

Manejo de malezas problema



Amaranthus palmeri (S.) Watson

Bases para su manejo y control en sistemas de producción

Manejo de malezas problema

Amaranthus palmeri (S.) Watson

Bases para su manejo y control en sistemas de producción.

Autores: Daniel Tuesca¹; Juan Carlos Papa² y Sergio Morichetti³

¹ Facultad de Ciencias Agrarias de Rosario, Universidad Nacional de Rosario.

Argentina. E-mail: dtuesca@gmail.com

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA),

Estación Experimental Agropecuaria Oliveros. Argentina. E-mail: papa.juan@inta.gob.ar

³ Aceitera General Deheza S.A. Argentina. E-mail: smorichetti@agd.com.ar

6000 ejemplares. Noviembre de 2016.

Editora Responsable – REM - AAPRESID

Dorrego 1639, piso 2, oficina 1, 2000 Rosario, Santa Fe, Argentina

Impreso en Imprenta Tecnigráfica, Av. Pte. Perón 3747 (ex Godoy) / Tel.Fax: (0341)

432-5648, Rosario, Rep. Argentina.

**La presente publicación se realizó
gracias a los aportes de las siguientes empresas:**

ADAMA

AGROFINA



Dow AgroSciences



MONSANTO



SUMITOMO CHEMICAL
Latin America



Advertencia. La información contenida en esta publicación está realizada con el mayor rigor científico posible, sobre la base de experimentos publicados y/o información brindada por los referentes consultados. Sin embargo, ni el autor ni la Institución asumen responsabilidad alguna acerca de riesgos o efectos, actuales o futuros que pudieran derivarse del uso o aplicación de su contenido.

Biología y Manejo de *Amaranthus palmeri* en Argentina

Introducción

Los problemas de malezas exceden lo meramente tecnológico y son el resultado de variables económicas, culturales, biológicas, sociales y políticas que interactúan en forma compleja.

La naturaleza biológica de las malezas, determina que puedan evolucionar, adaptándose a aquellas prácticas destinadas a su control las que, por resultar, convenientes a un esquema de producción rentable y simple en el corto plazo, se reiteran con elevada intensidad y frecuencia. En Argentina, esto correspondería al empleo de herbicidas de elevada eficacia y bajo costo relativo (ej. glifosato) lo que permitió implementar un modelo agrícola industrial, simplificado y a una escala sin precedentes.

Una de las consecuencias de la aplicación de este modelo fue la manifestación de tolerancia y resistencia de malezas a herbicidas con la consecuente reducción de la utilidad práctica y económica de la tecnología.

Por otra parte, la dispersión de malezas no se limita sólo a las vías naturales (viento, agua, animales, gravedad, etc.). El hombre interviene, en la mayoría de los casos de manera activa pero generalmente inconsciente, a través del movimiento de animales domésticos, empleo de semillas de cultivos contaminadas, movimiento de maquinarias, transporte de granos, etc. De esta forma, permite que un problema de malezas que evolucionó en un determinado lugar pueda afectar a otros sistemas productivos ubicados a una distancia muy considerable.

Este sería el caso de *Amaranthus palmeri* (S.) Watson, una maleza exótica detectada en los últimos años en Argentina y que se ha transformado junto con *Amaranthus hybridus* en una de las malezas más problemáticas del país.

Descripción (características principales)

Amaranthus palmeri S. Watson es una especie nativa del sudoeste de los Estados Unidos y Norte de México (Steyermark, 1963). Actualmente también se encuentra como maleza problemática en Argentina (Morichetti et al., 2013), recientemente fue identificada en Brasil (Andrade et al., 2015) y Uruguay. En su área de origen, es común en suelos húmedos y perturbados, sitios excesivamente pastoreados en pastizales de desierto, bordes de caminos y vías férreas, campos cultivados y pasturas bajo riego (Mosyakin&Robertson, 2003).

Es una especie anual, diclino dioica (pies femeninos y masculinos separados) siendo ésta una característica muy particular ya que las restantes especies de *Amaranthus* conocidas en Argentina son monoicas. Plantas erectas desde 0,5 hasta 2,5 metros de altura, (Figura 1) glabras o casi glabras, tallos ramificados desde la base o en algunos ejemplares con ramificaciones principalmente en la parte superior, con rayas longitudinales verde-amarillo y marrón rojizo, lignificados en la base en ejemplares de mayor tamaño (Morichetti&Ferrell, 2010). Posee un sistema radicular extenso y profundo y es una especie muy eficiente en el uso del agua (Black et al., 1969; Davis et al., 1964; Wiese, 1968).



Fig.1: Lote densamente infestado con *A. palmeri*. Plantas de 2,5-3 m de altura.

Las hojas son alternas, glabras, con láminas rómbicas, ovadas a rómbico-lanceoladas, ápice con pequeño mucrón (especialmente visible en hojas jóvenes), la base es redondeada con nervaduras prominentes en el envés. Pecíolos largos de hasta 15 cm de longitud y en hojas adultas es igual o supera ampliamente el tamaño de la lámina (Fernald, 1950) (Figura 2). Las hojas se agrupan en la parte superior como resultado del patrón de crecimiento del meristema apical lo que permite captar la mayor cantidad de luz (Ehleringer&Forseth, 1980) (Figura 3). Las hojas pueden presentar o no una mancha blanca en forma de V.



