo que explica que algunos genotipos de forma eventual puedan sobrevivir frente a la agresión que implica la aplicación del herbicida, constituyendo éste un poderoso agente seleccionador (Papa y Feliza, 2001). Además, este modo de utilización favoreció la selección de aquellas especies que presentan mecanismos de adaptación ecológica, tales como la dinámica de emergencia para escapar a la acción del herbicida. Las razones ecológicas del escape a herbicidas fueron: el tamaño de la población, momento de emergencia, protección del cultivo, diferencias en tolerancia de acuerdo al estado de crecimiento de la maleza y condiciones ambientales adversas antes o después de la aplicación del herbicida (Scursoni, 2009). Las malezas antes más frecuentes, caracterizadas por su elevado porte y alta tasa de crecimiento se diferencian de las especies de reciente aparición por su tolerancia a las dosis normales de uso del herbicida, la adaptación a bajos niveles de radiación y la germinación escalonada y el ciclo relativamente corto que le permiten el escape a un herbicida no residual como glifosato (Vitta *et al.*, 2002).

Las consecuencias de la generalización de la siembra directa y el uso continuo de glifosato desde el punto de vista de las comunidades y poblaciones de malezas fueron las siguientes: disminución de la abundancia, disminución de la dominancia, variaciones no significativas en el número total de especies, y modificaciones en la frecuencia específica (“desplazamiento de flora”). En cuanto a esta última, los cambios pudieron sintetizarse de la siguiente manera:

- Aumento de Poáceas anuales de ciclo estival (*Digitaria sanguinalis*, *Eleusine indica*, *Urochloa plathphylla* y *Setaria geniculata*); Asteráceas con dispersión anemófila tanto anuales (*Conyza bonariensis*) como perennes (*Senecio sp.*); dicotiledóneas anuales de ciclo otoño-estival que exhiben tolerancia a dosis usuales de glifosato (2,5 a 3 L ha⁻¹) (*Bowlesia incana*, *Lamium amplexicaule*).
- Disminución de especies que requieren estímulos de irradiancia y/o alternancia térmica para desbloquearse (*Datura ferox*), dicotiledóneas sensibles al glifosato (*Amaranthus quitensis*).
- Niveles más o menos estables de dicotiledóneas estivales de difícil control con glifosato a las dosis normales de uso (*Portulaca oleracea*).
- Tendencias variables, a veces en aumento, de monocotiledóneas que requieren dosis más elevadas de glifosato que las normales (*Cynodon dactylon*).
- Invasión de las mal llamadas “malezas nuevas” y preadaptadas (antes confinadas a alambrados, banquinas y zonas no trabajadas) que en general exhiben una fuerte tolerancia a glifosato (*Commelina erecta*, *Chloris sp*, *Parietaria debilis*, *Verbena spp*, *Oenothera spp*)
- Generación de biotipos resistentes (*Sorghum halepense*, *Lulium sp.*) (Leguizamón, 2007).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Los resultados ineficientes de las nuevas tácticas y estrategias de manejo y control de malezas acentuaron el problema de la actual composición y abundancia de las comunidades de malezas y el de la selección de poblaciones resistentes a los herbicidas, obligando a los productores a aumentar las dosis aplicadas, la frecuencia de aplicación de herbicidas y el abanico de productos utilizados (Ghersa y Ferraro, 2011). La pérdida de glifosato como herramienta fundamental de control de malezas en los sistemas de siembra directa implicó un retroceso a una situación de manejo más compleja a la existente previamente a la incorporación de sojas transgénicas (López Andino, 2011).

Tanto productores como técnicos enfrentan hoy problemas grandes relacionados con el control de malezas: la baja efectividad que se viene observando en los controles con herbicidas, la incidencia cada vez más frecuente de malezas resistentes a más de un sitio de acción, la dificultad de controlarlas únicamente con glifosato y, con ello, la aparición de especies que necesitan un manejo diferente al que se viene realizando hasta el momento (Belluccini, 2013; Papa *et al.*, 2012). De continuar el uso intensivo de glifosato como herbicida, se espera que continúe el incremento en la proporción de especies tolerantes en los agroecosistemas actuales, aumentando entonces la competencia al cultivo de malezas no controladas, comprometiendo la rentabilidad futura de estos sistemas de producción (Dellaferrera *et al.*, 2009).

Resistencia a Glifosato en Argentina

La resistencia es la capacidad hereditaria natural de un individuo o individuos (biotipo) de una población, que le permita sobrevivir y reproducirse después de haber sido expuestos a una determinada dosis de un herbicida que normalmente sería letal para los individuos de una población normal de la misma especie (AAPRESID, 2013b).

Mediante mutaciones genéticas poco comunes y al azar, las poblaciones de malezas naturalmente contienen individuos resistentes a herbicidas a frecuencias muy bajas (Heap, 2011). Estas mutaciones ocurren en la EPSPS, ya mencionada, y tornan a la enzima insensible al glifosato. La enzima producida por el gen mutado (epsps*) tiene una menor afinidad por el glifosato y es catalíticamente activa en presencia del herbicida. En varias especies, variaciones puntuales en la secuencia de nucleótidos que codifican para la EPSPS confieren resistencia al glifosato (Villalba, 2009). El herbicida no es el agente que genera la mutación, pero sí es el que la selecciona. La ventaja adaptativa del nuevo biotipo le permitirá sobrevivir a la aplicación del herbicida que, de ese modo, podría favorecer su selección entre los demás individuos susceptibles de la misma especie. Así, se produce un incremento de su participación en



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

la población de la misma especie y puede generarse cuando se efectúe reiteradamente cierta forma de manejo del herbicida que, sumado a la biología de la propia maleza, promueva la supervivencia y expansión del nuevo biotipo (AAPRESID, 2013b). El uso repetido de un mismo herbicida expone a la población a una presión de selección que conduce al aumento del número de individuos resistentes. Los biotipos susceptibles mueren mientras que los resistentes sobreviven produciendo semillas. Si persiste la aplicación de herbicidas que actúan sobre el mismo sitio de acción, la proporción del biotipo resistente se incrementa en relación al biotipo.

Para que el desarrollo de la resistencia pueda prosperar es indispensable la diversidad genética dentro de la población de interés. La probabilidad de que la población adquiera resistencia dependerá de la frecuencia de mutación, de las ventajas selectivas de los alelos o genes que confieren resistencia y del tamaño considerando que el glifosato tiene un solo modo de acción y su metabolismo es limitado en las plantas.

Es importante destacar que, en general, el fenómeno de resistencia se hace visible cuando los biotipos resistentes alcanzan por lo menos un 20% de los individuos dentro de la población (Villalba, 2009). Además, esta susceptibilidad diferente a una dosis determinada debe ser considerada en las condiciones en que fue realizado el tratamiento, pues existe una correlación importante entre la susceptibilidad de las distintas especies y el estado de desarrollo de las malezas, ya que a medida que se baja la dosis de producto y se avanza en el estado de desarrollo, el control será menos efectivo (Dellaferrera *et al.*, 2009).

Son tres los mecanismos por los que una especie puede desarrollar resistencia a un herbicida: por cambios en el sitio-objetivo de la acción del herbicida, por metabolismo o por exclusión. En el caso particular del glifosato, la resistencia debida a cambios en el sitio-objetivo y por metabolización son muy poco probables. El mecanismo de resistencia a glifosato por exclusión parecería estar asociado a los casos de resistencia de *Lolium* y *Conyza* (Monsanto, 2008).

El total de especies que han generado resistencia a glifosato en el mundo varía según la fuente pero se puede afirmar que se trata de más de 15. En nuestro país, en el año 2005 en la provincia de Salta se comenzaron a notar matas de *Sorghum halepense* (sorgo de Alepo) que no se lograban controlar con las dosis normales de glifosato (Papa y Tuesca, 2013). Asimismo, técnicos de EEA Manfredi notaron que plantas de sorgo de Alepo escaparon a una aplicación de 3 L ha⁻¹ de glifosato 48% en un lote cerca de la localidad de Corralito (Córdoba) a los 9 y 19 DDA (días después de la aplicación) comparados con los ejemplares que se suponía que no eran resistentes. Hasta fines de 2007 se llevan registrados casos de presencia de sorgo de Alepo resistente a glifosato en campos ubicados en ciertas localidades de las provincias de



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Salta, Tucumán, Córdoba, Santiago del Estero, Corrientes y Santa Fe (Monsanto, 2008).

Desde el primer caso de resistencia hasta la fecha, el problema viene aumentando: en el año 2007 se reportaron lotes en los que *Echinochloa colona* (capín) escapaba a tratamientos de glifosato. Últimamente se confirmaron como resistentes *Cynodon hirsutus* (gramilla mansa) y *Lolium multiflorum* en la zona sojera núcleo (Papa *et al.*, 2012).

El estudio realizado en el noreste de la provincia de Buenos Aires por Juan Carlos Papa *et al.* (2012) sobre un biotipo de *Lolium multiflorum* registró un incremento en la magnitud del control siguiendo el aumento de dosis de glifosato, lográndose, con las dosis consideradas estándar (720 a 1440 g.e.a. ha⁻¹), efectos relativamente bajos de entre 41,7 y 60% respectivamente.

Durante las campañas 2009/10 y 2010/11, estudios de la EEA INTA Manfredi confirmaron la presencia de una alta tolerancia de *Cynodon hirsutus* a glifosato a dosis de 6 y 10 L ha⁻¹ a campo, generando el herbicida un efecto leve sobre las plantas a dosis que duplicaban las recomendadas para la especie (Ustarroz *et al.*, 2011).

En cuanto al caso de *Echinochloa colona* (capín), el biotipo resistente a glifosato fue observado por primera vez en fincas cítricas en la provincia de Tucumán (AAPRESID, 2013a). Se han informado casos sospechosos en Armstrong (Santa Fe), Cruz Alta (Córdoba) y en la provincia de Santiago del Estero (Papa *et al.*, 2010a). Actualmente, la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres de Tucumán (EEAOC) se encuentra trabajando en conjunto con el doctor Albert Fischer de la Universidad de California para la identificación de las características moleculares del biotipo de Tucumán (Monsanto, 2008).

Recientemente, técnicos del INTA Manfredi confirmaron la existencia de un biotipo de *Eleusine indica* (grama carraspera) en la zona centro de la provincia de Córdoba y recibieron numerosos avisos de fallas en los controles (Belluccini, 2013).

Con respecto a los casos no confirmados, existen sospechas de *Digitaria insularis*, *Amaranthus* e *Ipomoeas* (López Andino, 2011; AAPRESID, 2013c). Algunos productores y técnicos de la provincia de Córdoba están advirtiendo fallas en controles de *Coryza bonariensis* (rama negra) con glifosato en las últimas dos campañas, como así también en el control de *Chenopodium album* (quínoa) en distintas zonas (Rainero, 2008). Con respecto a rama negra, se ha efectuado un estudio que reveló que la tolerancia a glifosato aumenta con el estado de desarrollo de la maleza; es mínima en estado juvenil y máxima cuando las plantas se encuentran en estado reproductivo o próximas a él (Ustarroz *et al.*, 2010).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

La resistencia de malezas a herbicidas es un fenómeno que está continuamente evolucionando y, una vez establecida una población con mayor proporción de biotipos resistentes, difícilmente esta población volverá a su condición inicial, pudiendo restringir o hasta inhabilitar la utilización de esos herbicidas. El conocimiento de las características genéticas, bioecológicas y agronómicas que favorecen la aparición de biotipos resistentes es muy importante para retardar la aparición de este problema (De la Vega, 2011).

Tolerancia a Glifosato en Argentina

A diferencia del concepto de resistencia, en los casos en que todos los individuos de una especie sean capaces de sobrevivir a la aplicación de un herbicida, se dice que la especie es tolerante al mismo, siendo la tolerancia la habilidad inherente de una especie de sobrevivir y reproducirse después de ser expuesta a un tratamiento herbicida (De la Vega, 2011).

En el centro y norte de la provincia de Córdoba, los casos concretos de malezas tolerantes a este herbicida son *Oenothera rosea*, *O. indecora*, *Portulaca gilliesii*, *P. grandiflora*, *Talinum paniculatum*, *Modiolastrum gilliesii*, *Iresine diffusa*, *Sphaeralcea bonariensis*, *Hybanthus parviflorus*, *Borreria verticillata*, *Gomphrena pulchella* y *G. perennis*. En un estado de crecimiento mediano a adulto, todas estas malezas necesitan dosis de 5 L ha⁻¹ de glifosato 48% o superiores para controlarlas adecuadamente (Rainero, 2008).

En la Figura 1 se puede ver una lista de especies tolerantes a glifosato.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Tolerancia Alta		Tolerancia Media		Tolerancia baja	
Nombre científico	Familia	Nombre científico	Familia	Nombre científico	Familia
Asclepias spp.	ASC	Achillea Millefolium	COM	Ambrosia artemisiifolia	COM
Baccharis spp.	COM	Aithya sp. filifoliosa	AMA	Ammi majus	UMB
Chloris cantherae	GRA	Bowlesia incana	UMB	Anagallis arvensis	PRI
Commelina spp.	COM	Cirsium vulgare	COM	Anoda cristata	MAL
Crisanthemum spp.	COM	Clematis monticola	RAN	Artemisia verotorum	COM
Dicliptera tweediana	ACA	Convolvulus arvensis	COV	Carduus spp.	COM
Dioscorea spp.	DIO	Coryza bonariensis	COM	Chenopodium album spp.	QUE
Glycine max (RG)	LEG	Cucumis dipsaceus	CUC	Euphorbia heterophylla	EUP
Hybanthus parviflorus	VIO	Cucurbita andreaana	CUC	Flaveria bidentata	COM
Irisene diffusa	AMA	Cyperus rotundus	CIP	Gamochaeta spicata	COM
Jaborosa integrifolia	COM	Dichondra spp.	COV	Gomphrena spp.	AMA
Malva parviflora	MAL	Geranium dissectum	GER	Lamium amplexicaule	LAB
Momordica charantia	CUC	Heliotropium veronicifolium	BOR	Lolium multiflorum	GRA
Notroscordum fragrans	LIL	Ipomoea spp.	COV	Parthenium hysterophorus	COM
Oenothera inaequalis	ENO	Malvastrum spp.	MAL	Physalis spp.	SOL
Parietaria debilis	URT	Medicago sativa	LEG	Plantago lanceolata	PLA
Petunia axillaris	SOL	Melilotus spp.	LEG	Polygonum aviculare	POL
Ricinus communis	EUP	Pisum sativum	LEG	Polygonum convolvulus	POL
Rynchosia minima	LEG	Sida spp.	MAL	Portulaca oleracea	POR
Senna tora	LEG	Solanum atriplicifolium	SOL	Raphanus sativus	BRA
Solanum nigrum	SOL	Solanum elaeagnifolium	SOL	Rumex spp.	POL
Spharalea bonariensis	MAL	Stachys arvensis	LAB	Senecio spp.	COM
Trifolium repens	LEG	Trianthema portulacastrum	POR	Sonchus oleraceus	COM
Wedelia glauca	COM	Urtica urens	URT	Taraxacum officinale	COM
Zea mays (RG)	GRA	Verbena spp.	COM	Veronica persica	ESC
		Viola spp.	LEG	Viola arvensis	VIO

Figura 1. Especies de alta, media y baja tolerancia a glifosato en Argentina (Dow AgroSciences, 2013).

En términos generales, la importancia del tema de este estudio radica en que se han reportado varios casos de especies y biotipos de malezas con diferentes grados de resistencia y tolerancia a glifosato como consecuencia del mal uso del herbicida en el cultivo de soja, generando una creciente y sostenida preocupación entre productores y técnicos, los cuales año a año se alertan con sucesivos eventos de resistencia y tolerancia a este herbicida. Adicionalmente, la información sobre la distribución y diversidad de malezas con baja susceptibilidad a glifosato en Argentina es relativamente escasa e insuficiente para la magnitud de la problemática.

El estudio del comportamiento de las malezas al glifosato en un cultivo de soja, mediante el relevamiento de la diversidad y abundancia de malezas, permitirá mejorar la toma de decisiones sobre el control de malezas resistentes a este herbicida, contribuyendo al sostenimiento de la biodiversidad de especies y a la sustentabilidad del sistema productivo. Además, se estudiará el impacto indirecto que generará el inoculante *Bradyrhizobium japonicum* y el promotor de crecimiento *Pseudomonas fluorescens* sobre las plantas de soja en la población de malezas debido al sombreado y el efecto de la presencia de malezas en el cultivo de soja.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

En este trabajo, se evaluará la posibilidad de que la aplicación de una cierta dosis de glifosato genere un efecto en la supervivencia de las malezas presentes en el lote que se va a estudiar, debidas a la susceptibilidad de las mismas al glifosato. Adicionalmente, al estudio particular del inoculante y promotor de crecimiento, aquí también se evaluará si las malezas presentarán menor crecimiento debido a una posible superioridad en el crecimiento de las plantas de soja inoculadas, y si el crecimiento de malezas será aún menor en los tratamientos a los cuales se ha adicionado el promotor de crecimiento.

❖ **Objetivo general**

- El objetivo general de este trabajo es estudiar el comportamiento de una población de malezas ante la aplicación de glifosato.

❖ **Objetivos particulares**

- Estudiar la presencia de malezas en el cultivo de soja mediante un relevamiento de la diversidad y abundancia de las mismas, generando un aporte a la información disponible actualmente.
- Determinar el efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas existente.
- Evaluar el impacto indirecto de la presencia del inoculante y promotor de crecimiento en el cultivo de soja sobre la población de malezas.
- Determinar el efecto de la presencia de malezas sobre el cultivo de soja.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación Geográfica y Características Edafoclimáticas

El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento “El Badén”, el cual se encuentra ubicado en el distrito Montoya, departamento Victoria, provincia de Entre Ríos (lat S: 32° 34' 3,7" y long O: 59° 55' 35,55").

El suelo correspondiente al lote está descripto como Argiudol ácuico, caracterizado por ser profundo, bien drenado, con un epipedón mólico oscuro, franco-limoso a franco-arcillo-limoso, y un horizonte argílico pardo oscuro, franco-arcillo-limoso, con moteados de hierro-manganeso. Según la Carta de Suelos de la República Argentina, la serie Antelo es muy representativa y la más extensa de la peniplanicie alta, suavemente ondulada a ondulada, con manto de loess espeso, del extremo este del departamento Victoria. En cuanto al drenaje, el suelo se encuentra bien drenado, escurrimiento superficial medio y permeabilidad moderada. La erosión de la serie es



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

actual, leve, generalmente en forma laminar y es muy susceptible a la misma en grado moderado a severo.

Horizonte	A1	B21t	B22t	B3	Cca
Prof. de muestra (cm)	02-15	30-40	50-65	80-96	110-125
Materia orgánica (%)	3,20	1,78	0,78	0,35	0,07
Nitrógeno total (%)	0,18	0,11	0,07	0,04	0,04
Relación C/N	10	9	6	5	1
pH H ₂ O	5,6	5,7	6,1	6,4	7,7
Fósforo asimilable (ppm P ₂ O ₅)	5,60	2,36	0,71	-	-

Fuente: Carta de Suelos de la República Argentina (INTA Victoria).

Con respecto a las precipitaciones de la zona, el promedio acumulado anual del año 2005 al 2012 es de 1017 mm para la Estación Establecimiento “El Cuadro”, según INTA. Los datos descriptos a continuación corresponden al período comprendido desde la siembra hasta la cosecha del cultivo de soja.

	Nov 12	Dic 12	Ene 13	Feb 13	Mar 13	Abr 13
T max (°C)	30,2	31,3	32,5	29,7	26,9	25,5
T min (°C)	16,4	17,6	17,5	16,5	13,3	12,7
HR (%)	62,4	67,5	62,1	71,3	75,3	72,9
PP (mm)	49,0	237,4	27,4	119,8	68,6	1,6
PP acum (mm)	49,0	286,4	313,8	433,6	502,2	503,8

Fuente: Bolsa de Cereales de Entre Ríos.

Los cultivos de las últimas campañas fueron: soja de primera en la campaña 2010/2011 y trigo/soja de segunda en la campaña 2011/12. El barbecho químico efectuado para el lote del ensayo fue el 25 de agosto de 2012 con 0,013 L ha⁻¹ de Radar (fluazifop-p-butyl 12,5% p/v (125g/L)), 35 g ha⁻¹ de Heat (Kixor[®] saflufenacil 70%) y 2 L ha⁻¹ de Sulfosato (glifosato 62% p/v).

Diseño Experimental

Modelo Estadístico

$$y_{ijk} = \mu + G_i + U_{j(i)} + I_k + (GI)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Donde:

G_i es el efecto del glifosato

$U_{j(i)}$ es el error de la parcela grande

I_k es el efecto del inoculante y promotor de crecimiento

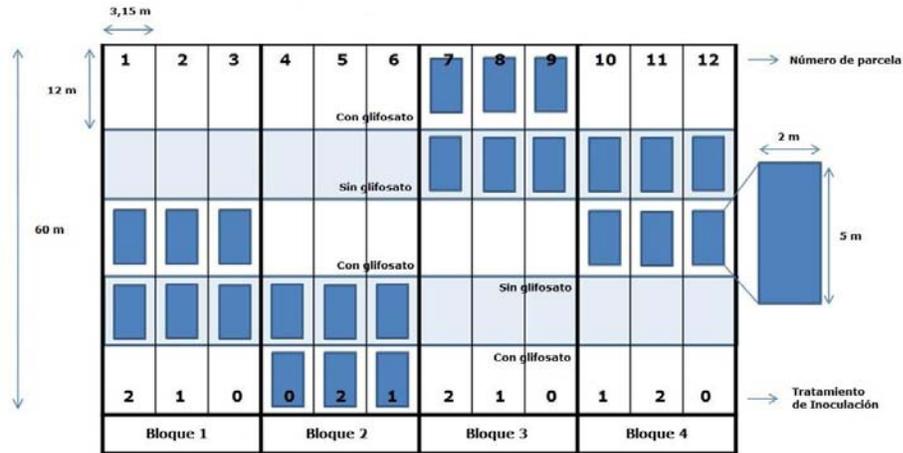
$(GI)_{ik}$ interacción inoculante x glifosato

ε_{ijk} error de la parcela pequeña

El ensayo estuvo constituido por un estudio experimental de diseño de Parcelas Divididas en Bloques Completos Aleatorizados con un arreglo factorial con 4 repeticiones. Se consideraron significativas aquellas pruebas con $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos fueron efectuados utilizando el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2012). Además, se realizó un relevamiento inicial de la población de malezas en cuanto a su diversidad y abundancia previo al tratamiento de aplicación de glifosato.

