



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 DIFERENCIAL DE *Amaranthus hybridus* L. Kunth y *Amaranthus palmeri* S. Watson A GLIFOSATO E INHIBIDORES DE ALS EN CORDOBA, ARGENTINA

**Actis Caporale, Bruno
Ramello, Ignacio
Tobaldi, Nicolas**

Tutor: Ing. Agr. MSc Bracamonte Enzo R.

2018

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN.....	4
INTRODUCCION.....	5
MATERIALES Y METODOS.....	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
Características Bioecológicas, Causas Agronómicas de Dispersión y Resistencia de Amaranthus a Herbicidas en Córdoba y el país.....	13
Descripción botánica de Amaranthus palmeri S. Watson y Amaranthus hybridus (ex quitensis). Diferencias entre ellos.	13
Características Bioecológicas.....	15
Resistencia a herbicidas	16
Evaluación el nivel de resistencia a glifosato	22
Evaluación del nivel de resistencia a herbicidas inhibidores de ALS.....	27
CONCLUSIONES.....	26
Estrategias de Manejo Integral de Amaranthus en Córdoba.....	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
ANEXO.....	33

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Ing. Agr. MSc Enzo R. Bracamonte por aportar sus conocimientos, por las correcciones realizadas, su paciencia, su tiempo y su dedicación sobre el presente trabajo.

Al Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, por brindar el espacio físico donde se realizó el ensayo.

Al Laboratorio de Semillas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, por permitirnos el uso de la cámara de germinación de semillas.

A nuestros familiares y amigos, por el apoyo incondicional a lo largo de nuestra formación profesional.

RESUMEN

Entre las especies que han incrementado en forma significativa su presencia y difusión en la región agrícola de Río Primero y V.Makenna, provincia de Córdoba, citamos a *Amaranthus hybridus* y *A.palmeri*. Por ello, el objetivo de este trabajo de investigación fue determinar las características bioecológicas y las causas agronómicas de la presencia, dispersión y resistencia a herbicidas de *A. hybridus* y *A. palmeri*, evaluar la eficacia de control y el nivel de resistencia de *A. hybridus* y *palmeri* en estadio temprano (5 hojas) y tardío (≥ 15 hojas) con herbicidas postemergentes derivados EPSPS y ALS y diseñar y proponer estrategias de manejo integrado de *A. Hybridus* y *A.palmeri*. El ensayo se desarrolló en condiciones semicontroladas en el Área de Ecotoxicología, FCA, UNC durante el periodo 2017/2018. 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 que es el cociente entre el GR50 del biotipo resistente (R) y el GR50 del biotipo sensible (S). Los herbicidas objeto de la investigación fueron glifosato, imazetapir + imazapir (NC: Interfield®) y clorimuron etil. De acuerdo a los resultados obtenidos y a las condiciones en que se desarrollaron los ensayos es posible concluir que: *los biotipos A. hybridus y palmeri presentan resistencia a glifosato y a inhibidores de ALS. En estadio fenológico de 4-6 hojas, los biotipos A. hybridus y A. palmeri presentan resistencia a glifosato con un Factor de Resistencia de 9.12 y entre 11 a 30 respectivamente.* En estadios fenológicos tardíos (más de 15 hojas), el control de *A. hybridus* con glifosato, 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). En estadios fenológicos tardíos (más de 15 hojas), el control de en *A. palmeri* con glifosato, presenta un incremento en los valores de DL50 y GR50 de 48% y 7%, respectivamente, en relación a los obtenidos en tratamientos tempranos (4-6 hojas). En estadio fenológico de 4-6 hojas, el biotipo *A. hybridus* posee mayor resistencia a sulfonilureas en relación a imidazolinonas, con valores de FR a clorimuron etil (sulfonilureas) e imazetapir-imazapir (imidazolinonas) de 70 y 5.27, respectivamente. En estadio fenológico de 4-6 hojas, el biotipo *A. palmeri* posee mayor resistencia a imidazolinonas que a sulfonilureas, con valores de FR y DL50 a imazetapir+imazapir (imidazolinonas) y clorimuron etil (sulfonilureas) de 9 a 153 y $>300,3+100,1$ i.a./ha y 16 y 53 g i.a./ha, respectivamente. Para obtener controles eficaces de estas especies, reducir su difusión y presión de selección a los herbicidas más utilizados, es necesario llevar un plan correcto de monitoreo de la maleza, conocer sus características bioecológicas y priorizar establecer nuevas estrategias químicas, culturales y mecánicas para su manejo eficiente y sustentable en las regiones agrícolas de Córdoba.

Palabras clave: *Amaranthus palmeri*, *Amaranthus hybridus*, resistencia a herbicidas, glifosato, resistencia a ALS.

A *hybridus* conocida vulgarmente como amaranthus, ataco, bledo o yuyo colorado, alcanzo en 2017 una cobertura entre el 50 a 60 % de las hectáreas sembradas en Argentina. El avance de la resistencia A. *hybridus* 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). (Figura 3).

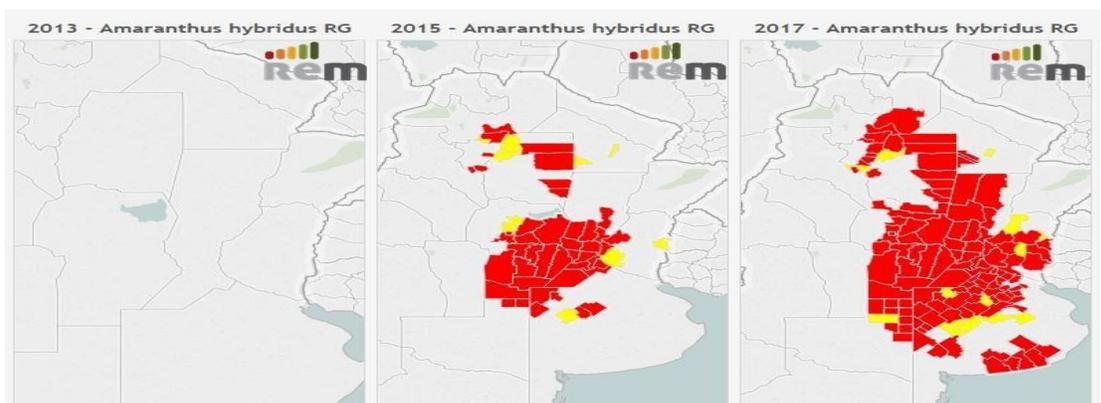


Figura 3. Evolución del area de distribución de *Amaranthus hybridus* en Argentina (REM, 2017)

Amaranthus palmeri fue detectada y valorada como una maleza sumamente agresiva durante la campaña 2011/2012 en el sudoeste de Córdoba (Morichetti *et al.*, 2013), difundiéndose posteriormente al resto del país (Montoya *et al.*, 2015) (Figura 4).

