



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ÁREA DE CONSOLIDACIÓN

SISTEMAS AGRÍCOLAS DE PRODUCCIÓN EXTENSIVOS

TRABAJO ACADÉMICO INTEGRADOR

RESISTENCIA A HERBICIDAS Y MANEJO DE YUYO COLORADO (*Amaranthus hybridus L.*) EN LA REGION CENTRO Y SUD-ESTE DE CORDOBA

LLORET, Francisco José

Tutores

Ing. Agr. MSc Enzo Bracamonte. FCA-UNC

Ing. Agr. Pablo Beluccini INTA Marcos Juárez

2016

INDICE

Agradecimientos.....	3
Resumen.....	4
Introducción.....	5
Objetivos.....	9
Material y Métodos.....	10
Resultados y Discusión.....	21
Causas bioecológicas y agronómicas de dispersión y resistencia de <i>Amaranthus hybridus</i> en Argentina	25
Eficacia de control con herbicidas en postemergencia de <i>Amaranthus hybridus</i>	27
Eficacia de control con herbicidas en preemergencia de <i>Amaranthus hybridus</i>	31
Conclusiones.....	35
Estrategias de manejo alternativo e integral de <i>Amaranthus hybridus</i> En Córdoba	36
Bibliografía Citada.....	40
Anexos.....	43

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. MSc Enzo Bracamonte por el planteo científico, las correcciones realizadas, la dedicación y el interés mostrado en el trabajo.

Al Ing. Agr. Pablo Beluccini del INTA Macos Juárez por su predisposición, su tiempo, conocimientos y la información brindada.

Al personal del laboratorio de semillas por la disposición del instrumental y atención.

A mis compañeros de la FCA que me dieron una mano cuando fue necesaria.

RESUMEN

En las últimas décadas el manejo productivo mediante el paquete tecnológico siembra directa-soja RR propició la aparición de malezas tolerantes y resistentes al principio activo glifosato. Entre las especies que han incrementado en forma significativa su presencia en la región agrícola centro-sur de la provincia de Córdoba, podemos citar a la especie *Amaranthus hybridus* L. Por ello, los objetivos del trabajo de investigación fueron determinar las causas bioecológicas y agronómicas de dispersión y resistencia de *Amaranthus hybridus* L. a herbicidas en la región del central y sudeste de Córdoba, evaluar el nivel de resistencia de un biotipo de *Amaranthus hybridus* L. a distintos herbicidas en condiciones de semi-controladas mediante curvas dosis-respuesta, evaluar la eficacia de control sobre *Amaranthus hybridus* L. con herbicidas pre-emergentes en condiciones semi controladas y a campo y diseñar y proponer estrategias de manejo alternativo de *Amaranthus hybridus* L. en la región centro y sud-este de Córdoba. De acuerdo a los resultados obtenidos y a las condiciones en que se desarrollaron los ensayos es posible concluir que las características bioecológicas de *Amaranthus hybridus* L. junto al paquete tecnológico siembra directa-soja-grupos de herbicidas más utilizados, tornan altamente peligrosa la ocurrencia de selección y dispersión de biotipos resistente al glifosato en la región central y sudeste de Córdoba. Las características bioecológicas de *Amaranthus hybridus* y el manejo productivo del cultivo de soja en el Departamento Santa María, región central de Córdoba presenta biotipos Resistentes a glifosato y a clorimuron etil con Factores de Resistencia de 44 y 50, respectivamente. El uso de los herbicidas sulfentrazone, flumioxazin y metribuzin en campo y en condiciones controladas, solos o en mezcla con herbicidas pre y post emergentes proveen un control eficiente sobre biotipos tolerantes a derivados de las glicinas y ALS. El agregado de 2,4D a otros principios activos, permite un control eficiente de *Amaranthus hybridus* hasta 5 cm de altura. La combinación herbicidas con dos o más modos de acción que actúen sobre biotipos resistente a inhibidores de ALS y glicinas aumenta la performance de control sobre *Amaranthus hybridus*. Los herbicidas preemergentes solos o en mezclas utilizados en la región central de Córdoba proveen una persistencia de control que no supera los 40 días después de las aplicaciones. Debido a las propiedades biológicas, manejo productivo, alta adaptabilidad ecológica y presencia de biotipos de *Amaranthus hybridus* resistente a los principales grupos químicos de herbicidas utilizados se debe establecer nuevas estrategias químicas, culturales y mecánicas para su manejo como alternativas diferentes al control químico tradicional.

INTRODUCCION

El manejo de las malezas en los sistemas agropecuarios constituye una de las actividades más importantes por el impacto que tienen estas especies sobre la producción de diferentes cultivos y pasturas. La presencia de malezas en las áreas de cultivo reduce la eficiencia de insumos como los fertilizantes y el agua de riego, fortalecen la densidad de otros organismos y plagas y, finalmente, reducen severamente el rendimiento y calidad del cultivo (Labrada y Parker, 1999).

Existen diferentes estimaciones de las pérdidas que causan las malezas, entre ellas, las cifras que anualmente se invierten en herbicidas para su control y que representan dos terceras partes del mercado argentino de agroquímicos (U\$S1.300*10⁶) constituyen la valoración más representativa para su estimación (Palau *et al*, 2015).

El uso de glifosato como principal herbicida para el control de malezas se extendió a todo el territorio nacional, donde más del 95% de la producción de soja en la Argentina es RG (resistente al glifosato). Esto se dio debido a que el tándem siembra directa + soja RG permitió mejorar la eficiencia de la siembra y aumentar la escala de producción por productor agropecuario en base a distintos arreglos contractuales (Trucco, 2008; Senesi *et al.*, 2013).

El resultado de este nuevo escenario productivo-organizacional fue un aumento de la rentabilidad por reducción de costos fijos, variables y de transacción (Senesi *et al.*, 2013). La promisoría rentabilidad y la ventaja de utilizar prácticas conservacionistas, como la labranza cero, incentivaron a una rápida adopción de estas tecnologías, tanto a nivel de los propietarios de las tierras como de contratistas y redes.

El principal herbicida adoptado para este paquete tecnológico es el glifosato. Este producto representa el 42% del mercado total de ventas de agroquímicos y el 58% del mercado total de herbicidas (CASAFE, 2013). El glifosato es un herbicida de acción total y no residual, lo que permite reducir costos por reemplazo de herbicidas más caros o por un menor número de aplicaciones necesarias para el control de malezas.

Este nuevo paquete tecnológico posibilitó un importante incremento de la superficie implantada de soja, pasando de 6 millones de hectáreas en la campaña 1996/97 a más de 20 millones en la campaña 2012/13. Esto significó un beneficio para la economía argentina de 65 mil millones de

dólares en ese período; de los cuales, 3 mil millones fueron debido a la reducción de productos aplicados y combustible consumido, y los 62 mil restantes al incremento de la superficie implantada (VIB, 2013).

La amplia difusión en el espacio y tiempo del paquete tecnológico glifosato-soja-siembra directa, con el uso repetido de un mismo principio activo propició la selección y difusión de biotipos tolerantes y resistentes a este herbicida.

Es importante distinguir entre malezas con "tolerancia" y resistencia" a herbicidas. La tolerancia a un herbicida es la capacidad natural heredable de una especie para sobrevivir y reproducirse luego de la aplicación de ese principio activo. Es decir que las especies tolerantes a un herbicida nunca antes fueron controladas por ese herbicida y el aumento en su abundancia es el resultado de la presión de selección que controló en forma diferencial al resto de las especies susceptibles. La resistencia a un herbicida se define como la capacidad heredable de una población o biotipo para sobrevivir y reproducirse después de la aplicación de una dosis de herbicida que era letal para la población original (Weed Science, 2016).

Una de las propuestas crecientes para manejar esta problemática consiste en la utilización de herbicidas con actividad residual edáfica para prevenir los nacimientos de malezas. Sin embargo, su uso excesivo también puede incrementar la presión de selección de biotipos resistentes y además, condicionar seriamente la implantación de cultivos posteriores sensibles a esos herbicidas.

Algunos grupos químicos de herbicidas como sulfonilureas, imidazolinonas y graminicidas, ejercen una gran presión de selección y pueden crear problemas de selección de biotipos resistentes en períodos de 4 a 6 años por aplicaciones repetida o debido a un mal uso de los herbicidas (bajas dosis) (Papa & Tuesca, 2014).

En nuestro país, después de numerosos años de siembra de soja transgénica y el uso cada vez mayor de glifosato en una superficie tan extensa de la región agrícola, se están manifestando las hipótesis previas de reportes de investigaciones, que es la aparición y difusión de especies de malezas tolerantes y resistentes al glifosato. Entre las especies con mayor difusión con esta problemática son ocucha (*Parietaria débilis*), flor de Santa Lucía (*Commelina erecta*), siempre

viva del campo (*Gomphrena pulchella* y *G. perennis*), botoncito blanco (*Borreria verticillata*), rama negra (*Conyza bonariensis*), sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*) y algunas otras, que hasta hace poco tiempo eran intrascendentes (Rainero, 2008). Entre las especies que han incrementado en forma significativa su presencia en la región núcleo agrícola de Argentina y particularmente en toda el área productiva de la provincia de Córdoba son las correspondientes al género *Amaranthus*.

Entre ellas, *Amaranthus hybridus* L. conocido vulgarmente como amarantus, bleado, ataco, yuyo colorado, es una especie anual, perteneciente a la familia de las Amarantáceas y que se reproduce por semillas, pudiendo producir hasta 600.000 semillas por planta. El incremento de esta especie resulta preocupante por su importante y rápida diseminación, además que algunas poblaciones presentan dificultad para su control a algunos herbicidas, especialmente al glifosato, por lo que la convierten en una seria amenaza para los sistemas agrícolas del país.

