



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ÁREA DE CONSOLIDACIÓN



SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EXTENSIVOS

TRABAJO ACADÉMICO INTEGRADOR

**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RESISTENCIA A HERBICIDAS DE
Amaranthus hybridus L. Kunth EN LA REGIÓN NORTE DE LA
PROVINCIA DE CÓRDOBA**

de BALOSSINO, ARIEL RENZO

Tutor: Ing. Agr. MSc Bracamonte Enzo R.

2017

INDICE

Agradecimientos	3
Resumen	4
Introducción	5
Material y Métodos	8
Resultados y Discusión	14
Características bioecológicas de <i>A hybridus</i> a herbicidas.....	14
Causas agronómicas de dispersión y resistencia de <i>A hybridus</i> a herbicidas en la región central de Argentina.....	16
Eficacia de control de <i>A hybridus</i> con herbicidas en postemergencia.....	17
Evaluación del nivel de resistencia a herbicidas inhibidores de EPSPs.....	17
Evaluación del nivel de resistencia a herbicidas inhibidores de ALS	23
Eficacia de control de <i>A hybridus</i> con herbicidas en preemergencia.....	26
Conclusiones	28
Estrategias de Manejo Alternativo e Integral De <i>A. hybridus</i>	29
Bibliografía	32
Anexos	35

AGRADECIMIENTOS

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

Al Laboratorio de Fitopatología, Facultad de Ciencias Agropecuarias– UNC por brindar el espacio físico donde se realizó el ensayo.

A la cátedra de Ecotoxicología, Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNC por el espacio brindado dentro de sus instalaciones para la realización del trabajo.

Al Laboratorio de Semillas, Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNC por el asesoramiento y permitirme utilizar las instalaciones.

A familiares, amigos, compañeros por el apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional.

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 del norte de la provincia de Córdoba, podemos citar *Amaranthus hybridus*. Por ello, el objetivo de este trabajo de investigación fue determinar y valorar la presencia de resistencia múltiple a herbicidas inhibidores de EPSPS y ALS, respectivamente, y evaluar la eficacia de control con herbicidas preemergentes de un biotipo de Sagrada Familia, Departamento Río Primero, El ensayo se desarrolló en condiciones semicontroladas en el Área de Ecotoxicología, FCA-UNC durante el periodo 2016/2017. Las evaluaciones se realizaron mediante cálculo de la Dosis Letal Media (DL50) utilizando el modelo de ajuste Probit y la relación dosis-respuesta mediante el modelo log-logístico propuesto por Seefeldt *et al.* (1995). El nivel de resistencia se calculó utilizando el Factor de Resistencia (FR) que es el cociente entre el GR50 del biotipo resistente (R) y el GR50 del biotipo sensible (S). Los herbicidas objeto de la investigación en postemergencia fueron glifosato, imazetapir-imazapir (NC: Interfield) y clorimuron etil. Evaluar en forma prospectiva la eficacia de control y costo de aplicación de herbicidas preemergentes y proponer estrategias de manejo complementarias y alternativas de *amaranthus*. En base a los resultados obtenidos y en las condiciones en que fueron realizados los ensayos, es posible concluir que el biotipo S. Familia en estadio fenológico de 4-6 hojas presenta resistencia a glifosato, con un Factor de Resistencia de 9.12. En estadios fenológicos tardíos (más de 15 hojas) presenta un incremento en los valores de DL50 y GR50 de 320 % y 195 %, respectivamente, en relación a los obtenidos en tratamientos tempranos (4-6 hojas). Presenta resistencia múltiple a inhibidores de ALS y a glifosato. Evidencia resistencia múltiple a inhibidores de ALS con valores de FR a clorimuron etil (sulfonilureas) e imazetapir-imazapir (imidazolinonas) de 70 y 5.27, respectivamente. El uso de los herbicidas preemergentes sulfentrazone, flumioxazin, metribuzin y flumioxazin+S metolaclo en condiciones controladas, proveen un control eficiente de *A hybridus* biotipo S. Familia. Los resultados obtenidos mostraron que las características bioecológicas de *A hybridus* junto al paquete tecnológico siembra directa-soja-grupos de herbicidas más utilizados, tornan altamente peligrosa la ocurrencia de presión de selección y dispersión de biotipos resistentes a herbicidas en las principales regiones agrícolas de Argentina.

INTRODUCCIÓN

Muchas son las variables que inciden en el rendimiento final de un cultivo, entre ellas, las malezas, constituyendo uno de los principales problemas de la agricultura en Argentina y a nivel mundial (Molina, 2007). Las malezas son especies que bajo determinadas condiciones crecen en lugares donde no son deseadas, causando un daño económico al agricultor (Novo *et al*, 2016).

Los daños causados por las malezas afectan seriamente a los procesos productivos agrícolas, entre ellos se mencionan:

- Fuerte competencia con los cultivos por recursos escasos (nutrientes, agua y luz).
- Liberación por parte de ciertas malezas de sustancias químicas a través de sus raíces y sus hojas que resultan ser tóxicas a los cultivos y animales.
- Crean un hábitat favorable para la proliferación de otras plagas (artrópodos, ácaros, patógenos y otros) al servir de hospederas de éstas.
- Interfieren el proceso normal de cosecha, contaminando la producción obtenida.
- Disminuyen el valor comercial de las tierras.

Durante los últimos años en las regiones agrícolas del país, se han producido cambios importantes en las poblaciones de malezas. Algunas de las causas son la extensa superficie sembrada con soja RR (resistente al glifosato), la amplia difusión de la siembra directa, el uso único y masivo del herbicida glifosato con escasa rotación de principios activos con diferentes modos de acción, el desinterés por las rotaciones de cultivos, la ocupación de tierras menos apta para la agricultura y el intenso desmonte.

Esta situación generó una nueva problemática como es la aparición de malezas que se relacionan con las prácticas mencionadas, surgiendo por un lado, las especies que mejor se adaptan a la labranza cero, y por otro, la aparición de biotipos con tolerancia o resistencia a los diferentes herbicidas de uso frecuente en estos sistemas, como por ejemplo el glifosato.

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. 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 (Heap, 2018).

Esta problemática no es una consecuencia directa del uso de glifosato, el cual es un producto de acción total, no residual y muy eficaz que controla un amplio espectro de malezas tanto de hojas angostas (gramíneas), como de hojas anchas (latifoliadas), sino el uso sin criterio técnico que se hace de él en Argentina. Esta práctica ejerció durante

los últimos 20 años una severa presión de selección de malezas y su consecuencia fue y seguirá siendo la difusión de aquellas más adaptadas a los sistemas de producción agrícola modernos.

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, *A. hybridus* conocida vulgarmente como amaranthus, ataco, bledo o yuyo colorado, alcanza en 2017 una cobertura entre el 50 a 60 % de las hectáreas sembradas en Argentina, con un rango de infestación de moderada a alta y demandando entre 60 y 80 dólares por hectárea en el cultivo de soja, y entre 30 y 40 dólares en el maíz. El avance de la resistencia es notable, más si se considera que en 2011 la superficie afectada era solo del uno por ciento y circunscripta al sur de Córdoba (Agrovoz, 2017).

A. hybridus es una especie anual, perteneciente a la familia de las amarantáceas, 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, 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 (Diaz *et al.*, 2000), 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 continua 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 bioecológicos y de control obtenido en los agros ecosistemas con el fin de optimizar los esfuerzos realizados para un manejo integral, eficiente y racional de amaranthus.