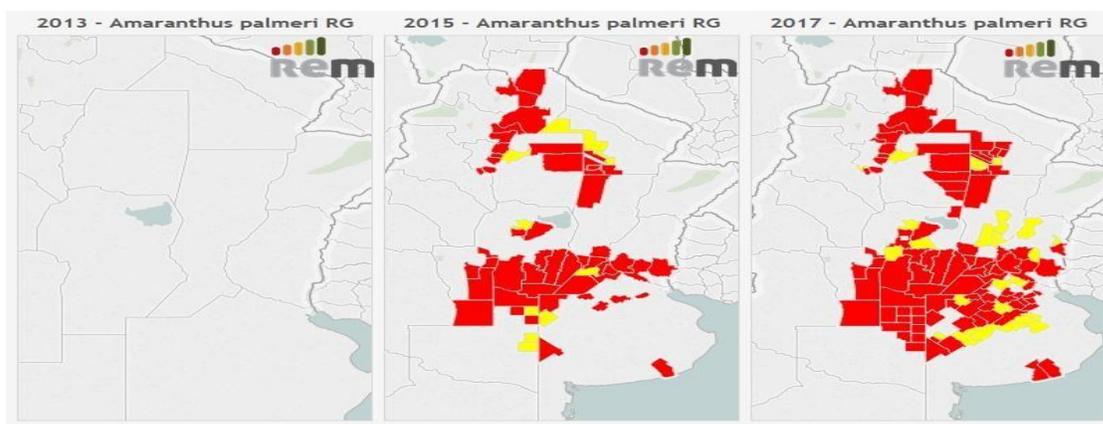


Figura 4. Evolución del área de distribución de *Amaranthus palmeri* en Argentina (REM, 2017).

El incremento de estas especies resulta preocupante por su importante y rápida diseminación. A esto se le suma las fallas de control, por el desconocimiento de su biología, lo que se traduce en un incremento del banco de semillas que van a transformarse en futuros problemas. 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*.

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 *A. Hybridus* y *A. palmeri* a herbicidas inhibidores de EPSPS y ALS en 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* y *A. palmeri*.
- Evaluar la eficacia de control y nivel de resistencia de *A. hybridus* y *palmeri* con herbicidas postemergentes derivados EPSPS y ALS.
- Diseñar y proponer estrategias de manejo integrado de *A. Hybridus* y *A.palmeri* conjuntamente y en forma aislada.

MATERIALES Y METODOS

Para determinar las características bioecológicas y causas agronómicas de dispersión y resistencia a herbicidas de *Amaranthus hybridus* y *palmeri*, se utilizaron publicaciones de extensión e investigación tecnológica y científica nacionales e internacionales.

Para evaluar el nivel de resistencia a herbicidas inhibidores de EPSPS y ALS se realizó un ensayo en el Área de Ecotoxicología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, durante el periodo 2017/2018. Las malezas fueron seleccionadas y recolectadas por su alta difusión, densidad y dificultad para su control durante el periodo de barbecho en la zona rural de Vicuña Mackenna, Córdoba (Figura 5) para el caso de *A. palmeri* y en la zona rural de Sagrada Familia, Departamento Rio Primero, Córdoba (Figura 6) para el biotipo de *Amaranthus hybridus*. Para validar botánicamente el género y especie de las malezas se acondiciono y envió para su determinación al laboratorio ACOR de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, los que informaron que las especies corresponden a *Amaranthus palmeri* S. Watson y *Amaranthus hybridus* L. Kunth.

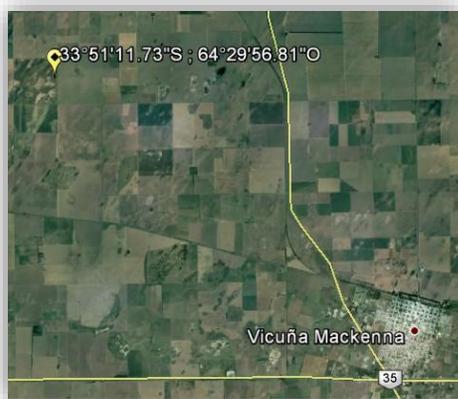


Figura 5. Ubicación geográfica lote donde se recolectó *A. palmeri*, V. Makenna, Córdoba. 2017.



Figura 6. Ubicación geográfica del lote donde se recolectó *A. hybridus*, S. Familia. Rio 1, Córdoba. 2017.

Las semillas colectadas fueron sometidas a un proceso de preenfriado, según normas ISTA para especies del género *Amaranthus*, y luego se las llevó a cámara de germinación bajo condiciones óptimas de luz (16h de luz) y temperaturas (30/20°C). Una vez germinadas, las plántulas se trasplantaron a macetas definitivas (unidades experimentales) con un volumen de un litro. Estas unidades contenían un sustrato compuesto de tierra negra y arena en proporción de 1:1, quedando 4 plantas por unidad experimental. Posteriormente, las macetas 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 los tratamientos herbicidas, se seleccionaron 3 principios activos con diferentes modos de acción:

1. Glifosato (Inhibidores de EPSPs);
2. Interfield®: imazetapir+Imazapir (Imidazolinonas; Inhibidores de ALS);
3. Clorimurón-etil (sulfonilureas; Inhibidores de ALS).

Los datos de dos ensayos repetidos en invernadero fueron combinados para su análisis final. Las aplicaciones se realizaron en postemergencia de las malezas en dos estadios fenológicos: con glifosato en 4-6 hojas (aplicaciones tempranas) y ≥ 15 hojas (aplicaciones tardías: plantas mayores a 20 y 30 cm, respectivamente) (Figuras 7, 8, 9 y 10). Tratamientos con imazetapir+imazapir y clorimuron etil, se realizaron en el estadio fenológico de 4-6 hojas.



Figura 7. Tratamientos de *Amaranthus palmeri* con plantas con 4-6 hojas.



Figura 8. Tratamientos de *Amaranthus palmeri* con plantas con más de 15 hojas.



Figura 9. Momento de aplicación de *A.hybridus* con plantas de más de 4-6 hojas verdaderas.



Figura 10. Momento de aplicación de *A.hybridus* con plantas de más de 15 hojas verdaderas.

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

Tabla 1. Tratamientos herbicidas y dosis utilizadas para evaluar resistencia de *A. hybridus* y *palmeri* a inhibidores de EPSP y ALS.

Tratamiento	Principio Activo	Dosis	Dosis	de	Principio	Referencia
		(l PC/ha) (g PC/ha)	activo (g i.a./ha)		g e.a./ha)	
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	-	-	-	-	-	T
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	-	-	-	-	-	T
0,25x	Clorimuron etil	4	3		-	C11
0,5x	Clorimuron etil	8	6		-	C12
1x	Clorimuron etil	16	12		-	C13
2x	Clorimuron etil	32	24		-	C14
4x	Clorimuron etil	64	48		-	C15

* La dosis **1x** corresponde a la dosis de uso recomendada por marbete para *Amaranthus* spp.

Los tratamientos se realizaron con mochila equipada con pastilla de abanico plano 80-02, que erogaba un caudal de 100l/ha. Las evaluaciones de control se realizaron a los 21 días después de las aplicaciones (DDA). Con los datos obtenidos se determinó el control (%) y la sobrevivencia (%) con el cual se calculó la Dosis Letal Media (DL50) obtenida 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 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:

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

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 en relación al testigo.