Fig.2: Hoja de *A. palmeri* donde se observa que el pecíolo es igual o mayor que la lámina.



Fig.3: Vista superior de una planta de *A. palmeri*.

Inflorescencia terminal, espiciforme, alargada, densa, poco ramificada de 10-60 cm de longitud con pocos racimos axilares, en general erecta en especial cuando es joven (Figura 4). Las inflorescencias femeninas son largas con pocas o nulas ramificaciones laterales alcanzando hasta 50 cm de largo, posee brácteas espinosas al tacto y producen abundante cantidad de semillas, por el contrario las inflorescencias masculinas son suaves al tacto (Fernald, 1950) (Figura 5). Semillas obovadas, lenticulares, comprimidas, rojizas, castaño-rojizo oscuras, brillantes, de 1-1,2 mm de diámetro (Figura 6).



Fig.4: Inflorescencia de *A. palmeri*.



Fig.5:Detalle de inflorescencia masculina y femenina de *A. palmeri*.

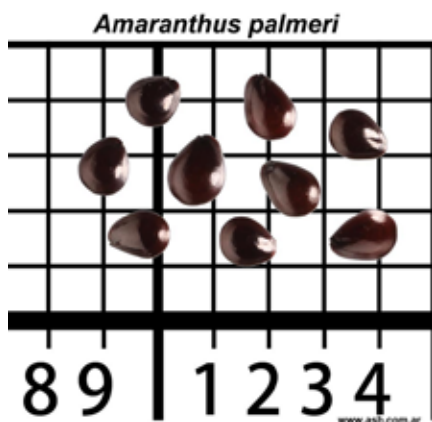


Fig.6: Semillas de *A. palmeri*.

A continuación se describen algunas características generales de *A. palmeri* que permiten diferenciarlo de otras especies de este género en Argentina, especialmente de *A. hybridus*.

- Longitud de los pecíolos igual o mayor que la lámina.
- Inflorescencias terminales largas y poco ramificadas.
- Hojas y tallos glabros.
- Mayor tasa de crecimiento.
- Patrón de crecimiento del meristema apical agrupado.
- Diclino dioica

Características biológicas asociadas con su éxito como maleza en el agroecosistema.

Esta especie posee atributos biológicos que la convierten en una maleza sumamente agresiva y muy difícil de manejar eficazmente con los recursos tecnológicos actualmente disponibles.

- Elevada fecundidad densodependiente, una planta aislada puede producir hasta 600.000 semillas (Jha et al., 2007; Keeley et al., 1987; Massinga et al., 2001; Sellers et al., 2003).
- Altas tasas de crecimiento (3-4 cm por día). Esto dificulta enormemente el momento de control con herbicidas post-emergentes ya que es muy breve el tiempo disponible para realizar las aplicaciones con un tamaño de maleza adecuado.
- Es una especie C4 con alta capacidad fotosintética, llegando a su pico de actividad con temperaturas de 36-46°C siendo el óptimo a 42°C (Ehleringer, 1983). Además estas plantas poseen diaheliotropismo que les permite orientar sus hojas en forma perpendicular a los rayos solares maximizando la intercepción de luz (Ehleringer & Forseth, 1980).
- Gran capacidad competitiva por luz, agua, espacio y nutrientes asociada con su rápido crecimiento erecto, un sistema radicular profundo, eficiencia en el uso del agua (Davis et al., 1964) y su potencial alelopático (Menges, 1987a; 1988).
- Período de emergencia prolongado lo que genera distintas cohortes de plántulas que dificultan su control.
- Elevada tolerancia a condiciones de sequía y altas temperaturas.
- Gran variabilidad genética y facilidad para evolucionar resistencia a herbicidas.
- Potencial para hibridarse con otras especies de *Amaranthus* (Trucco et al., 2005) y en algunos casos transferir, por esta vía sus características de resistencia a herbicidas. Sin embargo el porcentaje de híbridos viables es muy bajo (0,02 a 0,4 %) y la mayoría de ellos no son fértiles (Gaines et al., 2012; Wetzel et al., 1999). Los porcentajes de hibridación más elevados en esta especie se encontraron con *A. spinosus* donde la descendencia fue viable y fértil mientras que con *A. hybridus* (especie más abundante en Argentina) el porcentaje de hibridación fue <0,01 %. Sin embargo, el potencial demostrado por *A. palmeri* para transferir la resistencia a herbicidas a través de flujo de genes determina que, incluso, ocasionales eventos de hibridación interespecífica se constituyan en un motivo de preocupación.

- Las semillas son dispersadas principalmente por gravedad y pueden también ser transportadas por agua, aves, mamíferos y por prácticas agrícolas como labranzas, cosecha, etc. (Figura 7). Las semillas pueden ser consumidas por insectos (hormigas), roedores (Sosnosky et al., 2011), por aves y conservar un alto porcentaje de viabilidad luego de pasar a través del tracto digestivo (DeVlaming&Vernon, 1968). Vientos muy fuertes pueden también ser responsables del movimiento de las semillas pero esto es poco frecuente.



Foto: S. Morichetti 2016

Fig.7: Presencia de semillas de *A. palmeri* en una muestra de semillas de soja.