Glifosato [(N-phosphonomethyl)-glycine] es uno de los herbicidas más ampliamente usado en el mundo, aunque es también un herbicida con hasta 37 especies con resistencia denunciado (Bracamonte *et al.*, 2016). Se ha sugerido que diferentes sustituciones (mutaciones) de aminoácidos en el gen 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS) contribuyen a la resistencia al glifosato. Sin embargo, solo aquellas sustituciones que ocurren en la región del gen EPSPS (95LFLGNAGTAMRPL107) podrían ser responsable de esta resistencia (Bracamonte *et al.*, 2017, Garcia *et al.*, 2018).

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 y baja toxicidad en mamíferos, 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 un serio problema. Por lo citado, la selección de biotipos resistentes

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

Por ello, establecer la relación entre la dosis y la respuesta de las malezas 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 y otros presentada originalmente en la literatura fue propuesto por Seefeldt *et al.* (1995). Estos autores sugieren que el modelo log-logística posee varias ventajas sobre otros métodos de análisis. La principal ventaja de este modelo 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 típicos son los estudios en los que se denomina “Dosis-Respuesta,” como el utilizado para determinar la dosis letal 50 (DL50) de un herbicida. 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:

Objetivo General

- ✓ Evaluar el nivel de resistencia de un biotipo de *A. Hybridus*. a herbicidas inhibidores de EPSPS y ALS en la región norte de la provincia de Córdoba.

Objetivos Específicos

- ✓ Determinar las características bioecológicas y las causas agronómicas de la presencia, dispersión y resistencia a herbicidas de *A. hybridus*.
- ✓ Evaluar la eficacia de control y evaluar el nivel de resistencia de *A. hybridus*. con herbicidas postemergentes derivados EPSPS y ALS.
- ✓ Evaluar la eficacia de control de *A. hybridus* en condiciones semicontroladas con herbicidas preemergentes.
- ✓ Diseñar y proponer estrategias de manejo integrado de *A. Hybridus*.

MATERIAL Y METODOS

Para determinar las características bioecológicas y causas agronómicas de dispersión y resistencia a herbicidas de *A. hybridus*, se utilizó 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.

Para evaluar el nivel de resistencia de *A. hybridus* a herbicidas se realizó un ensayo en el área de Ecotoxicología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, durante periodo 2016/2017.

La maleza fue seleccionada y recolectada por su alta difusión, densidad y dificultad para su control en la zona rural de Sagrada Familia, Departamento Rio Primero, Córdoba. Coordenadas 31°15'27,88" S y 63°26'30,05" O (Figura 1 y 2).



Figura 1. Ubicación geográfica del área con amplia difusión de *A hybridus*. S. Familia, Rio Primero.



Figura 2. Campo con *A hybridus* en S. Familia, Córdoba. Diciembre 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. Kunth.

Las semillas recolectadas fueron sometidas a un proceso de pre enfriado, según normas ISTA para especies del género *Amaranthus*, y luego se las llevó a cámara de germinación bajo condiciones óptimas de luz (16hs de luz) y temperatura (30/20°C). Una vez germinadas, las plántulas se repicaron a macetas definitivas (unidades experimentales) con un volumen de un litro que contenían un sustrato compuesto de tierra negra y arena en proporción 1:1. Posteriormente, las macetas con cuatro plantas finales, fueron llevadas a invernadero y mantenidas bajo condiciones controladas hasta su evaluación final. En este periodo se efectuaron riegos a requerimiento para evitar estrés hídrico.

Para evaluar la sensibilidad de esta maleza a herbicidas se seleccionaron principios activos de diferentes modos de acción:

1. Glifosato (inhibidores de EPSPs)
2. Imazetapir+Imazapir (Imidazolinonas; inhibidores de ALS)
3. Clorimuron etil (sulfonilureas; inhibidores de ALS)

Las aplicaciones se realizaron en postemergencia de las malezas en dos estadios fenológicos: con glifosato en aplicación temprana (4-6 hojas) y aplicación tardía (más de 10 hojas con más de 20 cm de altura) (Figura 3 y 4). Tratamientos con imazetapir+imazapir y clorimuron etil, se realizaron en el estadio fenológico de 4-6 hojas.



Figura 3. Momento de aplicación con plantas de *A. hybridus* con 4-6 hojas verdaderas.



Figura 4. Momento de aplicaciones con plantas de *A. hybridus* con más de 10 hojas y 20 cm de altura.

Las aplicaciones se realizaron en condiciones semicontroladas (campo-invernadero) y consistieron en cinco tratamientos herbicidas (Dosis) y uno sin herbicida (T), tomando como referencia la dosis recomendada por marbete (G3) (Tabla 1). El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado, con 4 repeticiones por tratamiento. Las condiciones ambientales durante la aplicación fueron: temperatura de 20°C, humedad relativa de 55% y velocidad del viento de 8 km/h.

Tabla 1. Tratamientos herbicidas y dosis utilizadas para el control de *A. hybridus*.

Tratamiento	Principio activo	Dosis	Principio Activo		Referencia
		(l/g PF ha ⁻¹)	(g i.a ha ⁻¹),	(g e a. ha ⁻¹)	
Testigo	-	-	-	-	T
0,25X	Glifosato	0,5	323,5	240	G1
0,5X	Glifosato	1	647	480	G2
1X	Glifosato	2	1294	960	G3
2X	Glifosato	4	2588	1920	G4
4X	Glifosato	8	5176	3840	G5
Testigo	-	-	-	-	
0,25X	imazetapir+imazapir	35,75	18,77+6,25		I1
0,5X	imazetapir+imazapir	71,5	37,52+12,51		I2
1X	imazetapir+imazapir	143	75,05+25,02		I3
2X	imazetapir+imazapir	286	150,15+50,05		I4
4X	imazetapir+imazapir	572	300,3+100,1		I5
Testigo	-	-	-	-	
0,25X	clorimuron etil	4	3		CI1
0,5X	clorimuron etil	8	6		CI2
1X	clorimuron etil	16	12		CI3
2X	clorimuron etil	32	24		CI4
4X	clorimuron etil	64	48		CI5

La dosis 1X corresponde a la dosis recomendada por marbete comercial.
PF: Producto formulado comercial.

Los tratamientos herbicidas se realizaron con pulverizadora manual equipada con pastillas de abanico plano 80-01, que erogaba un caudal de 100l ha⁻¹. Las evaluaciones de control se realizaron a los 10 y 21 días después de las aplicaciones (DDA). Con los datos obtenidos se determinó el control (%), la sobrevivencia (%) y se calculó la dosis letal media (DL50) mediante el modelo de ajuste Probit, que representa la dosis (g i.a ha⁻¹) capaz de matar al 50 % de la población expuesta en relación a un tratamiento sin herbicida (T).

A los 21 DDA, se evaluó la reducción de peso fresco (%) de las plantas tratadas con respecto al 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 de 0,0001g para determinar biomasa (gramo/planta) de peso húmedo. Con estos valores se evaluó la relación dosis-respuesta utilizando el modelo log-logístico propuesto por Seefeld *et al.* (1995) que relaciona la respuesta de la planta con las dosis del herbicida:

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

Dónde:

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 en relación al testigo.

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 Factor de Resistencia relativa (FR) de la población de *A. hybridus* (biotipo S. Familia) se comparó con un biotipo sensible a imazamox, a clorimuron (biotipo Marcos Juárez) y con otro biotipo resistente previamente evaluado (biotipo FCA 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* con herbicidas en preemergencia

Para el desarrollo del ensayo, se procedió a la siembra de semillas de *amaranthus* en maceta (unidad experimental). Se sembraron 250 semillas en cada unidad experimental

con el objetivo de posibilitar un mínimo de germinación necesario para la evaluación de los tratamientos (Figura 5).