Esta especie muestra resistencia a los inhibidores de ALS desde 1996, y si bien fue muy bien controlado por el glifosato perduran biotipos con estas características de resistencia.

Considerando los innumerables estudios realizados a nivel internacional sobre la problemática de esta maleza, su incidencia y difusión continúa en franca expansión en nuestro país, presentando importantes inconvenientes para su control. Bajo ese contexto, el uso de técnicas integrales de control no ha sido considerado como una alternativa válida en la producción de cultivos. Resulta, por lo tanto, de vital importancia la revisión, la convergencia y la profundización de los estudios y difusión de los conocimientos bio-ecológicos y de control obtenido en los agros ecosistemas con el fin de optimizar los esfuerzos realizados para un manejo integral, eficiente y racional de amarantus.

Actualmente los grupos químicos sulfonilureas y las imidazolinonas constituyen herramientas alternativas al uso de glifosato. Estos herbicidas actúan bloqueando la síntesis de aminoácidos esenciales por inhibición de la enzima acetolactato sintetasa (ALS). Los herbicidas que pertenecen a estos grupos poseen alta eficacia, baja toxicidad en mamíferos, amplio espectro de selectividad y sus dosis de uso son relativamente bajas. Debido a estas características su empleo está muy extendido y, como consecuencia de ello, la resistencia a herbicidas pertenecientes a estos grupos se ha constituido en los últimos años en un serio problema. La selección de biotipos

resistentes a estos herbicidas puede ocurrir en períodos relativamente cortos, de tres a siete años (Saari *et al.*,1994; Lovell *et al.*, 1996).

Por ello, establecer la relación entre las dosis y la respuesta de esta especie a los herbicidas es de fundamental importancia en la comprensión de la eficacia del herbicida, su modo de acción y la especie considerada. Esta herramienta es vital para un diagnóstico y evaluación en la relación herbicida-maleza.

Esta metodología, ampliamente utilizada en el mundo como base para recomendaciones de dosis de uso comercial, evalúa la reacción de una maleza a distintas dosis de un mismo herbicida, solo o en mezcla, determinando valores de sensibilidad, tolerancia o resistencia en relación a un testigo sin control químico comprobable (Seefeldt *et al*, 1995; Streibig *et al*, 1993).

El uso de regresión no lineal descrito por Streibig *et al.* (1993) constituye el método más apropiado para el desarrollo de la curva de dosis-respuesta entre los herbicidas y de malezas. Una adaptación de este modelo presentada originalmente en la literatura fue propuesto por Seefeldt *et al.* (1995). Estos autores sugieren que el modelo log-logística tiene varias ventajas sobre otros métodos de análisis, la principal es que uno de los términos que integran la ecuación no lineal es la C50 (llamada también ED50, GR50 o IC50), facilitando de esta manera la comparación del nivel de resistencia de biotipos de la misma especie.

En estudios de tolerancia la respuesta binaria es el resultado clásico. Ejemplos característicos de estos estudios son los denominados “Dosis-Respuesta,” como el utilizado para determinar la dosis letal 50 (DL50) de un herbicida. Estos estudios muestran que si un individuo muere cuando es desafiado con una dosis $x > T$, se dice que el individuo tiene una tolerancia T. La tolerancia de las malezas varía entre individuos y puede considerarse una variable aleatoria y $F(t)=P(T<t)$. Si $F(t)$ es la función de distribución normal estándar acumulada. El modelo apropiado para analizar estos ensayos es ajustando un modelo de regresión logística como el Probit (Balzarini *et al*, 2008).

De acuerdo a lo anteriormente citado es que se propone los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

General

Establecer estrategias de manejo eficiente e integral de *Amaranthus hybridus L.* en la región agrícola central y sudeste de Córdoba, Argentina.

Específicos

- A-** Determinar las causas bioecológicas y agronómicas de dispersión y resistencia de *Amaranthus hybridus L.* a herbicidas en la región central y sudeste de Córdoba.

- B-** Evaluar el nivel de resistencia de un biotipo de *Amaranthus hybridus L.* a distintos herbicidas en condiciones de semi-campo mediante curvas dosis-respuesta.

- C-** Evaluar la eficacia de control sobre *Amaranthus hybridus L.* con herbicidas pre-emergentes en condiciones semi controladas y a campo.

- D-** Diseñar y proponer estrategias de manejo alternativo de *Amaranthus hybridus L.* en la región centro y sud-este de Córdoba.

MATERIAL Y METODOS

CAUSAS BIOECOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS DE DISPERSIÓN Y RESISTENCIA DE *Amaranthus hybridus* L. A HERBICIDAS EN CÓRDOBA.

Para determinar las características bioecológicas y causas agronómicas de dispersión y tolerancia a glifosato de *Amaranthus hybridus* L. se utilizaron publicaciones de extensión e investigación tecnológica y científica nacionales e internacionales sobre características bioecológicas de la especie, modelo productivo y características agroclimáticas de la región predominante en los últimos años.

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE CONTROL DE *Amaranthus hybridus* L. CON HERBICIDAS EN POSTEMERGENCIA

Para evaluar la eficacia de control de diferentes herbicidas postemergentes sobre amarantus se desarrolló un ensayo en el Laboratorio de Ecotoxicología e invernáculos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, durante el año 2016.

La maleza fue seleccionada y recolectada por su alta difusión, densidad y dificultad para su control eficiente en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias UNC. en el periodo agrícola 2015/16 (Figura 1, 2 y 3).

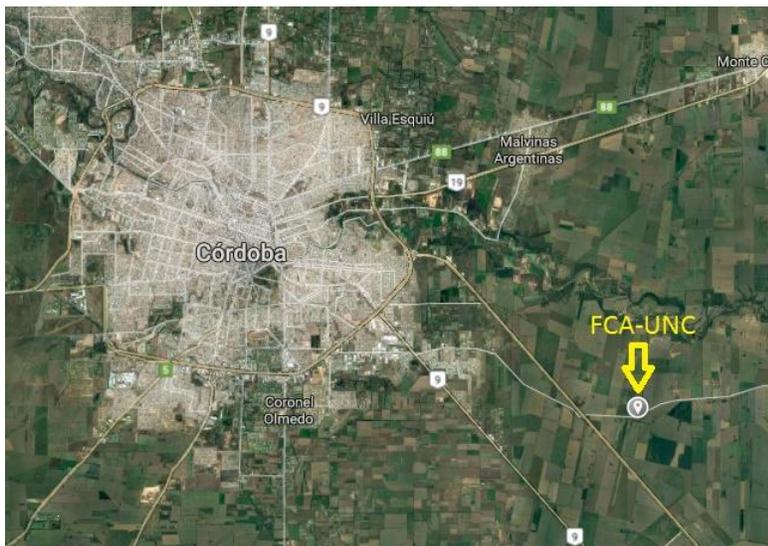


Figura 1. Ubicación geográfica Campo Escuela de la FCA-UNC, 2016.



Figura 2. Lote de soja invadido por amarantus en Campo Escuela de la FCA-UNC, 2015-2016.



Figura 3. Biotipos de amarantus resistentes y sensibles en Campo Escuela de la FCA-UNC, 2015-2016.

Para validar botánicamente el género y especie de la maleza se acondiciono y envió para su determinación al laboratorio ACOR de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, los que informaron que la especie corresponde a *Amaranthus hybridus* L.

Para la obtención de plántulas de amarantus, se procedió a germinar las semillas en cámara de germinación con temperatura de 20/28 °C noche/día, 16 h de fotoperiodo con 350 mol/m. (Figura 4). Las semillas germinadas fueron repicadas definitivamente en macetas (unidades experimentales) de 1 kg que contenían una mezcla de tierra negra y arena, en una proporción 1:1, quedando 4 plantas por unidad experimental (Figura 5). Posteriormente, las macetas fueron mantenidas en condiciones controladas en invernadero para su posterior evaluación de control. Para cada tratamiento los riegos se efectuaron a requerimiento para evitar stress hídrico.



Figura 4. Emergencia de amarantus en bandejas.



Figura 5. Repique final de plántulas de amarantus a macetas.

Para evaluar la sensibilidad de esta maleza a herbicidas se seleccionaron dos principios activos de diferente modo de acción, glifosato (inhibidores de la síntesis de aminoácidos aromáticos) y clorimuron-etil (inhibidores de la enzima ALS). Las aplicaciones se realizaron en postemergencia de las malezas en condiciones semi controladas (campo-invernadero) y consistieron en cinco tratamientos herbicidas (Dosis) y un tratamiento sin herbicida (T), tomando como referencia la dosis recomendada por marbete (Tratamiento N°4) (Tabla 1). El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado, con 3 repeticiones por tratamiento y 4 testigos sin herbicidas.

Tabla 1. Tratamientos herbicidas postemergentes en el control de *Amaranthus hybridus* L.

Momento	Trat. (N°)	Ingrediente activo	Dosis (l;kg PF/ha)	g/ha (g)	Referencia
Post-emergencia	1	Testigo s/herbicida	-	-	T
	2	Glifosato	0.5	323.5	G1
	3	Glifosato	1	647	G2
	4	Glifosato	2	1294	G3
	5	Glifosato	4	2588	G4
	6	Glifosato	8	5176	G5
	1	Testigo s/herbicida	-	-	T
	2	Clorimuron-etil	12.5	3.125	C1
	3	Clorimuron-etil	25	6.25	C2
	4	Clorimuron-etil	50	12.5	C3
	5	Clorimuron-etil	100	25	C4
	6	Clorimuron-etil	200	50	C5

Los tratamientos con herbicidas postemergentes se realizaron cuando la maleza presentaba 4-6 hojas verdaderas (Figura 6).



Figura 6. Estado fenológico de amaranthus al momento de la aplicación con herbicidas postemergentes.

Las aplicaciones se realizaron mediante una mochila equipada con pastillas de abanico plano 110-015, que erogaba un caudal de 100 l/ha.