- En ambientes xéricos o subhúmedos esta especie tiene un comportamiento oportunista, germinando y completando su ciclo rápidamente en respuesta a la disponibilidad de agua (Ehleringer, 1985). En presencia de condiciones adecuadas de humedad, las semillas germinan rápidamente y en una elevada proporción (Steckel et al., 2004), en especial las ubicadas superficialmente (Keeley et al., 1987). La exposición a la luz favorece la germinación y el rango de temperatura donde ésta puede ocurrir

es de 5 a 35°C (Steckel et al., 2004). Con temperaturas superiores a 35°C el porcentaje de semillas germinadas decrece (Guo & Al-Khatib, 2003).

- El proceso de germinación se incrementa con temperaturas alternadas por lo que la emergencia debajo de un canopeo o de una cobertura densa puede ser menor que sobre un suelo descubierto. La viabilidad de las semillas en el suelo disminuye con el tiempo (Sosnoskie et al., 2001), luego de un año de permanecer enterradas a profundidades de 1 a 10 cm la viabilidad es menor al 50% y luego de 36 meses disminuye a menos del 15%. La longevidad de las semillas aumenta con la profundidad a la que se encuentran enterradas.
- En un estudio realizado por Menges (1987b), luego de 6 años con desmalezado manual y control químico el banco de semillas de *A. palmeri* se redujo 98% respecto a un testigo no tratado, sin embargo la densidad de semillas remante fue de aproximadamente 18 millones ha⁻¹. Este resultado permite concluir que por muy intensas que sean las prácticas tendientes al control de esta maleza, es muy difícil lograr el objetivo de la erradicación.

Amaranthus palmeri en Argentina

En Argentina, se han descripto 27 especies de *Amaranthus*, de las cuales ocho son adventicias y de las restantes, siete son endémicas (Instituto de Botánica Darwinion, 2012). Por otro lado, nueve especies son consideradas malezas de cultivos (Marzocca, 1993), la mayoría de ellas nativas.

Esta especie fue coleccionada por primera vez como maleza en 1966 y luego no volvió a citarse ni fue incluida dentro de la flora adventicia. En la flora de la Provincia de la Pampa, Covas (1984) cita 10 especies de *Amaranthus* entre ellas *A. palmeri*. Sin embargo allí se menciona que se trata de una especie hallada solo una vez en cultivos de especies forrajeras introducidas desde Estados Unidos.

A partir del año 2012 comienza a detectarse frecuentemente convirtiéndose en un problema importante en cultivos estivales (soja, maní, sorgo, maíz) en el sur de las Provincias de Córdoba y San Luis aunque existen algunos indicios de que se hallaba presente desde 2004-2005 pero era confundida con *A. hybridus* que es muy común

en la zona (Morichetti et al., 2013).

La introducción de esta especie en el sur de Córdoba probablemente esté asociada con la importación de semillas de cereales, oleaginosas o forrajeras contaminadas con semillas de esta maleza o a través de maquinaria agrícola introducida al país desde los Estados Unidos (Morichetti et al., 2013). En 2013-2014 se detectó la presencia de esta maleza en el sur de la Provincia de Santa Fe, Salta y Tucumán. En el caso del biotipo encontrado en Santa Fe se sospecha que el ingreso estuvo asociado al movimiento de maquinarias y/o siembra de pasturas contaminadas con semillas de *A. palmeri*.

En la Figura 8 se muestra la distribución de *Amaranthus* spp. en Argentina de acuerdo a resultados de encuestas realizadas por la REM a técnicos referentes y la Figura 9 corresponde a la distribución actual de *Amaranthus palmeri* según los autores de esta publicación.

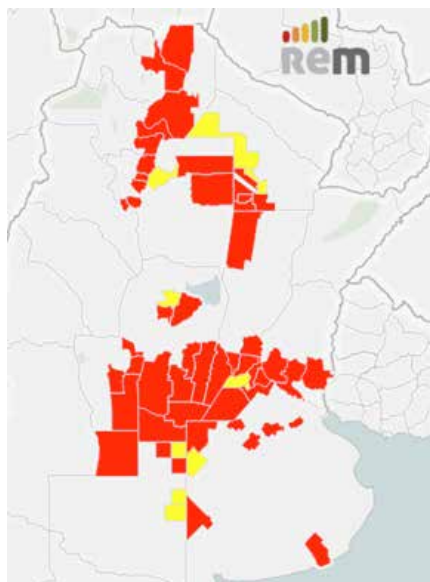


Fig.8: Distribución de *Amaranthus palmeri* (REM, 2015).



Fig.9: Distribución actual de *A. palmeri* en Argentina.

De acuerdo a las características que posee *A. palmeri*, las consecuencias que podría ocasionar su presencia en el sistema agrícola argentino son potencialmente significativas y preocupantes, sobre todo considerando el modelo productivo predominante, caracterizado por la elevada dependencia del control químico utilizando pocos herbicidas, la escasez de rotaciones y una alta proporción de la superficie agrícola bajo arrendamiento con contratos de corta duración. A este escenario habría que adicionarle algunas características conductuales y culturales, tales como la sobreestimación de los herbicidas como herramienta y la subestimación de las malezas como adversidad biótica. Esto determina que no se realicen monitoreos de malezas o que los mismos sean deficientes y por lo tanto los tratamientos químicos frecuentemente se realizan en forma tardía sobre plantas muy desarrolladas con resultados deficientes. Estos errores de manejo conllevan en muchos casos a la supervivencia de una gran parte de la población de la maleza que puede reproducirse, dispersarse y colonizar espacios adicionales.