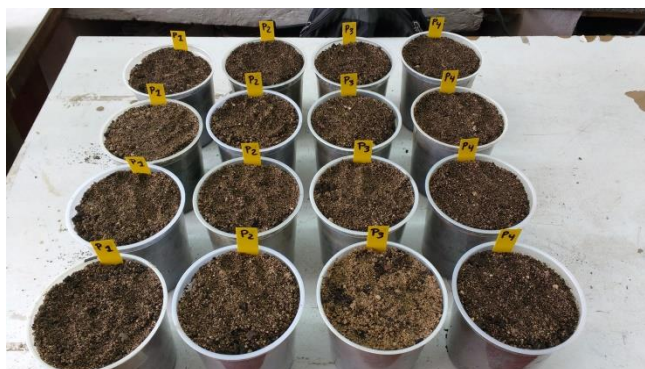


Figura 5. Unidades experimentales para evaluación de eficacia de herbicidas preemergentes sobre la germinación de amaranthus.

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

Las aplicaciones se realizaron mediante una pulverizadora manual equipada con pastillas de abanico plano 80-01, que erogaba un caudal de 100 l ha⁻¹.

Las condiciones ambientales en el momento de la aplicación fueron: T 20°C y HR 40%,

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

Momento	Tratamiento	Principio	Dosis		Costo
Preemerg	Referencia	Activo	(g/L de PF ha ⁻¹)	g ia ha ⁻¹	(US\$ ha ⁻¹)
	T	Testigo			
		s/herbicida			
	P1	Sulfentrazone	0.5	250	19.5
	P2	Metribuzim	1	480	20
	P3	Flumioxazim	0.15	72	14.25
	P4	Flumioxazim + S-metolacloro	0.15+1.2	72+1152	23.25

Posteriormente a las aplicaciones, las macetas fueron mantenidas en condiciones controladas en invernadero. Se realizaron riegos de las macetas emulando una precipitación de 15 mm para la correcta distribución y acción del herbicida.

Las evaluaciones de control se realizaron a los 10, 21 y 31 días después de las aplicaciones (DDA), donde se cuantificó el número de plántulas emergidas, y con ello el 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. Para obtener el porcentaje de plantas germinadas en cada tratamiento se utilizó la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ plantas tratamiento}}{\text{N}^\circ \text{ plantas testigo}} \times 100$$

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 *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%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características bioecológicas de *A. hybridus* a herbicidas.

Amaranthus hybridus L. Kunth (syn/ex *quitensis*) es una maleza originaria de América cálida y templada perteneciente a la familia amarantácea. La mayoría de los integrantes de esta familia botánica 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, mientras que otras como *amaranthus* y *salsola* son especies muy conocidas e invasoras en regiones agrícolas. Muchas de las especies son halófitas que vegetan en suelos salinos (Tropicos, 2018)

A hybridus es una planta monoica, anual, erguida, pudiendo alcanzar los 2 metros de altura. El tallo presenta rayas longitudinales, a veces rojizo, con frecuencia muy ramificado. Las hojas son 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, a veces algo teñida de rojo, prominentemente venosas en el envés; peciolo delgado, hasta de 10 cm de largo. La inflorescencia es en panoja terminal de hasta 35 cm de longitud (Figura 6) compuesta por numerosas flores dispuestas en verticilos muy cercanos entre sí. Las flores poseen 5 tépalos desiguales, las estaminadas con 5 estambres y 5 tépalos ovados, las pistiladas con tépalos oblongo-espátulados, de ápice obtuso o truncado. Las 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 6), de 1,5 mm de diámetro. Las plántulas son de porte arrosado, con cotiledones lanceolados a elípticos u oblongos, de 4 a 10 mm de largo (Molina, 1988, Cabrera, 1978)

Se propaga por semilla, produciendo hasta 600.000 semillas/planta. Es de rápido crecimiento y muy competitiva por nutrientes. Florece y fructifica desde mediados de la primavera hasta el otoño. Tiene la capacidad de florecer desde los 10 cm hasta más de 2 metros de altura (Figura 6).



Figura 6. Hojas, inflorescencia y semillas de *Amaranthus hybridus*.

Resistencia de *A hybridus* a herbicidas

Actualmente existen a nivel mundial biotipos de *amaranthus* con resistencia a los inhibidores de la fotosíntesis (atrazina, diuron, y otros), a inhibidores de la ALS (Imidazolinonas y sulfonilureas) y a las dinitroanilinas (pendimetalin y trifluralina).

La resistencia al grupo dinitroanilina fue uno de los primeros rasgos de resistencia que evoluciono en *amaranthus*. 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*. Desde su introducción al mercado 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 las 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 *amaranthus*. En este contexto, Burgos *et al.* (2001) reportaron casos de resistencia a imazaquin que tenían resistencia cruzada a clorimuron, 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.

Amaranthus actualmente es una de las malezas resistentes al glifosato que más perjuicios económicos produce en los EE.UU. (Beckie, 2006). Esta resistencia fue identificada 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 EE.UU, avanzando rápidamente sobre Illinois (2010), Michigan y Virginia (2011) (Heap, 2012; Nandula *et al.*, 2012). Muchas de estas poblaciones resistente al glifosato evolucionaron en sistemas de cultivo expuestos a aplicaciones repetidas 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 confirmada 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 *A hybridus* a herbicidas en la región central de Argentina

A hybridus, es conocido vulgarmente en Argentina como bleado, ataco, amarantus, amaranto o yuyo colorado. Esta especie 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 amaranthus fue la primera maleza declarada resistente en Argentina en 1996 a los herbicidas inhibidores de ALS: imidazolinonas, sulfonilureas y triazolpirimidinas (Diaz *et al*, 2000). 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 *A 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 7).

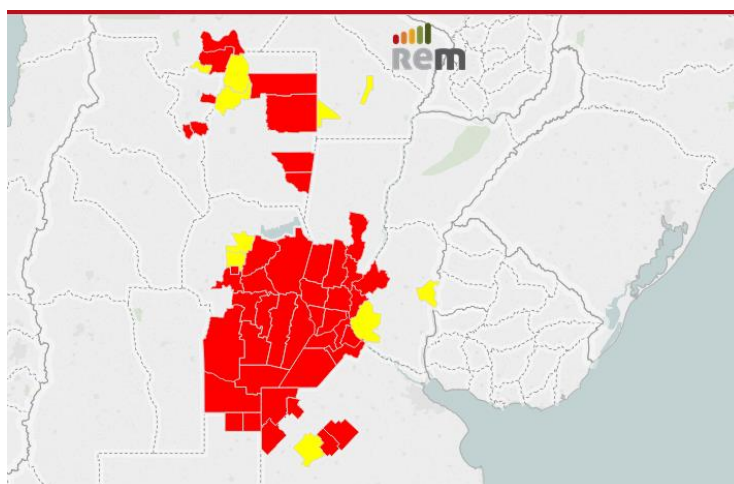


Figura 7. Área de distribución de *amaranthus hybridus* en Argentina en 2015 (REM, 2017)
En rojo Departamentos en alerta roja (resistente). Color amarillo indica casos que se sospechan resistentes pero sin confirmación hasta el presente.

Diversos autores sugirieron que la reducida translocación de glifosato dentro de la planta de *A hybridus* 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 *amaranthus* 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 los alelos de resistencia ALS están presentes.

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 *amaranthus* 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 y triazolpirimidinas).

Eficacia de Control de *A. hybridus* con Herbicidas en Postemergencia

Evaluación del nivel de resistencia a herbicidas inhibidores EPSPS

Glifosato: aplicación en estadio fenológico temprano

La evaluación visual a los 10 DDA (Figura 8, Tabla 3), es posible observar altos niveles de eficacia de control en el tratamiento con la dosis comercial recomendada G3 (93.75%), alcanzando 100% con los tratamientos G4 y G5.