Las condiciones ambientales en el momento de la aplicación de los tratamientos postemergentes fueron: T 22°C, HR 53%, viento a 10 Km/h, nubosidad 35%.

Las evaluaciones de control se realizaron a los 10 y 21 días después de las aplicaciones (DDA). A los 10 DDA se cuantificó la sobrevivencia (N°), con estos resultados se determinó el porcentaje de control y la Dosis Letal Media (DL50) mediante el modelo de ajuste Probit, que representa la dosis (g.i.a/ha) capaz de matar al 50 % de la población expuesta en relación a un tratamiento sin herbicida (T).

A los 21 DDA, se calculó la Dosis Letal Media (DL50) mediante el modelo de ajuste Probit, y se evaluó la reducción de peso fresco (%) de las plantas tratadas con respecto a un control no tratado (T) para obtener la relación dosis-respuesta. Para ello, se realizó un corte en la base de cada planta (al ras del suelo), y posteriormente fueron pesadas en balanza de precisión para determinar biomasa (gramo/planta) de peso húmedo.

Con los datos obtenidos se evaluó la relación dosis-respuesta utilizando el modelo log-logístico propuesto por Seefeldt *et al.* (1995) que relaciona la respuesta de la planta con las dosis del herbicida evaluadas:

$$Y = C + \frac{D - C}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(GR50)))}$$

Donde:

Y: representa el peso fresco como porcentaje con respecto al control.

D: límite superior de la curva

C: límite inferior de la curva.

b: pendiente de la curva en el punto GR50.

GR50: Dosis de herbicidas requeridas para reducir en un 50% la biomasa de las plantas de la maleza (GR50) en relación al testigo.

El grado de resistencia de las poblaciones analizadas se calculó utilizando el Factor de Resistencia que es el cociente entre el GR50 del biotipo resistente y el GR50 del biotipo sensible.

El límite D corresponde a la respuesta media de la dosis control. El límite inferior de la curva corresponde a la respuesta media de la dosis más alta empleada.

Para establecer el Índice o Factor de Resistencia relativa (FR) de amarantus biotipo “FCA” se comparó con un biotipo sensible “ Marcos Juárez S” y el biotipo “Marcos Juárez R”.

Los resultados obtenidos fueron evaluados mediante el software Infostat (Di Rienzo *et al*, 2015). Para la significancia de los tratamientos se utilizó el ANAVA y para las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se utilizó el Test de LSD al 5%.

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE CONTROL DE *Amaranthus hybridus* L. CON HERBICIDAS EN PREEMERGENCIA.

Para evaluar la eficacia de control de *Amaranthus hybridus* con herbicidas preemergentes se realizaron dos ensayos: A) en condiciones semicontroladas (campo-invernadero) y B) campo.

A: EVALUACION CONTROL DE *Amaranthus hybridus* L. EN CONDICIONES SEMI CONTROLADAS

Para el desarrollo del ensayo, se procedió a la siembra de semillas de amarantus obtenido en el Campo Escuela de la FCA en cada maceta (unidad experimental). Se sembraron 250 semillas de semillas en cada unidad experimental con el objetivo de posibilitar un mínimo de germinación necesario para la evaluación de los tratamientos (Figura 7).



Figura 7. Unidades experimentales para evaluación de eficacia de herbicidas preemergentes sobre semillas de amarantus.

Para evaluar la sensibilidad de esta maleza a herbicidas preemergentes se seleccionaron tres principios activos de diferentes modo de acción, sulfentrazone 50% (triazolinonas, inhibidores PPO), metribuzin 48% (triazinas, inhibidores FS2), flumioxacin (ftalamidas, inhibidores PPO) y S-metolacloro (cloroacetamidas; inhibidores de la división celular). La aplicación se realizó luego de la siembra de amarantus y consistieron en 4 tratamientos herbicidas, utilizando la dosis recomendada en marbete (Tabla 2), y un tratamiento sin herbicida (T0), con 4 repeticiones por tratamiento (Tabla 2).

Las aplicaciones se realizaron mediante una pulverizadora manual (mochila) equipada con pastillas de abanico plano 110-115, que erogaba un caudal de 100 l/ha.

Las condiciones ambientales en el momento de la aplicación fueron: T 17° C, HR 68%, viento a 8 km/h y nubosidad 60%.

Tabla 2. Tratamientos herbicidas preemergentes en el control de *Amaranthus hybridus L.*

Momento	Trat.(N°)	Ingrediente Activo	Dosis (kg o L PF /ha) g ia/ha		Referencia	Costo (US\$/ha)
Pre-emerg.	1	Testigo s/herbicida	-	-	T0	0
	2	Sulfentrazone	0.5	250	T1	26
	3	Metribuzin	1	480	T2	27
	4	Flumioxacin	0.15	72	T3	18
	5	Flumioxacin +S-metolacloro	0.15+1.2	72+1152	T4	28

Posteriormente a las aplicaciones, las macetas fueron mantenidas en condiciones controladas en invernadero para su posterior evaluación de control. Se realizaron riegos de las macetas emulando una precipitación de 15mm para la correcta distribución y acción del herbicida (Figura 8).



Figura 8. Tratamientos herbicidas preemergentes en el control de *Amaranthus hybridus* L. en condiciones semi controladas. 2016.

Las evaluaciones de control se realizaron a los 10 y 21 días después de las aplicaciones (DDA). En ambos momentos se cuantificó el número de plántulas emergidas, y con ello el % de control respecto a la media de los testigos.

Para determinar el porcentaje de plántulas emergidas se consideró como un 100% las semillas germinadas en cada testigo en virtud de que no todas las semillas iban a germinar por diversos factores.

Para obtener el porcentaje de plantas germinadas en cada tratamiento se aplicó la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Tratamiento}}{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Testigo}} \times 100$$

Mientras que para determinar el porcentaje de control se utilizó la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Testigo} - \text{N}^{\circ} \text{ Plantas Tratamiento}}{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Testigo}} \times 100$$

Los resultados obtenidos fueron evaluados mediante el software Insfostat (Di Rienzo, 2009). Para la significancia de los tratamientos se utilizó el ANAVA y para las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se utilizó el Test de LSD al 5%.

B. EVALUACION CONTROL DE *Amaranthus hybridus* EN CONDICIONES DE CAMPO.

Se realizó un ensayo en la zona rural de la localidad de Pascanas, Córdoba bajo el planteo científico y dirección del Ing. Agr. Pablo Belluccini, INTA Marcos Juárez. El diseño experimental constó de 11 tratamientos herbicidas (Tabla 3 y 4.) con diferentes modo de acción dispuestos en parcelas completamente aleatorizadas (2.5m x 10 m), con tres repeticiones y testigos sin herbicidas apareados. El área de ensayo tuvo como cultivo antecesor trigo variedad SY300, con una densidad de siembra de 110 kg ha⁻¹ y rendimiento promedio de 3.900 kg ha⁻¹.

Tabla 3. Tratamientos herbicidas preemergentes para el control de *Amaranthus hybridus*, 2015.

Principio Activo	Grupo Químico	Modo de Acción
<i>Glifosato</i>	Glicinas	Inhibidores del EPSP
<i>2,4D ester</i>	Clorofenoxico	Hormonales
<i>S-Metolacloro</i>	Cloroacetamidas	Inhibidor división celular
<i>Metribuzin</i>	Triazinas	Inhibidor FS2
<i>Flumioxacin</i>	Ftalamidas	Inhibidor PPO
<i>Sulfentrazone</i>	Triazolinonas	Inhibidor PPO
<i>Diclosulam</i>	Triazolpiridinas	Inhibidor ALS
<i>Clorimuron</i>	Sulfonilureas	Inhibidor ALS
<i>Prometrina</i>	Triazinas	Inhibidor FS2
<i>Clomazone</i>	Oxazolidinonas	Inhibidor de carotenoides

Las aplicaciones se realizaron en el mes de diciembre con mochila de gas carbónico a presión constante, arrojando un caudal de 150 l ha⁻¹. El cultivo implantado fue soja, variedad NA 4990, fue sembrada 3 DDA con una de densidad 17 semillas por metro lineal a una distancia entre líneas de 35 cm.

Tabla 4. Tratamientos, herbicida, dosis utilizadas y costos de aplicación para el control de *Amaranthus hybridus*, 2015.

Tratamiento	Herbicida	Dosis (g/ha)*	Costo (u\$s/ha)**
1	<i>S metolaclor</i>	960g/ha	24.45 + IVA

	<i>24D ester</i>	485 g/ha	
	<i>glifosato (sal monoamónica de la N-fosfonometil glicina). 74,7 g.</i>	1344 g/ha	
2	<i>S metolaclor</i>	960 g/ha	51.45 + IVA
	<i>24D ester</i>	485 g/ha	
	<i>glifosato (sal monoamónica de la N-fosfonometil glicina). 74,7 g.</i>	1344 g/ha	
	<i>metribuzin (48 g i.a.)</i>	480 g/ha	
3	<i>S metolaclor</i>	960 g/ha	42.45 + IVA
	<i>24D ester</i>	485 g/ha	
	<i>glifosato (sal monoamónica de la N-fosfonometil glicina). 74,7 g.</i>	1344 g/ha	
	<i>Flumioxacin</i>	72 g/ha	
4	<i>S metolaclor</i>	960 g/ha	50.45 + IVA
	<i>24D ester</i>	485 g/ha	
	<i>glifosato (sal monoamónica de la N-fosfonometil glicina). 74,7 g.</i>	1344 g/ha	
	<i>sulfentrazone</i>	250 g/ha	
5	<i>Diclosulam (84 gr i.a.)</i>	29 g/ha	52.10 + IVA
	<i>24D ester</i>	485 g/ha	
	<i>glifosato (sal monoamónica de la N-fosfonometil glicina). 74,7 g.</i>	1344 g/ha	
	<i>Sulfentrazone</i>	200 g/ha	
6	<i>Clorimuron (25 gr i.a.)</i>	12.5 g/ha	34.15 + IVA
	<i>24D ester</i>	485 g/ha	
	<i>glifosato (sal monoamónica de la N-fosfonometil glicina). 74,7 g.</i>	1344 g/ha	
	<i>Flumioxacin</i>	72 g/ha	
7	<i>Clorimuron (25 gr i.a.)</i>	12.5 g/ha	36.95 + IVA
	<i>24D ester</i>	485 g/ha	
	<i>glifosato (sal monoamónica de la N-fosfonometil glicina). 74,7 g.</i>	1344 g/ha	
	<i>sulfentrazone (480g i.a.)</i>	200 g/ha	
8	<i>glifosato (sal monoamónica de la N-fosfonometil glicina). 74,7 g.</i>	1344 g/ha	10.8 + IVA
9	<i>Prometrina (490 g i.a.)</i>	980 g/ha	39.55 + IVA
	<i>24D ester</i>	485 g/ha	
	<i>glifosato (sal monoamónica de la N-fosfonometil glicina). 74,7 g.</i>	1344 g/ha	