El nivel de resistencia de las poblaciones evaluadas 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 Factor de Resistencia relativa (FR) de las poblaciones, se comparó en ensayos paralelos, con dos biotipos sensible (S) de México a glifosato e imazamox (para *A. palmeri*) con valores comprobados y publicados en ensayos previos a nivel nacional e internacional. En el caso de *A. hybridus* se comparó con un biotipo sensible a imazamox y a clorimuron (biotipo Marcos Juárez).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características Bioecológicas, Diferencias y Similitudes y Causas Agronómicas de Dispersión y Resistencia de *Amaranthus hybridus* y *A. palmeri* a herbicidas en la Provincia de Córdoba.

El género *Amaranthus* pertenece a la familia Amaranthaceae que contiene aproximadamente 75 especies en todo el mundo. En la Argentina, se han reportado 32 especies del género *Amaranthus*, de las cuales sólo 18 son nativas (Instituto de Botánica Darwinion, 2015). 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. Entre las especies que conforman actualmente la comunidad de malezas de soja hay dos especies muy problemáticas del género *Amaranthus*: *A. hybridus* y *A. palmeri*.

Amaranthus palmeri S. Watson es una especie anual, dioica, que puede llegar a más de 3m de altura bajo ciertas circunstancias. No presenta pubescencia en sus órganos, y sus tallos pueden volverse rojizos en estadios fenológicos avanzados. Las hojas presentan pecíolos largos, de igual o mayor longitud de la lámina (Fig. 12). Presenta forma rómbica a lanceolada, a veces casi elíptica y en ocasiones presenta un mucrón terminal (Fig. 13). Las flores están rodeadas de una bráctea y 2 bractéolas. Las flores pistiladas poseen 5 tépalos espatulados, con nervadura central conspicua y ramificada, estramíneos a rojizos; estilo con 2-3 estigmas. Las flores estaminadas poseen 5 tépalos desiguales, de ápice agudo con 3-5 estambres. Las inflorescencias terminales son alargadas (Fig. 15), de 10 a 40cm de longitud, densas, en forma de tirso espiciforme o paniculoide, generalmente péndula, a menudo con algunos racimos axilares, en la parte proximal de la planta.

El fruto es un utrículo castaño a castaño-rojizo, ovoide a subgloboso. De 1,5 a 3mm de longitud, con paredes lisas a rugosas. Semillas obovadas, lenticulares, rojizas a castaño-rojizas, oscuras, brillantes, de 1-1,2mm de diámetro (Fig. 11). (Morichetti *et al.*, 2013).



Figura 11. Semillas (izquierda) y plántulas (derecha) de *Amaranthus palmeri*.



Figura 12. Hojas de *A. palmeri* S. Watson. Se puede apreciar el peciolo de mayor longitud que la lámina.



Figura 13. Planta de *A. palmeri*. Con presencia de mucrón en el ápice de la hoja.



Figura 14. Patrón de crecimiento meristemático en apariencia de roseta.



Figura 15. Inflorescencias masculina (izquierda) y femenina (derecha) de *Amaranthus palmeri*.

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 17) 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-espatulados, 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 17), de 1,5 mm de diámetro. Las plántulas son de porte arrosetado, 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. 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 17).



Figura 17. Hojas, inflorescencia y semillas de *Amaranthus hybridus*.

Tabla 2. Características diferenciales entre *Amaranthus palmeri* y *Amaranthus hybridus*.

Especie	<i>Amaranthus palmeri</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>
Reproducción	Dioica	Diclino Monoica
Presencia de pubescencia	Plantas glabras.	Plantas con pelos en tallos y hojas.
Hojas	Hojas con pecíolos de longitud igual o mayor a la de la lámina; Glabras. (Figura 6)	Hojas con pecíolos más cortos que la lámina; pubescentes.
Patrón de crecimiento de los meristemas apicales	El patrón de crecimiento le da una apariencia de “roseta” (o también “poinsettia”), cuando se observa la planta desde arriba. Esto se debe a que la planta desarrolla sus estructuras para captar la mayor cantidad de luz. (Figura 8)	No se observa un patrón de crecimiento definido
Inflorescencias	Presenta pies masculinos y femeninos. Los primeros presentan son suaves al tacto. Las inflorescencias femeninas son duras y punzantes al tacto. Ambas son de longitud mayor a 10 cm, a menudo péndulas, y poco ramificadas. (Figura 9)	Inflorescencias cortas, de 4-12cm, con frecuencia ramificadas. Ambos sexos se encuentran en la misma planta.
Semillas	Rojizas a castaño-rojizas, oscuras, brillantes, de 1-1,2mm de diámetro	Negra y brillante, de 1,5 mm de diámetro.

Características Bioecológicas

Estas especies poseen gran capacidad de adaptación, sumamente agresivas y muy difícil de manejar eficazmente con los recursos tecnológicos actualmente disponibles (Tuesca, 2016). Son especies con vía fotosintética C4, con alta tasa metabólica y eficiencia fotosintética, teniendo sus máximos a temperaturas superiores a 36°C (Ehleringer, 1983), condiciones adversas para la mayoría de los cultivos.

En el caso de *A. palmeri* se han registrado un crecimiento diario de 2-3 cm día⁻¹, siendo este crecimiento y también su ganancia de biomasa mayor al de otras especies del género *Amaranthus* (Horak & Loughin, 2000; Sellers *et al.*, 2003) (Figura 18). Este rápido crecimiento implica un mayor consumo de agua y nutrientes, favorecido por su sistema radicular profundo y ramificado, que puede alcanzar profundidades mayores que el de soja (Sosnoskie *et al.*, 2011b); y una mayor competencia por el espacio y la luz, para lo cual destina gran parte de su biomasa hacia sus hojas (Hartzler, 2014).

Bajo condiciones óptimas, una gran proporción del banco de semillas puede iniciar su germinación en tan solo un día, mientras que otras especies amarantáceas completaban el inicio de la germinación en 3-7 días (Steckel *et al.*, 2004) (Figura 18 y 19). Debido a la necesidad de luz (Sosnoskie *et al.*, 2011b), las semillas necesitan estar en los primeros centímetros de suelo para emerger exitosamente (Keeley *et al.*, 1987). A medida que la profundidad se incrementa hasta 10 centímetros, la viabilidad de las semillas disminuye en el tiempo. A mayores profundidades, la viabilidad de las semillas es mayor, aún 36 meses después de enterradas (Sosnoskie *et al.*, 2013).

Figura 18. Germinación de *A. hybridus* 3DDS bajo condiciones



Figura 19. Germinación de *A. palmeri* 3DDS bajo condiciones

Amaranthus palmeri germina rápidamente y completa su ciclo de vida en respuesta a la humedad del suelo (Ehleringer, 1985). Este comportamiento oportunista le permite prosperar en un amplio rango de condiciones edafoclimáticas, logrando así colonizar nuevas áreas cuando se la introduce, esto producto de la actividad del hombre mediante el uso de semillas contaminadas con las de *A. palmeri* para la siembra de los cultivos, movimiento de implementos de labranza, cosechadoras, traslado de ganado, etc; por gravedad, por el agua, migraciones de aves, entre otras causas (Ward *et al.*, 2013).