La evaluación visual a los 21 DDA (Figura 9, Tabla 3), los tratamientos G3, G4 y G5 alcanzaron 100 % de control.

Tabla 3. Eficacia de control (%) con glifosato a los 10 y 21 DDA.

Tratamientos	T	G1	G2	G3	G4	G5
Control a 10 DDA	0	0	37.5	93.75	100	100
Control a 21 DDA	0	0	43.75	100	100	100



Figura 8. Control de *A. hybridus* a los 10 DDA, en plantas de 4-6 hojas



Figura 9. Control visual de *A. hybridus* a los 21 DDA, en plantas de 4-6 hojas.

La evaluación de mortalidad con tratamientos con glifosato en plantas con 4-6 hojas, mostraron a los 21 DDA un valor de DL50 de 483 g e.a.ha⁻¹, equivalente a la mitad de la dosis comercial recomendada (Figura 10).

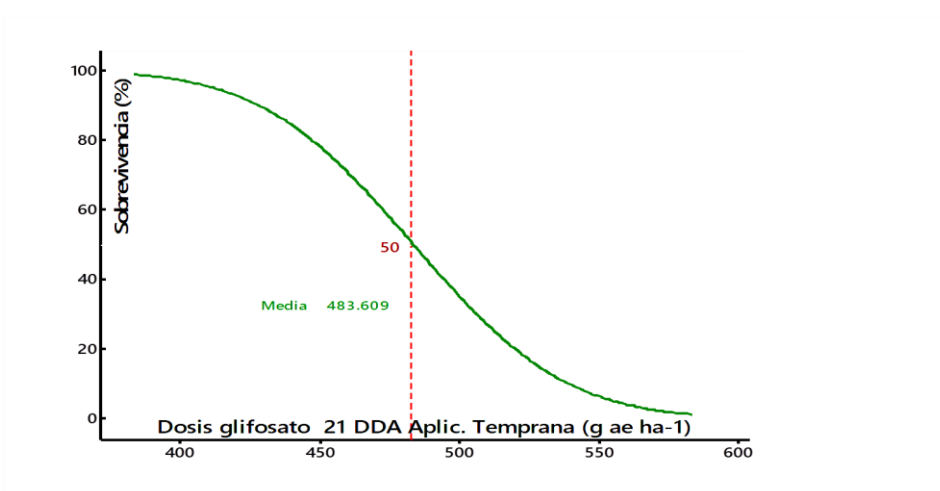


Figura 10. Dosis letal 50 de glifosato a los 21 DDA.

A los 21 DDA los efectos de las dosis evaluadas de glifosato mediante un ajuste de un modelo tradicional (ANAVA) para un diseño completamente aleatorizado mostraron alta significancia del factor tratamiento (Tabla 1, Anexo).

De acuerdo a los resultados obtenidos en los tratamientos evaluados con glifosato es posible observar una reducción del peso fresco a dosis creciente. Los resultados mostraron alto nivel de disminución de peso fresco en dosis igual o mayor a 960 g.e.a. ha⁻¹, no observándose diferencias significativas de la dosis comercial con las dosis mayores evaluadas mediante prueba LSD Fischer (Figura 11, Tabla 1 Anexo).

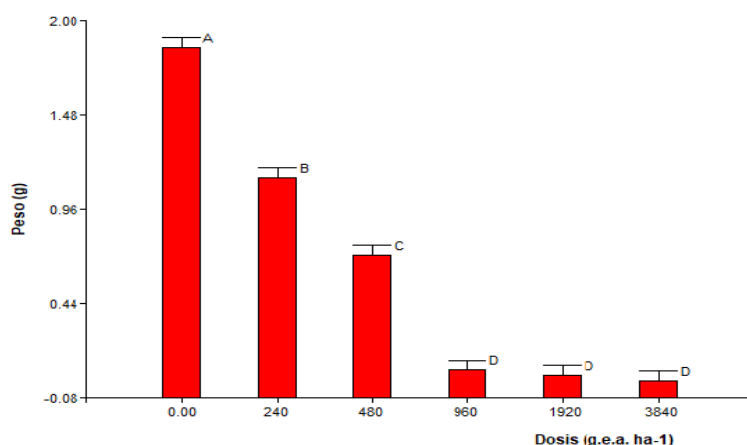


Figura 11. Medias de pesos y diferencias significativas entre tratamientos con glifosato en el control de *A hybridus*. Mediante prueba LSD Fischer 5%.

La evaluación de la relación dosis-respuesta utilizando un modelo log-logístico que relaciona la respuesta de la planta con las dosis del herbicida mostro un valor de GR50 de 406 g e.a.ha⁻¹ para el biotipo Sagrada Familia (Figura 12) y un valor de GR50 del biotipo sensible (S) Marcos Juárez de 44.5 g.e.a ha⁻¹ (Tabla 4).

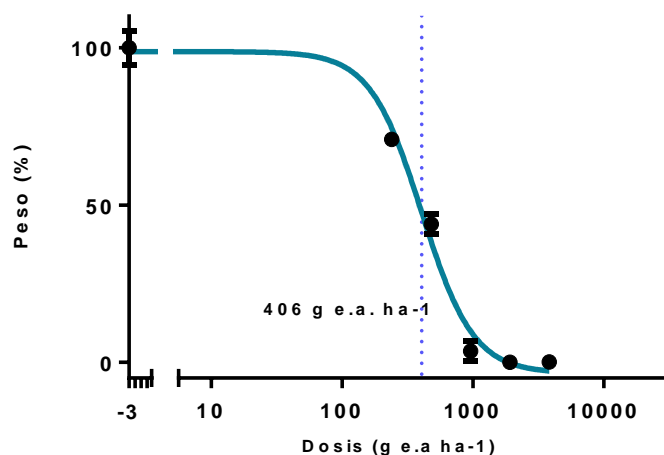


Figura 12. Reducción de peso fresco (%) de *A. hybridus* en estadio de 4-6 hojas, en función de la dosis de glifosato a los 21 DDA.

Estos valores del biotipo S. Familia muestran un valor alto del Factor de Resistencia de **9.12** mostrando que este biotipo presenta un nivel de resistencia alto a glifosato (FR>2.5).

Este FR se muestra equivalente con el obtenido con el biotipo Marcos Juárez y con un nivel de resistencia menor en relación al biotipo FCA (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de dosis GR50 y FR de glifosato en biotipos de *Amaranthus hybridus* en Córdoba.

Población	GR 50 (g.a.e ha ⁻¹)	FR
S. Familia	406	406/44.5: 9.12
INTA M. Juárez S.	44.5	-----
INTA M. Juárez R	502.95	503/44.5: 11.3
FCA	1440	1440/44.5: 32.5

Glifosato: aplicación estadio fenológico tardío

Los tratamientos de glifosato sobre plantas con más de 15 hojas (Figura 16 y 17) mostraron una disminución en la eficacia de control de *A. hybridus*, a los 10 y 21 DDA (Tabla 5), en relación a los obtenidos sobre plantas con 4-6 hojas. Solamente en el tratamiento G5 se obtuvo un control eficaz (superior al 90-95 %).

Tabla 5. Control (%) con glifosato a los 10 y 21 DDA en aplicación tardía.

Tratamientos (%)	T	G1	G2	<u>G3</u>	G4	G5
Control a 10 DDA	0	0	12.5	15	18.18	100
Control a 21 DDA	0	0	37.5	45	72.72	100



Figura 16. Control de *A. hybridus* a los 10 DDA en plantas de más de 15 hojas.



Figura 17. Evaluación de control visual de *A. hybridus* a los 21 DDA en plantas con más de 15 hojas.