10	Clomazone (48 g i.a.)	864 g/ha	64.05 + IVA
	24D ester	485 g/ha	
	glifosato (sal monoamónica de la N-fosfonometil glicina). 74,7 g.	1344 g/ha	
11	Sulfentrazone (18 g i.a.)	234 g/ha	80.55 + IVA
	Metribuzin (27 g i.a.)	351 g/ha	
	24D ester	485 g/ha	
	glifosato (sal monoamónica de la N-fosfonometil glicina). 74,7 g.	1344 g/ha	

*:Todos los tratamientos fueron aplicados con una dosis de humectante de 0.1% del volumen de mezcla final.**Precios de referencia en la zona, al 04/07/2016

La maleza predominante en el área de ensayo fue *Amaranthus hybridus L.*, seguida en densidad por *Digitaria sanguinalis*, (digitaria), *Triticum aestivum* (trigo guacho), *Eleusine indica* (pata de gallina) y *Echinochloa colonum* (capín). La evaluación de las malezas presentes en cada tratamiento se realizó a los 35 y 47 DDA. Para evaluar el efecto de los tratamientos se determinó el rendimiento final del cultivo de soja en cada unidad experimental.

Para determinar el porcentaje de plántulas emergidas se consideró como un 100% las semillas germinadas en cada testigo en virtud de que no todas las semillas iban a germinar por diversos factores.

Para obtener el porcentaje de plantas germinadas en cada tratamiento se aplicó la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Tratamiento}}{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Testigo}} \times 100$$

Mientras que para determinar el porcentaje de control se utilizó la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Testigo} - \text{N}^{\circ} \text{ Plantas Tratamiento}}{\text{N}^{\circ} \text{ Plantas Testigo}} \times 100$$

Los resultados obtenidos fueron evaluados mediante el software Infostat (Di Rienzo, 2009). Para la significancia de los tratamientos se utilizó el ANAVA y para las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se utilizó el Test de LSD al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Causas bioecológicas y agronómicas de dispersión y resistencia de *Amaranthus hybridus* a herbicidas en Córdoba.

Amaranthus hybridus es una maleza perteneciente a la familia Amarantáceas, orden Caryophyllales, comprende alrededor de 160 géneros y 2.400 especies. La mayoría de los integrantes de esta familia son hierbas o subarbustos con algunas especies arbóreas y trepadoras. Es una familia ampliamente extendida cuyo hábitat se encuentra en regiones tropicales y subtropicales. La mayor parte de las especies se encuentran en el África tropical y en América del Norte, sin embargo, alguna de sus especies son oriundas de las regiones templadas. Un gran número de esta familia son plantas ornamentales de jardín, en especial las especies *Alternanthera*, *Amaranthus*, *Celosiae*, *Iresine*, mientras que otras como *Amaranthus* y *Salsola* son especies muy conocidas e invasoras en regiones agrícolas. Muchas de las especies son halófitas, vegetando en suelos salinos.

Es una planta monoica, anual, erguida, pudiendo alcanzar los 2 m. de altura. El tallo presenta rayas longitudinales, a veces rojizo, con frecuencia muy ramificado. Hojas alternas, con láminas foliares ampliamente lanceoladas a ovadas u ovado-rómbicas, de 3 a 15 cm de largo por 1 a 7 cm de ancho (figura 3), a veces algo teñidas de rojo, prominentemente venosas en el envés; pecíolos delgados, hasta de 10 cm de largo. Inflorescencia en panoja terminal de hasta 35 cm de longitud (figura 4) compuesta por numerosas flores dispuestas en verticilos muy cercanos entre sí. Flores con 5 tépalos desiguales, las estaminadas con cinco estambres y 5 tépalos ovados, las pistiladas con tépalos oblongo-espátulados, de ápice obtuso o truncado. Brácteas y tépalos frecuentemente rojizos a morados. El fruto es un pixidio con dehiscencia transversal circuncisa, poco rugoso, con una semilla lenticular negra y brillante (Figura 9), de 1,5 mm de diámetro. Plántulas de porte arrosetado, con cotiledones lanceolados a elíptico u oblongos, de 4 a 10 mm de largo (Figura 10).

Se propaga por semillas, produce gran cantidad por planta (200.000-600.000 semillas/plantas). Es de rápido crecimiento y muy competitiva por nutrientes (Figura 11,12 y 14). Florece y fructifica desde mediados de la primavera hasta el otoño. Tiene la capacidad de florecer desde los 10 cm hasta más de 2 de altura (Figura 13).



Figura 9. Semillas de amarantus



Figura 10. Amarantus en estado de plántula.



Figura 11. Emergencia en alta densidad de amarantus. Marcos Juárez, 2015.



Figura 12. Amaranthus en estado vegetativo



Figura 13. Inflorescencia terminal de amaranthus



Figura 14. Amaranthus invadiendo cultivos de soja. Córdoba, 2015.

Eventos Históricos de Resistencia en *Amarantus* a Herbicidas.

Actualmente existen a nivel mundial biotipos de *Amarantus* con resistentes a los inhibidores de la fotosíntesis (atrazina, diuron, y otros), a inhibidores de la ALS (Imidazolinonas, Sulfonilureas y otros), a las dinitroanilinas (pendimentalin y trifluralina).

La resistencia al grupo dinitroanilina fue una de los primeros rasgos de resistencia que evolucionó en *amarantus*. La resistencia a trifluralina fue confirmada en 1989 en ocho lugares diferentes en Carolina del Sur. Posteriormente, la resistencia a trifluralina se detectó en Tennessee, en el año 1998 (Heap, 2012). También fueron informados resistencia a la atrazina en el estado de Texas, en 1993. Los mecanismos biológicos y modos de herencia de la resistencia a dinitroanilinas y a las triazinas no fueron evaluados.

Herbicidas Inhibidores de ALS fueron ampliamente utilizados para el control de *Amaranthus Sp.* desde su introducción en 1982 (Gaeddert *et al.*,1997). La mayoría de los casos de resistencia a ALS son debidos a cambios en la secuencia de bases del gen de la ALS, la cual resulta en una enzima que es menos sensible a la unión de inhibidores de ALS. Esta secuencia alterada se hereda como un alelo individual con un alto grado de dominancia (Saari *et al.*, 1994; Tranel y Wright, 2002).

La resistencia cruzada a varios herbicidas inhibidores de ALS es común en *Amarantus*. En este contexto, Burgos *et al.* (2001) reportaron casos de resistencia a imazaquín que tenían resistencia cruzada a clorimurón, diclosulam y piritiobac.

En los últimos años se han reportado en Bolivia eventos donde el yuyo colorado ha desarrollado resistencia a los ALS y también a los inhibidores de PPO, un grupo muy efectivo hasta el momento para su control en nuestro país.

Amarantus actualmente es una de las malezas resistentes al glifosato que más perjuicios económicos produce en los EE.UU. (Beckie, 2006). Esta resistencia fue identificado por primera vez en Georgia en 2004 (Culpepper *et al.*, 2006) y, posteriormente, fueron relatadas su presencia en Arkansas, North y Carolina del Sur y Tennessee (Norsworthy *et al.*, 2008.; Scott *et al.* 2007; Steckel *et al.* 2008; York *et al.*, 2007). Esta maleza se ha extendido en todo el sur de los EEUU, avanzando rápidamente sobre Illinois (2010), Michigan y Virginia (2011) (Heap2012; Nandulaet

al, 2012). Muchas de estas poblaciones resistente al glifosato evolucionaron en sistemas de cultivo expuestos a aplicaciones repetida de glifosato en el manejo de malezas (Beckie 2006; Culpepper *et al.* 2006). La resistencia múltiple de *Amaranthus* a herbicidas inhibidores de la HPPD ha sido recientemente confirmado en Kansas, pero el mecanismo y el modo de herencia de esta resistencia no se conoce todavía (Thompson *et al.* 2012).

CAUSAS AGRONÓMICAS DE DISPERSIÓN Y RESISTENCIA DE *Amaranthus hybridus* L. A HERBICIDAS EN LA REGIÓN CENTRAL DE ARGENTINA.

Amaranthus hybridus, es conocida vulgarmente en Argentina como bleado, ataco, amarantus, amaranto o yuyo colorado. Esta especie es originaria de América cálida y templada y constituye una de las malezas más importantes de los cultivos extensivos de verano en Argentina, afectando además, cultivos de invierno en sus últimas etapas de crecimiento. Prefiere suelos fértiles y algo arenosos, aunque es muy plástica y prospera también en diferentes tipos de suelos.