Resistencia a herbicidas en *A. palmeri*

A nivel mundial se han descrito 51 biotipos con resistencia a diferentes grupos de herbicidas (Heap, 2016). En los casos de resistencia a inhibidores de fotosistema II (atrazina) y a dinitroanilinas los mecanismos de resistencia no fueron aún esclarecidos (Ward et al, 2013).

En experimentos realizados en la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR con biotipos provenientes de la Provincia de Córdoba se han constatado elevados niveles de resistencia a inhibidores de la enzima acetolactatosintasa (ALS), específicamente a herbicidas de los grupos de imidazolinonas, sulfonilureas y triazolopirimidinas. En todos los casos, con el empleo de dosis equivalentes a 32 veces la dosis de uso comercial, no se logró disminuir significativamente la biomasa de esta maleza (Figura 10). Asimismo se ha determinado la presencia de biotipos con elevados índices de resistencia a glifosato.

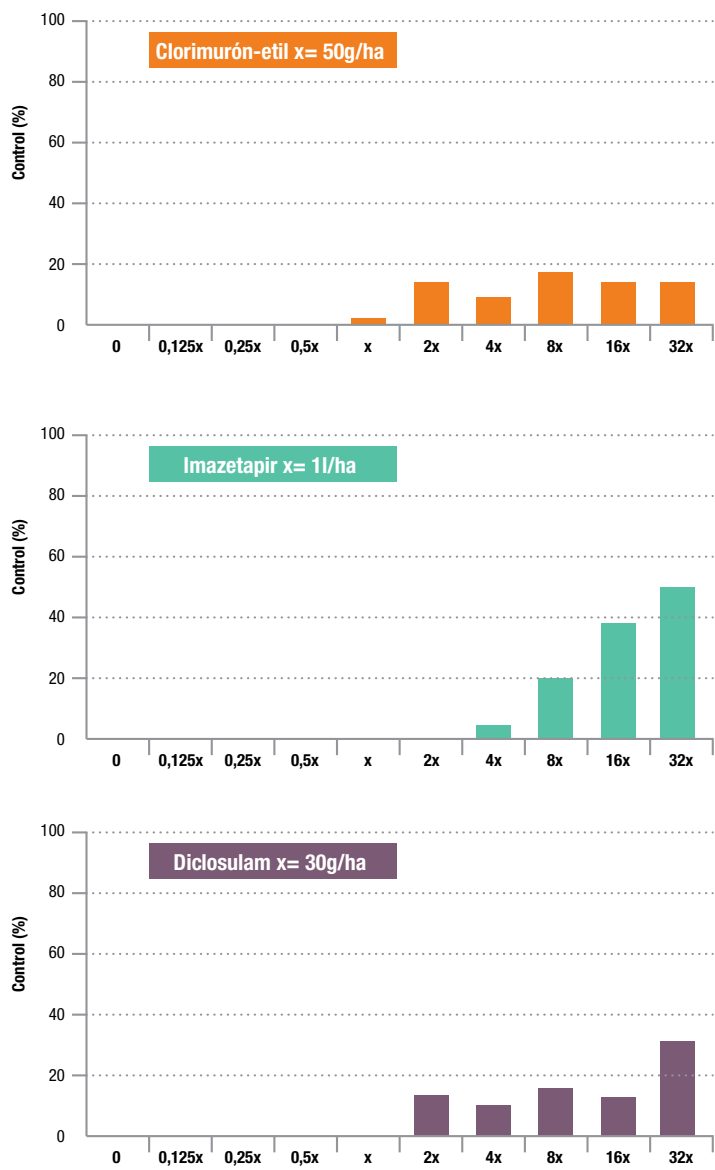


Fig.10: Eficacia de distintas dosis de herbicidas inhibidores de ALS en un biotipo de *A. palmeri*.

De acuerdo a la bibliografía en la mayoría de los biotipos resistentes a herbicidas inhibidores de la enzima ALS la resistencia se debe a cambios en la secuencia de bases del gen que resultan en una enzima menos sensible a la unión con estos herbicidas. Esta secuencia alterada se hereda como un alelo individual con un alto grado de dominancia (Saari et al.1994; Tranel&Wright 2002). Burgos et al., (2001) afirman que una reducción en la absorción y en la translocación del herbicida o un incremento en la tasa metabólica podrían ser también los mecanismos involucrados.