La DL50 obtenida a los 21 DDA mediante un ajuste con un modelo Probit (Figura 18) en plantas con más de 15 hojas mostraron un valor de 2029 g e.a./ha. Estos resultados mostraron un aumento de casi 4 veces más que el valor de la DL50 obtenido en el tratamiento con 4-6 hojas (aplicación temprano).

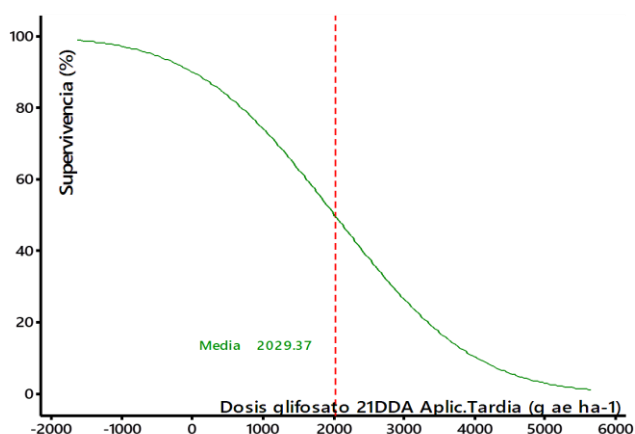


Figura 18. Dosis letal 50 de glifosato en aplicación tardía a los 21 DDA.

De acuerdo a los resultados obtenidos de peso fresco a los 21 DDA, fue posible observar solo disminución del peso fresco con dosis de 2 y 4 veces (1920 y 3840 g.e.a ha⁻¹) en relación a la recomendada comercialmente (Figura 19, Tabla 2 Anexo).

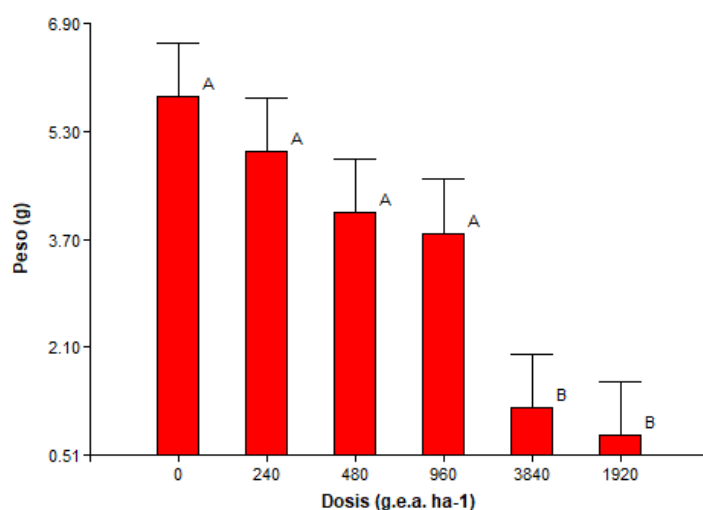


Figura 19. Medias y diferencias significativas entre tratamientos con glifosato en el control de *A. hybridus* mediante el test LSD de Fisher al 5%.

La evaluación del peso fresco en función de la dosis mediante el ajuste de un modelo de regresión no lineal mostro un valor de GR50 de 1197 g e.a ha⁻¹ (Figura 20). Este valor es 3 veces superior al obtenido con tratamientos con 4-6 hojas (aplicación temprana).

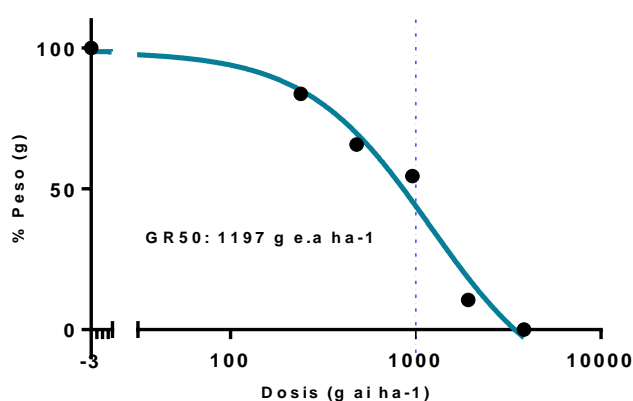


Figura 20. Reducción de peso fresco (%) de *A. hybridus* en **estadio tardío**, en función de la dosis de **glifosato**, a los 21 DDA.

Estos resultados, considerando mortalidad y reducción de peso fresco, muestran el escaso control alcanzado con glifosato a dosis recomendadas en estadios fenológicos tardío de *A. hybridus*, produciendo un alto escape de plantas con la clara consecuencia de expandir la difusión de más individuos con resistencia a este principio activo.

Evaluación del nivel de resistencia a herbicidas inhibidores de ALS

La evaluación visual a los 10 y 21 DDA postemergentes es posible observar baja eficacia de todos los tratamientos evaluados con clorimuron etil (Figura 21 y 22) e imazetapir-imazapir (Figura 23 y 24), mostrando 100 % de sobrevivencia de *A. hybridus*, 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 clorimuron etil e imazetapir-imazapir superiores al valor máximo evaluado (Figura 21, 22, 23 y 24).



Figura 21. Evaluación de control visual de *A. hybridus* a los **10 DDA**, en plantas de 4-6 hojas aplicadas con **clorimuron etil**.



Figura 22. Evaluación de control visual de *A. hybridus* a los **21 DDA**, en plantas de 4-6 hojas aplicadas con **clorimuron etil**.



Figura 23. Evaluación de control visual de *A. hybridus* a los **10 DDA**, en plantas de 4-6 hojas aplicadas con **imazetapir-imazapir**.



Figura 24. Evaluación de control visual de *A. hybridus* a los **21 DDA**, en plantas de 4-6 hojas aplicadas con **imazetapir-imazapir**.

Clorimuron etil

De acuerdo a los resultados de peso fresco en plantas con 4-6 hojas, a los 21 DDA, fue posible encontrar diferencias estadísticas significativas de las medias de peso entre todos los tratamientos herbicidas evaluados mediante el test LSD de Fisher, mostrando una reducción a medida que se incrementaba la dosis, en comparación con el testigo (Figura 25, Tabla 3 Anexo).

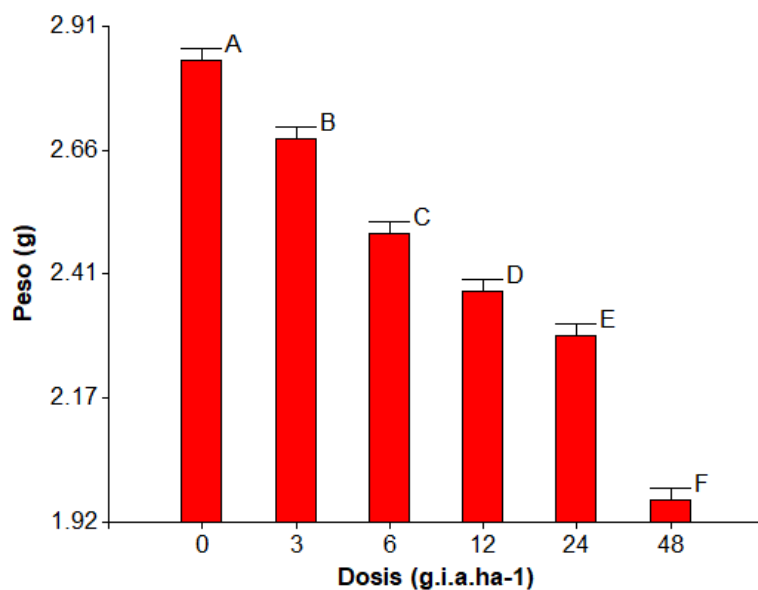


Figura 25. Medias y diferencias significativas entre tratamientos con clorimuron etil en el control de *A. hybridus*.