Al ser una especie dioica, la polinización es cruzada, dando lugar a una gran variabilidad genética en la descendencia producida. Esto, sumado a su gran prolificidad, le da la capacidad de adaptarse y sobrevivir a condiciones extremas, y de que aparezcan nuevos biotipos resistentes a herbicidas (Legleiter, 2013). Se ha reportado que esta especie posee la capacidad de hibridarse con otras especies del género *Amaranthus*, aunque generalmente la descendencia de estos cruzamientos son poco viables (<0,2% del total) (Trucco *et al.*, 2007; Gaines *et al.*, 2012). Los híbridos que se originan por el cruzamiento entre *A. palmeri* y *A. spinosus* poseen mayor viabilidad (aproximadamente 0,4% del total) (Gaines *et al.*, 2012). Está demostrado que es factible que los genes que codifican los mecanismos de resistencia a herbicidas puedan transferirse entre especies de este género (Wetzel *et al.*, 1999; Nandula *et al.* 2014), por lo que, aunque el porcentaje de híbridos viables originados sea bajo, la aparición de nuevos biotipos resistentes por esta vía puede considerarse motivo de preocupación (Tuesca, 2016)

Resistencia de *Amaranthus spp.* 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, sulfonilureas y otros), a las dinitroanilinas (pendimentalin y trifluralina).

Diversos autores sugirieron que la reducida translocación de glifosato dentro de la planta podría ser el mecanismo de resistencia involucrado en esta población. 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 *Amaranthus*. Ya se han reportado casos de resistencia a PPO, HPPD y biotipos con resistencia múltiple, como por ejemplo en EE.UU. hay casos de resistencia a ALS+glifosato, ALS+fotosistema II+HPPD y glifosato+ALS+fotosistema II (Heap, 2017), lo que nos hace reflexionar sobre las estrategias y manejos que vamos plantear a la hora de realizar un control. Actualmente, *Amaranthus palmeri* S. Watson presenta una notable facilidad para desarrollar resistencia a herbicidas (Ward *et al.* 2013).

Evaluación de la eficacia de control y nivel de resistencia de *A. hybridus* y *A. palmeri* con herbicidas postemergentes derivados EPSPS y ALS.

Los resultados obtenidos mostraron que no se obtuvieron controles satisfactorios con los herbicidas evaluados, exceptuando en tratamientos tempranos con glifosato en *A. hybridus*.

Tabla 3. Evaluación de resistencia de *A. hybridus* y *A. palmeri* a glifosato en control temprano y tardío a los 21 DDA.

Momento de control	Referencia	control	
		<i>A hybridus</i>	<i>A. palmeri</i>
Control Temprano	G1	0	0
	G2	43,75	43,75
	G3	100	72,92
	G4	100	72,92
	G5	100	75
	DL50 (gr e.a/ha)	483	1269
	GR50 (gr e.a/ha)	406	476
	FR	9,12	11 a 30
Control Tardío	G1	0	19,44
	G2	37,5	27,28
	G3	45	25
	G4	72,72	35,56
	G5	100	91,67
	DL50 (gr e.a/ha)	2029	2419
	GR50 (gr e.a/ha)	1197	511

La evaluación visual de control de *A. hybridus* a los 21 DDA (Tabla 3), evidenció que los tratamientos G3, G4 y G5 alcanzaron 100 % de control en aplicaciones tempranas, no así en los tardíos, indicando la importancia de la detección en los primeros estadios. En cambio en *A. palmeri* (Figura 21) todos los controles fueron deficientes, lo que muestra que la maleza es resistente a este principio activo.

Tratamientos tempranos



Figura 20. Control visual de *A. hybridus* a los 21 DDA, en plantas de 4-6 hojas.



Figura 21. Evaluación de control de *A. palmeri* con glifosato sobre plantas con 4-6 hojas a los 21 DDA.

La evaluación de mortalidad de 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 22).

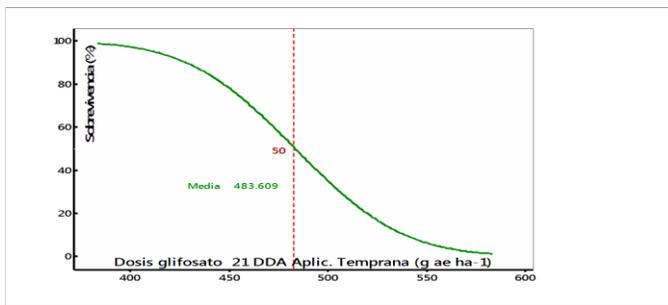


Figura 22. Dosis letal 50 de glifosato sobre *A. hybridus* a los 21 DDA.

La evaluación de la relación dosis-respuesta utilizando el modelo log-logístico mostro un valor de GR50 de 406 g e.a.ha⁻¹ para el biotipo Sagrada Familia (Figura 23) y un valor de GR50 del biotipo sensible (S) Marcos Juárez de 44.5 g.e.a ha⁻¹.

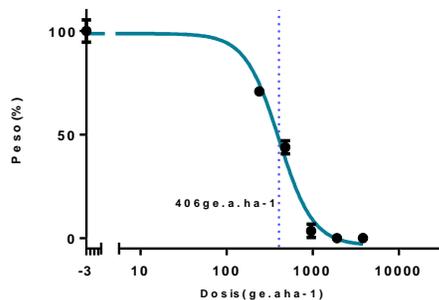


Figura 23. Reducción de peso fresco (%) de *A. hybridus* en estadio de 4-6 hojas, en función de la dosis de glifosato a los 21 DDA.

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

La DL50 obtenida a los 21 DDA sobre *A. palmeri* mediante un ajuste con un modelo Probit (Figura 24) mostro un valor de 1269 g e.a./ha.

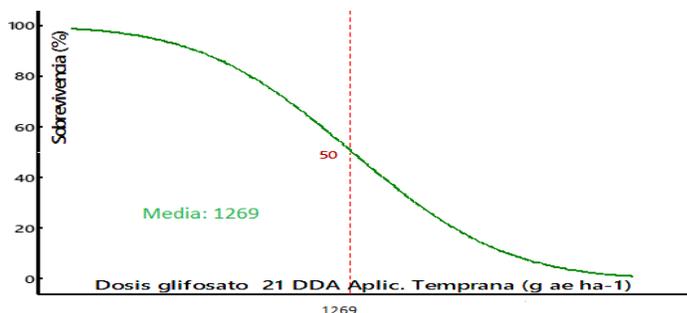


Figura 24. Dosis letal 50 de glifosato sobre *A. palmeri* a los 21 DDA.

Los datos de la evaluación de resistencia con plantas de 4-6 hojas a 21 DDA con glifosato mostraron una reducción del peso fresco a dosis crecientes, no mostrando diferencias significativas de la dosis comercial con las dosis mayores evaluadas.

La GR50 estimada para este tratamiento fue de 476 g e.a./ha (Figura 25), mientras que para los biotipos sensibles (S) fue de 15.7 g e.a./ha y 44 g e.a./ha. Estos resultados muestran un **FR=30 y FR= 11**, respectivamente. **Considerando este valor, se puede afirmar que este biotipo presenta un nivel de resistencia alto a glifosato (FR>2.5)**.