El amarantus fue la primera maleza declarada resistente en Argentina en 1996, en aquel momento a los herbicidas inhibidores de ALS: imidazolinonas, sulfonilureas y triazolpirimidinas. La llegada y amplia difusión de la soja resistente a glifosato generalizó rápidamente el control con glifosato y este biotipo dejó de ser un problema en los sistemas productivos por el efectivo control que ejerció este herbicida. El incremento en la producción de cultivos ocurrido en la última década en el área agrícola núcleo de Argentina estuvo asociado estrechamente con el uso de herbicidas como método principal para el control de malezas dentro del paquete tecnológico siembra directa-glifosato-soja RR. Sin embargo, la presión de selección generada por el uso repetido de herbicidas produjo una rápida evolución hacia poblaciones de malezas resistentes (Maxwell & Mortimer, 1994).

Bajo estas condiciones, las poblaciones de *Amaranthus hybridus* parecen haber evolucionado en Córdoba y en la región central del país de forma independiente con más de un mecanismo de resistencia al glifosato (Figura 15).

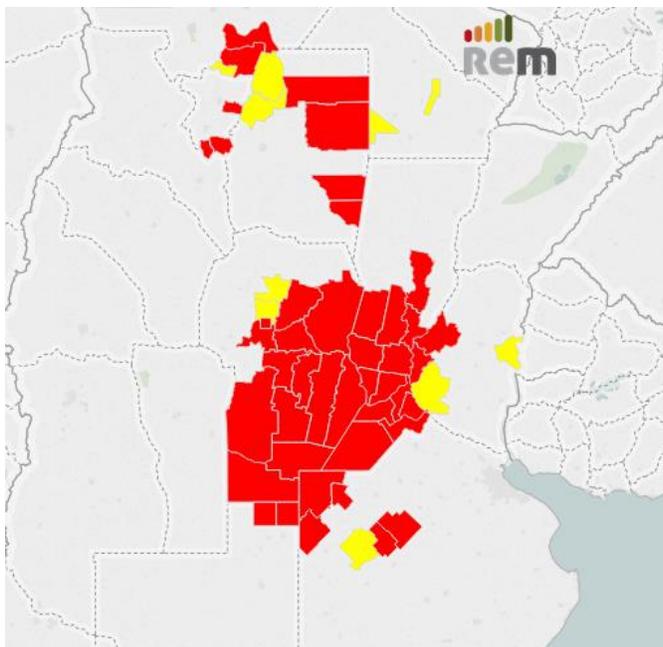


Figura 15. Distribución de *Amaranthus hybridus* resistente en Argentina (REM, 2016).

En rojo Departamentos en alerta rojo (resistente).

Color amarillo indica casos que se sospechan resistentes pero sin confirmación hasta el presente.

Diversos autores sugirieron que en *Amarantus hybridus* la reducida translocación de glifosato dentro de la planta podría ser el mecanismo de resistencia involucrado en esta población.

Es de destacar que actualmente todos los casos de resistencia múltiple en las poblaciones de *Amarantus* involucran combinaciones de resistencia a glifosato y a herbicidas inhibidores de ALS. Esto podría deberse a que la resistencia a la EPSPS (5-enolpiruvilsiquimato-3-fosfato) actualmente esta tan extendida que la selección para la resistencia a glifosato ocurren en las poblaciones donde alelos de resistencia ALS están presente.

Otro de los problemas potenciales de esta maleza es que puede hibridarse con otras especies de *Amaranthus* con lo cual puede transferir genes de resistencia hacia otras especies del género. En situaciones de sequía y altas temperaturas como las que ocurrieron en la campaña 2011/2012 se observó que *Amarantus* se desarrolló y prosperó muy bien en lotes de soja, maíz y sorgo que presentaban baja densidad de plantas. Esta situación es probablemente debido a que esta especie está muy bien adaptada a condiciones de estrés y los cultivos no. (Morichetti *et al.*2013).

Es importante considerar que *A. hybridus* al ser informada como resistente a herbicidas inhibidores de ALS (imidazolinonas, sulfonilureas y triazolpirimidinas) durante el año 1996 es probable que esos biotipos aún se encuentren presentes en los sistemas productivos. Esta

situación permite pensar la existencia de casos de resistencia múltiple a glifosato y a herbicidas inhibidores de ALS. Este escenario ha ocasionado complicaciones en el control de esta especie y ha incrementado considerablemente los costos de control en los cultivos de maní, algodón y soja. Actualmente existe una fuerte sospecha de que los biotipos presentes en la provincia de Córdoba son resistentes a los herbicidas inhibidores de la ALS (Imidazolinonas, Sulfonilureas, triazolopirimidinas).

EFICACIA DE CONTROL DE *Amaranthus hybridus* L CON HERBICIDAS EN POSTEMERGENCIA

La evaluación visual a los **10 DDA** post-emergentes es posible observar baja eficacia de todos los tratamientos evaluados con glifosato y clorimuron- etil mostrando 100% de sobrevivencia de amarantus, no observándose efectos fitotóxicos en todas las unidades experimentales expuestas (Figura 16 y 17).



Figura 16. Evaluación de control visual de *Amaranthus hybridus* con glifosato a los 10 DDA.



Figura 17. Evaluación de control visual de *Amaranthus hybridus* con clorimuron etil a los 10 DDA.

Los resultados obtenidos en la evaluación visual a los 10 DDA mostraron que el valor de la DL50 a partir del recuento de plantas vivas se ubica en dosis de glifosato y clorimuron etil superiores al valor máximo evaluado.

La evaluación visual a los 21 DDA post-emergentes mostró nuevamente baja eficacia de todos los tratamientos evaluados con glifosato y clorimuron etil, mostrando 100% de sobrevivencia de amarantus, no observándose efectos fitotóxicos en todas las unidades experimentales expuestas.

Estos resultados evidenciaron también que el valor de la DL50 a partir del recuento de plantas vivas se ubica en dosis de glifosato y clorimuron etil superiores al valor máximo evaluado (Figura 18 y 19).



Figura 18. Evaluación visual de control de *Amaranthus hybridus* con glifosato a los 21 DDA.



Figura 19. Evaluación visual de control de *Amaranthus hybridus* con clorimuron etil a los 21 DDA.

Con el objetivo de comparar los efectos de las dosis evaluadas (tratamientos) de glifosato se ajustó un modelo tradicional para un diseño completamente aleatorizado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los tratamientos evaluados con glifosato y clorimuron etil es posible observar que fue posible encontrar diferencias estadísticas significativas de las

medias de peso entre todos los tratamientos herbicidas evaluados mediante prueba LSD Fischer (Tabla 1 y 2, Anexos, Figura 20 y 21).

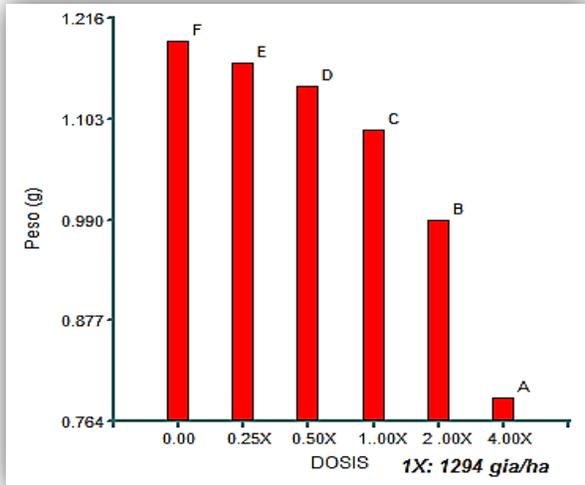


Figura 20. Figura. Medias y diferencias significativas entre tratamientos con glifosato en el control de *Amaranthus hybridus*.

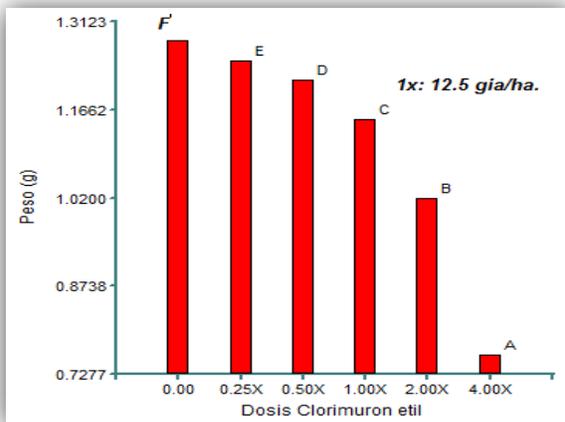


Figura 21. Medias y diferencias significativas entre tratamientos con clorimuron-etil en el control de *Amaranthus hybridus*.

Dadas las diferencias observadas se sometieron los datos de peso fresco en función de la dosis mediante el ajuste a modelos de regresión no lineal. El valor GR50 obtenido de la curva Dosis-Respuesta del biotipo “FCA”, fue comparado con el valor de GR50 del biotipo “INTA Marcos Juárez S” e “INTA Marcos Juárez R” de Córdoba”, obtenidos en ensayos paralelos (Tabla 5, Figura 22.).

Tabla 5. Valores de dosis GR50 y FR de glifosato en biotipos de *Amaranthus hybridus* “FCA” e “Inta Marcos Juárez.

Población	GR 50 (g.a.i ha ⁻¹)	FR
FCA	1941	1941/44.5=43.6
INTA M. Juárez S	44.5	
INTA M. Juárez R	502.95	1941/502.95=3.86

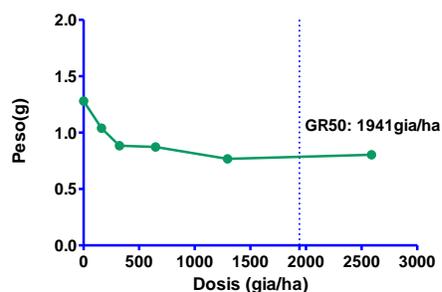


Figura 22. Curva DR y valor GR50 de glifosato en *Amaranthus hybridus* biotipo “FCA”.