Los dos factores evaluados fueron: inoculante (control, inoculado y co-inoculado) y glifosato (control y aplicación de glifosato). Los tratamientos estuvieron conformados por las combinaciones de las dos variables explicatorias o factores, generando un total de 6 tratamientos dispuestos en 4 bloques: 1) Testigo no inoculado sin aplicación de glifosato, 2) Inoculación BIAGRO Líquido *Bradyrhizobium japonicum* cepa E109 sin aplicación de glifosato, 3) Co-inoculación BIAGRO Líquido *B. japonicum* cepa E109 + BIAGRO Prosol *Pseudomonas fluorescens* sin aplicación de glifosato 4) Testigo no-inoculado con aplicación de glifosato, 5) Inoculación con *B. japonicum* con aplicación de glifosato, 6) Co-inoculación con *B. japonicum* + *P. fluorescens* con aplicación de glifosato.

Los tratamientos de inoculación se dispusieron en franjas y los de aplicación de glifosato se hicieron en forma perpendicular a los surcos del cultivo de soja, según el diagrama 1.



Tratamientos de Inoculación

0: Testigo sin inoculación

1: Inoculado BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109)

2: Co-inoculado BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109) + BIAGRO Prosol (*Pseudomonas fluorescens*)

Diagrama 1. Disposición de los tratamientos en el ensayo.

Primeramente, la elección del área para efectuar el ensayo priorizó un área homogénea y representativa del lote. Con el fin de evaluar un inoculante y promotor de crecimiento, el día 3 de noviembre 2012 se llevó a cabo la inoculación de la semilla en galpón (Foto 1 y 2).

Las dosis para cada tratamiento fueron las siguientes (Foto 3):

0. Testigo (Sin inocular): 8 kg de semilla con 12,8 cc de fungicida BIAGRO TC (thiram y carbendazim) y 35,2 cc de agua.
1. Inoculado BIAGRO Líquido (*Bradyrhizobium japonicum* cepa E109): 8 kg de semilla con 24 cc de inoculante BIAGRO Líquido y 12,8 cc de fungicida BIAGRO TC.
2. Co-inoculado BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109) + BIAGRO Prosol (*Pseudomonas fluorescens*): 8 kg de semilla con 24 cc de inoculantes BIAGRO Líquido en conjunto con 24 cc de BIAGRO Prosol y 12,8 cc de fungicida BIAGRO TC.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

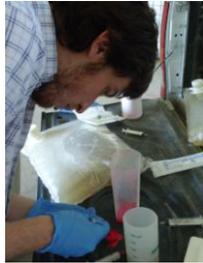


Foto 1. Inoculación.



Foto 2. Semilla inoculada.



Foto 3. Bolsas con los tres tratamientos de inoculación.

Fuente: Magdalena Calderón.

Seguidamente, se llevó a cabo la siembra en forma directa de la variedad 5009 de Nidera (Foto 4, 5 y 6), a una distancia entre surcos de 52 cm y con una densidad de 24 semillas m^{-1} lineal, aplicando 120 kg de superfostato triple, debajo y al costado de la semilla. La semilla empleada presentó valores de viabilidad del 95%, vigor del 91% y peso de 1000 semillas de 160 g.



Foto 4. Sembradora.



Foto 5. Llenado de tolvas.



Foto 6. Vista general del ensayo.

Fuente: Magdalena Calderón.

En el estado V4, se realizó la identificación y recuento de malezas, conformando un análisis cuantitativo y cualitativo. Dicho relevamiento se hizo el 4 de diciembre de 2012 en 24 sub-parcelas de 2 x 5 m dentro de cada parcela, con un cuadrante de hierro. El muestreador se colocó tres veces por sub-parcela perpendicular a los surcos y en los entresurcos (Foto 7), cuantificándose las malezas incluidas en el mismo y descalzándose un ejemplar de cada especie para su herborización. Una vez concluida la recolección, se continuó con la identificación de los ejemplares extraídos (Foto 8) recurriendo a consultar bibliografía de identificación de especies (Molina, 2011; com. pers. D. Ustarroz, octubre 2013).



Foto 7. Muestreo con cuadrante.



Foto 8. Extracción de ejemplares.

Fuente: Magdalena Calderón.

El 9 de diciembre 2012 se tomó una muestra del suelo para efectuar análisis. La misma estuvo conformada por 7 piques en el área donde se realizó el ensayo, a dos profundidades: A = 0-20 cm y B = 20-40 cm. Resultados del análisis de Suelo en Tabla 1.

Tabla 1. Análisis de suelo.

Determinación	Método	0-20 cm	20-40 cm
Materia Orgánica	Walkley y Black	5,35 %	
Nitratos	Diazotación con SNEDD	35 ppm	41 ppm
pH	Potenciometría	6,05	
Fósforo Asimilable	Bray I	20 ppm	30 ppm
Cond Eléctrica	Conductimetría	0,12 mmhos/cm	
Humedad	Estufa	19,1 %	21,9 %

Antes de que el cultivo de soja cerrara el surco, se procedió a realizar la pulverización con glifosato (Foto 9). La población de malezas se encontraba en estado vegetativo y excelentes condiciones de receptividad. Se empleó la Escala de Zadoks (RIAN, 2009) para definir más precisamente el estado fenológico en el que se encontraban los ejemplares de malezas en el momento de aplicación del herbicida. La mayor parte de la población existente se encontraba en estado de macollaje Z 22 y Z 23 (un tallo principal y dos macollos; un tallo principal y tres macollos; respectivamente). La aplicación se llevó a cabo el 15 de diciembre a las 13:30 hs con una dosis de 3 L ha⁻¹ de Glifosato Zamba® (1.08 kg ha⁻¹ de equivalente ácido) (Foto 10) con 60 L ha⁻¹ de agua. Las condiciones ambientales del día fueron: 5 km h⁻¹, humedad 80-75 %, temperatura 25 °C. Para la labor se empleó una maquina PLA MAP II 2850 (año 2010), ancho de labor 25 m, con pastilla cono hueco, presión 3,5 bar (kg cm⁻²). Las pasadas de glifosato se realizaron con una velocidad de avance de 16 km h⁻¹ en forma perpendicular a los surcos y siguiendo el diagrama de ensayo.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias



Foto 9. Aplicación de glifosato.



Foto 10. Bidón del glifosato empleado.

Fuente: Magdalena Calderón.

Con el objeto de realizar evaluaciones de control visual del comportamiento de los ejemplares en las sub-parcelas de muestreo, se volvió al lote 12 días después de la aplicación (12 DDA) (27/12/12). Con respecto al muestreo, se procedió de la misma manera que para la identificación y recuento pre aplicación. En este caso, se observó, en las parcelas en las que se aplicó el herbicida, qué malezas murieron con la aplicación de glifosato y qué malezas no murieron. Según la recomendación de la Dra. Luz Zapiola, se elaboró una escala de 1 a 4 con el fin de clasificar los estados de susceptibilidad o resistencia al herbicida de los ejemplares, correspondiendo 1 a maleza totalmente viva, 2 media viva, 3 media muerta y 4 totalmente muerta. Para las especies que fueron susceptibles al herbicida o mostraron algún grado de susceptibilidad, se colocaron banderines en las parcelas sin glifosato con el objeto de recolectar las semillas.

Con anterioridad a la cosecha mecánica (4 de marzo de 2013) del cultivo, se colectaron las semillas de las especies, poniéndolas en sobres rotulados y llevadas a FCA (Foto 11).



Foto 11. Sobres con semillas colectadas.

Fuente: Magdalena Calderón.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

La cosecha manual del cultivo se realizó el 6 y 7 de abril de 2013 en un área de 2 m² dentro de las parcelas (Foto 14). Dentro de las micro-parcelas se hizo el conteo de plantas de soja y malezas. Seguidamente, se cortaron todas las plantas de malezas en la base del área y se colocaron en bolsas de papel-madera rotuladas y taradas previamente (Foto 12). De la misma manera, se cosechó la totalidad de las plantas de soja de las micro-parcelas (Foto 13).

Luego, se pesaron las muestras de plantas de soja y las muestras de plantas de malezas (Foto 15 y 16). Las muestras de malezas se enviaron a laboratorio para secarlas a estufa, mientras que las muestras de soja se secaron al sol (Foto 17), ambos para calcular la materia seca.



Foto 12. Muestra de malezas.



Foto 13. Muestra de plantas de soja.



Foto 14. Micro-parcela ya cosechada.



Foto 15. Pesado de muestra de malezas.



Foto 16. Pesado de muestra de plantas de soja.



Foto 17. Secado de plantas de soja al sol.

Fuente: Magdalena Calderón.

La culminación del secado de las plantas de soja fue a los 10 días posteriores a la cosecha manual. El 22 de abril 2013 se llevaron las muestras de soja a INTA Paraná y se trillaron con una trilladora estacionaria automotriz marca Wintersteiger (Foto 18). Las semillas se colocaron en bolsas de nylon rotuladas y taradas previamente y se pesaron para obtener rendimiento (Foto 19). Luego se contaron 300 granos por



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

muestra para la obtención del dato de peso de 1000 granos. La humedad del grano fue de 9,5 % (Foto 20).

Por último, con los datos obtenidos del ensayo se efectuó el análisis estadístico.



Foto 18. Trilladora estacionaria.



Foto 19. Pesado de semillas



Foto 20. Medición de humedad de semillas

Fuente: Magdalena Calderón.

RESULTADOS

Relevamiento de Malezas

En el estado de V4 de la soja, se realizó la identificación y recuento de malezas existentes en las 24 sub-parcelas del ensayo (Foto 21) siguiendo el Diagrama 1. Se pudo observar que la totalidad de las especies relevadas fueron pertenecientes a la familia Gramíneas. La población general de malezas del lote del ensayo estuvo constituida por 3 especies botánicas, contando con una destacada frecuencia de la especie *Echinochloa colona* (Foto 22), la cual mostró una densidad media de casi 12 pl m⁻² (Gráfico 1), seguida por las poblaciones con menos ejemplares relevados, las cuales fueron *Digitaria sanguinalis* (Foto 23) y *Urochloa platyphylla* (Foto 24), las cuales mostraron densidades muy bajas: 0,22 y 0,33 pl m⁻², respectivamente (Gráfico 1).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias



Foto 21. Vista general del ensayo desde la parcela 1 sin glifosato.



Foto 22. Ejemplar de *Echinochloa colona* en estado vegetativo.



Foto 23. Ejemplar de *Digitaria sanguinalis* en estado vegetativo.



Foto 24. Ejemplar de *Urochloa platyphylla* en estado vegetativo.

Fuente: Magdalena Calderón.

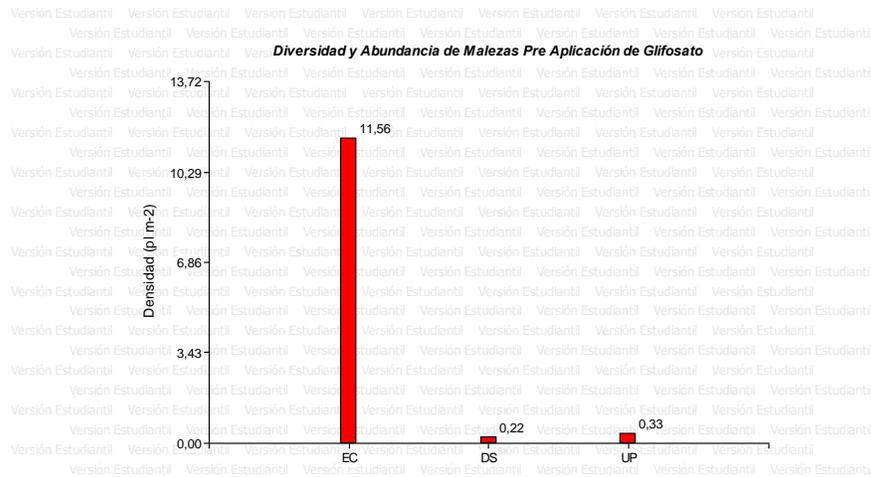


Gráfico 1. EC: *Echinochloa colona*, DS: *Digitaria sanguinalis*, UP: *Urochloa platyphylla*.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Relevamiento de Malezas Posterior a la Aplicación de Glifosato

Se efectuó el relevamiento con el objeto de observar la respuesta a glifosato de las malezas presentes en el lote (Foto 25). La densidad general de malezas fue en promedio de 5 pl m⁻² para el lote relevado. La especie *D. sanguinalis* se mostró en el estado de viva (Foto 26) y *U. platyphylla* en el estado de muerta (Foto 29), ambas en una densidad de 8 pl m⁻² (Gráfico 2).

En cuanto a *E. colona*, se presentó en todos los estados, siendo predominante la participación de la misma en el estado de media viva (Foto 27) con 28 pl m⁻² seguida por el estado de muerta con 16 pl m⁻², estado de media muerta (Foto 28) con 13 pl m⁻² y 8 pl m⁻² para el estado viva (Gráfico 2). Se debe aclarar que estas densidades fueron calculadas entre las sub-parcelas en las que estuvieron presentes las especies.



Foto 25. Vista general del ensayo desde las parcelas sin glifosato.



Foto 26. Ejemplo de maleza "viva".



Foto 27. Ejemplo de maleza "media viva".



Foto 28. Ejemplo de maleza "media muerta".



Foto 29. Ejemplo de maleza "muerta".

Fuente: Magdalena Calderón.

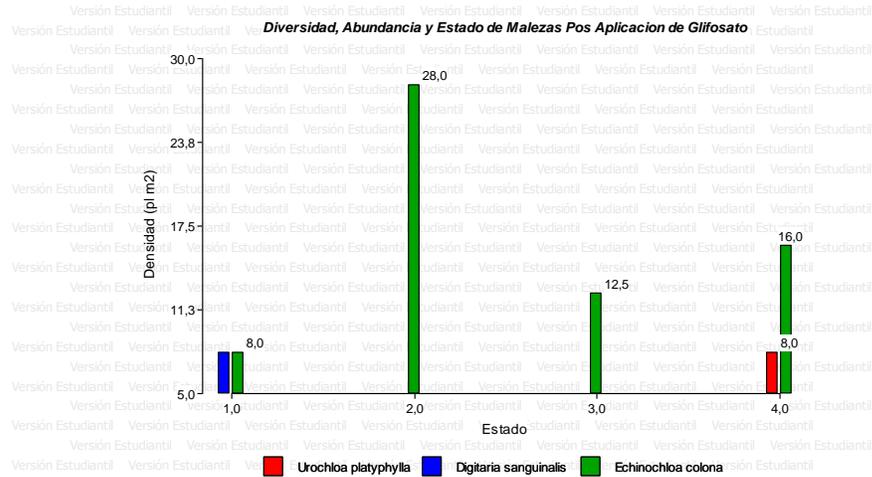


Gráfico 2. Estado 1: “viva”; Estado 2: “media viva”; Estado 3: “media muerta”; Estado 4: “muerta”.

Parámetros Cuantitativos a Cosecha

Además de los datos poblacionales obtenidos en el relevamiento, en la Tabla 2 están reunidas las variables cuantitativas estudiadas en el ensayo en el momento de la cosecha.

Tabla 2. Biomasa y Materia Seca de Malezas ante Tratamiento de Inoculación. Biomasa, Materia Seca y Rendimiento de Soja ante Tratamientos de Inoculación y Glifosato.

Tratamiento	Descripción de Tratamiento	Malezas Biomasa kg ha ⁻¹	Malezas Materia Seca %	Soja Biomasa kg ha ⁻¹	Soja Materia Seca %	Soja Rendimiento kg ha ⁻¹
0 SG	Testigo Sin Inoculante, Sin Glifosato	896,3	27	5234	61,7	2642
0 CG	Testigo Sin Inoculante, Con 3 L ha ⁻¹ de Glifosato	0	0	5646	61,1	2704
1 SG	Inoculado con <i>Bradyrhizobium japonicum</i> cepa E109, Sin Glifosato	716,3	26,5	5346	62,2	2993
1 CG	Inoculado con <i>B. japonicum</i> cepa E109 Con 3 L ha ⁻¹ de Glifosato	0	0	4965	60,1	2413
2 SG	Inoculado con <i>B. japonicum</i> cepa E109 y co-inoculado con <i>Pseudomonas fluorescens</i> , Sin Glifosato	1435	26,1	4834	58,8	2677
2 CG	Inoculado con <i>B. japonicum</i> cepa E109 y co-inoculado con <i>P.</i>	0	0	5465	63,6	2850



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

fluorescens, Con 3 L
ha⁻¹ de Glifosato

p-value	Glifosato		0,19	0,64	0,62	0,8	0,69
	Inoculante	Glifosato*Inoculante					
n			12	12	24	24	24
CV			51,6	10,4	20,3	11,5	26,4
DMS p=0,05			837,7	4,51	1580,4	10,5	1064,4

No se observó efecto del inoculante como responsable del mayor sombreado sobre la biomasa de malezas, pero las sub-parcelas inoculadas presentaron una disminución en un 20% sobre las no tratadas. Mientras que las co-inoculadas, la biomasa de malezas tuvo un incremento en 60% (Gráfico 3).

No obstante, se debe aclarar que estas diferencias fueron estadísticamente no significativas.

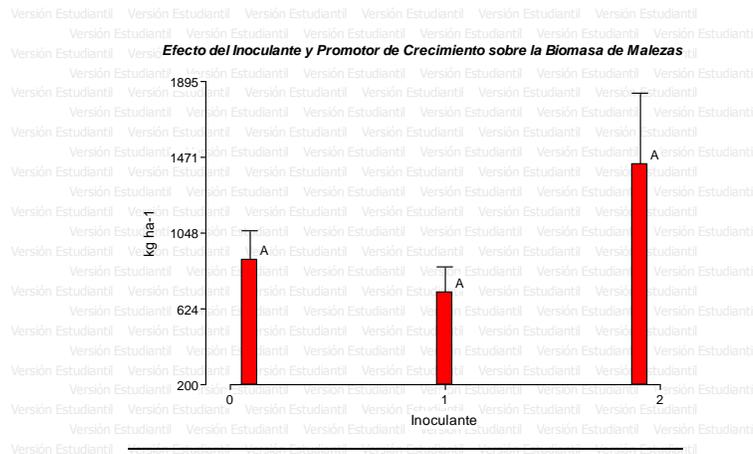


Gráfico 3.

No se observaron diferencias significativas entre las sub-parcelas de soja no inoculadas y las inoculadas sobre el porcentaje de materia seca. Tampoco se vio efecto de la co-inoculación sobre el porcentaje de materia seca de malezas. Se observó una disminución en un 2% y en 3% para los tratamientos de inoculación y co-inoculación respectivamente (Gráfico 4).

Cabe aclarar que para las variables biomasa y materia seca de malezas no se empleó el modelo estadístico mencionado, pues si bien a los 12 DDA los ejemplares de malezas presentaron diversos grados de susceptibilidad al glifosato, no sobrevivieron al momento de la cosecha, no contando con estos datos.

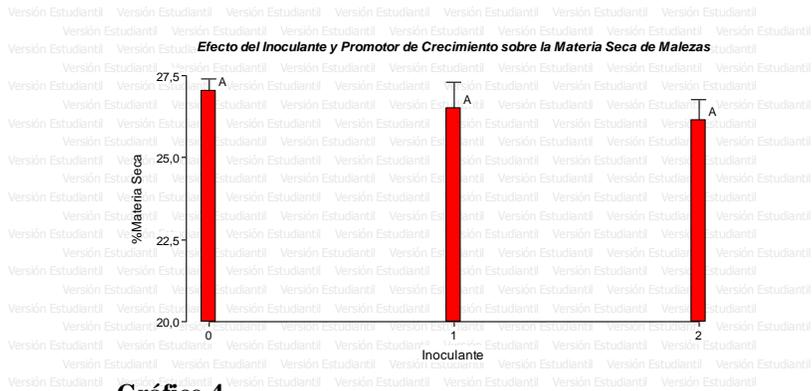


Gráfico 4.

El análisis tampoco mostró diferencias significativas para la biomasa de soja. Para las sub-parcelas no tratadas con glifosato, la inoculación generó un 2% más de biomasa que el testigo no inoculado, seguida por un 8% para las co-inoculadas. Mientras que para las sub-parcelas a las que se aplicó el herbicida, el tratamiento de inoculación generó un 12% menos de biomasa y para las co-inoculadas la biomasa fue de 3% menos que las sub-parcelas testigo (Gráfico 5).

En cuanto al efecto del glifosato, la aplicación del herbicida mostró un 8% de aumento para las sub-parcelas sin inocular. Para las sub-parcelas tratadas, se observó un 7% menos de biomasa de soja para las inoculadas y un 13% de aumento para las co-inoculadas con respecto al testigo sin inocular (Gráfico 5).