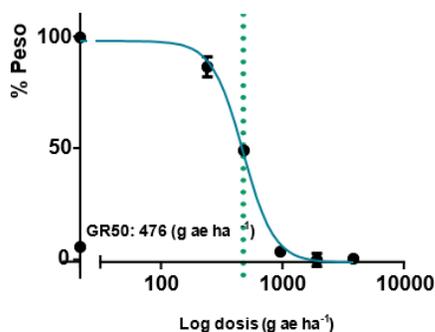


Figura 25. Reducción de Peso fresco (%) de *A. palmeri* en el estadio de 4-6 hojas, en función de la dosis de glifosato, a los 21 días DDA.

Los resultados obtenidos en controles tempranos mostraron que aunque ambas especies mostraron similares valores de GR50 y FR, *A. palmeri* mostro 2.6 veces más resistencia a la mortalidad que *A. hybridus* con dosis similares de glifosato.

Tratamientos tardíos

Los tratamientos de glifosato sobre plantas ≥ 15 hojas mostraron una disminución en la eficacia de control de estas especies a los 21 DDA, en relación a los obtenidos sobre plantas con 4-6 hojas.

En *A. hybridus* la DL50 obtenida a los 21 DDA mediante un ajuste con un modelo Probit (Figura 26) en plantas con más de 15 hojas mostro 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).

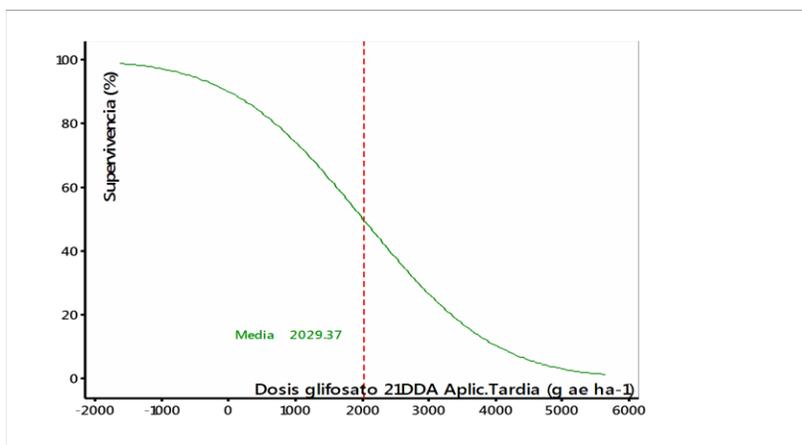


Figura 26. Dosis letal 50 de glifosato en aplicación tardía sobre *A. hybridus* a los 21 DDA.

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 27). Este valor es 3 veces superior al obtenido con tratamientos con 4-6 hojas.

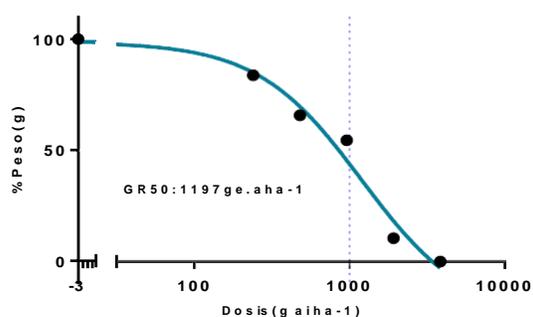


Figura 27. Reducción de peso fresco (%) de *A. hybridus* en estadio tardío, en función de la dosis de glifosato, a los 21 DDA.

La evaluación de *A. palmeri* a los 21 DDA mostro una baja eficacia de control en los tratamientos tardíos con glifosato (Figura 28). El valor obtenido DL50 fue de 2419 g e.a./ha a partir del recuento de plantas vivas, mostrando un aumento de casi 2 veces la

dosis para provocar el 50% de mortalidad (DL50) en aplicaciones tardías en relación a controles tempranos.

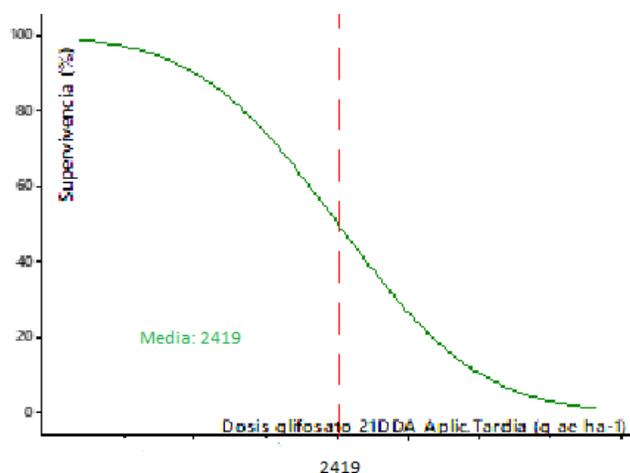


Figura 28. Dosis letal 50 de glifosato en aplicación tardía sobre *A. palmeri* a los 21 DDA.

La variación del peso fresco en función de la dosis mediante el ajuste a modelos de regresión no lineal mostro un valor de GR50 de 511 g e.a./ha, significando un aumento de solo 8%, mostrando la alta resistencia observada en estadios tempranos.

*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* y *A. palmeri*, produciendo un alto escape de plantas con la clara consecuencia de expandir la difusión de más individuos con resistencia a este principio activo y de un aumento considerable del costo de control. Las consecuencias económicas de un control tardío se evidenciaron considerando que en aplicaciones en momentos recomendados con dosis comercial se lograron excelentes resultados con un costo de 9,7 USD/ha), mientras que en aplicaciones tardías con bajo porcentajes de control, se necesita realizar un mayor gasto debido al aumento de la dosis.*

Evaluación del nivel de resistencia a herbicidas inhibidores de ALS

A través de lo evaluado se evidencio que ninguno de estos principios activos arrojó resultados favorables mostrando altos porcentajes de sobrevivencia, donde el valor de DL50 a partir del recuento de plantas vivas se ubica en dosis de clorimuron etil e imazetapir-imazapir superiores al valor máximo evaluado (Figura 29, 30, 31 y 32).



Figura 29. Evaluación de control visual de *A. hybridus* a los 21 DDA, en plantas de 4-6 hojas aplicadas con **clorimuron etil**.



Figura 30. Evaluación de control visual de *A. hybridus* a los 21 DDA, en plantas de 4-6 hojas aplicadas con **imazetapir-imazapir**.



Figura 31. Tratamientos de *A. palmeri* con clorimuron etil, 21DDA.



Figura 32. Tratamientos de *A. palmeri* con imazetapir+imazapir, 21DDA.

Clorimuron etil

La evaluación de *A. hybridus* considerando la reducción del peso fresco en función de la dosis de clorimuron etil mediante el ajuste de un modelo de regresión no lineal mostro un valor **GR50 del biotipo S. Familia de 21 g.i.a/ha (Figura 33)**.