La resistencia a glifosato en la mayoría de los casos estudiados estaría asociada a la amplificación génica ya que en los biotipos resistentes habría más de 100 copias del gen que rige la biosíntesis de la enzima EPSPS determinando así la sobreexpresión de dicha enzima. Estas cantidades adicionales de la enzima son suficientes como para absorber el glifosato aplicado y paralelamente mantener una cantidad de enzima activa permitiendo así que la planta continúe en actividad (Gaines et al 2011;. Powles, 2010). Este inusual mecanismo de resistencia a los herbicidas es hereditario y puede ser transferido a través del polen de los machos resistentes a la descendencia de las hembras susceptibles. Asimismo, Steckel et al. (2008) informaron sobre biotipos de Estados Unidos en los que la resistencia a glifosato estaba asociada a una reducción en la traslocación del herbicida. Además se informó sobre resistencia a diversos inhibidores de HPPD (mesotrione, tembotrione, topramezone) y casos de resistencia múltiple a dos grupos de herbicidas (inhibidores de ALS y de EPSPS) e (inhibidores del Fotosistema II y de HPPD) como así también resistencia a tres grupos (inhibidores de ALS, de EPSPS y de HPPD) y en otros casos a (inhibidores de ALS, EPSPS y Fotosistema II).

Se han detectado también biotipos con resistencia a inhibidores de la enzima PPO. Salas et al. (2016) informaron sobre la detección de biotipos de *A. palmeri* resistentes a aplicaciones foliares de fomesafen en el estado de Arkansas, en este biotipo la resistencia estuvo asociada con un cambio en la secuencia de aminoácidos de la enzima PPO.

Actualmente en Argentina el empleo de herbicidas con este mecanismo de acción es intensivo poniendo en riesgo la sustentabilidad de su utilidad práctica y económica. Por esta razón es necesario su cuidado y preservación, en especial, si se considera tanto la escasez de principios activos eficaces sobre *A. palmeri*, como la baja probabilidad de que se desarrollen nuevos productos.

Pérdidas ocasionadas por *A. palmeri*

Es una maleza muy importante en el sur de Estados Unidos donde afecta cultivos de maní, maíz y soja siendo actualmente la especie que genera mayores perjuicios económicos en el cultivo de algodón de ese país (Webster&Nichols, 2012).

En los sistemas agrícolas las especies con mayor aptitud competitiva son aquellas que germinan rápidamente y poseen una mayor tasa de crecimiento que el resto (Radosevich&Holt 1984). *A. palmeri* es una excelente competidora ya que posee una elevada tasa de crecimiento generando una abundante biomasa en un corto período de tiempo y posee además un patrón de emergencia muy extendido y que es coincidente con el ciclo de los cultivos estivales (Jha&Norsworthy 2009).

Existen numerosos trabajos donde se miden las pérdidas de rendimiento asociadas con la presencia de esta maleza. Por ejemplo en maíz, densidades de 0,66 y 10,5 plantas m⁻² ocasionaron pérdidas de 11 y 91% respectivamente (Massinga et al. 2001). En soja, Klingaman& Oliver (1994) reportaron que densidades de 0,33 y 10,5 plantas m⁻² redujeron el rendimiento 17 y 79% respectivamente. En cultivos de maní con una densidad de 6 plantas m⁻² la disminución de rendimiento fue de 68% (Burke et al. 2007).

Se han informado también efectos alelopáticos asociados a los residuos de *A. palmeri* afectando cultivos de zanahoria, cebolla y tomate (Bradow&Connick, 1987; Menges, 1987b, 1988; Connick et al., 1987).

Estrategias de manejo de *A. palmeri*

El manejo de esta maleza se presenta como especialmente difícil debido al incremento de las poblaciones con resistencia a los herbicidas de uso más frecuente y a la gran capacidad para dispersarse. En un estudio reciente Norsworthy et al., (2014) reportaron que una planta aislada de *A. palmeri* puede colonizar entre 95 y 100% del lote en sólo 3 años luego de su introducción. El riesgo de pérdidas significativas en el rendimiento de los cultivos exige la integración de prácticas de manejo de elevada eficacia.

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.

Una vez que *A. palmeri* ha sido identificado, el siguiente paso es elaborar un plan proactivo de manejo con el objetivo de reducir la interferencia temprana y evitar la producción de semillas y su dispersión.

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 la prueba, el error y la subsiguiente corrección. Esto es así debido a que la existencia de biotipos con resistencia (en diferentes grados y niveles) no es la excepción y en 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.

Si bien los herbicidas son fundamentales, es importante comprender que esta maleza no es posible manejarla sólo con herramientas químicas; en este sentido, los métodos culturales deben ser considerados al elaborar el programa de manejo.

Algunas de estas tácticas son:

La rotación de cultivos

es fundamental para interrumpir el ciclo de la maleza y rotar herbicidas con diferentes mecanismos de acción. La rotación de soja con cereales de ciclo estival como maíz o sorgo contribuye al logro de este objetivo.

Las labranzas profundas con inversión del pan de tierra

pueden tener un elevado impacto inicial (50% o más) al depositar las semillas a una profundidad mayor a la que son capaces de germinar. Sin embargo debe considerarse que la viabilidad de las mismas cuando están enterradas en profundidad puede prolongarse por 5 años o más y movimientos de suelo posteriores podrían llevarlas nuevamente hacia la superficie. Es importante considerar que las labranzas con rastra de discos no entierran semillas a una profundidad que impida la germinación. Por otro lado al considerar estas tácticas no deben soslayarse los potenciales problemas de erosión que este tipo de manejo provoca en los suelos.

Los cultivos de cobertura

contribuyen a suprimir las emergencias de *A. palmeri* de manera significativa al disminuir la temperatura y la alternancia térmica como así también la cantidad de luz que llega al suelo (Figura 11).