La relación entre los biotipos indica que las poblaciones “INTA Marcos Juárez S” e “INTA Marcos Juárez R” son **43.6** y **3.86** veces más sensible a glifosato que la población “FCA” **Este biotipo, se podría presentar como resistente al glifosato (FR >2.5).**

Los datos de peso fresco en función de la dosis de clorimuron etil mediante el ajuste a modelos de regresión no lineal mostro un valor GR50 del biotipo “FCA” de **15 g/ha**. Este valor fue comparado con el valor de GR50: **0.30 g/ha** del biotipo “INTA Marcos Juárez S” de Córdoba”, obtenido en ensayos paralelos (Tabla 6, Figura 23).

Tabla 6. Valores de dosis GR50 y FR de glifosato en biotipos de *Amaranthus hybridus* “FCA” e “Inta Marcos Juárez S”.

Población	GR 50 (g.a.i ha ⁻¹)	FR
FCA	15	15/0.30= 50
INTA M. Juarez S	0.30	

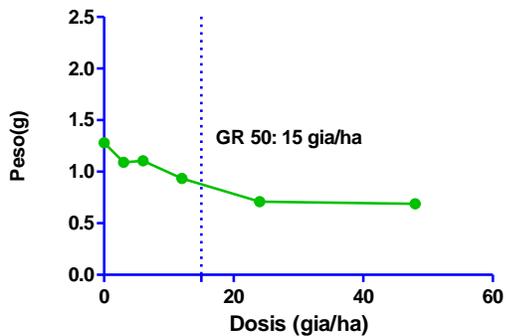


Figura 23. Curva DR y GR50 clorimuron-etil en *Amaranthus hybridus* biotipo "FCA"

La relación entre los biotipos (FR) mostro que la población "INTA Marcos Juárez" es 50 veces más sensible a clorimuron-etil que la población "FCA" **Este biotipo, se podría presentar como resistente al clorimuron-etil (FR > 2.5).**

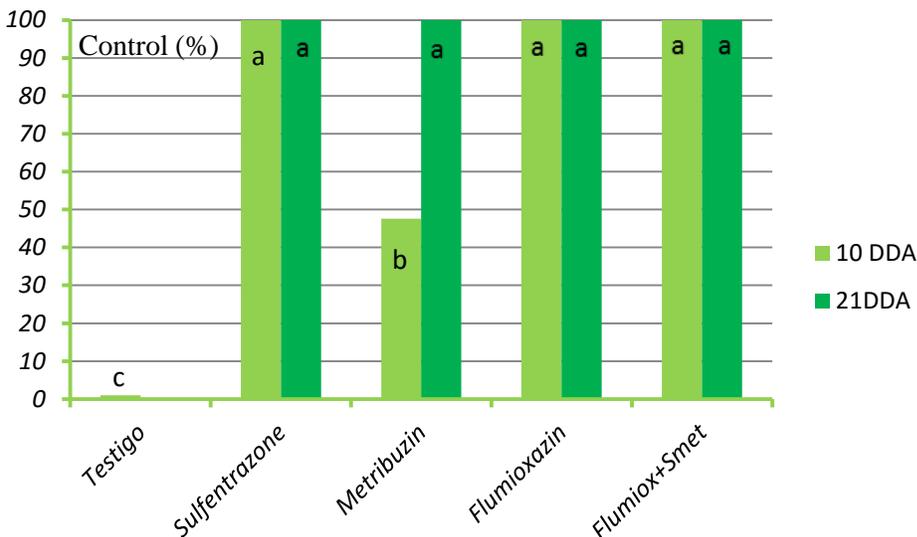
EFICACIA DE CONTROL DE *Amaranthus hybridus* CON HERBICIDAS EN PREEMERGENCIA.

A: En condiciones semicontroladas.

La evaluación visual a los **10 y 21 DDA** permite observar que los tratamientos herbicidas sulfentrazone, flumioxazin y flumioxazin + S-metolacloro mostraron un 100% de control a los 21 DDA en todas las unidades experimentales, no mostrando diferencias significativas entre ellos pero si con el control sin herbicidas (Figura 24.). La sobrevivencia parcial a los 10 DDA del tratamiento T2 (metribuzin) mostró baja eficacia de control. Estos resultados se corresponden con el modo de acción característico de las triazinas, por lo que las plántulas de amaranthus emergieron pero el principio activo actuó posteriormente inhibiendo el proceso de fotosíntesis, causando la muerte a los pocos días de la emergencia. La alta eficacia observada de todos los tratamientos evaluados a los 21 DDA lleva a considerar la elección del tratamiento con menor costo/ha (flumioxacin).

Figura 24. Porcentaje de control de *Amaranthus hybridus* con herbicidas premergentes a los 10 y 21 DDA.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Test LSD



B: En condiciones de campo

Los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos en condiciones de campo (Tabla 3, Anexos) mostraron que el tratamiento 8, donde solo se usó glifosato fue el que presentó menor control de amarantus, constatando de esta forma informes previos, de la alta tolerancia de este biotipo en la región de Marcos Juárez a este principio activo. También mostraron bajo porcentaje de control tratamientos con clomazone y prometrinna con 24D ester y glifosato (T10 y 9, respectivamente), y glifosato en mezcla con S metolacoloro y 24-D, no alcanzando ninguno a superar el 70 % de control (Figura 25) y permitiendo una alta competencia de malezas y menor rendimiento de la soja cosechada en las unidades experimentales (Figura 26).

Resultados promisorios se observaron empleando mezclas alternativas al uso exclusivo de glifosato, destacándose el sulfentrazone con 24D ester y glifosato en mezcla con metribuzin y S metolacolor (T 11 y 4). También se observaron resultados promisorios el flumioxazin y metribuzin en mezcla con 24-D y glifosato (T2 y T3), todos superando el 90% de control de las malezas presentes (Figura 25), permitiendo menor competencia de malezas y alcanzar rendimientos superiores a 30 qq/ha (Figura 26).

Los resultados también mostraron que el agregado de 2,4D a otros principios activos, permitió un control eficiente de amarantus hasta 5 cm de altura, presente al momento de la realización del

ensayo. Es necesario enfatizar que la combinación de dos modos de acción que actúen sobre amarantus resistente a inhibidores de ALS y glicinas mejora la performance de control, coincidiendo también con informes zonales previos, de la alta tolerancia de este biotipo en la región de Marcos Juárez a herbicidas con los dos modos de acción citados precedentemente.

Considerando la persistencia de control se observó que ningún tratamiento evaluado supero los 40 DDA, mostrando un menor porcentaje de control en el segundo momento de evaluación (47 DDA).

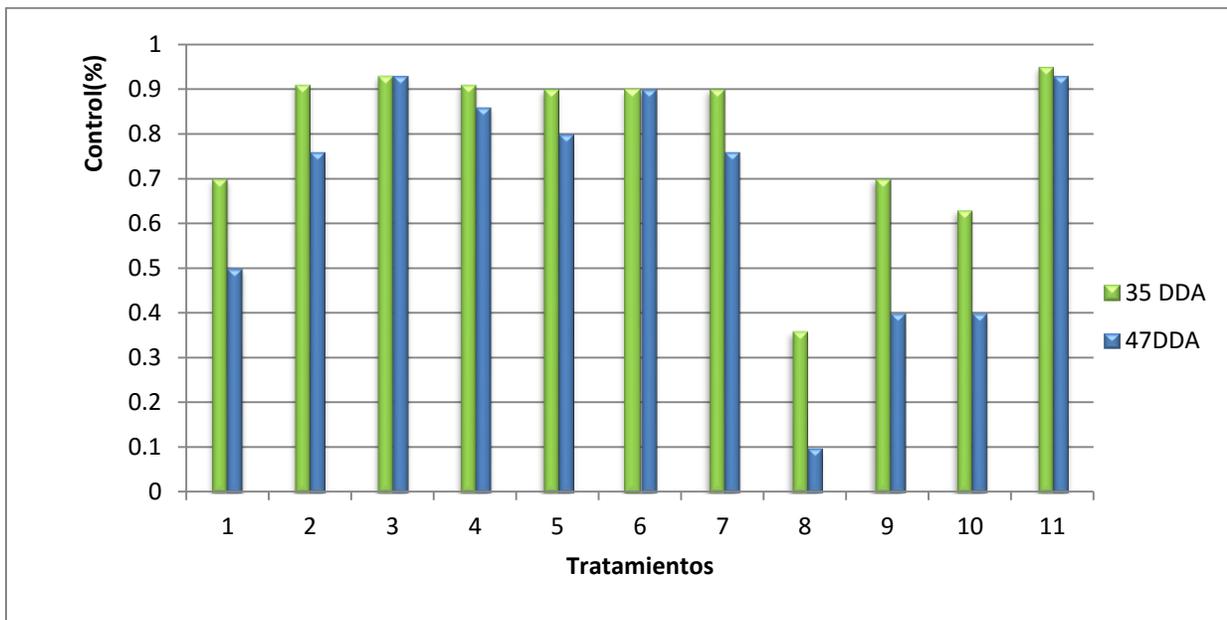


Figura 25. Control (%) de *Amaranthus hybridus* con herbicidas preemergentes a los 35 y 47 DDA.