Este valor comparado con el biotipo INTA Marcos Juárez S" GR50 (**0.30 g.i.a/ha**) mostro que la población "S. Familia" es **70** veces (FR) más resistente a clorimuron etil en relación al biotipo sensible.

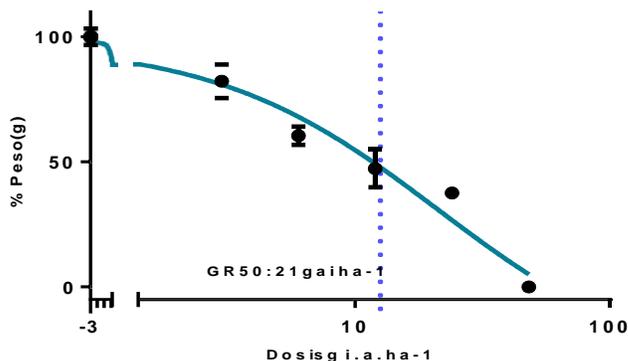


Figura 33. Reducción de peso fresco (%) de *A. hybridus* en función de diferentes dosis de clorimuron etil, a los 21 DDA.

La evaluación de resistencia de *A. palmeri* mostró un valor de GR50 de 6,4g i.a./ha (Figura 34) mientras que para el biotipo sensible fue de 0,4 g i.a./ha, dando un **FR=16** del biotipo Mackenna.

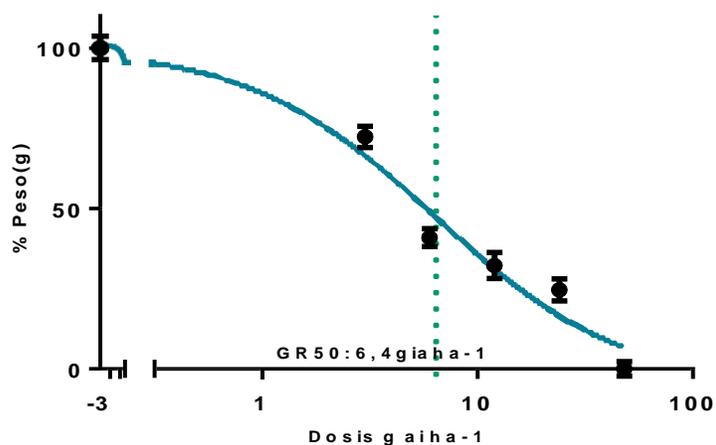


Figura 34. Reducción de Peso fresco (%) / dosis de clorimuron etil, sobre *A. palmeri* (21 DDA).

Estos resultados evidenciaron que ambos biotipos presentan alta resistencia a inhibidores de ALS (sulfonilureas), mostrando al biotipo S. Familia con un nivel de resistencia 4.3 veces mayor que el biotipo Mackenna considerando sus FR (70/ 6). En ambos casos se necesitan dosis mayores a las recomendadas por marbete comercial para obtener un control aceptable.

Imzetapir-Imzapir

Los resultados de disminución de peso fresco en función de la dosis de imzetapir-imzapir del biotipo S. Familia mediante el ajuste a modelos de regresión no lineal mostro un valor **GR50 de 13.5 g.i.a ha⁻¹** (Figura 35). El FR obtenido mediante la comparación con el biotipo sensible evaluado con imzamox (GR50: 2.56 g.i.a ha⁻¹) (Figura 35) mostro que el biotipo S. Familia es **5.27** veces más resistente que el biotipo sensible.

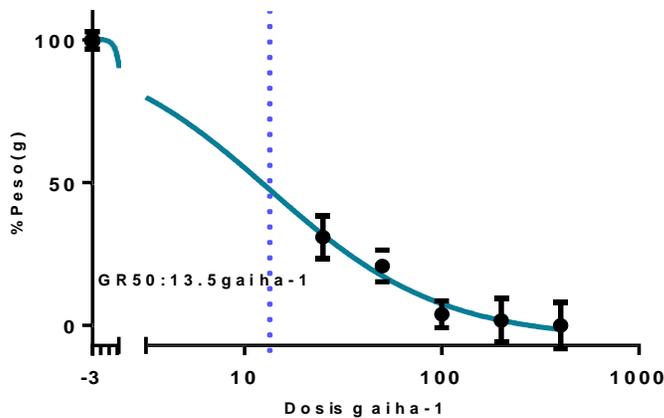


Figura 35. Reducción de peso fresco (%) de *A. hybridus* en función de la dosis de Imzetapir-Imzapir, a los 21 DDA.

Para el Biotipo Mackenna se evidencio una reducción del peso fresco a dosis crecientes, obteniéndose un valor de **GR50 de 130 g i.a./ha** (Figura 36). *Este valor de GR50 muestra un FR= 153* comparado con el valor de GR50 del biotipo S (0.85 g i.a./ha) obtenido en ensayos con imzamox (imidazolinonas) en un biotipo confirmado sensible de México.

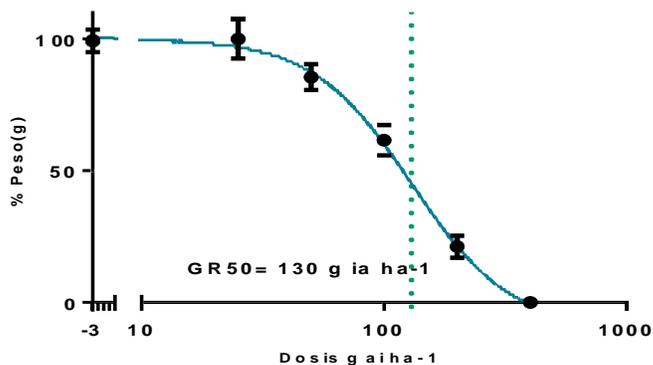


Figura 36. Reducción de Peso fresco (%) de *A. palmeri*, en función de la dosis de imzetapir+imzapir, 21DDA.

Estos resultados mostraron que a diferencia de lo obtenido en aplicaciones con clorimuron etil, el control con imazetapir+imazapir mostro valores de resistencia muy alto del biotipo Mackenna en relación al biotipo de *A.hybridus*.

El alto nivel de resistencia observado de ambas especies a herbicidas inhibidores de ALS mostraron que es necesario aumentar varias veces la dosis para obtener un control eficaz en relación a las dosis comerciales recomendadas en aplicaciones tempranas con imazetapir-imazapir y clorimuron etil, cuyos costos de control es de 9,2 USD/ha y 1,4 USD/ha, respectivamente, sin considerar el costo de la aplicación el cual ronda los 9,2 USD/ha.