Foto: T. Baigorria 2015

Fig.11: Cultivo de soja emergiendo sobre residuos de un cultivo de cobertura de vicia.

Implementación de arreglos espaciales competitivos

tal como espaciamentos estrechos y selección de cultivares con mayor aptitud competitiva.

La extracción de plantas en forma manual-mecánica

antes de que las semillas alcancen la madurez es muy importante para eliminar posibles escapes que contribuyen a la reinfestación 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.

Monitoreo de banquinas, bordes, áreas sin cultivo

y otros espacios que podrían albergar poblaciones de la maleza para detectarlas y eliminarlas.

Limpieza de la maquinaria agrícola,

por ejemplo las cosechadoras especialmente si provienen de lotes enmalezados y antes de ingresar a un lote limpio. Evitar la cosecha de manchones con elevada densidad o hacerlo al final.

Utilizar semillas de cultivos libre de semillas de la maleza

El éxito de estas prácticas depende de su implementación en forma conjunta y planificada ya que aplicadas en forma aislada tienen un impacto relativo.

Control químico de *Amaranthus palmeri*

Algunos autores sugieren que en el momento en que se detecta la presencia de individuos de esta maleza en el lote, el problema ya está instalado. Por lo tanto, la probabilidad de éxito en el control de *A. palmeri* con herbicidas está relacionado con la oportunidad de realización de los tratamientos.

Las prácticas tendientes al control deben comenzar luego de la cosecha del cultivo estival ya que es frecuente, en ese momento, encontrar plantas jóvenes que al finalizar el verano y comenzar el otoño, acortan su ciclo alcanzando el estado reproductivo con tamaños pequeños (15 a 20 cm) (Figura 12). Estas plantas son capaces de producir semillas viables con el consiguiente aporte al banco por lo que deben ser eliminadas por medios mecánicos o bien a través de tratamientos con herbicidas diferentes al glifosato como por ejemplo paraquat, glufosinato de amonio, carfentrazone-etil, pirraflufen-etil o saflufenacil. La combinación de herbicidas hormonales (2,4-D, dicamba o picloram) con los anteriores puede mejorar el resultado final.



Foto: D. Tiesca 2016

Fig.12: Planta de *A. palmeri* de 10 cm de altura con panoja.

En la primavera (octubre a diciembre) pueden registrarse nuevas emergencias que también deben ser eliminadas tempranamente.

En función de algunas de las características principales de esta maleza como la elevada producción de semillas, la germinación superficial y continua durante la primavera y el verano, el empleo de herbicidas con acción residual y con un mecanismo de acción diferente a los inhibidores de ALS, no es opcional y deben, de manera ineludible, incluirse en el programa de manejo.

Para el cultivo de soja, se pueden citar herbicidas como metribuzín, sulfentrazone, flumioxazin, fomesafen y cloracetamidas en general (p.e. acetoclor, s-metolaclor o dimetenamida-p).

Para maíz podemos utilizar herbicidas residuales como flumioxazin, atrazina, isoxaflutole, bicyclopyrone, pendimetalín y cloroacetamidas en general. Las combinaciones de esos principios activos con diferentes mecanismos de acción y/o la aplicación secuencial de los mismos, dentro de un breve intervalo de tiempo, en general tienen un mayor impacto y pueden extender el período de protección aportando así, favorablemente, a prevenir la evolución de resistencia y a la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Estos tratamientos secuenciales y de superposición de residualidad conocidos también como “overlapping” consisten en realizar un primer tratamiento en pre-siembra o en pre-emergencia del cultivo y luego, un segundo tratamiento a los 15 o 20 días del primero. Este segundo tratamiento debe aplicarse dentro del período en el cual el herbicida aplicado en primer término aún está actuando de modo que el nivel de actividad biológica se mantiene elevado por un lapso de tiempo mayor debido a que se ralentizan los procesos de disipación (Figura 13). Al aplicar esta técnica es deseable que ambos herbicidas tengan mecanismos de acción diferentes contribuyendo así a prevenir la evolución de resistencia.

Manejo químico con superposición de residuales (overlapping)