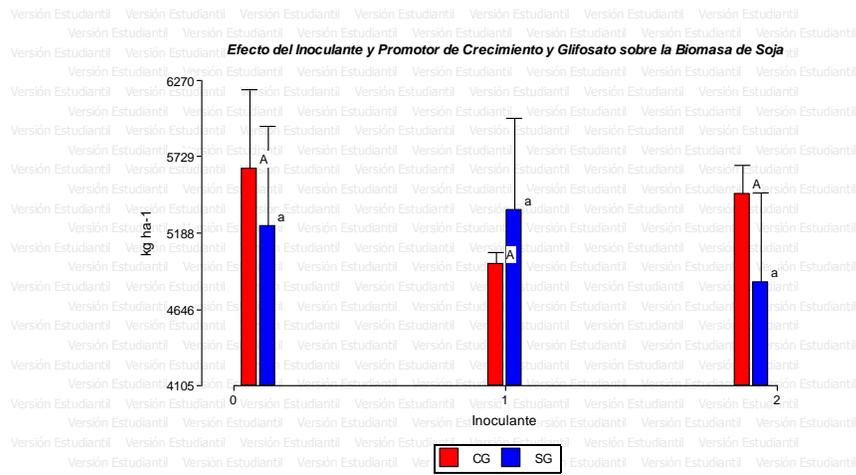


Gráfico 5.

No hubo efecto del inoculante en la materia seca de soja entre las sub-parcelas sin glifosato, pero numéricamente, el aumento fue de 2%. La co-inoculación tampoco generó un efecto sobre la materia seca de soja entre las sub-parcelas sin glifosato. Se observó un 5% menos de materia seca de soja. Para las sub-parcelas tratadas con



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

glifosato, se obtuvieron 2% de disminución y 4% de aumento de materia seca con respecto a las no inoculadas.

Para la materia seca de soja, no se observaron diferencias en la aplicación de glifosato en las sub-parcelas no inoculadas. Entre las sub-parcelas tratadas con el inoculante, se observó un 3% menos de materia seca para las tratadas con herbicida. Entre las co-inoculadas, se vio un 8% más de materia seca en las tratadas con glifosato con respecto a las sub-parcela sin el herbicida (Gráfico 6). Estas diferencias fueron no significativas en el análisis estadístico.

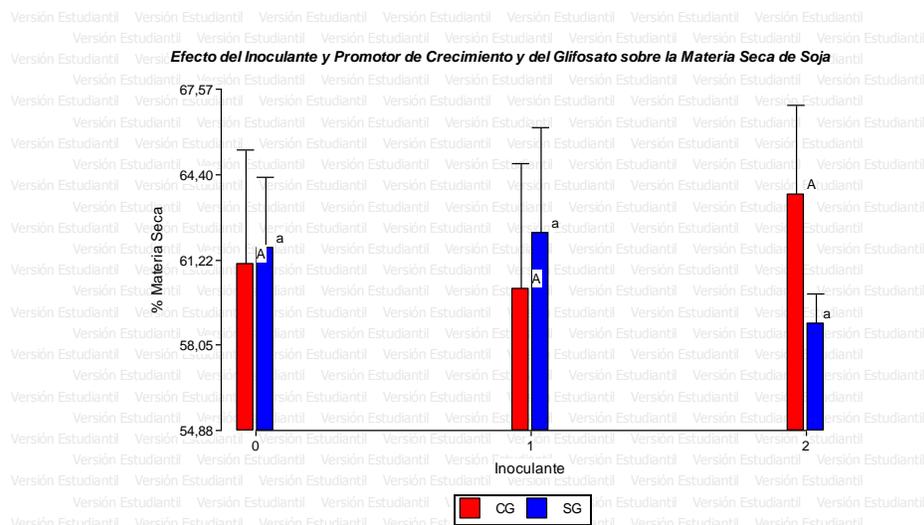


Gráfico 6.

En cuanto al rendimiento de soja, tampoco hubo efectos significativos de los tratamientos de inoculación y glifosato. Las sub-parcelas inoculadas mostraron un 13% mayor de rendimiento con respecto a las no inoculadas, entre las sub-parcelas sin glifosato. Las diferencias entre el tratamiento de co-inoculación y no inoculadas no fueron numéricamente significativas. Para las sub-parcelas con glifosato, se vio una disminución del 11% entre la inoculada con respecto a la no inoculada y un aumento del 5% entre la co-inoculada y la testigo.

Para las sub-parcelas sin inocular, la aplicación de glifosato generó un 2% de aumento en el rendimiento con respecto a las no tratadas. En el caso de las inoculadas, se vio un 19% menos de rendimiento en las sub-parcelas en la que se aplicó glifosato con respecto a las sub-parcelas testigo. Las sub-parcelas a las que se les aplicó glifosato tuvieron un 6% más de rendimiento con respecto al testigo para las co-inoculadas (Gráfico 7).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

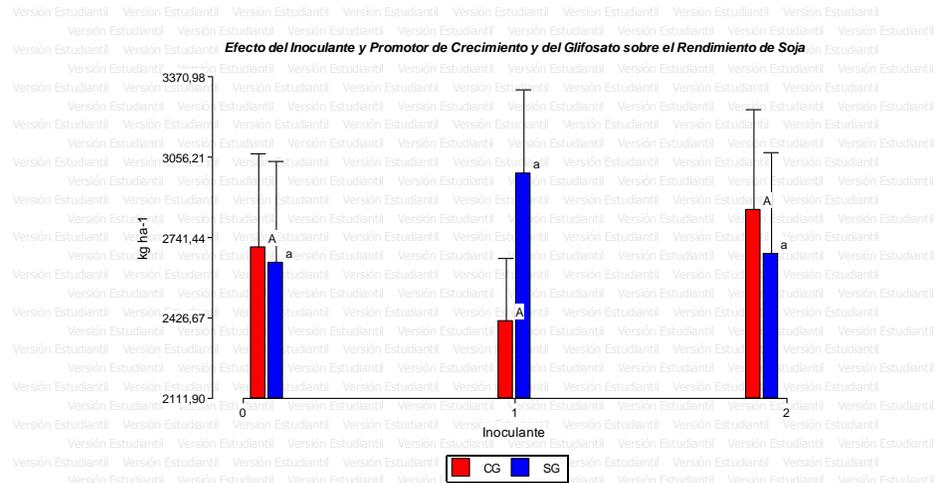


Gráfico 7.

DISCUSIÓN

Como estudio descriptivo de los datos observados durante el relevamiento de las especies de malezas presentes en “El Badén”, no se puede adjudicar precisamente ningún factor como influyente en la diversidad y abundancia de la población existente en el lote.

El relevamiento de malezas posterior a la aplicación de glifosato mostró que *E. colona* presentó todos los estados de respuesta a la aplicación de glifosato (“viva”, “media viva”, “media muerta” y “muerta”) pero el dato más relevante es la densidad de ejemplares de esta especie que se presentaron como “media viva” 12 DDA. Esto genera destacable atención para continuar con el estudio, tomando importancia la colección de semillas previa a la cosecha manual. De esta manera se podrá efectuar un estudio más detenido de la especie a dosis crecientes del herbicida para la obtención de una curva dosis respuesta que defina si se trata de un biotipo resistente a glifosato. En la provincia de Santa Fe, a partir de la campaña 2005/2006 se informaron algunos casos de poblaciones de *E. colona* con baja susceptibilidad a glifosato aplicado en dosis estándar de 720 a 1080 g.e.a. ha⁻¹ (2 a 3 l ha⁻¹ de glifosato L.S. 360 g.e.a. l⁻¹). También se ha informado de casos sospechosos en las provincias de Santiago del Estero y Tucumán (Papa *et al.*, 2010a). Un experimento en condiciones de campo sobre plantas en condiciones óptimas de receptividad en Clucellas, Santa Fe en 2008, permitió determinar la presencia de poblaciones fuertemente sospechosas de ser resistentes a glifosato, y luego de efectuar la curva respuesta dosis comparando un biotipo sensible y uno resistente, dio como resultado menos de 80-90% de control con 16 l ha⁻¹ (com. pers. J. C. Papa, septiembre 2013). Estos antecedentes, generan aún mayores sospechas de que el biotipo encontrado en el relevamiento de este estudio, se trate de biotipos de baja susceptibilidad.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Si bien no se han detectado casos sospechosos de resistencia a glifosato, y por consiguiente no se hallan estudios sobre *D. sanguinalis* y *U. platyphylla*, se puede mencionar el caso de una especie del mismo género que *U. Platyphylla*, *U. panicoides*, ya confirmada como resistente a glifosato en Australia en el año 2008 (Villalba, 2009) y altamente sospechosa como tal en nuestro país: en la campaña 2010/2011 se informaron escapes a glifosato en la provincia de Tucumán (AAPRESID, 2013d). Asimismo, los ejemplares de la especie *D. sanguinalis* se presentaron en estado de viva, por lo que merece atención. Nuevamente, un estudio que logre realizar una curva de dosis respuesta de biotipos susceptibles y resistentes podría confirmar una posible resistencia de esta gramínea a glifosato.

La hipótesis de que la superioridad en el desarrollo del cultivo de soja debido a la presencia del inoculante y promotor de crecimiento generara un efecto en la biomasa aérea de la población de malezas, no se pudo comprobar. Las variables kg ha⁻¹ y % de materia seca ante la acción del inoculante como influyente en el desarrollo del cultivo y por consiguiente responsable de un mayor sombreado sobre la población de malezas, se comportó de forma positiva, pues si bien las diferencias no eran significativas, tuvieron una tendencia decreciente ante la presencia del inoculante, lo que indica que el inoculante generó una inferioridad indirecta en el desarrollo de las malezas, traduciéndose en un efecto positivo de desarrollo del cultivo. Para la co-inoculación con *P. fluorescens* los resultados son más difíciles de explicar, pues la biomasa aérea de malezas aumentó y la materia seca disminuyó en menor medida, sin ser significativas las diferencias.

Para las variables de soja tampoco se obtuvieron los resultados esperados ni diferencias significativas entre los promedios de las sub-parcelas. Los tratamientos de inoculación y promotor de crecimiento no generaron efecto en la biomasa de soja. Igualmente, se obtuvieron resultados positivos ya que para los dos tratamientos, los promedios de biomasa fueron superiores a las no inoculadas cuando no se aplicó glifosato. La tendencia en el caso de las sub-parcelas a las que se les aplicó glifosato fue inversa: ambos generaron menor biomasa de soja, siendo la disminución mayor para las inoculadas. La presencia de malezas, es decir las sub-parcelas a las que no se aplicó glifosato, no interfirió en la generación de mayor biomasa aérea de las plantas de soja. El efecto generado por el glifosato entre las sub-parcelas testigo y las co-inoculadas fue positivo, aunque sin diferencias significativas: se obtuvieron aumentos en la generación de biomasa de soja debidas a la ausencia de malezas por la acción del herbicida. La respuesta del glifosato en las sub-parcelas inoculadas fue inversa: los promedios de biomasa de soja fueron inferiores a las sin inocular.

En cuanto a la materia seca de soja, sólo se vieron resultados positivos en el inoculado del cultivo en las sub-parcelas sin glifosato y en la co-inoculación en las parcelas con glifosato, siendo negativos para los demás tratamientos. Nuevamente, la



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

densidad de malezas presentes no generó efecto en la materia seca del cultivo de soja en las primeras situaciones. Sólo entre las sub-parcelas co-inoculadas se observó un aumento en la materia seca de soja cuando se aplicó glifosato, debiéndose este incremento a la supresión de malezas.

Con respecto al rendimiento de soja ante el inoculante y promotor de crecimiento, ya se obtuvieron resultados similares a los de este estudio anteriormente. En un estudio realizado en la campaña 2010/2011 en la provincia de Buenos Aires, el inoculante con *B. japonicum* y *P. fluorescens* como promotor de crecimiento no tuvieron efecto significativo sobre el rendimiento de soja, aunque numéricamente, se obtuvieron efectos positivos (Fiqueni *et al.*, 2011). En este estudio, los rendimientos para las sub-parcelas inoculadas generaron mayor rendimiento.

La inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno *B. japonicum* permite fijar nitrógeno del aire posibilitando que la planta lo utilice y, si se lo complementa con un promotor de crecimiento como *P. fluorescens* presentaría efectos benéficos como aumento de rendimiento (Fiqueni *et al.*, 2011).

El efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas y, como consecuencia, en el rendimiento del cultivo de soja, tampoco mostró resultados significativos. En las sub-parcelas testigo y en las que se aplicó el promotor de crecimiento, se observó un incremento en el rendimiento de soja debido a la menor competencia de malezas por haber estado las sub-parcelas sometidas a la acción del glifosato y su consiguiente supresión de malezas. Es oportuno mencionar nuevamente que, si bien los ejemplares de malezas presentaron diversos estados de susceptibilidad a la dosis de herbicida empleada 12 DDA, al momento de cosecha, no sobrevivió dicha población que inicialmente se había mostrado con cierta baja susceptibilidad a glifosato. En las sub-parcelas inoculadas el rendimiento de soja fue negativo: disminuyó con respecto a las que no se aplicó glifosato. Este efecto tampoco fue significativo.

CONCLUSIONES

Finalizando este estudio, se concluye que el estudio de la población de malezas existente en el lote de “El Badén” presentó ejemplares pertenecientes a la familia botánica Gramíneas en su totalidad y, dentro de ellas, gran participación de ejemplares de *Echinochloa colona* que predominó sobre las especies *Digitaria sanguinalis* y *Urochloa platyphylla*, las que se presentaron en muy bajas densidades.

Con respecto al efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas se concluye que los ejemplares de *D. sanguinalis* y *E. colona* presentaron baja susceptibilidad a la aplicación de 3 L ha⁻¹ del herbicida, poseyendo esta última



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

antecedentes en el país de resistencia y generando altas probabilidades de que también, en este caso, se trate de un biotipo resistente. Un estudio complementario de evaluación de respuesta de *D. sanguinalis* y *E. colona* a crecientes dosis de glifosato, confirmaría esta conclusión. *U. platyphylla* no presentó indicios de baja susceptibilidad, si no que fue bien controlada por el herbicida.

Estas observaciones son de suma utilidad para que los productores y técnicos de la zona sur de la provincia de Entre Ríos cuenten con información sobre la constitución de la población de malezas presentes en cuanto a su diversidad y abundancia y antecedentes de respuesta a glifosato. De esta manera, disponen de mayores herramientas a la hora de definir el manejo de malezas.

Debe considerarse que el muestreo presentó ciertos inconvenientes en cuanto a la obtención de datos de densidad de malezas, es por ello que no se efectuó una evaluación comparativa de densidades de malezas pre y pos aplicación de glifosato. El relevamiento se llevó a cabo en sub-parcelas mediante tiros al azar de un cuadrante, obteniéndose mayores densidades en las muestras posteriores a la aplicación del herbicida debidas al azar. Habiendo aplicado el herbicida, las respuestas esperadas posteriores a la aplicación hubiesen sido de menores densidades en el caso de que el glifosato hubiese generado un efecto en la población de malezas, o densidades iguales en el caso de que el herbicida no hubiese generado efecto en las malezas presentes. Se concluye que el muestreo debería haberse efectuado en la totalidad del área de las micro-parcelas muestreadas.

Por los problemas mencionados y observando estudios de resistencia a herbicidas de varios autores (Ustarroz *et al.*, 2011; Metzler *et al.*, 2011; Papa *et al.*, 2010b), para trabajos futuros de investigación se sugieren algunas modificaciones en cuanto a la metodología a seguir para efectuar las mediciones. Una propuesta sería la siguiente: establecer parcelas de 3 m de ancho x 5 m de longitud con 3 repeticiones de cada tratamiento; dentro de cada parcela no se aplica glifosato en una franja lateral de 1 m de ancho, correspondiente al testigo, quedando 2 m de ancho para las evaluaciones visuales de control del herbicida comparando y midiendo el porcentaje de control. Las evaluaciones a realizar serían a los 0, 7, 21 y 42 DDA. Para calcular el porcentaje de control del herbicida (0-100%), se evaluaría visualmente la cobertura de la/s maleza/s del área aplicada comparándola con la cobertura de la/s maleza/s del área no aplicada de la parcela testigo adyacente. Por otro lado, en cada momento se evaluaría también el estadio de crecimiento de la maleza y la altura o el diámetro según el hábito de crecimiento de cada maleza.

Como conclusión de las evaluaciones para determinar el impacto indirecto de la presencia del inoculante y promotor de crecimiento en el cultivo de soja sobre la población de malezas, se afirma que no se observó la superioridad en el desarrollo del cultivo que se planteaba en la hipótesis.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Por último, se concluye también que la presencia de las malezas no generó efecto sobre los parámetros biomasa y materia seca de soja evaluados en el cultivo. En cuanto al rendimiento de soja, se mostraron aquí resultados similares a estudios anteriormente efectuados sobre el inoculante y el promotor de crecimiento, sin diferencias de rendimiento en el cultivo de soja cuando se inoculó con *B. japonicum* y se co-inoculó con *P. fluorescens*.

Como conclusión final de este trabajo experimental, el descubrimiento de mayor relevancia es el hecho de haber encontrado muy baja susceptibilidad a glifosato en *E. colona*, pues hasta el momento no se han informado casos de sospechas o cierta posibilidad de que existan biotipos resistentes en la zona de Victoria.

Si se continúa empleando el glifosato de manera intensiva, es de esperar que continúe el incremento en la proporción de especies tolerantes en los agroecosistemas actuales, aumentando entonces la competencia al cultivo de malezas no controladas y consecuentemente comprometiendo la rentabilidad futura de estos sistemas de producción.

Es necesario que todos los actores que intervienen en el proceso productivo tomen conciencia de los problemas que se pueden generar a través del uso inadecuado de la tecnología. La utilización de un modo racional de gran variedad de herramientas de manejo disponibles permitirá prolongar su empleo en el tiempo y aumentar, en forma más sustentable, los actuales niveles de producción.



ANEXOS

Normalidad – QQ Plot

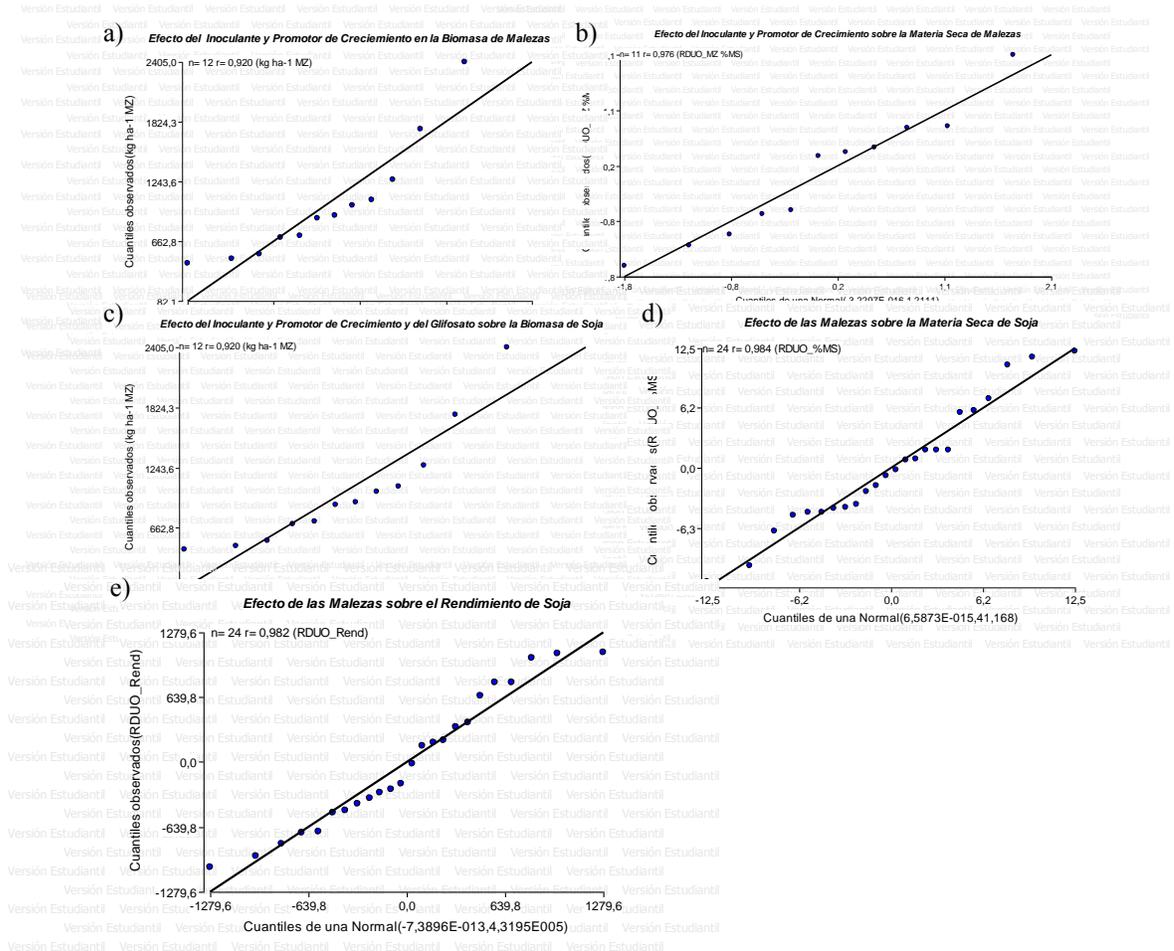


Figura 1. Gráficos de QQ Plot para: a) Biomasa de Malezas; b) Porcentaje de Materia Seca de Malezas; c) Biomasa de Soja; d) Porcentaje de Materia Seca de Soja; e) Rendimiento de Soja.