CONCLUSIONES

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

1. Los biotipos *A. hybridus* y *palmeri* presentan resistencia a glifosato y a inhibidores de ALS.
2. En estadio fenológico de 4-6 hojas, los biotipos *A. hybridus* y *palmeri* **presentan resistencia a glifosato con un Factor de Resistencia de 9.12 y entre 11 a 30 respectivamente.**
3. En estadios fenológicos tardíos (más de 15 hojas), el control de *A. hybridus* con glifosato, 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. En estadios fenológicos tardíos (más de 15 hojas), el control de en *A. palmeri* con glifosato, presenta un incremento en los valores de DL50 y GR50 de 48% y 7%, respectivamente, en relación a los obtenidos en tratamientos tempranos (4-6 hojas).
5. En estadio fenológico de 4-6 hojas, el biotipo *A. hybridus* **posee mayor resistencia a sulfonilueas en relación a imidazolinonas**, con valores de **FR a clorimuron etil** (sulfonilureas) **e imazetapir-imazapir** (imidazolinonas) de **70 y 5.27, respectivamente.**
6. En estadio fenológico de 4-6 hojas, el biotipo *A. palmeri* *posee mayor resistencia a imidazolinonas que a sulfoniureas*, con valores de FR y DL50 a imazetapir+imazapir (imidazolinonas) y clorimuron etil (sulfonilureas) de 9 a 153 y >300,3+100,1 i.a./ha y 16 y 53 g i.a./ha, respectivamente.

Estrategias de Manejo Integral de *Amaranthus spp* en Córdoba.

El manejo de *Amaranthus* en los sistemas agrícolas es muy complejo. Es importante considerar la biología y ecología de las especies, las características agro-edafo-climáticas de cada región y el historial del lote, para poder discernir entre las diferentes alternativas de control de estas malezas. Lo primero que se debe hacer es identificar de que maleza se trata y a partir de ahí diagramar la estrategia con la cual va a ser controlada.

Actualmente no se puede abordar la problemática de malezas con medidas o estrategias aisladas, sino que deben enmarcarse dentro de un conjunto de técnicas que permitan prevenir y contener la aparición de las mismas y no pensar solamente en su eliminación en el corto plazo (REM AAPRESID, 2015).

Un programa de manejo integrado de malezas debe incluir un frecuente y prolijo monitoreo, una precisa *identificación de las malezas en estadios tempranos y la implementación de prácticas complementarias a las químicas* (Tuesca, 2016).

En el contexto actual del sistema agrícola argentino, las poblaciones de esta maleza deberían ser tratadas como resistentes a glifosato y a herbicidas inhibidores de ALS ya que no hay lugar para prueba-error y la subsiguiente corrección. Esto es así debido a que, por la existencia de biotipos con diferentes niveles resistencia, el intervalo que media entre probar y adquirir conciencia de que se está frente a una maleza resistente se pierde la oportunidad del tratamiento químico eficaz (Tuesca, 2016).

Debido a la complejidad y ventajas competitivas de *A. palmeri*, es necesaria una rápida detección de esta especie dada por un incremento en la frecuencia de monitoreo, ya que por su mayor agresividad y velocidad de crecimiento nos acorta el tiempo para una toma de decisión, considerando también la complementación o integración de diferentes métodos de control para un manejo eficaz de esta especie.

Prácticas de prevención

- **Monitoreo y control de áreas con y sin cultivos (lotes, caminos, bordes, etc):** 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. En el caso de áreas sin cultivos es importante detectarlas ya que debido a su gran número de semillas y dispersión que poseen estas malezas puede causar una gran infestación en el lote a futuro aunque en ese momento no estén generando daño alguno.
- **Utilizar semillas de cultivos libre de semillas de malezas.**
- **No cosechar “manchones” con alta infestación o dejarlos para el final:** Estas malezas al presentar semillas muy pequeñas, se dispersan y propagan rápidamente,

especialmente en la maquinaria. La acción de las cosechadoras contribuyen a su diseminación homogénea o en “manchones” en los lotes, donde la presencia de esta maleza es muy alta, donde se deberá dejar la recolección de estas áreas para el final (Legleither, 2013).

- **Limpieza de cosechadoras y otras maquinarias:** Esta en relación directa al punto anterior, ya que si se cosecharon manchones, al ingresar a un nuevo lote se tiene que eliminar el 100% de las semillas de estas malezas. La limpieza de la maquinaria debe hacerse en un área apartada, donde los residuos con simientes no generen nuevos problemas, y puedan recolectarse y destruirse (Lanfranconi, 2013).

Prácticas Culturales

- **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, 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.

- **Rotación de cultivos:** El suelo debe estar siempre ocupado, hasta donde el ambiente se lo permita. Un barbecho largo es inapropiado para cualquier especie de maleza, al dejarle todos los recursos disponibles (agua, luz, nutrientes). Es necesario un mayor tiempo de ocupación del lote (REM AAPRESID, 2017). Además, permite la rotación de herbicidas con diferentes mecanismos de acción (Tuesca, 2016).
- **Implementación de arreglos espaciales competitivos:** espaciamientos estrechos es una estrategia que permite adelantar el sombreado y disminuir así la germinación de la maleza, otras estrategias que podemos utilizar es la selección de cultivares con mayor aptitud competitiva, corrimiento de la fecha de siembra. (Tuesca, 2016).

Control mecánico/manual

- **Labranzas profundas (con inversión del pan de tierra):** Permite reducir la cantidad de semillas capaces de germinar de los primeros centímetros del suelo (Legleither, 2013). Deberá tenerse en consideración los potenciales problemas de erosión que pueden ocasionarse, por el uso de estas prácticas.
- **Remoción manual de las plantas en el lote:** Es muy importante para eliminar posibles escapes que contribuyen a la re infestación del lote. Si es posible, las plantas de la maleza deben ser retiradas y destruidas, ya que en numerosas oportunidades si se las deja sobre el suelo pueden re-establecerse y producir semillas viables (Tuesca, 2016). Deben ser recolectadas luego de una lluvia para su fácil arrancado de raíz, y

luego cargadas en carros o bolsas para evitar que queden en el lote y vuelvan a rebrotar.

Control químico

Es de suma importancia la oportuna detección de las malezas y el conocimiento de los productos a utilizar, para que los tratamientos de control sean eficaces, variando los modos de acción para disminuir la presión de selección evitando a futuro nuevas resistencias.

Es imprescindible comenzar el cultivo sin presencia de malezas (Legleither, 2013). Las prácticas tendientes a esto deberían comenzar luego de la cosecha del cultivo anterior, ya que es posible encontrar nacimientos de plantas hacia el final del verano y comienzo del otoño, capaces de producir semillas viables para la próxima campaña (Tuesca, 2016).

Como base para un control químico eficiente debemos tener en cuenta el historial del lote (malezas y principios activos utilizados), las características edafoclimáticas de la zona monitoreada, la correcta identificación de la maleza en cuestión y el conocimiento de su bioecología.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, sumado a la situación económica-financiera del productor, se realiza un plan de acción para el control de la problemática presente.

El uso de herbicidas residuales es una de las herramientas que mayor resultado dan en el control de *Amaranthus* en preemergencia y reducen sustancialmente el número de plantas que pueden requerir una aplicación de un herbicida postemergente (Legleither, 2013). Debido al rápido crecimiento de estas especies, los herbicidas preemergentes son esenciales para un manejo eficaz (Hartzler, 2014). En las Tablas 4 y 5 (ANEXO) se pueden observar los herbicidas de pre-siembra y preemergencia recomendados para maíz y soja, respectivamente. Las combinaciones de esos principios activos con diferentes mecanismos de acción o la aplicación secuencial de los mismos dentro de un breve intervalo de tiempo, (“overlapping”) permite una mayor eficiencia de control y extender el periodo de protección. Esta técnica posibilita prevenir la evolución de resistencia y aumentar la sustentabilidad de los sistemas productivos (Tuesca, 2016).