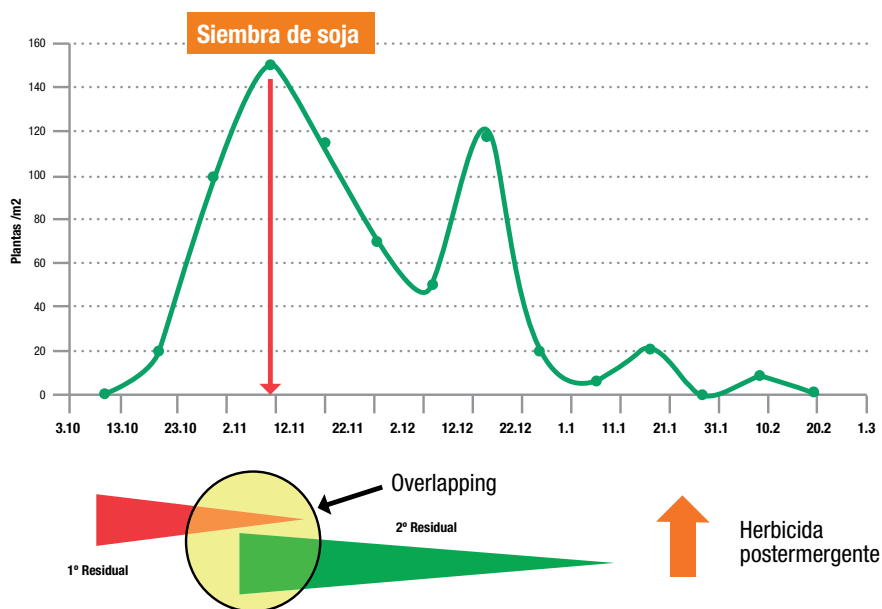


Fig.13: Esquema de manejo de *A. palmeri* en un cultivo de soja utilizando el concepto de superposición de herbicidas residuales (overlapping). Las fechas son orientativas y se corresponden con un experimento realizado en Totoras (Santa Fe) en la campaña 2014-2015.

A modo de ejemplo podemos mencionar la aplicación de flumioxazin 15 a 20 días antes de sembrar maíz y luego atrazina + S-metolaclor como tratamiento de pre-emergencia. En el caso de soja podemos aplicar metribuzín como tratamiento de pre siembra y 15 a 20 días después sulfentrazone (o flumioxazin) + S-metolaclor en pre-emergencia. Otra opción en el cultivo de soja es la aplicación de metribuzín como tratamiento de pre-emergencia y fomesafén + S-metolaclor en postemergencia temprana (Figura 14).

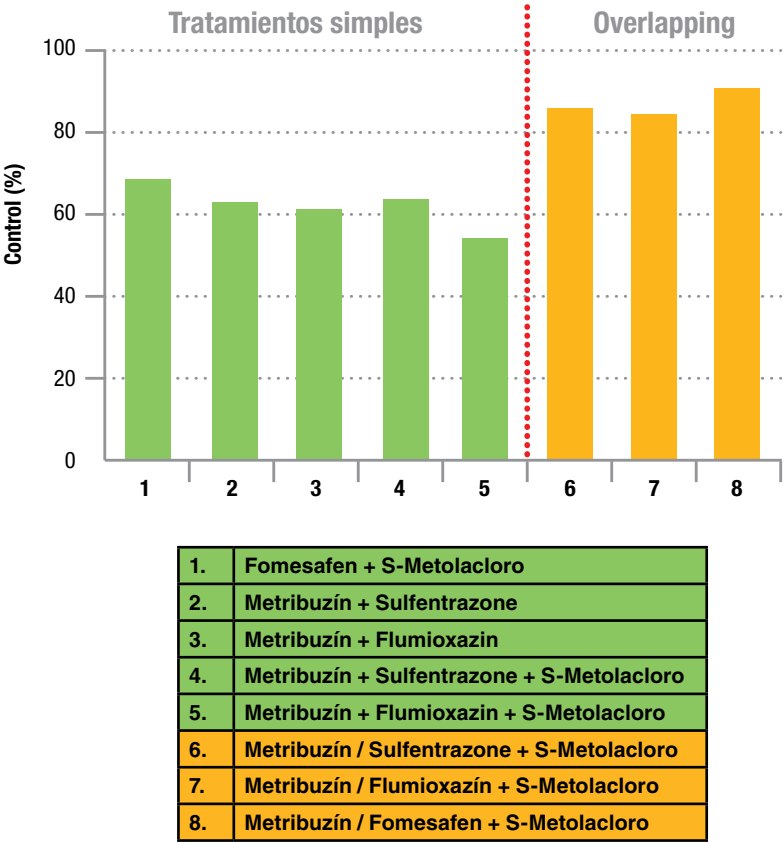


Fig.14: Eficacia de control de *A. palmeri* a los 60 días después de la aplicación. En los tratamientos 1 a 5 los herbicidas se aplican en el mismo momento (Tratamientos simples) mientras que en los tratamientos 6 a 8 se aplica Metribuzín y a los 10-12 días el resto de los herbicidas (estrategia de superposición de residuales u overlapping).

El empleo de herbicidas residuales contribuye además a reducir significativamente la magnitud del banco de semillas creando condiciones favorables para el mejor desempeño de los tratamientos de post-emergencia.

Estas tecnologías no son de aplicación universal y menos aún rutinaria, debiendo, necesariamente, adaptarse a las condiciones agro-edafo-climáticas de cada región puesto que su selectividad y correcto desempeño puede verse intensamente afectado por variables de suelo, clima o manejo. Por esta razón es necesario atenerse estrictamente a las instrucciones del marbete de los productos y en el caso de no tener experiencia en su empleo, recurrir al apoyo de un técnico suficientemente capacitado.

Existe una tendencia marcada al empleo rutinario de aquéllos herbicidas de más alta eficacia así como de uso más sencillo y esos son los principios activos con mayor probabilidad de evolucionar resistencia. Frente a la problemática de biotipos de *A. palmeri* y *A. hybridus* resistentes a inhibidores de ALS y de EPSPS, los herbicidas inhibidores de PPO están siendo empleados con elevada intensidad y frecuencia aumentando la probabilidad de seleccionar biotipos con resistencia a este mecanismo de acción. De continuar esta tendencia es probable que en el mediano plazo nos enfrentemos a casos de resistencia múltiple a inhibidores de PPO y ALS o inhibidores de PPO y glifosato o aún peor con biotipos con triple resistencia por lo que la diversificación de los principios activos es clave si se pretende conservar la utilidad práctica y económica de ese grupo de herbicidas.