Normalidad – Shapiro-Wilks

Tabla 1. Prueba de Shapiro-Wilks para Biomasa de Malezas.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
kg ha ⁻¹ MZ	12	1015,83	571,07	0,85	0,0678

Los residuos para la variable Materia Seca de Malezas no se ajustaban a una distribución normal en la prueba de Shapiro-Wilks entonces se extrajo un valor



extremo de 35% de materia seca correspondiente al tratamiento 2 de inoculación. Se efectuó nuevamente la prueba y arrojó un $p=0,64$ ($>$ a $p=0,05$), lo cual indica que los residuos de % de materia seca de malezas se distribuyen normalmente.

Tabla 2. Prueba de Shapiro-Wilks para Materia Seca de Malezas.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
MZ %MS	11	26,58	1,16	0,94	0,6402

Tabla 3. Prueba de Shapiro-Wilks para Biomasa de Soja.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
kg ha ⁻¹ SJ	24	5248,33	983,36	0,93	0,2439

Tabla 4. Prueba de Shapiro-Wilks para Materia Seca de Soja.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
%MS	24	61,26	6,43	0,93	0,2799

Tabla 5. Prueba de Shapiro-Wilks para Rendimiento de Soja.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Rend	24	2713,03	659,86	0,92	0,1359

Homocedasticidad - Prueba de Levene

Tabla 6. Prueba de Levene para Biomasa de Malezas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO kg ha ⁻¹ MZ	12	0,00	0,00	sd

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Error	2468287,50	9	274254,17		
Total	2468287,50	11			

Tabla 7. Prueba de Levene para Materia Seca de Malezas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO MZ %MS	12	0,00	0,00	2,34756533540432E18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Error	71,75	9	7,97		
Total	71,75	11			

Tabla 8. Prueba de Levene para Biomasa de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO kg ha ⁻¹ SJ	24	0,00	0,00	192031972373686000,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	3	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Glifosato	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	21507239,58	20	1075361,98		
Total	21507239,58	23			

Tabla 9. Prueba de Levene para Materia Seca de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO %MS	24	1,6E-04	0,00	116924990657593000,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,15	3	0,05	1,1E-03	0,9999
Glifosato	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,15	2	0,08	1,6E-03	0,9984
Error	946,71	20	47,34		
Total	946,86	23			

Tabla 10. Prueba de Levene para Rendimiento de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO Rend	24	0,00	0,00	7,42663828743615E18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	3	0,00	0,00	>0,9999
Glifosato	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Error	9900848,63	20	495042,43		
Total	9900848,63	23			



Homocedasticidad – Box Plot

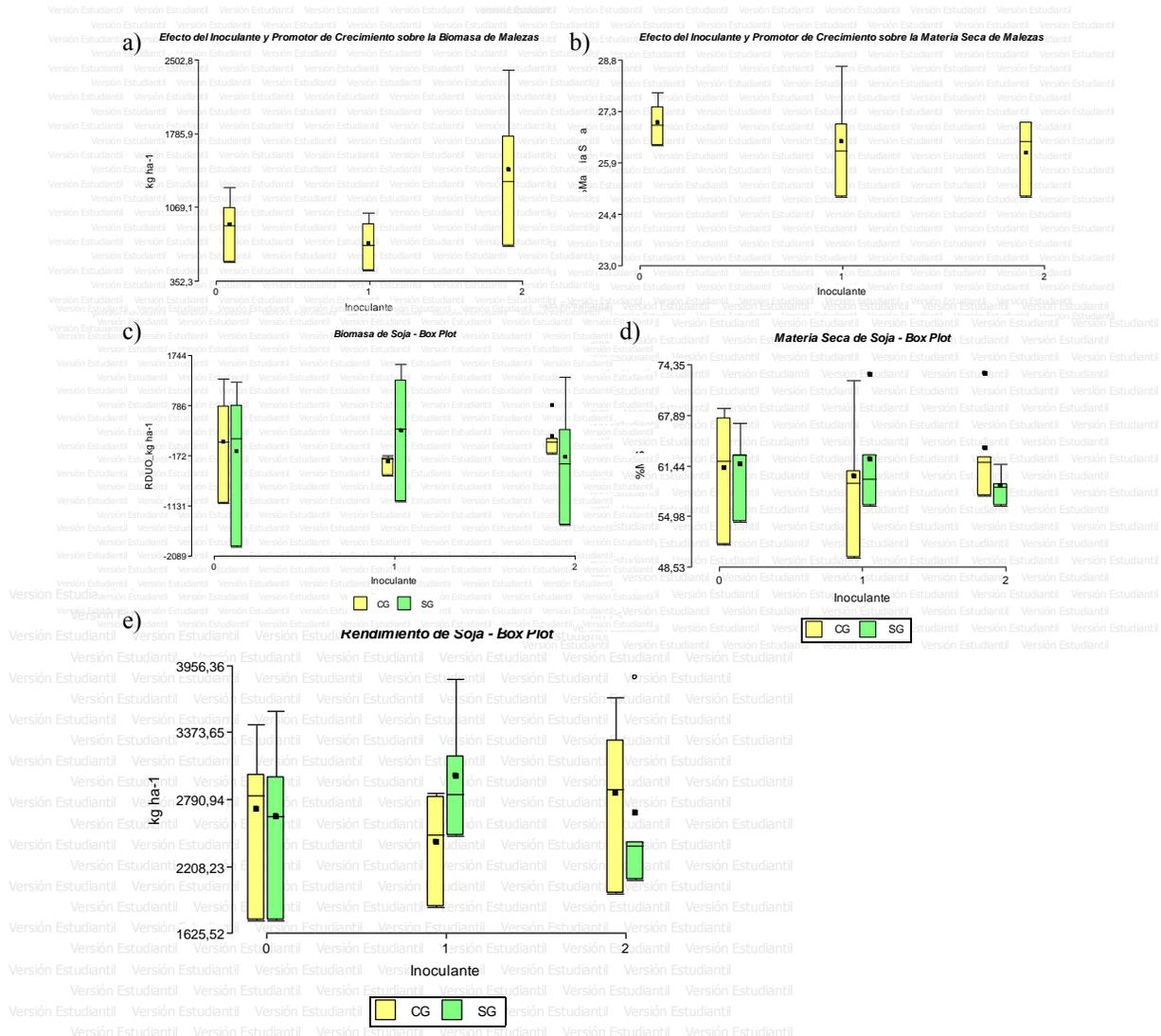


Figura 2. Gráficos de Box Plot para: a) Biomasa de Malezas; b) Porcentaje de Materia Seca de Malezas; c) Biomasa de Soja; d) Porcentaje de Materia Seca de Soja; e) Rendimiento de Soja.

ANOVA y Test de LSD Fisher

Tabla 11. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Biomasa de Malezas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kg ha ⁻¹ MZ	12	0,31	0,16	51,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1119004,17	2	559502,08	2,04	0,1859
Inoculante	1119004,17	2	559502,08	2,04	0,1859
Error	2468287,50	9	274254,17		
Total	3587291,67	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=837,69184

Error: 274254,1667 gl: 9

Inoculante	Medias	n	E.E.	
1,00	716,25	4	261,85	A
0,00	896,25	4	261,85	A
2,00	1435,00	4	261,85	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 12. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Porcentaje de Materia Seca de Malezas.
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MZ %MS	12	0,10	0,00	10,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,57	2	3,78	0,47	0,6368
Inoculante	7,57	2	3,78	0,47	0,6368
Error	71,75	9	7,97		
Total	79,32	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,51646

Error: 7,9722 gl: 9

Inoculante	Medias	n	E.E.	
1,00	26,47	4	1,41	A
0,00	27,01	4	1,41	A
2,00	28,36	4	1,41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 13. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Biomasa de Soja.
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kg ha ⁻¹ SJ	24	0,08	0,00	20,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1868958,33	5	373791,67	0,33	0,8881
Glifosato	292604,17	1	292604,17	0,26	0,6173
Inoculante	440989,58	2	220494,79	0,19	0,8247



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Glifosato*Inoculante	1135364,58	2	567682,29	0,50	0,6138
Error	20371875,00	18	1131770,83		
Total	22240833,33	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1580,42595

Error: 1131770,8333 gl: 18

Glifosato	Inoculante	Medias	n	E.E.	
SG	2,00	4833,75	4	531,92	A
CG	1,00	4965,00	4	531,92	A
SG	0,00	5233,75	4	531,92	A
SG	1,00	5346,25	4	531,92	A
CG	2,00	5465,00	4	531,92	A
CG	0,00	5646,25	4	531,92	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 14. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Materia Seca de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%MS	24	0,06	0,00	11,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	55,29	5	11,06	0,22	0,9481
Glifosato	3,00	1	3,00	0,06	0,8088
Inoculante	0,15	2	0,08	1,5E-03	0,9985
Glifosato*Inoculante	52,14	2	26,07	0,52	0,6006
Error	894,57	18	49,70		
Total	949,86	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,47287

Error: 49,6983 gl: 18

Glifosato	Inoculante	Medias	n	E.E.	
SG	2	58,85	4	3,52	A
CG	1	60,14	4	3,52	A
CG	0	61,07	4	3,52	A
SG	0	61,66	4	3,52	A
SG	1	62,21	4	3,52	A
CG	2	63,64	4	3,52	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 15. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Rendimiento de Soja.

Análisis de la varianza



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend	24	0,08	0,00	26,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	774805,79	5	154961,16	0,30	0,9054
Glifosato	79693,72	1	79693,72	0,16	0,6982
Inoculante	33912,42	2	16956,21	0,03	0,9676
Glifosato*Inoculante	661199,65	2	330599,83	0,64	0,5368
Error	9239648,98	18	513313,83		
Total	10014454,77	23			

—

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1064,35471

Error: 513313,8321 gl: 18

Glifosato	Inoculante	Medias	n	E.E.	
CG	1	2413,07	4	358,23	A
SG	0	2641,79	4	358,23	A
SG	2	2676,77	4	358,23	A
CG	0	2703,56	4	358,23	A
CG	2	2849,58	4	358,23	A
SG	1	2993,39	4	358,23	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

BIBLIOGRAFÍA

Citas de Libros

- MOLINA, A. *Malezas Argentinas*. Buenos Aires. Repunte Gráfica. Primera edición. Tomo 5. Febrero 2011.
- SATORRE, E., BENECH ARNOLD, R., SLAFER, G., DE LA FUENTE, E., MIRALLES, D., OTEGUI, M., SAVIN, R. *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. Buenos Aires. Editorial Facultad de Agronomía UBA. Primera Edición. Marzo 2003.
- SCURSONI, J. A. *Malezas. Concepto Identificación y Manejo en Sistemas Cultivados*. Buenos Aires, Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. Abril 2009.

Citas de Publicaciones

- BELLUCCINI, P.A., 2013. *La Aparición de Nuevas Malezas Tolerantes y Resistentes a Glifosato en la Región*. INTA.
- CONICET, 2009. *Evaluación de la información científica vinculada al glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente*. Informe. Comisión nacional de investigación sobre Agroquímicos decreto 21/2009. Consejo científico interdisciplinario creado en el ámbito del Consejo nacional de investigaciones científicas y Técnicas (Conicet).
- DELLAFERRERA, I., ACOSTA, J.M., CAPELLINO, P., AMSLER, A., 2009 *Relevamiento de malezas en cultivos de soja en sistema de siembra directa con glifosato del departamento Las Colinas (Provincia de Santa Fe)* Revista FAVE - Ciencias Agrarias.
- DE LA VEGA, M., 2011. *Resistencia de Malezas a Herbicidas*. Revista Especial Maleza. Aapresid.
- DI RIENZO, J. A.; F. CASANOVES, M. G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA & C. W. ROBLEDO. 2009. InfoStat, versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- GHERSA, C.M., FERRARO, D.O., 2011. *Algunos aspectos acerca de la aparición de resistencia a herbicidas en poblaciones de malezas*. Revista Especial Maleza. Aapresid.
- GONZÁLEZ FIQUENI, M.F.; DURMAN, S.; MERETTI, E.; PUEYO, M.; VACCA, M.; BOSCO, T., 2011. *Co-inoculación en soja: Efectos sobre Nodulación, Crecimiento y Rendimiento*.
- HEAP, I., 2011. *Las Peores Malezas Mundiales Resistentes a Herbicidas*. Revista Especial Maleza. Aapresid
- LEGUIZAMÓN, E. D., 2007. *El Manejo de Malezas: Desafíos y Oportunidades*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

- LÓPEZ ANIDO, P., 2011. *Malezas Resistentes; Alarma sobre un problema creciente*. Revista Especial Maleza. Aapresid.
- METZLER, M. J., PURICELLI, E., PELTZER, H. F., 2011. *Control de Conyza ssp. (rama negra) en barbecho de soja con glifosato en mezcla con herbicidas residuales y de contacto*. Actualización Técnica en Soja. EEA INTA Paraná.
- PAPA, J.C., FELIZA, J.C., 2001. *Malezas Tolerantes a Herbicidas Iresine diffusa*.
- PAPA, J. C., TUESCA, D., PONSÁ, J. C., PICAPIETRA, G., 2012. *Confirmación de la resistencia a glifosato en un biotipo de raigrás anual (Lolium multiflorum lam.) del noreste de la provincia de Buenos Aires*.
- PAPA, J. C., TUESCA, D., 2013. *Los Problemas Actuales de Malezas en la Region Sojera Nucleo Argentina: Origen y Alternativas de Manejo*. Centro Regional Santa fe. EEA INTA Oliveros.
- PAPA, J.C., TUESCA, D., BACIGUALUPPO, D., 2010a. *Detección reciente en la provincia de Santa Fe de Biotipos de E. colona sospechosos de presentar resistencia a glifosato*.
- PURICELLI, E., TUESCA, D., FACCINI, D., NISENSOHN, L., VITTA, J.I., 2005. *Análisis en los Cambios de la Densidad y Diversidad de Malezas en Rotaciones con Cultivos Resistentes a Glifosato en Argentina*.
- RAINERO, H. P., 2008 *Problemática del manejo de malezas en sistemas productivos*. Boletín de Divulgación Técnica N°3. EEA Manfredi.
- PAPA, J. C., TUESCA, D., NISENSOHN, L., 2010b. *Control tardío de rama negra (Conyza bonariensis) y peludilla (Gamochaeta spicata) con herbicidas inhibidores de la protoporfirin-IX-oxidasa previo a un cultivo de soja*. Para mejorar la producción. EEA INTA Oliveros.
- USTARROZ, D., PURICELLI E., RAINERO, H., BELLON, D., 2010 *Control de rama negra (Conyza bonariensis) Cronq. con glifosato en distintos estados de desarrollo de la maleza*. Agromensajes UNR.
- USTARROZ, D., MAZZINI, P., RAINERO, H., 2011. *Control químico de Cynodon hirsutus "gramilla mansa"* Cartilla Digital EEA INTA Manfredi
- VILLALBA, A., 2009. *Resistencia a herbicidas. Glifosato*. Ciencia, docencia y tecnología n° 39 Concepción del Uruguay, noviembre 2009.
- VITTA, J., TUESCA, D., PURICELLI, E., 2002. *El Uso Masivo de Glifosato en la Región: ¿Hay una Disminución en la Diversidad de Malezas?* Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.

Citas de Internet

- AAPRESID, 2013a. <http://www.aapresid.org.ar/rem/echinochloa-colona-una-maleza-muy-danina/> *Echinochloa colona: una maleza muy dañina*.
- AAPRESID, 2013b. <http://www.aapresid.org.ar/rem/malezas-para-estar-alerta/> *Malezas para estar Alerta*.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

AAPRESID, 2013c. <http://www.aapresid.org.ar/rem/malezas-resistentes-como-capitalizar-la-experiencia-estadounidense/> *Malezas Resistentes, ¿Cómo capitalizar la experiencia estadounidense?*

AAPRESID, 2013d. <http://www.aapresid.org.ar/rem/689/> *Urochloa panicoides*.

Dow AgroSciences, 2013. *Tolerancia de las malezas al glifosato*.

http://www.dowagro.com/ar/herbicidas/barbecho/malezas_tolerantes.htm

Monsanto, 2008. <http://www.monsanto.com/global/ar/productos/documents/guia-tecnologica-final.pdf> *Manejo de Resistencia de las Malezas*. Guía de Uso de las Tecnologías. Monsanto imagine. Páginas 10, 11 y 12.

Red de Información Agropecuaria Nacional (RIAN) INTA, 2009.

http://rian.inta.gov.ar/agronomia/Manual_Trigo.pdf *Trigo. Manual de campo*. Página 13.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Agradezco a Dios porque su luz Divina fue imprescindible para confiar y que se concluyan estos años de carrera.

Agradezco a mis amados padres y hermano, y a otros afectos tan importantes para mí, por su apoyo incondicional y permanente durante toda mi carrera.

Agradezco inmensamente a la Ingeniera Agrónoma Inés Cecilia Daverede, tutora de mi Trabajo Final de Graduación por su compromiso, su valiosísima colaboración, su orientación, dedicación y constante enseñanza durante el desempeño de este trabajo.

Agradezco enormemente a mi corrector, Ingeniero Agrónomo Ricardo Nicolás Paglione por sus sugerencias y aportes en el trabajo.

Agradezco a la familia Risso por permitirme efectuar el ensayo en “El Badén” y a mi amigo Emilio Ros por darme la oportunidad de trabajar juntos.

Agradezco a mis amigos de toda la vida, a mis amigos de la facultad y a mis amigos del Círculo por su acompañamiento y apoyo de siempre, y porque que de una u otra forma fueron parte de mis logros.

Por último, no puedo dejar de estar infinitamente agradecida con mi prima Paula, con quien compartí cada momento de la carrera.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

RESUMEN

La problemática del surgimiento de resistencia y tolerancia de malezas a glifosato es un fenómeno que se ha incrementado en los últimos años de forma vertiginosa como resultado del mal uso de las tecnologías disponibles. Los objetivos de este trabajo fueron i. relevar la población de malezas presente en un cultivo de soja, ii. determinar el efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas, iii. evaluar el impacto indirecto del inoculante *Bradyrhizobium japonicum* y el promotor de crecimiento *Pseudomonas fluorescens* en el cultivo de soja sobre la población de malezas y iv. determinar el efecto de la presencia de malezas sobre el cultivo de soja. El ensayo se efectuó en Victoria, Entre Ríos, mediante un diseño estadístico de Parcelas Divididas en Bloques Completos Aleatorizados con 4 repeticiones y 6 tratamientos (sin inoculante y sin glifosato, con inoculante *B. japonicum* y sin glifosato, con co-inoculante *B. japonicum* + *P. fluorescens* y sin glifosato, sin inoculante y con glifosato, con inoculante *B. japonicum* y con glifosato, con co-inoculante *B. japonicum* + *P. fluorescens* y con glifosato), realizándose las mediciones en 24 sub-parcelas. Antes de la siembra, se procedió a inocular con 24 cc de inoculante BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109) y 24 cc BIAGRO Prosol (*P. fluorescens*) cada 8 kg de semilla según los tratamientos. La siembra se realizó en directa a 52 cm entre surco y 24 semillas m⁻¹ lineal. En el estado V4, se efectuó el relevamiento de malezas, contando e identificando los ejemplares encontrados mediante un cuadrante muestreador y antes que el cultivo cerrara el surco, se realizó la aplicación a una dosis estándar de 3 L ha⁻¹ de glifosato al 48% y a los 12 días de la aplicación se volvió al lote para el recuento y evaluación de la respuesta de las malezas al herbicida. La cosecha mecánica consistió en el conteo y corte al ras de plantas de malezas y soja en micro-parcelas de 2 m² para obtener los datos de biomasa, materia seca y rendimiento. Los datos se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza en Infostat. Se observó que las especies presentes en el lote eran *Echinochloa colona*, *Digitaria sanguinalis* y *Urochloa platyphylla*, cuyas densidades promedio fueron 12 pl m⁻², 0,22 pl m⁻² y 0,33 pl m⁻², respectivamente. Los ejemplares de *D. sanguinalis* y *E. colona* se presentaron con baja susceptibilidad a glifosato, mientras que *U. platyphylla* fue controlada correctamente por el herbicida. Con respecto a los parámetros evaluados a cosecha, no se encontró efecto indirecto del inoculante de crecimiento y promotor como generadores de mayor biomasa y materia seca del cultivo y por consiguiente mayor sombreado de las malezas, como así tampoco hubo efecto de la presencia de malezas en la biomasa, materia seca y rendimiento del cultivo de soja.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

ÍNDICE

Introducción.....	5
Materiales y Métodos.....	13
Resultados.....	21
Discusión.....	28
Conclusiones.....	30
Anexos.....	33
Bibliografía.....	40



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

INTRODUCCIÓN

En la década de 1960, en lo que es actualmente el núcleo sojero del país, los cultivos más importantes eran trigo, maíz y pasturas, con una incidencia relativamente alta de la ganadería. El control de malezas se llevaba a cabo utilizando unos pocos herbicidas hormonales y labranzas, considerando a estos compuestos como la solución del problema de malezas.