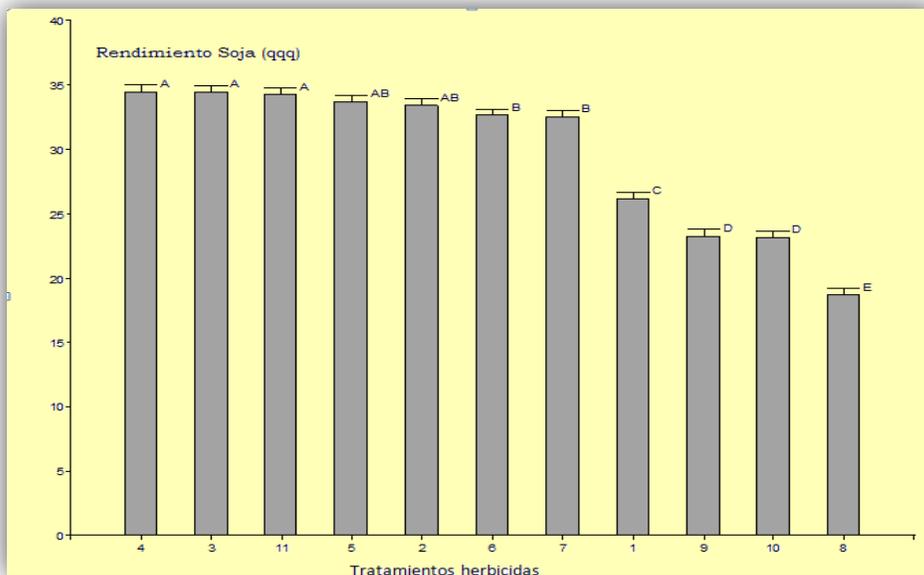


Figura 26. Rendimiento final de soja (qq) de cada tratamiento evaluado.

Finalmente, es posible destacar que la buena eficacia observada en los tratamientos 3, 4, 11, 2 y 5, se corresponden con los mayores rendimientos obtenidos en el cultivo de soja, sin mostrar diferencias significativas entre ellos (Figura 26).

Estos resultados permiten pensar en alcanzar un buen control de amarantus con los mencionados tratamientos, resaltando al 3 y 4 por su menor costo (tabla 4), siendo necesario destacar que para alcanzar estos objetivos es necesario llevar un correcto plan de monitoreo de la maleza.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y en las condiciones que se desarrolló el ensayo es posible concluir que:

1. Las propiedades biológicas y la alta adaptabilidad ecológica de amarantus tornan altamente peligrosa a esta especie de invadir las principales regiones agrícolas de la Argentina.
2. Las características bioecológicas de amarantus junto al paquete tecnológico siembra directa-soja-grupos de herbicidas más utilizados, tornan altamente peligrosa la ocurrencia de selección y dispersión de biotipos resistente al glifosato en la región central y sudeste de Córdoba.
3. Las características bioecológicas de *Amarantus hybridus* y el manejo productivo de soja en el Departamento Santa María, región central de Córdoba presenta biotipos resistentes a glifosato y a clorimuron etil con Factores de Resistencia de 44 y 50, respectivamente.
4. El uso de los herbicidas sulfentrazone, flumioxazin y metribuzin en campo y en condiciones controladas, solos o en mezcla con herbicidas pre y post emergentes proveen un control eficiente de *Amarantus hybridus*.
5. El agregado de 2,4D a otros principios activos, permite un control eficiente de *Amarantus hybridus* hasta 5 cm de altura.
6. La combinación herbicidas con dos o más modos de acción que actúen sobre biotipos resistente a inhibidores de ALS y glicinas aumenta la performance de control sobre *Amarantus hybridus*.
7. Los herbicidas preemergentes solos o en mezclas utilizados en la región central de Córdoba proveen una persistencia de control que no supera los 40 días después de las aplicaciones.
8. Debido a las las propiedades biológicas, manejo productivo, alta adaptabilidad ecológica y presencia de biotipos de *amaranthus hybridus* resistente a los principales grupos químicos de herbicidas utilizados se debe establecer nuevas estrategias químicas, culturales y mecánicas para su manejo como alternativas diferentes al control químico tradicional.

ESTRATEGIAS DE MANEJO ALTERNATIVO E INTEGRAL de *A. hybridus L.*

Como consecuencia del desarrollo de resistencia de esta maleza a herbicidas, es posible pensar en establecer nuevas estrategias para su manejo como alternativas diferentes al control químico. Diversos factores contribuyen a la evolución de la resistencia de *Amaranthus* y su dispersión, por lo tanto, son diferentes las formas de implementar un manejo integral, mediante técnicas que permitan prevenir y contener su expansión. Este nuevo paradigma de manejo evita pensar solamente en la eliminación de las mismas en el corto plazo, tornando necesario volver a considerar prácticas de manejo integradas y sustentables.

Para lograr una buena eficacia de control de esta maleza, deben ser consideradas diferentes opciones de manejo, entre ellas:

Rotación de cultivos y modos de acción de herbicidas:

Estas prácticas son consideradas las más importantes dentro de un plan de manejo integral. La rotación de cultivos permite ampliar el espectro de modos de acción de herbicidas que se pueden utilizar, permitiendo además, no repetir el uso de herbicidas con un mismo modo de acción tanto en el barbecho como durante el ciclo del cultivo. Es importante considerar en el manejo químico poner especial énfasis en el uso de herbicidas residuales, ya que posibilitan la acción de control sobre aquellas malezas que presentan una emergencia escalonada en el tiempo pero aumentan la presión de selección sobre las mismas, lo cual incrementa la probabilidad de la aparición de resistencia.

Cultivos de cobertura: la competencia por recursos (agua, luz y nutrientes) que ejercen los cultivos, disminuye el tamaño y la densidad de malezas, y disminuir el número de los controles químicos en el lote. Se pueden utilizar todos los cereales de invierno, destacando al centeno por su menor consumo de agua, otra especie muy utilizada para este fin es la vicia.

Cabe mencionar los beneficios que trae aparejados esta técnica como mejorar la porosidad en el suelo, disminuir las napas (problemática creciente en la zona), fijación de N (Vicia), aporte de C al suelo y prevención de la erosión.

Considerando que el sud-este de Córdoba presenta un alto régimen pluviométrico es posible la utilización de esta herramienta cultural sin afectar en gran medida el contenido de humedad para el cultivo siguiente.

Evitar la introducción de semillas: fuentes posibles de entrada externa de semillas a los lotes son:

- a) Semilla a sembrar: Realizar un análisis de semillas antes de la siembra permitiendo conocer si la simiente a implantar contiene este u otros tipos de maleza.
- b) Cosechadora: Verificar que se realice limpieza de la máquina antes de arrancar, contratistas que no hacen esto son la forma más común de entrada de semillas a lotes sin *Amaranthus*. Para ello se coloca un fardo desmenuzado en ambos extremos de cabezal de la cosechadora.
- c) Animales: realizar desbaste de animales que pudiesen haber estado en contacto con *Amaranthus* antes del ingreso del lote a pastorear.

Control mecánico: el uso de labranza convencional superficial y reducida, constituye otra opción ya que es una buena herramienta para destruir los individuos presentes al momento de iniciar un nuevo cultivo.

Manejo cultural: la posibilidad de acortamiento de la distancia entre surcos otorga al cultivo ventaja en la competencia. Esto es importante sobre todo en siembras tardías, donde las condiciones de luz y temperatura favorecen al crecimiento del cultivo. Es de vital importancia realizar la siembra en lotes limpios, una vez nacidas las malezas el número de herramientas químicas se achican considerablemente.

Aspectos a considerar para un control químico eficiente.

La problemática de las malezas se debe principalmente a que “ el productor tiene una mentalidad de usar el tratamiento más barato; es un comportamiento cultural” (Young, 2014). Este especialista destaca que las fallas o errores más comunes por los cuales aparecieron malezas resistentes en este país son:

- Aplicaciones tardías (resistencia selectiva). Aumenta la dificultad de controlar malezas más

desarrolladas.

- No trabajar en la prevención. No se reconoce que existe el problema.
- Ausencia de monitoreo y falla en la identificación de las malezas.
- Falla en la elección del herbicida y desconocimiento de su modo de acción.
- Alta frecuencia, sobredosis y subdosis de glifosato.
- Bajas rotaciones de cultivos.

Monitoreo de malezas: permite la identificación de las malezas presentes en el lote (densidad y tamaño), lo que permite decidir el tratamiento y momento más adecuado para su manejo y control. El monitoreo de malezas permite además evaluar la eficacia de los tratamientos realizados y escapes durante la campaña precedente y germinaciones en el barbecho. Además, si se realiza el monitoreo por un período de tiempo lo suficientemente largo se puede determinar la causa de los mismos y planificar acciones de manejo.

Considerar siempre la identificación y las diferencias bioecológicas y de sensibilidad diferencial a herbicidas entre las distintas especies de *Amaranthus*.

Es importante destacar que las plantas adultas, sobrevivientes de tratamientos herbicidas y/o del corte de la cosechadora, en situación de estrés y presentes luego de la cosecha del cultivo de verano, difícilmente serán controladas con los herbicidas convencionales del barbecho, que están diseñados para controlar plántulas en germinación y/o individuos no estresados.

Se deben rotar los principios activos y los modos de acción de los diferentes productos utilizados para disminuir la presencia de malezas resistentes y/o tolerantes normalmente presentes en las poblaciones originales y disminuir costos de aplicación.