Los datos de peso fresco en función de la dosis de clorimuron etil mediante el ajuste de un modelo de regresión no lineal mostraron un valor GR50 del biotipo S. Familia de **21 g.i.a/ha** (Figura 26).

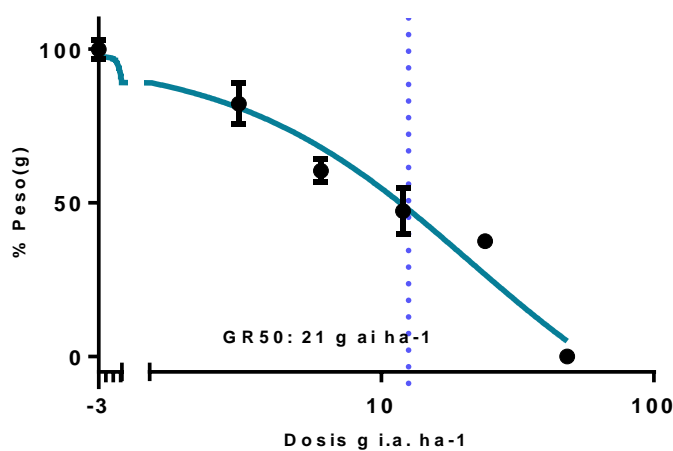


Figura 26. Reducción de peso fresco (%) de *A. hybridus* en función de la dosis de clorimuron etil, a los 21 DDA.

Este valor comparado con el biotipo INTA Marcos Juárez S” GR50: **0.30 g.i.a/ha** muestra que la población “S. Familia” es **70** veces (FR) más resistente a clorimuron etil en relación al biotipo sensible. Estos resultados también mostraron que la relación entre los biotipos (FR) es 1.4 veces más resistente que el biotipo “FCA R” con un valor de GR50 de **15 g.i.a/ha**.

Imzetapir-Imzapir

De acuerdo a los resultados de peso fresco en plantas con 4-6 hojas a los 21 DDA, fue posible observar diferencias estadísticas significativas de las medias de peso entre los tratamientos herbicidas evaluados y el tratamiento testigo mediante el test LSD de Fisher. Los resultados evidenciaron mayor reducción de peso fresco con los tratamientos de 100, 200 y 400 g.i.a ha⁻¹ sin observarse diferencias significativas de peso entre ellos (Figura 27, Tabla 4 Anexo).

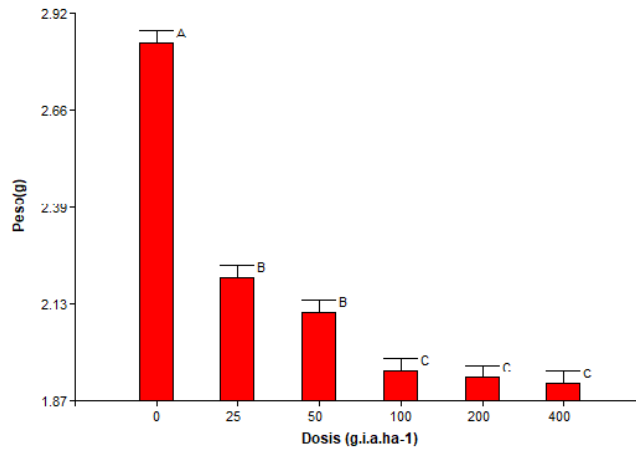


Figura 27. Medias de peso y diferencias significativas entre tratamientos con imazetapir-imazapir en el control de *A hybridus* con 4 a 6 hojas.

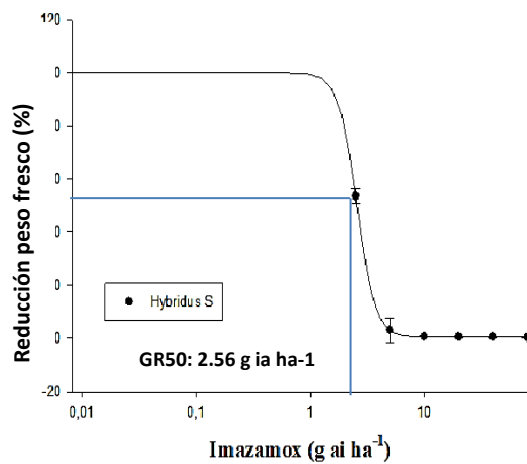


Figura 28. Reducción de peso fresco (%) de *A. hybridus* biotipo sensible a imazetapir-imazapir.

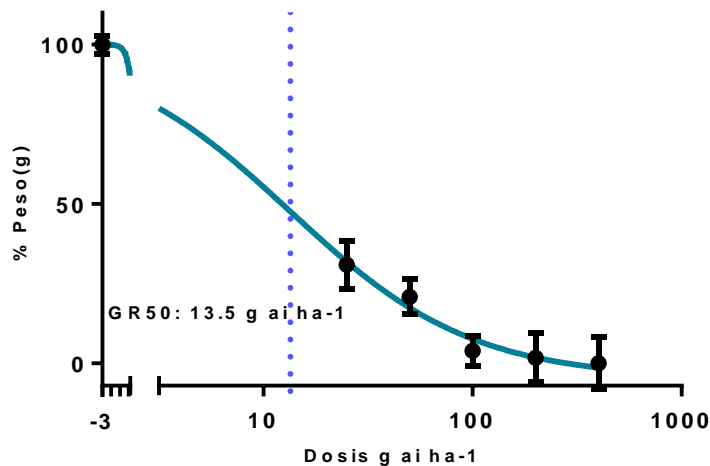


Figura 29. Reducción de peso fresco (%) de *A. hybridus* en función de la dosis de Imazetapir-Imazapir, a los 21 DDA.

Los datos de peso fresco en función de la dosis de imazetapir-imazapir mediante el ajuste a modelos de regresión no lineal muestran un valor **GR50 de 13.5 g.i.a ha⁻¹** (Figura 29). El FR obtenido mediante la comparación con el biotipo sensible evaluado con imazamox (GR50: 2.56 g.i.a ha⁻¹) (Figura 28) muestra que el biotipo S. Familia es **5.27** veces más resistente que el biotipo sensible.

Eficacia de Control de *A. hybridus* con Herbicidas en Preemergencia

La evaluación visual a los 10, 21 y 31 DDA permitió observar que los tratamientos herbicidas sulfentrazone, flumioxazim, metribuzim y flumioxazim + S-metolacloprid mostraron un buen control en todas las unidades experimentales, no mostrando diferencias significativas entre ellos pero sí con el tratamiento sin herbicida (Figura 30).



Figura 30. Tratamientos herbicidas preemergentes en el control de *A. hybridus* en condiciones semi controladas.

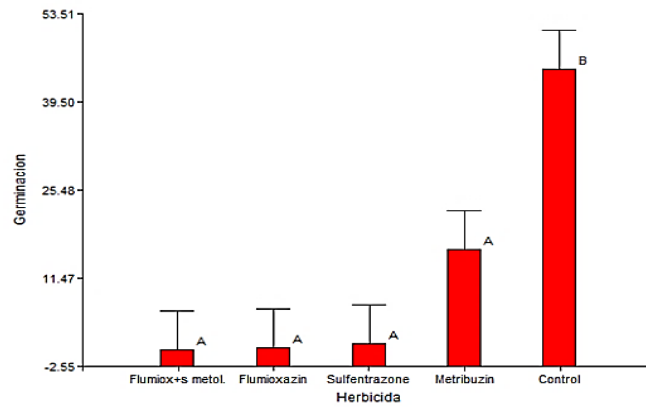


Figura 31. Eficiencia de control sobre la germinación de *A hybridus* con diferentes herbicidas preemergentes. *Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)*

La sobrevivencia parcial a los 21 DDA del tratamiento con metribuzin mostro baja eficacia de control. Estos resultados se corresponden con el modo de acción característico de las triazinas, por lo que las plántulas de amarantus emergieron pero el principio activo actúo 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 en los tres momentos de evaluación (Figura 32) lleva a considerar la elección del tratamiento con menor costo/ha (flumioxazim).