En la década del '70, el cultivo de soja se introdujo al sistema productivo, acompañado por, los herbicidas selectivos para soja, tales como metribuzin y la trifluralina (residuales), bentazón, lactofen (latifolicidas postemergentes de contacto), diclofop metil (graminocida postemergente sistémico). En el año 1976 comenzó a comercializarse en el país el glifosato con la marca comercial Round up. Los tratamientos herbicidas de postemergencia se complementaban con escardas posteriores, siendo una de las labores del cultivo de la oleaginosa más complejas. En ese momento, como malezas problema se destacaban *Amaranthus quitensis* (yuyo colorado), *Chenopodium album* (quínoa), *Datura ferox* (chamico), *Cyperus rotundus* (cebollín) y *Sorghum halepense* (sorgo de Alepo), *Echinochloa colona* (capín), *Digitaria sanguinalis* (pasto cuaresma), *Cynodon dactylon* (gramón) (Papa y Tuesca, 2013; Satorre *et al.*, 2003).

En los años 80, se desarrollaron herbicidas inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS), familia que incluía a las imidazolinonas, sulfonilureas, triazolpirimidinas, caracterizados por su alta eficiencia, amplio espectro, selectividad, poder residual y baja toxicidad para animales, lo que se traducía en una simplificación del control de malezas (Papa y Tuesca, 2013), el cual se basaba en el empleo de Scepter, Pivot, Preside, Spider los cuales son residuales y Clorimuron con 2,4 DB como postemergentes. Excepto este último, todos son inhibidores de la ALS. Pero, el mal uso de esta tecnología generó la aparición del primer caso de resistencia en Argentina: *Amaranthus sp.* Resistente a inhibidores de ALS, provocando numerosas pérdidas de productividad en la provincia de Tucumán durante la campaña 1995/96, difundándose de modo rápido por el sureste de Córdoba (Andino, 2011).

Durante la década del 90, el mercado argentino de agroquímicos acompañó el crecimiento de la producción agrícola, que se caracterizó por el logro de cosechas récord y el incremento del área cultivada con siembra directa. Sin embargo, en los últimos años se produjo una caída en el consumo de productos, lo cual se explicaría, en parte, por el incremento del área sembrada con soja transgénica (Satorre *et al.*, 2003). En el período desde 1991 a 1997, el laboreo intensivo en rotaciones de cultivos con herbicidas tradicionales aumentó la frecuencia de malezas latifoliadas anuales como *Portulaca oleracea* (verdolaga), *Chenopodium album* y *Datura ferox*, siendo



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

mayor su densidad en labranza convencional con respecto a siembra directa (Puricelli *et al.*, 2005).

En 1996, ingresaron al sistema productivo cultivos de soja resistentes a glifosato. La simplicidad de uso de este herbicida, su amplio espectro de control, bajo costo y gran selectividad, sumado a su función como herramienta para solucionar el problema de resistencia a inhibidores de ALS, provocó una merma en la diversidad de herbicidas utilizados en soja (Papa y Tuesca, 2013).

El glifosato es un herbicida no selectivo, sistémico, utilizado para el control de malezas anuales y perennes emergidas en el campo antes de la siembra, así como en postemergencia sobre cultivos tolerantes. El mecanismo de acción de este herbicida es el bloqueo de la enzima 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS) involucrada en una de las etapas en la vía de síntesis de los aminoácidos aromáticos triptofano, fenilalanina y tirosina (Monsanto, 2008). En consecuencia, la presencia de glifosato determina la supresión de crecimiento y muerte de las plantas (Villalba, 2009). El glifosato y sus formulados implicarían un bajo riesgo para la salud humana o el ambiente en condiciones de uso responsable, entendiéndose por ello la aplicación de dosis recomendadas y de acuerdo con buenas prácticas agrícolas (Conicet, 2009).

El glifosato se transformó en un herbicida de uso durante todo el año sin importar el tamaño de las malezas para su control (López Andino, 2011). Esta tecnología contribuyó a la expansión del cultivo de soja hacia otras áreas donde antes no era factible. En la Argentina, se emplearon 160 millones de litros de producto comercial durante la campaña 2004/05 ascendiendo a 205 en la campaña 2007/08 e incrementándose nuevamente a aproximadamente 256 millones de litros del principio activo (equivalente a una formulación L.S. de sal isopropilamina a una concentración de 360 g.e.a L⁻¹) durante la campaña 2010/11 (Papa y Tuesca, 2013; AAPRESID, 2013b; Rainero, 2008).

De esta manera se consolidó un modelo productivo basado en la ausencia de labranzas, el uso casi exclusivo de glifosato como herbicida, tanto para barbechos como para cultivos. Las escasas o nulas rotaciones, tanto de cultivos como de herbicidas, con soja RR como cultivo predominante, trajeron como consecuencia inmediata una disminución en la diversidad productiva, y profundizaron los cambios en la abundancia relativa de ciertas especies y actual composición de las comunidades de malezas (Monsanto, 2008; Papa *et al.*, 2012). Como resultado de este proceso de adaptación a la fuerte y reiterada presión de selección ejercida por el empleo de glifosato, se verificó un incremento en la abundancia de especies capaces de sobrevivir a aplicaciones con dosis normales de este principio activo “malezas tolerantes a glifosato” y el registro de varias especies resistentes a este herbicida (Papa *et al.*, 2012). Esto se debió a que, en general, dentro de una comunidad o población de una



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

especie existe diversidad, lo que explica que algunos genotipos de forma eventual puedan sobrevivir frente a la agresión que implica la aplicación del herbicida, constituyendo éste un poderoso agente seleccionador (Papa y Feliza, 2001). Además, este modo de utilización favoreció la selección de aquellas especies que presentan mecanismos de adaptación ecológica, tales como la dinámica de emergencia para escapar a la acción del herbicida. Las razones ecológicas del escape a herbicidas fueron: el tamaño de la población, momento de emergencia, protección del cultivo, diferencias en tolerancia de acuerdo al estado de crecimiento de la maleza y condiciones ambientales adversas antes o después de la aplicación del herbicida (Scursoni, 2009). Las malezas antes más frecuentes, caracterizadas por su elevado porte y alta tasa de crecimiento se diferencian de las especies de reciente aparición por su tolerancia a las dosis normales de uso del herbicida, la adaptación a bajos niveles de radiación y la germinación escalonada y el ciclo relativamente corto que le permiten el escape a un herbicida no residual como glifosato (Vitta *et al.*, 2002).

Las consecuencias de la generalización de la siembra directa y el uso continuo de glifosato desde el punto de vista de las comunidades y poblaciones de malezas fueron las siguientes: disminución de la abundancia, disminución de la dominancia, variaciones no significativas en el número total de especies, y modificaciones en la frecuencia específica (“desplazamiento de flora”). En cuanto a esta última, los cambios pudieron sintetizarse de la siguiente manera:

- Aumento de Poáceas anuales de ciclo estival (*Digitaria sanguinalis*, *Eleusine indica*, *Urochloa plathphylla* y *Setaria geniculata*); Asteráceas con dispersión anemófila tanto anuales (*Conyza bonariensis*) como perennes (*Senecio sp.*); dicotiledóneas anuales de ciclo otoño-estival que exhiben tolerancia a dosis usuales de glifosato (2,5 a 3 L ha⁻¹) (*Bowlesia incana*, *Lamium amplexicaule*).
- Disminución de especies que requieren estímulos de irradiancia y/o alternancia térmica para desbloquearse (*Datura ferox*), dicotiledóneas sensibles al glifosato (*Amaranthus quitensis*).
- Niveles más o menos estables de dicotiledóneas estivales de difícil control con glifosato a las dosis normales de uso (*Portulaca oleracea*).
- Tendencias variables, a veces en aumento, de monocotiledóneas que requieren dosis más elevadas de glifosato que las normales (*Cynodon dactylon*).
- Invasión de las mal llamadas “malezas nuevas” y preadaptadas (antes confinadas a alambrados, banquinas y zonas no trabajadas) que en general exhiben una fuerte tolerancia a glifosato (*Commelina erecta*, *Chloris sp*, *Parietaria debilis*, *Verbena spp*, *Oenothera spp*)
- Generación de biotipos resistentes (*Sorghum halepense*, *Lulium sp.*) (Leguizamón, 2007).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Los resultados ineficientes de las nuevas tácticas y estrategias de manejo y control de malezas acentuaron el problema de la actual composición y abundancia de las comunidades de malezas y el de la selección de poblaciones resistentes a los herbicidas, obligando a los productores a aumentar las dosis aplicadas, la frecuencia de aplicación de herbicidas y el abanico de productos utilizados (Ghersa y Ferraro, 2011). La pérdida de glifosato como herramienta fundamental de control de malezas en los sistemas de siembra directa implicó un retroceso a una situación de manejo más compleja a la existente previamente a la incorporación de sojas transgénicas (López Andino, 2011).

Tanto productores como técnicos enfrentan hoy problemas grandes relacionados con el control de malezas: la baja efectividad que se viene observando en los controles con herbicidas, la incidencia cada vez más frecuente de malezas resistentes a más de un sitio de acción, la dificultad de controlarlas únicamente con glifosato y, con ello, la aparición de especies que necesitan un manejo diferente al que se viene realizando hasta el momento (Belluccini, 2013; Papa *et al.*, 2012). De continuar el uso intensivo de glifosato como herbicida, se espera que continúe el incremento en la proporción de especies tolerantes en los agroecosistemas actuales, aumentando entonces la competencia al cultivo de malezas no controladas, comprometiendo la rentabilidad futura de estos sistemas de producción (Dellaferrera *et al.*, 2009).

Resistencia a Glifosato en Argentina

La resistencia es la capacidad hereditaria natural de un individuo o individuos (biotipo) de una población, que le permita sobrevivir y reproducirse después de haber sido expuestos a una determinada dosis de un herbicida que normalmente sería letal para los individuos de una población normal de la misma especie (AAPRESID, 2013b).

Mediante mutaciones genéticas poco comunes y al azar, las poblaciones de malezas naturalmente contienen individuos resistentes a herbicidas a frecuencias muy bajas (Heap, 2011). Estas mutaciones ocurren en la EPSPS, ya mencionada, y tornan a la enzima insensible al glifosato. La enzima producida por el gen mutado (epsps*) tiene una menor afinidad por el glifosato y es catalíticamente activa en presencia del herbicida. En varias especies, variaciones puntuales en la secuencia de nucleótidos que codifican para la EPSPS confieren resistencia al glifosato (Villalba, 2009). El herbicida no es el agente que genera la mutación, pero sí es el que la selecciona. La ventaja adaptativa del nuevo biotipo le permitirá sobrevivir a la aplicación del herbicida que, de ese modo, podría favorecer su selección entre los demás individuos susceptibles de la misma especie. Así, se produce un incremento de su participación en



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

la población de la misma especie y puede generarse cuando se efectúe reiteradamente cierta forma de manejo del herbicida que, sumado a la biología de la propia maleza, promueva la supervivencia y expansión del nuevo biotipo (AAPRESID, 2013b). El uso repetido de un mismo herbicida expone a la población a una presión de selección que conduce al aumento del número de individuos resistentes. Los biotipos susceptibles mueren mientras que los resistentes sobreviven produciendo semillas. Si persiste la aplicación de herbicidas que actúan sobre el mismo sitio de acción, la proporción del biotipo resistente se incrementa en relación al biotipo.

Para que el desarrollo de la resistencia pueda prosperar es indispensable la diversidad genética dentro de la población de interés. La probabilidad de que la población adquiera resistencia dependerá de la frecuencia de mutación, de las ventajas selectivas de los alelos o genes que confieren resistencia y del tamaño considerando que el glifosato tiene un solo modo de acción y su metabolismo es limitado en las plantas.

Es importante destacar que, en general, el fenómeno de resistencia se hace visible cuando los biotipos resistentes alcanzan por lo menos un 20% de los individuos dentro de la población (Villalba, 2009). Además, esta susceptibilidad diferente a una dosis determinada debe ser considerada en las condiciones en que fue realizado el tratamiento, pues existe una correlación importante entre la susceptibilidad de las distintas especies y el estado de desarrollo de las malezas, ya que a medida que se baja la dosis de producto y se avanza en el estado de desarrollo, el control será menos efectivo (Dellaferrera *et al.*, 2009).

Son tres los mecanismos por los que una especie puede desarrollar resistencia a un herbicida: por cambios en el sitio-objetivo de la acción del herbicida, por metabolismo o por exclusión. En el caso particular del glifosato, la resistencia debida a cambios en el sitio-objetivo y por metabolización son muy poco probables. El mecanismo de resistencia a glifosato por exclusión parecería estar asociado a los casos de resistencia de *Lolium* y *Conyza* (Monsanto, 2008).

El total de especies que han generado resistencia a glifosato en el mundo varía según la fuente pero se puede afirmar que se trata de más de 15. En nuestro país, en el año 2005 en la provincia de Salta se comenzaron a notar matas de *Sorghum halepense* (sorgo de Alepo) que no se lograban controlar con las dosis normales de glifosato (Papa y TUESCA, 2013). Asimismo, técnicos de EEA Manfredi notaron que plantas de sorgo de Alepo escaparon a una aplicación de 3 L ha⁻¹ de glifosato 48% en un lote cerca de la localidad de Corralito (Córdoba) a los 9 y 19 DDA (días después de la aplicación) comparados con los ejemplares que se suponía que no eran resistentes. Hasta fines de 2007 se llevan registrados casos de presencia de sorgo de Alepo resistente a glifosato en campos ubicados en ciertas localidades de las provincias de



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Salta, Tucumán, Córdoba, Santiago del Estero, Corrientes y Santa Fe (Monsanto, 2008).

Desde el primer caso de resistencia hasta la fecha, el problema viene aumentando: en el año 2007 se reportaron lotes en los que *Echinochloa colona* (capín) escapaba a tratamientos de glifosato. Últimamente se confirmaron como resistentes *Cynodon hirsutus* (gramilla mansa) y *Lolium multiflorum* en la zona sojera núcleo (Papa *et al.*, 2012).

El estudio realizado en el noreste de la provincia de Buenos Aires por Juan Carlos Papa *et al.* (2012) sobre un biotipo de *Lolium multiflorum* registró un incremento en la magnitud del control siguiendo el aumento de dosis de glifosato, lográndose, con las dosis consideradas estándar (720 a 1440 g.e.a. ha⁻¹), efectos relativamente bajos de entre 41,7 y 60% respectivamente.

Durante las campañas 2009/10 y 2010/11, estudios de la EEA INTA Manfredi confirmaron la presencia de una alta tolerancia de *Cynodon hirsutus* a glifosato a dosis de 6 y 10 L ha⁻¹ a campo, generando el herbicida un efecto leve sobre las plantas a dosis que duplicaban las recomendadas para la especie (Ustarroz *et al.*, 2011).

En cuanto al caso de *Echinochloa colona* (capín), el biotipo resistente a glifosato fue observado por primera vez en fincas cítricas en la provincia de Tucumán (AAPRESID, 2013a). Se han informado casos sospechosos en Armstrong (Santa Fe), Cruz Alta (Córdoba) y en la provincia de Santiago del Estero (Papa *et al.*, 2010a). Actualmente, la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres de Tucumán (EEAOC) se encuentra trabajando en conjunto con el doctor Albert Fischer de la Universidad de California para la identificación de las características moleculares del biotipo de Tucumán (Monsanto, 2008).

Recientemente, técnicos del INTA Manfredi confirmaron la existencia de un biotipo de *Eleusine indica* (grama carraspera) en la zona centro de la provincia de Córdoba y recibieron numerosos avisos de fallas en los controles (Belluccini, 2013).

Con respecto a los casos no confirmados, existen sospechas de *Digitaria insularis*, *Amaranthus* e *Ipomoeas* (López Andino, 2011; AAPRESID, 2013c). Algunos productores y técnicos de la provincia de Córdoba están advirtiendo fallas en controles de *Conyza bonariensis* (rama negra) con glifosato en las últimas dos campañas, como así también en el control de *Chenopodium album* (quínoa) en distintas zonas (Rainero, 2008). Con respecto a rama negra, se ha efectuado un estudio que reveló que la tolerancia a glifosato aumenta con el estado de desarrollo de la maleza; es mínima en estado juvenil y máxima cuando las plantas se encuentran en estado reproductivo o próximas a él (Ustarroz *et al.*, 2010).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

La resistencia de malezas a herbicidas es un fenómeno que está continuamente evolucionando y, una vez establecida una población con mayor proporción de biotipos resistentes, difícilmente esta población volverá a su condición inicial, pudiendo restringir o hasta inhabilitar la utilización de esos herbicidas. El conocimiento de las características genéticas, bioecológicas y agronómicas que favorecen la aparición de biotipos resistentes es muy importante para retardar la aparición de este problema (De la Vega, 2011).

Tolerancia a Glifosato en Argentina

A diferencia del concepto de resistencia, en los casos en que todos los individuos de una especie sean capaces de sobrevivir a la aplicación de un herbicida, se dice que la especie es tolerante al mismo, siendo la tolerancia la habilidad inherente de una especie de sobrevivir y reproducirse después de ser expuesta a un tratamiento herbicida (De la Vega, 2011).

En el centro y norte de la provincia de Córdoba, los casos concretos de malezas tolerantes a este herbicida son *Oenothera rosea*, *O. indecora*, *Portulaca gilliesii*, *P. grandiflora*, *Talinum paniculatum*, *Modiolastrum gilliesii*, *Iresine diffusa*, *Sphaeralcea bonariensis*, *Hybanthus parviflorus*, *Borreria verticillata*, *Gomphrena pulchella* y *G. perennis*. En un estado de crecimiento mediano a adulto, todas estas malezas necesitan dosis de 5 L ha⁻¹ de glifosato 48% o superiores para controlarlas adecuadamente (Rainero, 2008).

En la Figura 1 se puede ver una lista de especies tolerantes a glifosato.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Tolerancia Alta		Tolerancia Media		Tolerancia baja	
Nombre científico	Familia	Nombre científico	Familia	Nombre científico	Familia
Asclepias spp.	ASC	Achillea Millefolium	COM	Ambrosia artemisiifolia	COM
Baccharis spp.	COM	Aithernantera philloides	AMA	Ammi majus	UMB
Chloris cantherae	GRA	Bowlesia incana	UMB	Anagallis arvensis	PRI
Commelina spp.	COM	Cicorium vulgare	COM	Anoda cristata	MAL
Crisanthemum spp.	COM	Clematis montevidensis	RAN	Artemisia verotorum	COM
Dicliptera tweediana	ACA	Convolvulus arvensis	COV	Carduus spp.	COM
Dioscorea spp.	DIO	Coryza bonariensis	COM	Chenopodium album spp.	QUE
Glycine max (RG)	LEG	Cucumis dipsaceus	CUC	Euphorbia heterophylla	EUP
Hybanthus parviflorus	VIO	Cucurbita andreaana	CUC	Flaveria Bidentis	COM
Irisene diffusa	AMA	Cyperus rotundus	CIP	Gamochaeta spicata	COM
Jaborosa integrifolia	COM	Dichondra spp.	COV	Gomphrena spp.	AMA
Malva parviflora	MAL	Geranium dissectum	GER	Lamium amplexicaule	LAB
Momordica charantia	CUC	Heliotropium veronicifolium	BOR	Lolium multiflorum	GRA
Notroscordum fragrans	LIL	Ipomoea spp.	COV	Parthenium hysterophorus	COM
Oenothera indecora	ENO	Malvastrum spp.	MAL	Phytalis spp.	SOL
Parietaria debilis	URT	Medicago sativa	LEG	Plantago lanceolata	PLA
Petunia axillaris	SOL	Melilotus spp.	LEG	Polygonum aviculare	POL
Ricinus communis	EUP	Pisum sativus	LEG	Polygonum convolvulus	POL
Rynchosia minima	LEG	Sida spp.	MAL	Portulaca oleracea	POR
Senna tora	LEG	Solanum atriplicifolium	SOL	Raphanus sativus	BRA
Solanum nigrum	SOL	Solanum elaeagnifolium	SOL	Rumex spp.	POL
Spharalcea bonariensis	MAL	Stachys arvensis	LAB	Senecio spp.	COM
Trifolium repens	LEG	Trianthema portulacastrum	POR	Sonchus oleraceus	COM
Wedelia glauca	COM	Urtica urens	URT	Taraxacum officinalis	COM
Zea maize (RG)	GRA	Verbena spp.	COM	Veronica persica	ESC
		Viola spp.	LEG	Viola arvensis	VIO

Figura 1. Especies de alta, media y baja tolerancia a glifosato en Argentina (Dow AgroSciences, 2013).

En términos generales, la importancia del tema de este estudio radica en que se han reportado varios casos de especies y biotipos de malezas con diferentes grados de resistencia y tolerancia a glifosato como consecuencia del mal uso del herbicida en el cultivo de soja, generando una creciente y sostenida preocupación entre productores y técnicos, los cuales año a año se alertan con sucesivos eventos de resistencia y tolerancia a este herbicida. Adicionalmente, la información sobre la distribución y diversidad de malezas con baja susceptibilidad a glifosato en Argentina es relativamente escasa e insuficiente para la magnitud de la problemática.

El estudio del comportamiento de las malezas al glifosato en un cultivo de soja, mediante el relevamiento de la diversidad y abundancia de malezas, permitirá mejorar la toma de decisiones sobre el control de malezas resistentes a este herbicida, contribuyendo al sostenimiento de la biodiversidad de especies y a la sustentabilidad del sistema productivo. Además, se estudiará el impacto indirecto que generará el inoculante *Bradyrhizobium japonicum* y el promotor de crecimiento *Pseudomonas fluorescens* sobre las plantas de soja en la población de malezas debido al sombreado y el efecto de la presencia de malezas en el cultivo de soja.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

En este trabajo, se evaluará la posibilidad de que la aplicación de una cierta dosis de glifosato genere un efecto en la supervivencia de las malezas presentes en el lote que se va a estudiar, debidas a la susceptibilidad de las mismas al glifosato. Adicionalmente, al estudio particular del inoculante y promotor de crecimiento, aquí también se evaluará si las malezas presentarán menor crecimiento debido a una posible superioridad en el crecimiento de las plantas de soja inoculadas, y si el crecimiento de malezas será aún menor en los tratamientos a los cuales se ha adicionado el promotor de crecimiento.