El uso de un solo grupo químico, hoy ya no es suficiente para su control e incluso con distintas combinaciones de los mismos se sigue escapando y expandiendo a otras regiones

La selección de herbicidas y dosis debe considerar la época de pulverización en relación con la previsión de condiciones ambientales adecuadas, el tipo de suelo, la longitud de los barbechos y la secuencia de cultivos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Baigorria, T. y Cazorla C, 2010. INTA EEA Marcos Juárez. Eficiencia del uso de agua por especies como cultivo de cobertura. XXII Congreso Argentino de ciencias de suelo- Rosario.
- Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. 2008. Infostat. Manual Del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Beckie, H. J. 2006. Herbicide resistant weeds: management tactics and practices. *Weed Technol.* 20:793–814.
- Belluccini, 2014. Estación experimental agropecuaria Marcos Juárez. Email: belluccini.pablo@inta.gob.ar
- Burgos, N. ;. Kuk, Y.;Talbert, R. 2001. *Amaranthuspalmeri* resistance and differential tolerance of *Amaranthuspalmeri* and *Amaranthushybridus* toALS-inhibitor herbicides. *Pest Manag. Sci.* 57:449–457.
- CASAFE (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes). 2013. Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina. 2013/2015. 16° edición. Ed. CASAFE. Bs.As. 1185 pág.
- Caseley J.C. 1994. Weed Management for Developing Countries. Edited R. Labrada, J. C. Caseley & C. Parker, Plant Production and Protection Paper No. 120, FAO, Rome, pp. 183-223.
- Culpepper, A. S., T. L. Grey, W. K. Vencill, J. M. Kichler, T. M. Webster, S. M. Brown, A. C. York, J. W. Davis, and W. W. Hanna. 2006. GlyphosateresistantPalmer amaranth (*Amaranthuspalmeri*) confirmed in Georgia. *WeedSci.* 54:620–626.
- Di Rienzo *et al.* 2015. Infostat software estadístico. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar/>. Consultada el 31/11/2015.
- Gaeddert, J. W., D. E. Peterson, and M. J. Horak. 1997. Control and crossresistance of an acetolactate synthase inhibitor-resistant palmer amaranth (*Amaranthuspalmeri*) biotype. *Weed Technol.* 11:132–137.
- Heap, I. M. 2012. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. (<http://www.weedscience.org/in.asp>).
- INTA RIAN Red de Información Agropecuaria Nacional, atlas de malezas, versión beta 1.0 <http://rian.inta.gov.ar/atlasmalezas/atlasmalezasportal/> Consultado: Junio 2016.
- Labrada R. y Parker C. 1994. Weed Control in the context of Integrated Pest Management. Weed Management for Developing Countries. Edited R. Labrada, J. C. Caseley y C. Parker, Plant Production and Protection Paper No. 120, FAO, Rome, pp. 3-8.

Lanfranconi, L.E.; M.A. Bragachini; J. Peiretti; F.R. Sanchez, 2012. El avance de las malezas resistentes a herbicidas en los sistemas agrícolas. ¿Podremos controlarlas? Documento de trabajo INTA.

LOVELL, S. T.; WAX, L. M.; HORAK, M. J.; PETERSON, D. E. Imidazolinone and sulfonylurea resistance in a biotype of common waterhemp (*Amaranthus rudis*). *Weed Science*, Champaign, v. 44, n. 4, p. 789-794, 1996.

Maxwell, B. D.; Mortimer, A. M. Selection for herbicide resistance. In: POWLES, S. B.; HOLTUM, J. A. M. (Ed.). *Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry*. Boca Raton : Lewis, 1994. p. 1-25.

Morichetti, S. A; Cantero, J. J; Núñez, C; Barboza G. E; Espinar, L. A; Amuchastegui, A; Ferrel, J. *Amaranthus Palmeri* (Amaranthaceae) en Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 48 (2): 347-354. 2013.

Nandula, V.K.; Reddy, K.N.; Koger, C.H.; Poston, D.H.; Rimando, A.M.; Duke, S.O. et al. Multiple resistance to glyphosate and pyriithiobac in Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) from Mississippi and response to flumiclorac. **Weed Science**, v.60, n.2, p.179- 188, 2012.

Norsworthy, J. K. 2008. Effect of tillage intensity and herbicide programs on changes in weed species density and composition in the southeastern coastal plains of the United States. *Crop Prot.* 27:151–160.

Palau H.; Senesi S.; Moggi L. & Ordoñez I. 2015. Impacto económico macro y micro de malezas resistentes en el agro argentino. FAUBA/ADAMA.

Papa & Tiesca, 2014. Los problemas actuales de malezas en la región sojera núcleo argentina: origen y alternativas de manejo. INTA Oliveros. 66pp. Disponible en: <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-problemas-actuales-malezas-en-regin-sojera-nucleo.pdf>. Consultada el : 25/11/2016.

Rainero, Hector P. 2008. Problemática del manejo de malezas en sistemas productivos actuales. Estacion Experimental Agropecuaria Manfredi. INTA. Córdoba. Argentina.

REM. 2016. Red de conocimiento de malezas resistentes. <http://www.aapresid.org.ar/rem/amaranthus-quitensis-yuyo-coloradoataco-3/> Consultada: junio 2016

Saari, L. L., J. C. Cotterman, and D. C. Thill. 1994. Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicide. Pages 83–139 in S. B. Powles and J. A. M. Holtum, eds. *Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers.

Seefeldt, S.S.; Jensen, S.E.; Fuerst, E.P. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationship. *Weed Technology*, v.9, p.218-227, 1995.

Streibig, J.C.; Rudemo, M.; Jensen, J.E. Dose-response curves and statistical models. In: STREIBIG, J.C; KUDSK, P. (Ed.) Herbicide bioassay. Boca Raton: CRC Press, 1993. P.30-35.

Senesi, S.I.; H. Palau; F. Ribas Chaddad; M. Daziano, 2013. The evolution of farming networks in a fragile institutional environment: the case of Argentina. Trabajo publicado en el Journal on Chain and Network Science, 13(1): 71-82. Universidad de Wageningen, Países Bajos.

Senesi, S.I.; F. Ribas Chaddad; H. Palau, 2013. Networks in Argentine agriculture: A multiple-case study approach. Trabajo publicado en la Revista de Administración de la Universidad de Sao Paulo, v.48, n.1, jan./fev./mar. Sao Paulo, Brasil.

SCHMIDT, C. P.; PANNELL, D. J. Economic issues in management of herbicide-resistant weeds. Review of Marketing and Agricultural Economics, Melbourne, v. 64, n. 3, p. 301-308, 1996.

Scott, R. C., L. E. Steckel, K. L. Smith, T. Mueller, L. R. Oliver, and J. Norsworthy. 2007. Glyphosate-resistant Palmer amaranth in Tennessee and Arkansas. p. 226. In Proc. South. Weed Sci. Soc., Nashville, TN. 22-24 Jan.2007. Southern Weed Sci. Soc., Champaign, IL.

Steckel, L. E., C. L. Main, A. T. Ellis, and T. C. Mueller. 2008. Palmer amaranth in Tennessee has low level glyphosate resistance. Weed Technol. 22:119–123.

Syngenta Agro S.A, 2016, Disponible en: www.syngenta.com.ar

Thompson, C.; Peterson, D; Lally, N. 2012. Characterization of HPPD resistant Palmer amaranth. <http://wssaabstracts.com/public/9/abstract-413.html>.

Tranel, P. J. and Wright, T. R. 2002. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? Weed Sci. 50:700–712.

Trucco, V., 2008. Importantes transformaciones. Fundación Darse Cuenta. <http://blogdarsecuenta.wordpress.com/2008/08/25/importantes-transformaciones/> . Consultada 15/11/2016.

VIB, 2013. Herbicide resistant soybean in Argentina. 2013. Facts Series. Vlaams Instituut voor Biotechnologie. 47pp. Disponible en: <http://www.vib.be/en/about-vib/plant-biotech-news/Documents/Herbicide%20resistant%20soybean%20in%20Argentina.pdf>. Consultada el 25/11/2016.

Weed Science <<http://weedsociety.org/graphs/geochart.aspx>> Consultada 15/05/2016.

ANEXOS

Tabla 1. Medias y diferencias significativas entre tratamientos con glifosato mediante prueba LSD. en el control de *Amaranthus hybridus* a campo a los 21 DDA.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.63	5	0.13	1252.50	<0.0001
DOSIS	0.63	5	0.13	1252.50	<0.0001
Error	1.2E-03	12	1.0E-04		
Total	0.63	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01779
 Error: 0.0001 gl: 12

DOSIS	Medias	n	E.E.	
4.00	0.69	3	0.01	A
2.00	0.79	3	0.01	B
1.00	0.89	3	0.01	C
0.50	1.09	3	0.01	D
0.25	1.14	3	0.01	E
0.00	1.19	3	0.01	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 2. Medias y diferencias significativas entre tratamientos con clorimuron-etil mediante prueba LSD. en el control de *Amaranthus hybridus* a campo a los 21 DDA.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.57	5	0.11	1146.03	<0.0001
DOSIS	0.57	5	0.11	1146.03	<0.0001
Error	1.2E-03	12	1.0E-04		
Total	0.57	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01779
 Error: 0.0001 gl: 12

DOSIS	Medias	n	E.E.	
4.00	0.76	3	0.01	A
2.00	1.02	3	0.01	B
1.00	1.15	3	0.01	C
0.50	1.22	3	0.01	D
0.25	1.25	3	0.01	E
0.00	1.28	3	0.01	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 3. Medias estimadas y diferencias significativas entre tratamientos con herbicidas preemergentes en el control de *Amaranthus hybridus* a campo a los 35 y 47 DDA.

Evaluación	Tratamiento	Valor Estimado	Error	Diferencias Significativas
35	11	0.9500	0.01831	A
35	3	0.9333	0.01831	AB
47	11	0.9333	0.01741	AB
47	3	0.9333	0.01741	AB
35	2	0.9167	0.01831	AB
35	4	0.9167	0.01831	AB
35	6	0.9000	0.01831	BC
35	7	0.9000	0.01831	BC
35	5	0.9000	0.01831	BC
47	6	0.9000	0.01741	BC

47	4	0.8667	0.01741	C
47	5	0.8000	0.01741	D
47	7	0.7667	0.01741	D
47	2	0.7667	0.01741	D
35	1	0.7000	0.01831	E
35	9	0.7000	0.01831	E
35	10	0.6333	0.01831	F
47	1	0.5000	0.01741	G
47	9	0.4000	0.01741	H
47	10	0.4000	0.01741	H
35	8	0.3667	0.01831	H
47	8	0.1000	0.01741	I

*Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según test LSD de Fisher.