El uso de herbicidas postemergentes debe ser complementario a prácticas culturales y a las aplicaciones de preemergentes. Basándose en los resultados obtenidos es importante destacar el momento de aplicación, donde en los primeros estadios de la maleza es cuando mejor actúan los productos postemergentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMA ARGENTINA. En Totoras se habla de *Amaranthus Palmeri*. 2017. Disponible en <https://www.malezacero.com.ar/en-totoras-se-habla-de-amaranthus-palmeri/>. Consultada el 11/05/ 2017.

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

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.

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.

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.

Di Rienzo J. A.; Casanoves F.; Balzarini M. G.; Gonzalez L.; Tablada M.; Robledo, C. W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>. Consultada el 31/03/2018.

Ehleringer, J. 1985. Annuals and perennials of warm deserts. Pages 162–180 in B. F. Chabot and H. A. Mooney, eds. *Physiological Ecology of North American Plant Communities*. New York: Chapman and Hall.

Faccini, D.; Puricelli, E. 2007. Efficacy of herbicide, dose and plant stage on weeds present in fallow. *Agriscientia*, v. XXIV, n.1, p. 29-35.

Gaines, T. A.; Shaner, D. L.; Ward, S. M.; Leach, J. E.; Westra, P. 2011. Mechanism of resistance of evolved glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). *J. Agricult. Sci. Food Chem.* 59:5886–5889.

Hartzler, B. 2014. Palmer amaranth: ID, biology and management. Iowa State University. Disponible en: <http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2014/Palmer%20amaranthICMv2.0.pdf>

Horak, M. J.; Loughin, T. M. 2000. Growth analysis of four *Amaranthus* species. *Weed Sci.* 48:347-355.

Instituto de Botánica Darwinion. Flora del Conosur. Catálogo de Plantas Vasculares. 2015. Disponible en: <http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/Generos.asp>. Consultada el 31/03/2018.

Keeley, P. E.; Carter, C. H.; Thullen, R. J. 1987. Influence of planting date on growth of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). *Weed Sci.* 35:199–204.

Labrada, R.; Parker, C. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. FAO.

Legleiter, T.; Johnson, B. 2013. Palmer Amaranth Biology, Identification and management. Purdue Extension. Disponible en <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ws/ws-51-w.pdf>.

Montoya, J. C.; Garay, J. A.; Cervellini, J. M. 2015, Amarantáceas en la Región Semiárida Central Argentina: La Pampa y San Luis. EEA INTA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas”, Ediciones INTA, ISBN: 0325-2167.

Morichetti, S.; Cantero, J. J.; Nunez, C.; Barboza, G.; Espinar, L.; Amuchastegui, A.; Ferrell, J. 2013. Sobre la presencia de *Amaranthus palmeri* (Amaranthaceae). *Bol Soc Argent Bot* 48:347–354.

Nandula, V. K.; Wright, A. A.; Bond, J. A.; Ray, J. D.; Eubank, T. W.; Molin, W. T. 2014, EPSPS amplification in glyphosate-resistant spiny amaranth (*Amaranthus spinosus*): a case of gene transfer via interspecific hybridization from glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). *Pest. Manag. Sci.*, 70: 1902–1909.

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.

Papa, J. C.; Tuesca, D. 2013 Los problemas actuales de malezas en la región sojera nucleo argentina. origen y alternativas de manejo. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/los-problemasactuales-de-malezas-en-la-region-sojera-nucleo-argentina-origen-y-alternativas-de-manejo/>

Rainiero, H. P. 2008. Problemática del manejo de malezas en sistemas productivos actuales. Boletín de divulgación técnica N°3. INTA. EEA Manfredi. 20 p.

REM AAPRESID. 2015. Yuyos Colorados resistentes. Herbicidas disponibles y manejo complementario. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2015/10/Herbicidas-Amaranthus-actualizacion-10-15.pdf>

REM AAPRESID. 2017. Manejo de malezas problemáticas. Yuyo Colorado. Disponible en <http://www.aapresid.org.ar/rem/>. Consultada el 31/03/2018.

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

Sosnoskie, L. M.; Webster, T. M.; Culpepper, A. S.; Kichler, J. 2011b. The biology and Ecology of Palmer Amaranth. Implications for control. UGA Extension. Disponible en

http://extension.uga.edu/publications/files/pdf/C%201000_2.PDF.

Consultada el

28/03/2018.

Steckel, L. E.; Sprague, C. L.; Stoller, E. W.; Wax, L. M. 2004. Temperature effects on germination of nine *Amaranthus* species. *Weed Sci.* 52:217-221.

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

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

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

Trucco, F.; Zheng, D.; Woodyard, A. J.; Walter, J. R.; Tatum, T. C.; Rayburn, A. L.; Tranel, P. J. 2007. Nonhybrid progeny from crosses of dioecious *Amaranthus*: implications for gene-flow research. *Weed Sci.* 55:119–122.

Tuesca, D.; Papa, J. C.; Morichetti, S. 2016. Manejo de malezas problema. *Amaranthus palmeri* (S.) Watson. Bases para su manejo y control en sistemas de producción. REM – AAPRESID.

Ustarroz, D. 2013. Problemas de malezas derivados de la producción actual de cultivos con un intenso uso del herbicida glifosato. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_problemas_de_malezas_derivados_de_la_produccion_a.pdf

Ward, S. M.; Webster, T. M.; Steckel, L. E. 2013. Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*): A Review. *Weed Tech.* 27: 12-27.

Wetzel, D. K.; Horak, M. J.; Skinner, D. Z.; Kulakow, P. A. 1999. Transferal of herbicide resistance traits from *Amaranthus palmeri* to *Amaranthus rudis*. *Weed Sci.* 47:538–543.

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. SouthernWeed Sci. Soc., Champaign, IL.

ANEXO

Tabla 4: Herbicidas de pre-siembra y preemergencia para maíz, para el control de *A. palmeri* (Tuesca, 2016)

Principio activo	Modo de acción
Atrazina	Inhib. fotosíntesis (PSII)
Diuron	Inhib. fotosíntesis (PSII)
Flumioxazin	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Pendimetalin	Inhib. síntesis microtubulos
Cloroacetamidas	Inhib de síntesis AGCL
Isoxaflutole	Inhib. de síntesis carotenoides
Biciclopirona	Inhib. de síntesis carotenoides
Diflufenican	Inhib. de síntesis carotenoides

Tabla 5: Herbicidas de pre-siembra y preemergencia para soja, para el control de *A. palmeri* (Tuesca, 2016)

Principio activo	Modo de acción
Metribuzin	Inhib. fotosíntesis (PSII)
Linuron	Inhib. fotosíntesis (PSII)
Fomesafen	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Flumioxazin	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Sulfentrazone	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Saflufenacil	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Diflufenican	Inhib. de síntesis carotenoides
Clomazone	Inhib. de síntesis carotenoides
Cloroacetamidas	Inhib de síntesis AGCL