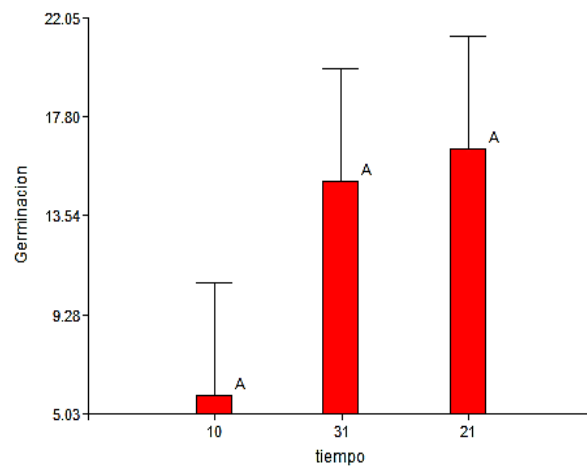


Figura 32. Evaluación de control sobre la germinación de *A hybridus* a los 10, 21 y 31 DDA. *Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)*

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y en las condiciones en que fueron realizados los ensayos, es posible concluir que:

1. El biotipo *A hybridus* S. Familia presenta resistencia múltiple a glifosato y a inhibidores de ALS.
2. El biotipo S. Familia, en estadio fenológico de 4-6 hojas **presenta resistencia a glifosato con un Factor de Resistencia de 9.12.**
3. El control *A hybridus* biotipo S. Familia con glifosato en estadios fenológicos tardíos (más de 15 hojas) presenta un incremento en los valores de DL50 y GR50 de 320 % y 195 %, respectivamente, en relación a los obtenidos en tratamientos tempranos (4-6 hojas).
4. *A hybridus* biotipo S. Familia **evidencia resistencia a inhibidores de ALS** con valores de **FR a clorimuron etil** (sulfonilureas) **e imazetapir-imazapir** (imidazolinonas) de **70 y 5.27, respectivamente.**
5. El uso de los herbicidas preemergentes sulfentrazone, flumioxazin, metribuzin y flumioxazin+Smetolacloro en condiciones controladas, proveen un control eficiente de *A hybridus* biotipo S.Familia.
6. Las características bioecológicas de *A hybridus* junto al modelo productivo predominante en el sistema agrícola argentino (paquete tecnológico siembra directa-soja-grupos de herbicidas más utilizados), tornan altamente peligrosa la ocurrencia de presión de selección y dispersión de biotipos resistentes a herbicidas en las principales regiones agrícolas de Argentina.

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

La presencia de yuyos colorados resistentes obliga a cambiar la mirada del sistema de producción actual. Debe comprenderse rápidamente la complejidad y gravedad del problema, lo que resalta la importancia de la prevención en lotes y zonas limpias, para lo cual es fundamental.

El punto de partida para planificar el sistema de producción en lotes con presencia de yuyo colorado resistente, el sistema empieza a planearse en torno a esta maleza. Si bien será difícil reemplazar al control químico como principal herramienta contra estas malezas, será cada vez más necesario complementarlo con otras prácticas culturales

En este contexto, el conocer la bioecología de *A hybridus*, permitirá obtener un manejo eficiente de la maleza, y así reducir su dispersión y la generación de biotipos resistentes a herbicidas en las principales regiones agrícolas de Argentina.

Prácticas culturales

- Implementación de arreglos espaciales competitivos, constituye una estrategia útil para enfrentar el problema de amaranthus. Esta estrategia permite adelantar el sombreado y disminuir así la germinación de la maleza. Utilizar cultivares más competitivos, grupos más largos e indeterminados que toleren mejor el retraso en el crecimiento que le causan los herbicidas postemergentes.
- El estrechamiento entre surcos es la práctica más frecuente, seguida de los cultivos de cobertura. Luego le siguen el desmalezado manual, el corrimiento de la fecha de siembra y el laboreo.
- **Rotación de cultivos y modos de acción de herbicidas:** la rotación de soja con maíz 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 barbecho como durante el ciclo del cultivo.
- **Cultivos de cobertura:** la competencia por recursos (agua, luz y nutrientes) que ejercen los cultivos, disminuye el tamaño y la densidad de malezas. 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 avena. Cabe mencionar los beneficios que trae aparejado esta técnica como mejorar la porosidad en el suelo, fijación de N (vicia), aporte de C al suelo y prevención de la erosión. Los cultivos de cobertura son un apoyo. No evitan que germinen las malezas pero ayudan a atrasar su fecha de nacimiento y puede permitir ahorrar la aplicación de un herbicida residual. No elimina el problema, pero ayuda al manejo.

- **Evitar la introducción de semillas:**

- **Semilla a sembrar:** utilizar semilla de calidad, libre de malezas.
- **Cosechadora:** eliminar el 100 % de las semillas de malezas antes de ingresar a un nuevo lote.

Control mecánico:

- **Labranzas profundas (con inversión del pan de tierra):** permite reducir la cantidad de semillas capaces de germinar en los primeros centímetros del suelo.
- **Remoción manual de las plantas en el lote:** es importante para eliminar posibles escapes que contribuyen a la re infestación del lote.

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.

Control químico

- Tener un excelente control de las malezas emergidas durante el barbecho es la premisa para poder empezar bien el cultivo, ya que las fallas cometidas en este momento no podrán ser revertidas más adelante.
- Debido a la alta posibilidad de generar biotipos resistentes, en el control muy pocas plantas deben sobrevivir, y las que se escapan hay que eliminarlas en forma manual para que no produzcan semillas y así disminuir la posibilidad de nueva resistencia a otros herbicidas.
- El tamaño de la maleza en el momento de aplicación es clave para obtener un control eficiente y homogéneo en el lote.
- 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.
- Debido a la alta importancia de esta maleza, es necesario invertir aunque el costo sea alto.

- 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.
- La sugerencia es la rapidez en la acción y lograr alta efectividad por metro cuadrado, aplicando los herbicidas con precisión más que con velocidad. En amaranthus el mejor momento es cuando tiene cinco centímetros de altura.
- Es preciso combinar diferentes herbicidas y modos de aplicación, con la mayor residualidad posible, porque si se utiliza uno solo se corre riesgo de que ya tenga resistencia o que se genere la misma.
- Con el uso de herbicidas habrá que tolerar algunos kilos menos de rendimiento por fitotoxicidad en pos de controlar la maleza y no perder más o dejar enmalezar el lote.
- La calidad de aplicación de los herbicidas es un capítulo importante ya que requiere de pastillas que logren la suficiente cantidad de impactos por cm^2 , con el objetivo de alcanzar la mayor superficie posible de la maleza.
- A mayor tamaño de la maleza disminuye la posibilidad de control. Evitar nacimientos, el control de la semilla es más efectivo que el de la planta ya emergida
- Consultar siempre a un profesional Ing. Agrónomo para realizar la recomendación específica en cada lote acompañada de la receta fitosanitaria correspondiente.
- El objetivo del control químico tiene que ser utilizar programas de manejo agresivos, con cero tolerancias de escapes, procurando reducir al mínimo la producción de semillas.
- Dentro del cultivo las alternativas químicas ya son pocas, existiendo algunas más para el maíz en relación a la soja.