❖ **Objetivo general**

- El objetivo general de este trabajo es estudiar el comportamiento de una población de malezas ante la aplicación de glifosato.

❖ **Objetivos particulares**

- Estudiar la presencia de malezas en el cultivo de soja mediante un relevamiento de la diversidad y abundancia de las mismas, generando un aporte a la información disponible actualmente.
- Determinar el efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas existente.
- Evaluar el impacto indirecto de la presencia del inoculante y promotor de crecimiento en el cultivo de soja sobre la población de malezas.
- Determinar el efecto de la presencia de malezas sobre el cultivo de soja.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación Geográfica y Características Edafoclimáticas

El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento “El Badén”, el cual se encuentra ubicado en el distrito Montoya, departamento Victoria, provincia de Entre Ríos (lat S: 32° 34' 3,7" y long O: 59° 55' 35,55").

El suelo correspondiente al lote está descripto como Argiudol ácuico, caracterizado por ser profundo, bien drenado, con un epipedón mólico oscuro, franco-limoso a franco-arcillo-limoso, y un horizonte argílico pardo oscuro, franco-arcillo-limoso, con moteados de hierro-manganeso. Según la Carta de Suelos de la República Argentina, la serie Antelo es muy representativa y la más extensa de la peniplanicie alta, suavemente ondulada a ondulada, con manto de loess espeso, del extremo este del departamento Victoria. En cuanto al drenaje, el suelo se encuentra bien drenado, escurrimiento superficial medio y permeabilidad moderada. La erosión de la serie es



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

actual, leve, generalmente en forma laminar y es muy susceptible a la misma en grado moderado a severo.

Horizonte	A1	B21t	B22t	B3	Cca
Prof. de muestra (cm)	02-15	30-40	50-65	80-96	110-125
Materia orgánica (%)	3,20	1,78	0,78	0,35	0,07
Nitrógeno total (%)	0,18	0,11	0,07	0,04	0,04
Relación C/N	10	9	6	5	1
pH H ₂ O	5,6	5,7	6,1	6,4	7,7
Fósforo asimilable (ppm P ₂ O ₅)	5,60	2,36	0,71	-	-

Fuente: Carta de Suelos de la República Argentina (INTA Victoria).

Con respecto a las precipitaciones de la zona, el promedio acumulado anual del año 2005 al 2012 es de 1017 mm para la Estación Establecimiento “El Cuadro”, según INTA. Los datos descriptos a continuación corresponden al período comprendido desde la siembra hasta la cosecha del cultivo de soja.

	Nov 12	Dic 12	Ene 13	Feb 13	Mar 13	Abr 13
T max (°C)	30,2	31,3	32,5	29,7	26,9	25,5
T min (°C)	16,4	17,6	17,5	16,5	13,3	12,7
HR (%)	62,4	67,5	62,1	71,3	75,3	72,9
PP (mm)	49,0	237,4	27,4	119,8	68,6	1,6
PP acum (mm)	49,0	286,4	313,8	433,6	502,2	503,8

Fuente: Bolsa de Cereales de Entre Ríos.

Los cultivos de las últimas campañas fueron: soja de primera en la campaña 2010/2011 y trigo/soja de segunda en la campaña 2011/12. El barbecho químico efectuado para el lote del ensayo fue el 25 de agosto de 2012 con 0,013 L ha⁻¹ de Radar (fluazifop-p-butyl 12,5% p/v (125g/L)), 35 g ha⁻¹ de Heat (Kixor[®] saflufenacil 70%) y 2 L ha⁻¹ de Sulfosato (glifosato 62% p/v).

Diseño Experimental

Modelo Estadístico

$$y_{ijk} = \mu + G_i + U_{j(i)} + I_k + (GI)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Donde:

G_i es el efecto del glifosato

$U_{j(i)}$ es el error de la parcela grande

I_k es el efecto del inoculante y promotor de crecimiento

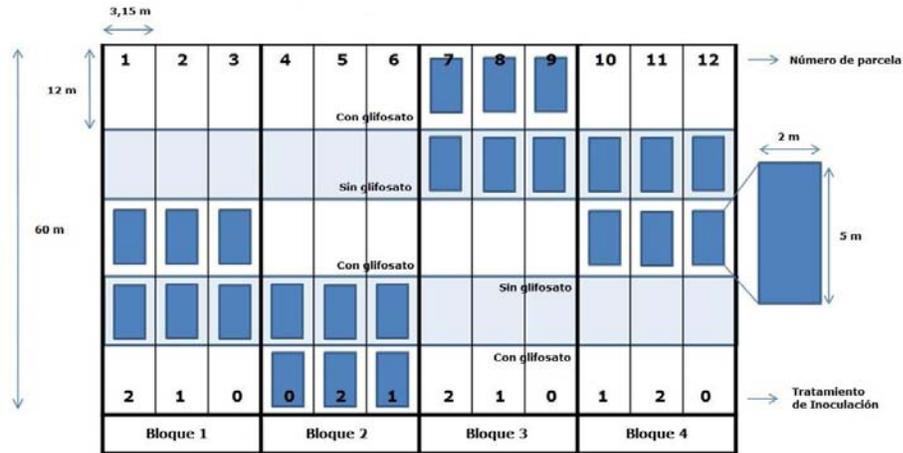
$(GI)_{ik}$ interacción inoculante x glifosato

ε_{ijk} error de la parcela pequeña

El ensayo estuvo constituido por un estudio experimental de diseño de Parcelas Divididas en Bloques Completos Aleatorizados con un arreglo factorial con 4 repeticiones. Se consideraron significativas aquellas pruebas con $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos fueron efectuados utilizando el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2012). Además, se realizó un relevamiento inicial de la población de malezas en cuanto a su diversidad y abundancia previo al tratamiento de aplicación de glifosato.

Los dos factores evaluados fueron: inoculante (control, inoculado y co-inoculado) y glifosato (control y aplicación de glifosato). Los tratamientos estuvieron conformados por las combinaciones de las dos variables explicatorias o factores, generando un total de 6 tratamientos dispuestos en 4 bloques: 1) Testigo no inoculado sin aplicación de glifosato, 2) Inoculación BIAGRO Líquido *Bradyrhizobium japonicum* cepa E109 sin aplicación de glifosato, 3) Co-inoculación BIAGRO Líquido *B. japonicum* cepa E109 + BIAGRO Prosol *Pseudomonas fluorescens* sin aplicación de glifosato 4) Testigo no-inoculado con aplicación de glifosato, 5) Inoculación con *B. japonicum* con aplicación de glifosato, 6) Co-inoculación con *B. japonicum* + *P. fluorescens* con aplicación de glifosato.

Los tratamientos de inoculación se dispusieron en franjas y los de aplicación de glifosato se hicieron en forma perpendicular a los surcos del cultivo de soja, según el diagrama 1.



Tratamientos de Inoculación

0: Testigo sin inoculación

1: Inoculado BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109)

2: Co-inoculado BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109) + BIAGRO Prosol (*Pseudomonas fluorescens*)

Diagrama 1. Disposición de los tratamientos en el ensayo.

Primeramente, la elección del área para efectuar el ensayo priorizó un área homogénea y representativa del lote. Con el fin de evaluar un inoculante y promotor de crecimiento, el día 3 de noviembre 2012 se llevó a cabo la inoculación de la semilla en galpón (Foto 1 y 2).

Las dosis para cada tratamiento fueron las siguientes (Foto 3):

0. Testigo (Sin inocular): 8 kg de semilla con 12,8 cc de fungicida BIAGRO TC (thiram y carbendazim) y 35,2 cc de agua.
1. Inoculado BIAGRO Líquido (*Bradyrhizobium japonicum* cepa E109): 8 kg de semilla con 24 cc de inoculante BIAGRO Líquido y 12,8 cc de fungicida BIAGRO TC.
2. Co-inoculado BIAGRO Líquido (*B. japonicum* cepa E109) + BIAGRO Prosol (*Pseudomonas fluorescens*): 8 kg de semilla con 24 cc de inoculantes BIAGRO Líquido en conjunto con 24 cc de BIAGRO Prosol y 12,8 cc de fungicida BIAGRO TC.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias



Foto 1. Inoculación.



Foto 2. Semilla inoculada.



Foto 3. Bolsas con los tres tratamientos de inoculación.

Fuente: Magdalena Calderón.

Seguidamente, se llevó a cabo la siembra en forma directa de la variedad 5009 de Nidera (Foto 4, 5 y 6), a una distancia entre surcos de 52 cm y con una densidad de 24 semillas m^{-1} lineal, aplicando 120 kg de superfostato triple, debajo y al costado de la semilla. La semilla empleada presentó valores de viabilidad del 95%, vigor del 91% y peso de 1000 semillas de 160 g.



Foto 4. Sembradora.



Foto 5. Llenado de tolvas.



Foto 6. Vista general del ensayo.

Fuente: Magdalena Calderón.

En el estado V4, se realizó la identificación y recuento de malezas, conformando un análisis cuantitativo y cualitativo. Dicho relevamiento se hizo el 4 de diciembre de 2012 en 24 sub-parcelas de 2 x 5 m dentro de cada parcela, con un cuadrante de hierro. El muestreador se colocó tres veces por sub-parcela perpendicular a los surcos y en los entresurcos (Foto 7), cuantificándose las malezas incluidas en el mismo y descalzándose un ejemplar de cada especie para su herborización. Una vez concluida la recolección, se continuó con la identificación de los ejemplares extraídos (Foto 8) recurriendo a consultar bibliografía de identificación de especies (Molina, 2011; com. pers. D. Ustarroz, octubre 2013).



Foto 7. Muestreo con cuadrante.



Foto 8. Extracción de ejemplares.

Fuente: Magdalena Calderón.

El 9 de diciembre 2012 se tomó una muestra del suelo para efectuar análisis. La misma estuvo conformada por 7 piques en el área donde se realizó el ensayo, a dos profundidades: A = 0-20 cm y B = 20-40 cm. Resultados del análisis de Suelo en Tabla 1.

Tabla 1. Análisis de suelo.

Determinación	Método	0-20 cm	20-40 cm
Materia Orgánica	Walkley y Black	5,35 %	
Nitratos	Diazotación con SNEDD	35 ppm	41 ppm
pH	Potenciometría	6,05	
Fósforo Asimilable	Bray I	20 ppm	30 ppm
Cond Eléctrica	Conductimetría	0,12 mmhos/cm	
Humedad	Estufa	19,1 %	21,9 %

Antes de que el cultivo de soja cerrara el surco, se procedió a realizar la pulverización con glifosato (Foto 9). La población de malezas se encontraba en estado vegetativo y excelentes condiciones de receptividad. Se empleó la Escala de Zadoks (RIAN, 2009) para definir más precisamente el estado fenológico en el que se encontraban los ejemplares de malezas en el momento de aplicación del herbicida. La mayor parte de la población existente se encontraba en estado de macollaje Z 22 y Z 23 (un tallo principal y dos macollos; un tallo principal y tres macollos; respectivamente). La aplicación se llevó a cabo el 15 de diciembre a las 13:30 hs con una dosis de 3 L ha⁻¹ de Glifosato Zamba® (1.08 kg ha⁻¹ de equivalente ácido) (Foto 10) con 60 L ha⁻¹ de agua. Las condiciones ambientales del día fueron: 5 km h⁻¹, humedad 80-75 %, temperatura 25 °C. Para la labor se empleó una maquina PLA MAP II 2850 (año 2010), ancho de labor 25 m, con pastilla cono hueco, presión 3,5 bar (kg cm⁻²). Las pasadas de glifosato se realizaron con una velocidad de avance de 16 km h⁻¹ en forma perpendicular a los surcos y siguiendo el diagrama de ensayo.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias



Foto 9. Aplicación de glifosato.



Foto 10. Bidón del glifosato empleado.

Fuente: Magdalena Calderón.

Con el objeto de realizar evaluaciones de control visual del comportamiento de los ejemplares en las sub-parcelas de muestreo, se volvió al lote 12 días después de la aplicación (12 DDA) (27/12/12). Con respecto al muestreo, se procedió de la misma manera que para la identificación y recuento pre aplicación. En este caso, se observó, en las parcelas en las que se aplicó el herbicida, qué malezas murieron con la aplicación de glifosato y qué malezas no murieron. Según la recomendación de la Dra. Luz Zapiola, se elaboró una escala de 1 a 4 con el fin de clasificar los estados de susceptibilidad o resistencia al herbicida de los ejemplares, correspondiendo 1 a maleza totalmente viva, 2 media viva, 3 media muerta y 4 totalmente muerta. Para las especies que fueron susceptibles al herbicida o mostraron algún grado de susceptibilidad, se colocaron banderines en las parcelas sin glifosato con el objeto de recolectar las semillas.

Con anterioridad a la cosecha mecánica (4 de marzo de 2013) del cultivo, se colectaron las semillas de las especies, poniéndolas en sobres rotulados y llevadas a FCA (Foto 11).



Foto 11. Sobres con semillas colectadas.

Fuente: Magdalena Calderón.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

La cosecha manual del cultivo se realizó el 6 y 7 de abril de 2013 en un área de 2 m² dentro de las parcelas (Foto 14). Dentro de las micro-parcelas se hizo el conteo de plantas de soja y malezas. Seguidamente, se cortaron todas las plantas de malezas en la base del área y se colocaron en bolsas de papel-madera rotuladas y taradas previamente (Foto 12). De la misma manera, se cosechó la totalidad de las plantas de soja de las micro-parcelas (Foto 13).

Luego, se pesaron las muestras de plantas de soja y las muestras de plantas de malezas (Foto 15 y 16). Las muestras de malezas se enviaron a laboratorio para secarlas a estufa, mientras que las muestras de soja se secaron al sol (Foto 17), ambos para calcular la materia seca.



Foto 12. Muestra de malezas.



Foto 13. Muestra de plantas de soja.



Foto 14. Micro-parcela ya cosechada.



Foto 15. Pesado de muestra de malezas.



Foto 16. Pesado de muestra de plantas de soja.



Foto 17. Secado de plantas de soja al sol.

Fuente: Magdalena Calderón.

La culminación del secado de las plantas de soja fue a los 10 días posteriores a la cosecha manual. El 22 de abril 2013 se llevaron las muestras de soja a INTA Paraná y se trillaron con una trilladora estacionaria automotriz marca Wintersteiger (Foto 18). Las semillas se colocaron en bolsas de nylon rotuladas y taradas previamente y se pesaron para obtener rendimiento (Foto 19). Luego se contaron 300 granos por



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

muestra para la obtención del dato de peso de 1000 granos. La humedad del grano fue de 9,5 % (Foto 20).

Por último, con los datos obtenidos del ensayo se efectuó el análisis estadístico.



Foto 18. Trilladora estacionaria.



Foto 19. Pesado de semillas



Foto 20. Medición de humedad de semillas

Fuente: Magdalena Calderón.

RESULTADOS

Relevamiento de Malezas

En el estado de V4 de la soja, se realizó la identificación y recuento de malezas existentes en las 24 sub-parcelas del ensayo (Foto 21) siguiendo el Diagrama 1. Se pudo observar que la totalidad de las especies relevadas fueron pertenecientes a la familia Gramíneas. La población general de malezas del lote del ensayo estuvo constituida por 3 especies botánicas, contando con una destacada frecuencia de la especie *Echinochloa colona* (Foto 22), la cual mostró una densidad media de casi 12 pl m⁻² (Gráfico 1), seguida por las poblaciones con menos ejemplares relevados, las cuales fueron *Digitaria sanguinalis* (Foto 23) y *Urochloa platyphylla* (Foto 24), las cuales mostraron densidades muy bajas: 0,22 y 0,33 pl m⁻², respectivamente (Gráfico 1).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias



Foto 21. Vista general del ensayo desde la parcela 1 sin glifosato.



Foto 22. Ejemplar de *Echinochloa colona* en estado vegetativo.



Foto 23. Ejemplar de *Digitaria sanguinalis* en estado vegetativo.



Foto 24. Ejemplar de *Urochloa platyphylla* en estado vegetativo.

Fuente: Magdalena Calderón.

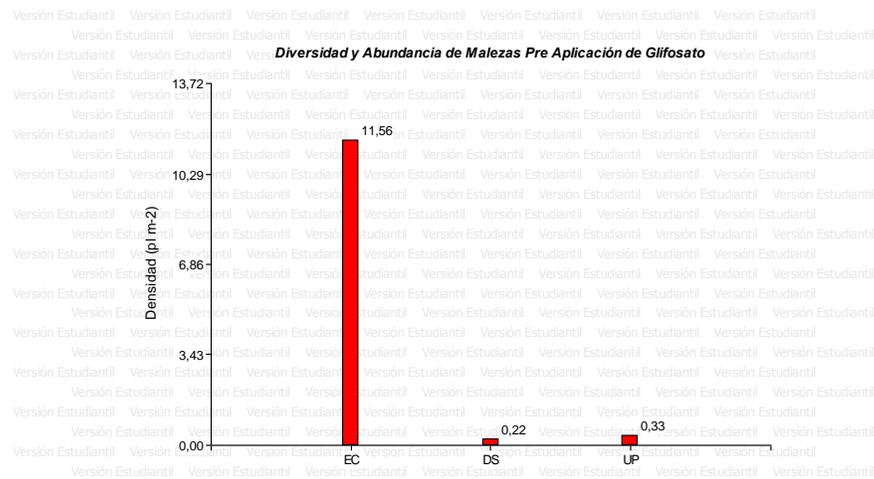


Gráfico 1. EC: *Echinochloa colona*, DS: *Digitaria sanguinalis*, UP: *Urochloa platyphylla*.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Relevamiento de Malezas Posterior a la Aplicación de Glifosato

Se efectuó el relevamiento con el objeto de observar la respuesta a glifosato de las malezas presentes en el lote (Foto 25). La densidad general de malezas fue en promedio de 5 pl m⁻² para el lote relevado. La especie *D. sanguinalis* se mostró en el estado de viva (Foto 26) y *U. platyphylla* en el estado de muerta (Foto 29), ambas en una densidad de 8 pl m⁻² (Gráfico 2).

En cuanto a *E. colona*, se presentó en todos los estados, siendo predominante la participación de la misma en el estado de media viva (Foto 27) con 28 pl m⁻² seguida por el estado de muerta con 16 pl m⁻², estado de media muerta (Foto 28) con 13 pl m⁻² y 8 pl m⁻² para el estado viva (Gráfico 2). Se debe aclarar que estas densidades fueron calculadas entre las sub-parcelas en las que estuvieron presentes las especies.



Foto 25. Vista general del ensayo desde las parcelas sin glifosato.



Foto 26. Ejemplo de maleza "viva".



Foto 27. Ejemplo de maleza "media viva".



Foto 28. Ejemplo de maleza "media muerta".



Foto 29. Ejemplo de maleza "muerta".

Fuente: Magdalena Calderón.

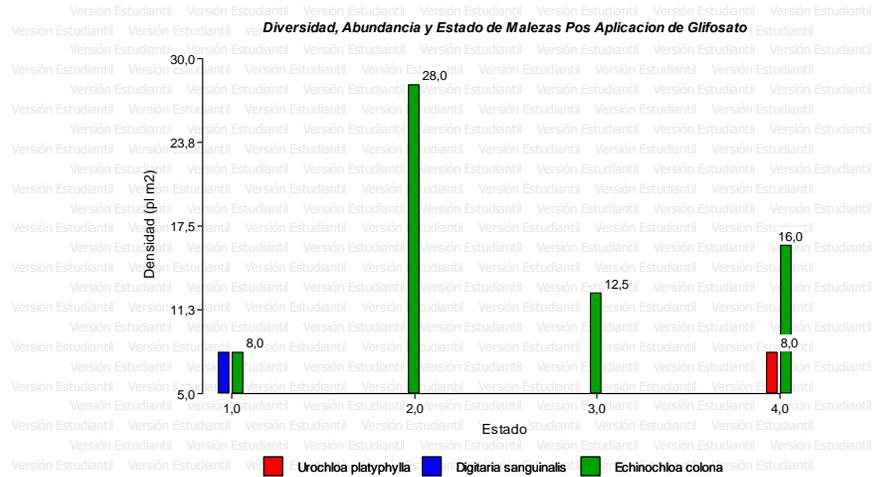


Gráfico 2. Estado 1: “viva”; Estado 2: “media viva”; Estado 3: “media muerta”; Estado 4: “muerta”.

Parámetros Cuantitativos a Cosecha

Además de los datos poblacionales obtenidos en el relevamiento, en la Tabla 2 están reunidas las variables cuantitativas estudiadas en el ensayo en el momento de la cosecha.

Tabla 2. Biomasa y Materia Seca de Malezas ante Tratamiento de Inoculación. Biomasa, Materia Seca y Rendimiento de Soja ante Tratamientos de Inoculación y Glifosato.