BIBLIOGRAFIA

Agrovoz, 2017. Alto riesgo: la mitad del área con soja y maíz, infectada con *amaranthus*. Disponible en: <http://agrovoz.lavoz.com.ar/agricultura/alto-riesgo-la-mitad-del-area-con-soja-y-maiz-infectada-con-amaranthus>. Consultada el 14/12/2017.

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.

Bracamonte E., Fernández-Moreno P. T., Barro F., De Prado, R. 2016. Glyphosate-resistant *Parthenium hysterophorus* in the Caribbean islands: non target site resistance and target site resistance in relation to resistance levels. *Front. Plant Sci.* 7:1845. doi: 10.3389/fpls.2016.01845.

Bracamonte E R, Fernández-Moreno P T, Bastida F, *et al.*, 2017. Identifying *Chloris* species from Cuban citrus orchards and determining their glyphosate-resistance status. *Front. Plant Sci.* 8:1977.

Burgos N, Kuk Y, Talbert R, 2001. *Amaranthus palmeri* resistance and differential tolerance of *Amaranthus palmeri* and *Amaranthus hybridus* to ALS-inhibitor herbicides. *Pest Manag. Sci.* 57:449-457.

Cabrera A L, Zardini E M, 1978. *Amaranthus* L. pp. 248–250 en Cabrera A L. (Editor), Manual de la Flora de los Alrededores de Buenos Aires. Ed. ACME, Buenos Aires.

Culpepper A S, Grey T L, Vencill W. K, Kichler J M, Webster T M, Brown S M, York A C, Davis J W, Hanna W W, 2006. Glyphosate resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) confirmed in georgia. *WeedSci.* 54:620-626.

Di Rienzo *et al.*, 2015. Infostat Software Estadístico. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>. Consultada el 14/12/2017.

Diaz A, Novo R, Bracamonte E, Yabar E, Osuna MD, De Prado R, 2000. Mechanism of resistance to imazethapyr in *Amaranthus quitensis*. In *Annales “XIth International Conference on Weed Biology”*. L.Assemat, B. Chauvel, H. Darmency, J. Gasquez, J. Maillet, J.L. Thomas (Eds). Ed. AFPP. ISBN 2-905550-87-2. pp. 515-521. 654p. Dijon, France.

Gaeddert J W, Peterson D E, Horak M J, 1997. Control and crossresistance of an acetolactate synthase inhibitor-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) biotype. *Weed Technol.* 11:132-137.

Garcia-del Rosal M J, Bracamonte E, Fernandez Moreno P T, Alcantara-de la Cruz R, De Prado Amian R, 2018. A Novel Amino Acid Substitution Ala-103-Val in EPSPShas

been Found in Glyphosate Resistant *A. hybridus*. 58 Annual meeting WSSA. p.113. Arlington, Virginia, EEUU.

Heap I M, 2012. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponible en <http://www.weedscience.org/in.asp>. Consultada el 14/12/2017.

Heap I, 2018. The International Survey of Herbicide Resistant weeds. OnlineInternet. Thursday,February15, 2018. Available <http://www.weedscience.org/Summary/Species.aspx>.

Lovell S T, Wax L M, Horak M J, Peterson D E, 1996. Imidazolinone and sulfonylurea resistance in biotypes of common waterhemp (*Amaranthus rudis*). Weed Science 44:789-794.

Maxwell B D, Mortimer A M, 1994. Selection for herbicide resistance. In: Powles S. B., Holtum, J. A. M. (Ed.). Herbicide Resistance in Plants: biology and biochemistry. Boca Raton: Lewis, p. 1-25.

Molina A, 1998. Malezas presentes en Cultivos de Verano. V. 1, 230 p. Ed. Buenos Aires. ISBN/ISSN: 950-43-9897-9.

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

Nandula V K, Reddy KN, Koger C H, Poston D H, Rimando A M, Duke S O, 2012. 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.

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.

Novo R, Cavallo A, Cragolini C, Nóbile R, Bracamonte E, Conles M, Ruosi G, Viglianco A, 2014. **Protección vegetal**. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina. Quinta Edición. SIMA Editora ISBN: 978- 987-1930-13-5, 492 p.

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

Scott R C, Steckel L E, Smith K L, Mueller T, Oliver L R, Norsworthy J, 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.

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

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

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

Thompson C, Peterson D, Lally N, 2012. Characterization of HPPD resistant *Palmer amaranth*. Disponible en <http://www.wssaabstracts.com/public/9/abstract-413.html>. Consultada el 14/12/2017.

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

Tropicos, 2018. *Amaranthus hybridus* L. Disponible en: <http://www.tropicos.org/Name/1100008>. Consultada el 14/02/2018.

York A C, Whitaker J R, Culpepper A S, Main C L, 2007. Glyphosate-resistant Palmer amaranth in the southeastern United States. p. 225. In *Proc. South. Weed Sci. Soc.*, Nashville, TN. 22-24 Jan. 2007. Southern Weed Sci. Soc., Champaign, IL.

ANEXOS

Tabla 1. Medias y diferencias significativas entre tratamientos con glifosato (aplicación temprana) mediante prueba LSD. En el control de *A hybridus* a los 21 DDA.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11.14	5	2.23	183.64	<0.0001
Trat	11.14	5	2.23	183.64	<0.0001
Error	0.22	18	0.01		
Total	11.36	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.16361

Error: 0.0121 gl: 18

Trat	Medias	n	E.E.	
0.00	1.86	4	0.06	A
0.25	1.14	4	0.06	B
0.50	0.71	4	0.06	C
1.00	0.08	4	0.06	D
4.00	0.05	4	0.06	D
2.00	0.02	4	0.06	D

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

Tabla 2. Medias y diferencias significativas entre tratamientos con glifosato (aplicación tardía) mediante prueba LSD. En el control de *A hybridus* a los 21 DDA.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	61.59	5	12.32	6.41	0.0040
TRAT2	61.59	5	12.32	6.41	0.0040
Error	23.05	12	1.92		
Total	84.64	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.46584

Error: 1.9212 gl: 12

TRAT2	Medias	n	E.E.	
0	5.81	3	0.80	A
240	4.99	3	0.80	A
480	4.09	3	0.80	A
960	3.78	3	0.80	A
3840	1.21	3	0.80	B
1920	0.80	3	0.80	B

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

Tabla 3. Medias y diferencias significativas entre tratamientos con Clorimuron etil mediante prueba LSD. En el control de *A hybridus* a los 21 DDA.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.43	5	0.29	173.26	<0.0001
TRAT CLORI	1.43	5	0.29	173.26	<0.0001
Error	0.02	12	1.6E-03		
Total	1.45	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.07225

Error: 0.0016 gl: 12

TRAT	CLORI	Medias	n	E.E.	
0		2.84	3	0.02	A
3		2.68	3	0.02	B
6		2.49	3	0.02	C
12		2.38	3	0.02	D
24		2.29	3	0.02	E
48		1.96	3	0.02	F

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

Tabla 4. Medias y diferencias significativas entre tratamientos con Imazetapir-Imazapir mediante prueba LSD. En el control de *A hybridus* a los 21 DDA.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.87	5	0.37	106.74	<0.0001
TRAT2	1.87	5	0.37	106.74	<0.0001
Error	0.04	12	3.5E-03		
Total	1.92	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.10541

Error: 0.0035 gl: 12

TRAT2	Medias	n	E.E.	
0	2.84	3	0.03	A
240	2.20	3	0.03	B
480	2.11	3	0.03	B
960	1.95	3	0.03	C
1920	1.93	3	0.03	C
3840	1.91	3	0.03	C

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