Tratamiento	Descripción de Tratamiento	Malezas Biomasa kg ha ⁻¹	Malezas Materia Seca %	Soja Biomasa kg ha ⁻¹	Soja Materia Seca %	Soja Rendimiento kg ha ⁻¹
0 SG	Testigo Sin Inoculante, Sin Glifosato	896,3	27	5234	61,7	2642
0 CG	Testigo Sin Inoculante, Con 3 L ha ⁻¹ de Glifosato	0	0	5646	61,1	2704
1 SG	Inoculado con <i>Bradyrhizobium japonicum</i> cepa E109, Sin Glifosato	716,3	26,5	5346	62,2	2993
1 CG	Inoculado con <i>B. japonicum</i> cepa E109 Con 3 L ha ⁻¹ de Glifosato	0	0	4965	60,1	2413
2 SG	Inoculado con <i>B. japonicum</i> cepa E109 y co-inoculado con <i>Pseudomonas fluorescens</i> , Sin Glifosato	1435	26,1	4834	58,8	2677
2 CG	Inoculado con <i>B. japonicum</i> cepa E109 y co-inoculado con <i>P.</i>	0	0	5465	63,6	2850



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

fluorescens, Con 3 L
ha⁻¹ de Glifosato

p-value	Glifosato		0,62	0,8	0,69
	Inoculante	0,19	0,64	0,82	0,9
	Glifosato*Inoculante		0,61	0,60	0,54
n	12	12	24	24	24
CV	51,6	10,4	20,3	11,5	26,4
DMS p=0,05	837,7	4,51	1580,4	10,5	1064,4

No se observó efecto del inoculante como responsable del mayor sombreado sobre la biomasa de malezas, pero las sub-parcelas inoculadas presentaron una disminución en un 20% sobre las no tratadas. Mientras que las co-inoculadas, la biomasa de malezas tuvo un incremento en 60% (Gráfico 3).

No obstante, se debe aclarar que estas diferencias fueron estadísticamente no significativas.

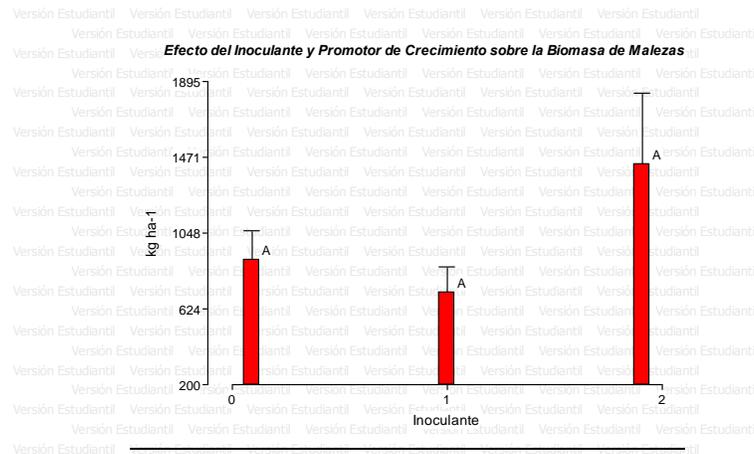


Gráfico 3.

No se observaron diferencias significativas entre las sub-parcelas de soja no inoculadas y las inoculadas sobre el porcentaje de materia seca. Tampoco se vio efecto de la co-inoculación sobre el porcentaje de materia seca de malezas. Se observó una disminución en un 2% y en 3% para los tratamientos de inoculación y co-inoculación respectivamente (Gráfico 4).

Cabe aclarar que para las variables biomasa y materia seca de malezas no se empleó el modelo estadístico mencionado, pues si bien a los 12 DDA los ejemplares de malezas presentaron diversos grados de susceptibilidad al glifosato, no sobrevivieron al momento de la cosecha, no contando con estos datos.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

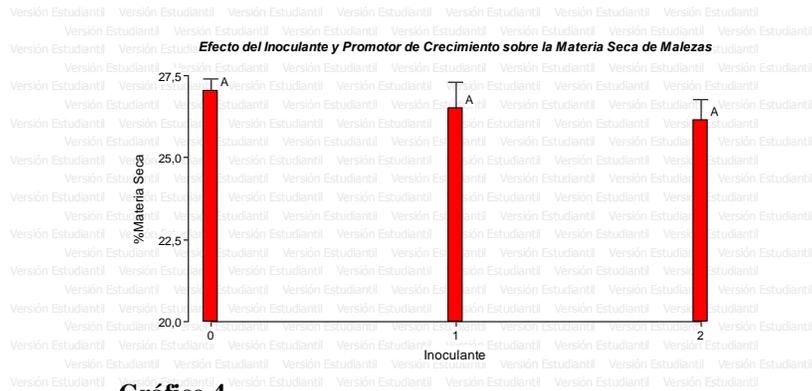


Gráfico 4.

El análisis tampoco mostró diferencias significativas para la biomasa de soja. Para las sub-parcelas no tratadas con glifosato, la inoculación generó un 2% más de biomasa que el testigo no inoculado, seguida por un 8% para las co-inoculadas. Mientras que para las sub-parcelas a las que se aplicó el herbicida, el tratamiento de inoculación generó un 12% menos de biomasa y para las co-inoculadas la biomasa fue de 3% menos que las sub-parcelas testigo (Gráfico 5).

En cuanto al efecto del glifosato, la aplicación del herbicida mostró un 8% de aumento para las sub-parcelas sin inocular. Para las sub-parcelas tratadas, se observó un 7% menos de biomasa de soja para las inoculadas y un 13% de aumento para las co-inoculadas con respecto al testigo sin inocular (Gráfico 5).

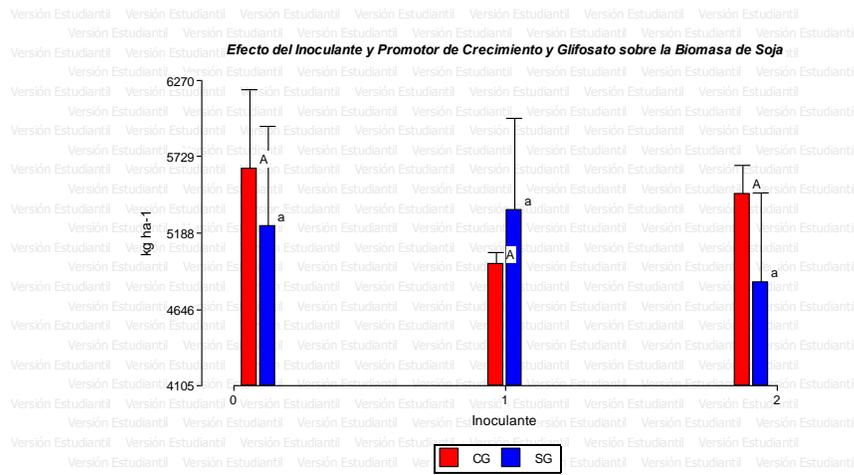


Gráfico 5.

No hubo efecto del inoculante en la materia seca de soja entre las sub-parcelas sin glifosato, pero numéricamente, el aumento fue de 2%. La co-inoculación tampoco generó un efecto sobre la materia seca de soja entre las sub-parcelas sin glifosato. Se observó un 5% menos de materia seca de soja. Para las sub-parcelas tratadas con



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

glifosato, se obtuvieron 2% de disminución y 4% de aumento de materia seca con respecto a las no inoculadas.

Para la materia seca de soja, no se observaron diferencias en la aplicación de glifosato en las sub-parcelas no inoculadas. Entre las sub-parcelas tratadas con el inoculante, se observó un 3% menos de materia seca para las tratadas con herbicida. Entre las co-inoculadas, se vio un 8% más de materia seca en las tratadas con glifosato con respecto a las sub-parcela sin el herbicida (Gráfico 6). Estas diferencias fueron no significativas en el análisis estadístico.

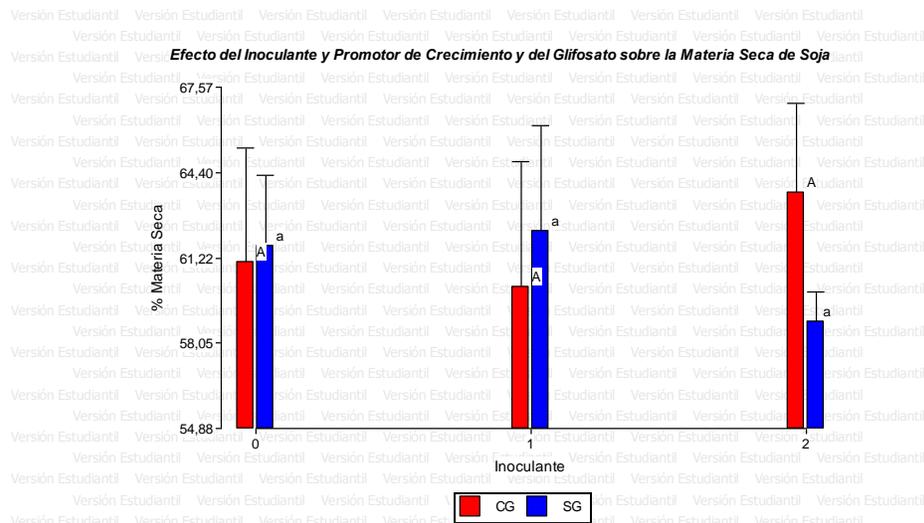


Gráfico 6.

En cuanto al rendimiento de soja, tampoco hubo efectos significativos de los tratamientos de inoculación y glifosato. Las sub-parcelas inoculadas mostraron un 13% mayor de rendimiento con respecto a las no inoculadas, entre las sub-parcelas sin glifosato. Las diferencias entre el tratamiento de co-inoculación y no inoculadas no fueron numéricamente significativas. Para las sub-parcelas con glifosato, se vio una disminución del 11% entre la inoculada con respecto a la no inoculada y un aumento del 5% entre la co-inoculada y la testigo.

Para las sub-parcelas sin inocular, la aplicación de glifosato generó un 2% de aumento en el rendimiento con respecto a las no tratadas. En el caso de las inoculadas, se vio un 19% menos de rendimiento en las sub-parcelas en la que se aplicó glifosato con respecto a las sub-parcelas testigo. Las sub-parcelas a las que se les aplicó glifosato tuvieron un 6% más de rendimiento con respecto al testigo para las co-inoculadas (Gráfico 7).



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

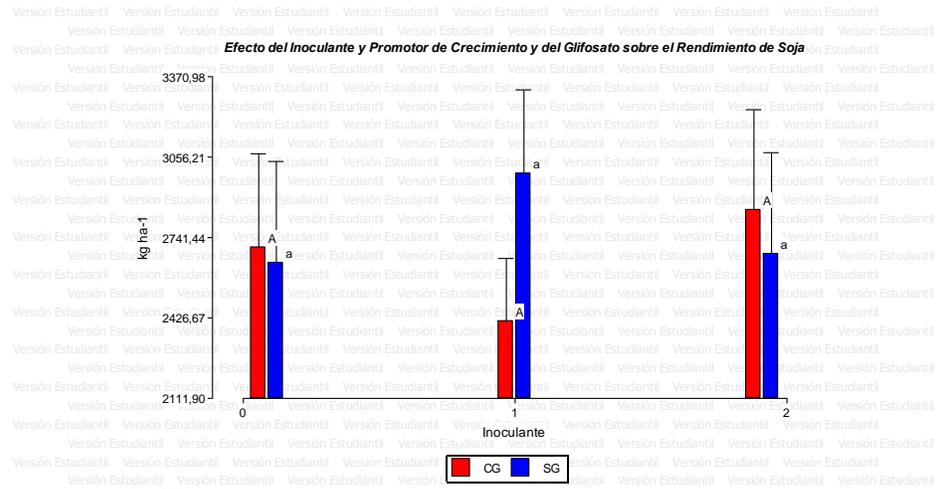


Gráfico 7.

DISCUSIÓN

Como estudio descriptivo de los datos observados durante el relevamiento de las especies de malezas presentes en “El Badén”, no se puede adjudicar precisamente ningún factor como influyente en la diversidad y abundancia de la población existente en el lote.

El relevamiento de malezas posterior a la aplicación de glifosato mostró que *E. colona* presentó todos los estados de respuesta a la aplicación de glifosato (“viva”, “media viva”, “media muerta” y “muerta”) pero el dato más relevante es la densidad de ejemplares de esta especie que se presentaron como “media viva” 12 DDA. Esto genera destacable atención para continuar con el estudio, tomando importancia la colección de semillas previa a la cosecha manual. De esta manera se podrá efectuar un estudio más detenido de la especie a dosis crecientes del herbicida para la obtención de una curva dosis respuesta que defina si se trata de un biotipo resistente a glifosato. En la provincia de Santa Fe, a partir de la campaña 2005/2006 se informaron algunos casos de poblaciones de *E. colona* con baja susceptibilidad a glifosato aplicado en dosis estándar de 720 a 1080 g.e.a. ha⁻¹ (2 a 3 l ha⁻¹ de glifosato L.S. 360 g.e.a. l⁻¹). También se ha informado de casos sospechosos en las provincias de Santiago del Estero y Tucumán (Papa *et al.*, 2010a). Un experimento en condiciones de campo sobre plantas en condiciones óptimas de receptividad en Clucellas, Santa Fe en 2008, permitió determinar la presencia de poblaciones fuertemente sospechosas de ser resistentes a glifosato, y luego de efectuar la curva respuesta dosis comparando un biotipo sensible y uno resistente, dio como resultado menos de 80-90% de control con 16 l ha⁻¹ (com. pers. J. C. Papa, septiembre 2013). Estos antecedentes, generan aún mayores sospechas de que el biotipo encontrado en el relevamiento de este estudio, se trate de biotipos de baja susceptibilidad.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Si bien no se han detectado casos sospechosos de resistencia a glifosato, y por consiguiente no se hallan estudios sobre *D. sanguinalis* y *U. platyphylla*, se puede mencionar el caso de una especie del mismo género que *U. Platyphylla*, *U. panicoides*, ya confirmada como resistente a glifosato en Australia en el año 2008 (Villalba, 2009) y altamente sospechosa como tal en nuestro país: en la campaña 2010/2011 se informaron escapes a glifosato en la provincia de Tucumán (AAPRESID, 2013d). Asimismo, los ejemplares de la especie *D. sanguinalis* se presentaron en estado de viva, por lo que merece atención. Nuevamente, un estudio que logre realizar una curva de dosis respuesta de biotipos susceptibles y resistentes podría confirmar una posible resistencia de esta gramínea a glifosato.

La hipótesis de que la superioridad en el desarrollo del cultivo de soja debido a la presencia del inoculante y promotor de crecimiento generara un efecto en la biomasa aérea de la población de malezas, no se pudo comprobar. Las variables kg ha⁻¹ y % de materia seca ante la acción del inoculante como influyente en el desarrollo del cultivo y por consiguiente responsable de un mayor sombreado sobre la población de malezas, se comportó de forma positiva, pues si bien las diferencias no eran significativas, tuvieron una tendencia decreciente ante la presencia del inoculante, lo que indica que el inoculante generó una inferioridad indirecta en el desarrollo de las malezas, traduciéndose en un efecto positivo de desarrollo del cultivo. Para la co-inoculación con *P. fluorescens* los resultados son más difíciles de explicar, pues la biomasa aérea de malezas aumentó y la materia seca disminuyó en menor medida, sin ser significativas las diferencias.

Para las variables de soja tampoco se obtuvieron los resultados esperados ni diferencias significativas entre los promedios de las sub-parcelas. Los tratamientos de inoculación y promotor de crecimiento no generaron efecto en la biomasa de soja. Igualmente, se obtuvieron resultados positivos ya que para los dos tratamientos, los promedios de biomasa fueron superiores a las no inoculadas cuando no se aplicó glifosato. La tendencia en el caso de las sub-parcelas a las que se les aplicó glifosato fue inversa: ambos generaron menor biomasa de soja, siendo la disminución mayor para las inoculadas. La presencia de malezas, es decir las sub-parcelas a las que no se aplicó glifosato, no interfirió en la generación de mayor biomasa aérea de las plantas de soja. El efecto generado por el glifosato entre las sub-parcelas testigo y las co-inoculadas fue positivo, aunque sin diferencias significativas: se obtuvieron aumentos en la generación de biomasa de soja debidas a la ausencia de malezas por la acción del herbicida. La respuesta del glifosato en las sub-parcelas inoculadas fue inversa: los promedios de biomasa de soja fueron inferiores a las sin inocular.

En cuanto a la materia seca de soja, sólo se vieron resultados positivos en el inoculado del cultivo en las sub-parcelas sin glifosato y en la co-inoculación en las parcelas con glifosato, siendo negativos para los demás tratamientos. Nuevamente, la



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

densidad de malezas presentes no generó efecto en la materia seca del cultivo de soja en las primeras situaciones. Sólo entre las sub-parcelas co-inoculadas se observó un aumento en la materia seca de soja cuando se aplicó glifosato, debiéndose este incremento a la supresión de malezas.

Con respecto al rendimiento de soja ante el inoculante y promotor de crecimiento, ya se obtuvieron resultados similares a los de este estudio anteriormente. En un estudio realizado en la campaña 2010/2011 en la provincia de Buenos Aires, el inoculante con *B. japonicum* y *P. fluorescens* como promotor de crecimiento no tuvieron efecto significativo sobre el rendimiento de soja, aunque numéricamente, se obtuvieron efectos positivos (Fiqueni *et al.*, 2011). En este estudio, los rendimientos para las sub-parcelas inoculadas generaron mayor rendimiento.

La inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno *B. japonicum* permite fijar nitrógeno del aire posibilitando que la planta lo utilice y, si se lo complementa con un promotor de crecimiento como *P. fluorescens* presentaría efectos benéficos como aumento de rendimiento (Fiqueni *et al.*, 2011).

El efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas y, como consecuencia, en el rendimiento del cultivo de soja, tampoco mostró resultados significativos. En las sub-parcelas testigo y en las que se aplicó el promotor de crecimiento, se observó un incremento en el rendimiento de soja debido a la menor competencia de malezas por haber estado las sub-parcelas sometidas a la acción del glifosato y su consiguiente supresión de malezas. Es oportuno mencionar nuevamente que, si bien los ejemplares de malezas presentaron diversos estados de susceptibilidad a la dosis de herbicida empleada 12 DDA, al momento de cosecha, no sobrevivió dicha población que inicialmente se había mostrado con cierta baja susceptibilidad a glifosato. En las sub-parcelas inoculadas el rendimiento de soja fue negativo: disminuyó con respecto a las que no se aplicó glifosato. Este efecto tampoco fue significativo.

CONCLUSIONES

Finalizando este estudio, se concluye que el estudio de la población de malezas existente en el lote de “El Badén” presentó ejemplares pertenecientes a la familia botánica Gramíneas en su totalidad y, dentro de ellas, gran participación de ejemplares de *Echinochloa colona* que predominó sobre las especies *Digitaria sanguinalis* y *Urochloa platyphylla*, las que se presentaron en muy bajas densidades.

Con respecto al efecto de la aplicación de glifosato sobre la población de malezas se concluye que los ejemplares de *D. sanguinalis* y *E. colona* presentaron baja susceptibilidad a la aplicación de 3 L ha⁻¹ del herbicida, poseyendo esta última



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

antecedentes en el país de resistencia y generando altas probabilidades de que también, en este caso, se trate de un biotipo resistente. Un estudio complementario de evaluación de respuesta de *D. sanguinalis* y *E. colona* a crecientes dosis de glifosato, confirmaría esta conclusión. *U. platyphylla* no presentó indicios de baja susceptibilidad, si no que fue bien controlada por el herbicida.

Estas observaciones son de suma utilidad para que los productores y técnicos de la zona sur de la provincia de Entre Ríos cuenten con información sobre la constitución de la población de malezas presentes en cuanto a su diversidad y abundancia y antecedentes de respuesta a glifosato. De esta manera, disponen de mayores herramientas a la hora de definir el manejo de malezas.

Debe considerarse que el muestreo presentó ciertos inconvenientes en cuanto a la obtención de datos de densidad de malezas, es por ello que no se efectuó una evaluación comparativa de densidades de malezas pre y pos aplicación de glifosato. El relevamiento se llevó a cabo en sub-parcelas mediante tiros al azar de un cuadrante, obteniéndose mayores densidades en las muestras posteriores a la aplicación del herbicida debidas al azar. Habiendo aplicado el herbicida, las respuestas esperadas posteriores a la aplicación hubiesen sido de menores densidades en el caso de que el glifosato hubiese generado un efecto en la población de malezas, o densidades iguales en el caso de que el herbicida no hubiese generado efecto en las malezas presentes. Se concluye que el muestreo debería haberse efectuado en la totalidad del área de las micro-parcelas muestreadas.

Por los problemas mencionados y observando estudios de resistencia a herbicidas de varios autores (Ustarroz *et al.*, 2011; Metzler *et al.*, 2011; Papa *et al.*, 2010b), para trabajos futuros de investigación se sugieren algunas modificaciones en cuanto a la metodología a seguir para efectuar las mediciones. Una propuesta sería la siguiente: establecer parcelas de 3 m de ancho x 5 m de longitud con 3 repeticiones de cada tratamiento; dentro de cada parcela no se aplica glifosato en una franja lateral de 1 m de ancho, correspondiente al testigo, quedando 2 m de ancho para las evaluaciones visuales de control del herbicida comparando y midiendo el porcentaje de control. Las evaluaciones a realizar serían a los 0, 7, 21 y 42 DDA. Para calcular el porcentaje de control del herbicida (0-100%), se evaluaría visualmente la cobertura de la/s maleza/s del área aplicada comparándola con la cobertura de la/s maleza/s del área no aplicada de la parcela testigo adyacente. Por otro lado, en cada momento se evaluaría también el estadio de crecimiento de la maleza y la altura o el diámetro según el hábito de crecimiento de cada maleza.

Como conclusión de las evaluaciones para determinar el impacto indirecto de la presencia del inoculante y promotor de crecimiento en el cultivo de soja sobre la población de malezas, se afirma que no se observó la superioridad en el desarrollo del cultivo que se planteaba en la hipótesis.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Por último, se concluye también que la presencia de las malezas no generó efecto sobre los parámetros biomasa y materia seca de soja evaluados en el cultivo. En cuanto al rendimiento de soja, se mostraron aquí resultados similares a estudios anteriormente efectuados sobre el inoculante y el promotor de crecimiento, sin diferencias de rendimiento en el cultivo de soja cuando se inoculó con *B. japonicum* y se co-inoculó con *P. fluorescens*.

Como conclusión final de este trabajo experimental, el descubrimiento de mayor relevancia es el hecho de haber encontrado muy baja susceptibilidad a glifosato en *E. colona*, pues hasta el momento no se han informado casos de sospechas o cierta posibilidad de que existan biotipos resistentes en la zona de Victoria.

Si se continúa empleando el glifosato de manera intensiva, es de esperar que continúe el incremento en la proporción de especies tolerantes en los agroecosistemas actuales, aumentando entonces la competencia al cultivo de malezas no controladas y consecuentemente comprometiendo la rentabilidad futura de estos sistemas de producción.

Es necesario que todos los actores que intervienen en el proceso productivo tomen conciencia de los problemas que se pueden generar a través del uso inadecuado de la tecnología. La utilización de un modo racional de gran variedad de herramientas de manejo disponibles permitirá prolongar su empleo en el tiempo y aumentar, en forma más sustentable, los actuales niveles de producción.



ANEXOS

Normalidad – QQ Plot

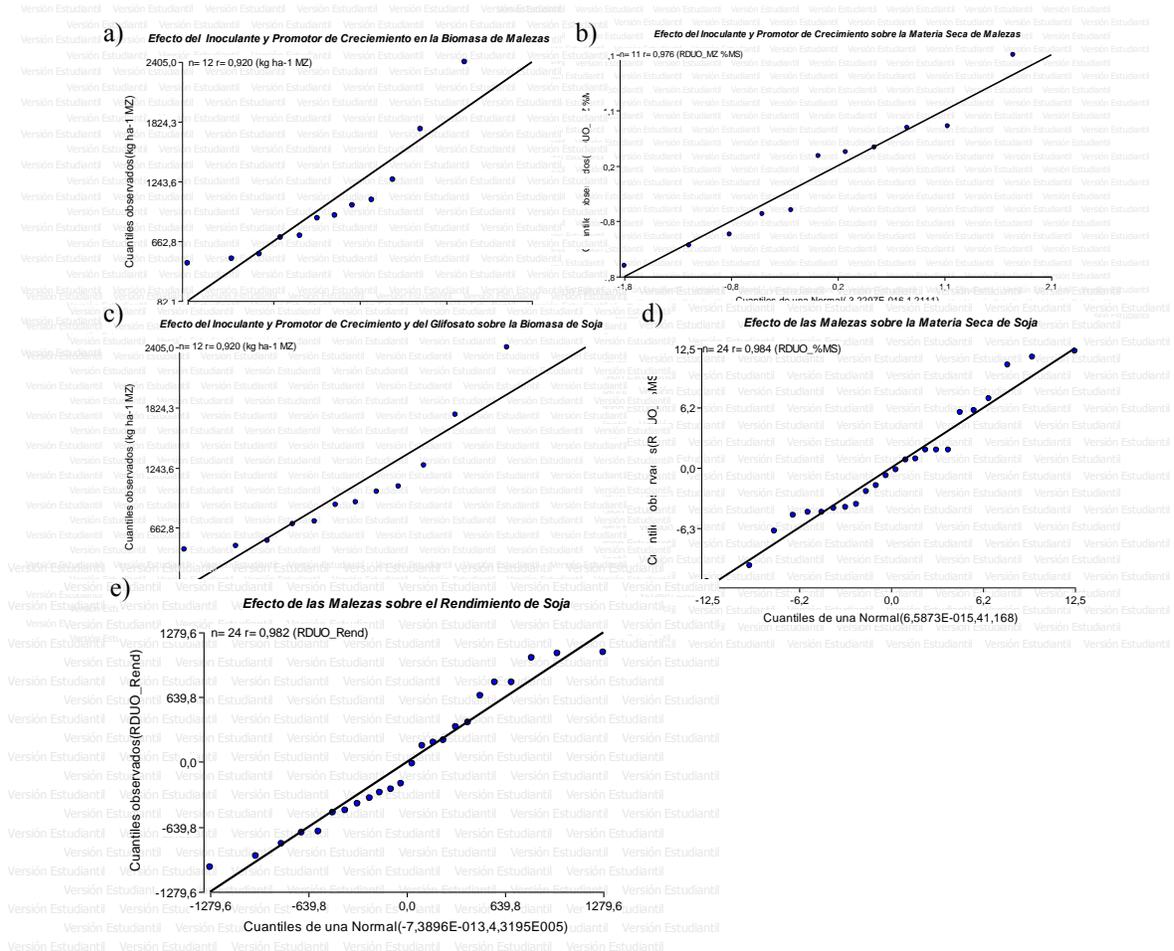


Figura 1. Gráficos de QQ Plot para: a) Biomasa de Malezas; b) Porcentaje de Materia Seca de Malezas; c) Biomasa de Soja; d) Porcentaje de Materia Seca de Soja; e) Rendimiento de Soja.

Normalidad – Shapiro-Wilks

Tabla 1. Prueba de Shapiro-Wilks para Biomasa de Malezas.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
kg ha ⁻¹ MZ	12	1015,83	571,07	0,85	0,0678

Los residuos para la variable Materia Seca de Malezas no se ajustaban a una distribución normal en la prueba de Shapiro-Wilks entonces se extrajo un valor



extremo de 35% de materia seca correspondiente al tratamiento 2 de inoculación. Se efectuó nuevamente la prueba y arrojó un $p=0,64$ ($>$ a $p=0,05$), lo cual indica que los residuos de % de materia seca de malezas se distribuyen normalmente.

Tabla 2. Prueba de Shapiro-Wilks para Materia Seca de Malezas.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
MZ %MS	11	26,58	1,16	0,94	0,6402

Tabla 3. Prueba de Shapiro-Wilks para Biomasa de Soja.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
kg ha ⁻¹ SJ	24	5248,33	983,36	0,93	0,2439

Tabla 4. Prueba de Shapiro-Wilks para Materia Seca de Soja.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
%MS	24	61,26	6,43	0,93	0,2799

Tabla 5. Prueba de Shapiro-Wilks para Rendimiento de Soja.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Rend	24	2713,03	659,86	0,92	0,1359

Homocedasticidad - Prueba de Levene

Tabla 6. Prueba de Levene para Biomasa de Malezas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO kg ha ⁻¹ MZ	12	0,00	0,00	sd

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Error	2468287,50	9	274254,17		
Total	2468287,50	11			

Tabla 7. Prueba de Levene para Materia Seca de Malezas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO MZ %MS	12	0,00	0,00	2,34756533540432E18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Error	71,75	9	7,97		
Total	71,75	11			

Tabla 8. Prueba de Levene para Biomasa de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO kg ha ⁻¹ SJ	24	0,00	0,00	192031972373686000,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	3	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Glifosato	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	21507239,58	20	1075361,98		
Total	21507239,58	23			

Tabla 9. Prueba de Levene para Materia Seca de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO %MS	24	1,6E-04	0,00	116924990657593000,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,15	3	0,05	1,1E-03	0,9999
Glifosato	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,15	2	0,08	1,6E-03	0,9984
Error	946,71	20	47,34		
Total	946,86	23			

Tabla 10. Prueba de Levene para Rendimiento de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDUO Rend	24	0,00	0,00	7,42663828743615E18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	3	0,00	0,00	>0,9999
Glifosato	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Inoculante	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Error	9900848,63	20	495042,43		
Total	9900848,63	23			



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Homocedasticidad – Box Plot

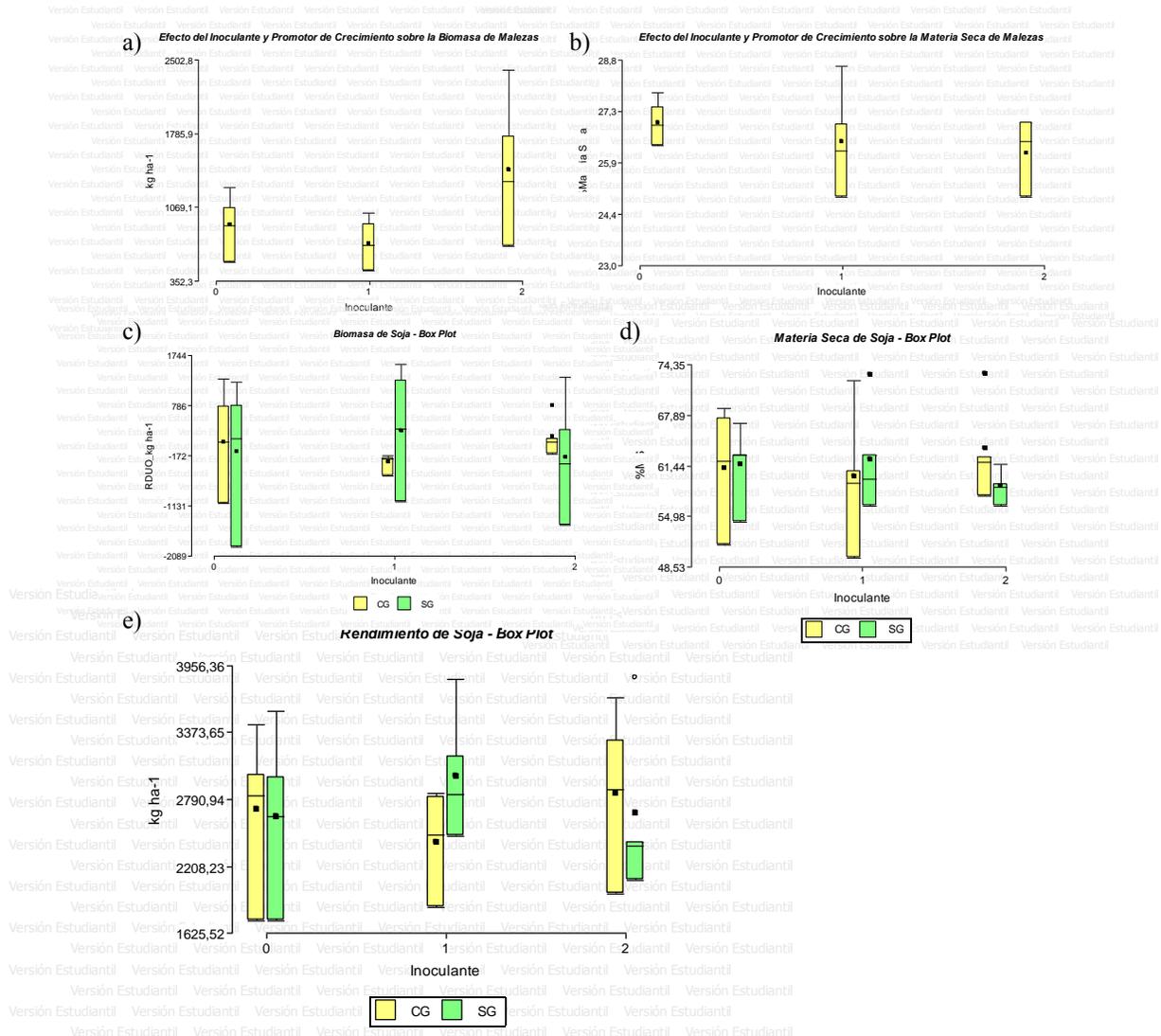


Figura 2. Gráficos de Box Plot para: a) Biomasa de Malezas; b) Porcentaje de Materia Seca de Malezas; c) Biomasa de Soja; d) Porcentaje de Materia Seca de Soja; e) Rendimiento de Soja.

ANOVA y Test de LSD Fisher

Tabla 11. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Biomasa de Malezas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kg ha ⁻¹ MZ	12	0,31	0,16	51,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1119004,17	2	559502,08	2,04	0,1859
Inoculante	1119004,17	2	559502,08	2,04	0,1859
Error	2468287,50	9	274254,17		
Total	3587291,67	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=837,69184

Error: 274254,1667 gl: 9

Inoculante	Medias	n	E.E.	
1,00	716,25	4	261,85	A
0,00	896,25	4	261,85	A
2,00	1435,00	4	261,85	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 12. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Porcentaje de Materia Seca de Malezas.
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MZ %MS	12	0,10	0,00	10,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,57	2	3,78	0,47	0,6368
Inoculante	7,57	2	3,78	0,47	0,6368
Error	71,75	9	7,97		
Total	79,32	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,51646

Error: 7,9722 gl: 9

Inoculante	Medias	n	E.E.	
1,00	26,47	4	1,41	A
0,00	27,01	4	1,41	A
2,00	28,36	4	1,41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 13. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Biomasa de Soja.
Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kg ha ⁻¹ SJ	24	0,08	0,00	20,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1868958,33	5	373791,67	0,33	0,8881
Glifosato	292604,17	1	292604,17	0,26	0,6173
Inoculante	440989,58	2	220494,79	0,19	0,8247



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Glifosato*Inoculante	1135364,58	2	567682,29	0,50	0,6138
Error	20371875,00	18	1131770,83		
Total	22240833,33	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1580,42595

Error: 1131770,8333 gl: 18

Glifosato	Inoculante	Medias	n	E.E.	
SG	2,00	4833,75	4	531,92	A
CG	1,00	4965,00	4	531,92	A
SG	0,00	5233,75	4	531,92	A
SG	1,00	5346,25	4	531,92	A
CG	2,00	5465,00	4	531,92	A
CG	0,00	5646,25	4	531,92	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 14. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Materia Seca de Soja.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%MS	24	0,06	0,00	11,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	55,29	5	11,06	0,22	0,9481
Glifosato	3,00	1	3,00	0,06	0,8088
Inoculante	0,15	2	0,08	1,5E-03	0,9985
Glifosato*Inoculante	52,14	2	26,07	0,52	0,6006
Error	894,57	18	49,70		
Total	949,86	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,47287

Error: 49,6983 gl: 18

Glifosato	Inoculante	Medias	n	E.E.	
SG	2	58,85	4	3,52	A
CG	1	60,14	4	3,52	A
CG	0	61,07	4	3,52	A
SG	0	61,66	4	3,52	A
SG	1	62,21	4	3,52	A
CG	2	63,64	4	3,52	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 15. Tabla de ANOVA y Test de LSD Fisher para Rendimiento de Soja.

Análisis de la varianza



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend	24	0,08	0,00	26,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	774805,79	5	154961,16	0,30	0,9054
Glifosato	79693,72	1	79693,72	0,16	0,6982
Inoculante	33912,42	2	16956,21	0,03	0,9676
Glifosato*Inoculante	661199,65	2	330599,83	0,64	0,5368
Error	9239648,98	18	513313,83		
Total	10014454,77	23			

-

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1064,35471

Error: 513313,8321 gl: 18

Glifosato	Inoculante	Medias	n	E.E.	
CG	1	2413,07	4	358,23	A
SG	0	2641,79	4	358,23	A
SG	2	2676,77	4	358,23	A
CG	0	2703,56	4	358,23	A
CG	2	2849,58	4	358,23	A
SG	1	2993,39	4	358,23	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

BIBLIOGRAFÍA

Citas de Libros

- MOLINA, A. *Malezas Argentinas*. Buenos Aires. Repunte Gráfica. Primera edición. Tomo 5. Febrero 2011.
- SATORRE, E., BENECH ARNOLD, R., SLAFER, G., DE LA FUENTE, E., MIRALLES, D., OTEGUI, M., SAVIN, R. *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. Buenos Aires. Editorial Facultad de Agronomía UBA. Primera Edición. Marzo 2003.
- SCURSONI, J. A. *Malezas. Concepto Identificación y Manejo en Sistemas Cultivados*. Buenos Aires, Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. Abril 2009.

Citas de Publicaciones

- BELLUCCINI, P.A., 2013. *La Aparición de Nuevas Malezas Tolerantes y Resistentes a Glifosato en la Región*. INTA.
- CONICET, 2009. *Evaluación de la información científica vinculada al glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente*. Informe. Comisión nacional de investigación sobre Agroquímicos decreto 21/2009. Consejo científico interdisciplinario creado en el ámbito del Consejo nacional de investigaciones científicas y Técnicas (Conicet).
- DELLAFERRERA, I., ACOSTA, J.M., CAPELLINO, P., AMSLER, A., 2009 *Relevamiento de malezas en cultivos de soja en sistema de siembra directa con glifosato del departamento Las Colinas (Provincia de Santa Fe)* Revista FAVE - Ciencias Agrarias.
- DE LA VEGA, M., 2011. *Resistencia de Malezas a Herbicidas*. Revista Especial Maleza. Aapresid.
- DI RIENZO, J. A.; F. CASANOVES, M. G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA & C. W. ROBLEDO. 2009. InfoStat, versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- GHERSA, C.M., FERRARO, D.O., 2011. *Algunos aspectos acerca de la aparición de resistencia a herbicidas en poblaciones de malezas*. Revista Especial Maleza. Aapresid.
- GONZÁLEZ FIQUENI, M.F.; DURMAN, S.; MERETTI, E.; PUEYO, M.; VACCA, M.; BOSCO, T., 2011. *Co-inoculación en soja: Efectos sobre Nodulación, Crecimiento y Rendimiento*.
- HEAP, I., 2011. *Las Peores Malezas Mundiales Resistentes a Herbicidas*. Revista Especial Maleza. Aapresid
- LEGUIZAMÓN, E. D., 2007. *El Manejo de Malezas: Desafíos y Oportunidades*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

- LÓPEZ ANIDO, P., 2011. *Malezas Resistentes; Alarma sobre un problema creciente*. Revista Especial Maleza. Aapresid.
- METZLER, M. J., PURICELLI, E., PELTZER, H. F., 2011. *Control de Conyza ssp. (rama negra) en barbecho de soja con glifosato en mezcla con herbicidas residuales y de contacto*. Actualización Técnica en Soja. EEA INTA Paraná.
- PAPA, J.C., FELIZA, J.C., 2001. *Malezas Tolerantes a Herbicidas Iresine diffusa*.
- PAPA, J. C., TUESCA, D., PONSA, J. C., PICAPIETRA, G., 2012. *Confirmación de la resistencia a glifosato en un biotipo de raigrás anual (Lolium multiflorum lam.) del noreste de la provincia de Buenos Aires*.
- PAPA, J. C., TUESCA, D., 2013. *Los Problemas Actuales de Malezas en la Region Sojera Nucleo Argentina: Origen y Alternativas de Manejo*. Centro Regional Santa fe. EEA INTA Oliveros.
- PAPA, J.C., TUESCA, D., BACIGUALUPPO, D., 2010a. *Detección reciente en la provincia de Santa Fe de Biotipos de E. colona sospechosos de presentar resistencia a glifosato*.
- PURICELLI, E., TUESCA, D., FACCINI, D., NISENSOHN, L., VITTA, J.I., 2005. *Análisis en los Cambios de la Densidad y Diversidad de Malezas en Rotaciones con Cultivos Resistentes a Glifosato en Argentina*.
- RAINERO, H. P., 2008 *Problemática del manejo de malezas en sistemas productivos*. Boletín de Divulgación Técnica N°3. EEA Manfredi.
- PAPA, J. C., TUESCA, D., NISENSOHN, L., 2010b. *Control tardío de rama negra (Conyza bonariensis) y peludilla (Gamochaeta spicata) con herbicidas inhibidores de la protoporfirin-IX-oxidasa previo a un cultivo de soja*. Para mejorar la producción. EEA INTA Oliveros.
- USTARROZ, D., PURICELLI E., RAINERO, H., BELLON, D., 2010 *Control de rama negra (Conyza bonariensis) Cronq. con glifosato en distintos estados de desarrollo de la maleza*. Agromensajes UNR.
- USTARROZ, D., MAZZINI, P., RAINERO, H., 2011. *Control químico de Cynodon hirsutus "gramilla mansa"* Cartilla Digital EEA INTA Manfredi
- VILLALBA, A., 2009. *Resistencia a herbicidas. Glifosato*. Ciencia, docencia y tecnología n° 39 Concepción del Uruguay, noviembre 2009.
- VITTA, J., TUESCA, D., PURICELLI, E., 2002. *El Uso Masivo de Glifosato en la Región: ¿Hay una Disminución en la Diversidad de Malezas?* Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.

Citas de Internet

- AAPRESID, 2013a. <http://www.aapresid.org.ar/rem/echinochloa-colona-una-maleza-muy-danina/> *Echinochloa colona: una maleza muy dañina*.
- AAPRESID, 2013b. <http://www.aapresid.org.ar/rem/malezas-para-estar-alerta/> *Malezas para estar Alerta*.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

AAPRESID, 2013c. <http://www.aapresid.org.ar/rem/malezas-resistentes-como-capitalizar-la-experiencia-estadounidense/> *Malezas Resistentes, ¿Cómo capitalizar la experiencia estadounidense?*

AAPRESID, 2013d. <http://www.aapresid.org.ar/rem/689/> *Urochloa panicoides*.

Dow AgroSciences, 2013. *Tolerancia de las malezas al glifosato*.

http://www.dowagro.com/ar/herbicidas/barbecho/malezas_tolerantes.htm

Monsanto, 2008. <http://www.monsanto.com/global/ar/productos/documents/guia-tecnologica-final.pdf> *Manejo de Resistencia de las Malezas*. Guía de Uso de las Tecnologías. Monsanto imagine. Páginas 10, 11 y 12.

Red de Información Agropecuaria Nacional (RIAN) INTA, 2009.

http://rian.inta.gov.ar/agronomia/Manual_Trigo.pdf *Trigo. Manual de campo*. Página 13.