Las aplicaciones de post-emergencia son complementarias de las prácticas culturales y de los tratamientos residuales. Para el cultivo de soja las opciones disponibles con mecanismos de acción diferentes al glifosato y a los inhibidores de ALS, actualmente, son relativamente pocas y comprenden el fomesafen y lactofén, ambos herbicidas de contacto; el benazolín, un herbicida de tipo hormonal y sistémico que complementa a los de contacto pero que, en nuestros experimentos mostró escasa eficacia cuando se lo empleó como único herbicida al igual que el bentazón. La combinación de fomesafen con S-metolaclor, además de aportar residualidad, mostró una gran actividad sobre plantas algo mayores (12 a 15 cm) no obstante no es el tamaño ideal de aplicación de herbicidas postemergentes en esta maleza. Es importante destacar que en muchos casos las aplicaciones de estos grupos de herbicidas van acompañadas de síntomas de fitotoxicidad en el cultivo.

Una condición ineludible para lograr el éxito con este tipo de tratamientos es que la maleza sea joven y no supere los 8 cm de longitud, otra condición es el empleo de la tecnología de aplicación adecuada a herbicidas de contacto (40 a 60 impactos cm^{-2}) así como un ambiente térmico, hídrico y lumínico favorable.

Un factor importante es que tanto al momento de la siembra del cultivo de soja como al momento de la aplicación de herbicidas residuales el suelo se encuentre libre de malezas.

Para maíz los herbicidas hormonales tales como 2,4-D, dicamba o picloram; los inhibidores de pigmentos como mesotrione o topramezone; inhibidores del fotosistema II como atrazina e inhibidores de la síntesis de aminoácidos como glufosinato de amonio (en híbridos tolerantes) muestran un buen desempeño pero invariablemente sólo sobre plantas jóvenes, en actividad plena y con una altura máxima de 10 cm.

En la Tabla 1 se detallan algunos principios activos y familias de herbicidas que pueden utilizarse en los cultivos de maíz y soja para el control de *A. palmeri*.

Es importante aclarar que en Argentina existen muy pocos herbicidas con registro específico en SENASA para esta maleza por lo tanto se presenta una lista de principios eficaces sobre biotipos de *Amaranthus hybridus* (*A. quitensis*) y que probablemente podrían también serlo sobre biotipos de *A. palmeri*.

Tabla 1: Algunos principios activos y familias de herbicidas con su correspondiente modo de acción que pueden ser utilizados en los cultivos de maíz y soja para el control de *A. palmeri*.

Maíz	
Herbicidas residuales de presembrado y/o preemergencia	
Atrazina	Inhib. fotosíntesis (PSII)
Diurón	Inhib. fotosíntesis (PSII)
Flumioxazin	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Pendimetalín	Inhib. síntesis microtúbulos
Cloroacetamidas	Inhib de síntesis AGCL
Isoxaflutole	Inhib. de síntesis carotenoides
Biciclopirona	Inhib. de síntesis carotenoides
Sulfonilureas, imidazolinonas y triazopirimidinas(1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Diflufenican	Inhib. de síntesis carotenoides
Herbicidas de post emergencia de la maleza y del cultivo	
Atrazina	Inhib. fotosíntesis (PSII)
2,4-D	Reguladores de Crecimiento
MCPA	Reguladores de Crecimiento
Dicamba	Reguladores de Crecimiento
Picloram	Reguladores de Crecimiento

Nicosulfurón (1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Foramsulfuron + Iodosulfurón(1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Imazetapir (maíz IMI tolerante a Imidazolinonas) (1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Imazapir (maíz IMI tolerante a Imidazolinonas)(1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Imazapic (maíz IMI tolerante a Imidazolinonas) (1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Rimsulfurón (1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Topramezone	Inhib. de síntesis carotenoides
Mesotrione	Inhib. de síntesis carotenoides
Glifosato (2)	Inhib de síntesis AA (EPSPS)
Glufosinato de amonio (Maíz tolerantes a glufosinato de amonio)	Inhib de síntesis AA (GS)
Soja	
Herbicidas residuales de presiembra y/o preemergencia.	
Metribuzín	Inhib. fotosíntesis (PSII)
Linurón	Inhib. fotosíntesis (PSII)
Fomesafén	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Flumioxazin	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Sulfentrazone	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Diflufenican	Inhib. de síntesis carotenoides
Clomazone	Inhib. de síntesis carotenoides
Cloroacetamidas	Inhib de síntesis AGCL
Herbicidas de post emergencia de la maleza y del cultivo.	
Lactofen	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Fomesafen	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Fluoroglicofen	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Flumicloracpencil	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Acifluorfen	Inhib. síntesis clorofila (PPO)
Benazolin	Reguladores de Crecimiento
2,4-DB	Reguladores de Crecimiento
Clorimuron-etil(1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Imazetapir(1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Imazamox(1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Imazaquin(1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Cloransulam-metil(1)	Inhib de síntesis AA (ALS)
Glifosato(2)	Inhib de síntesis AA (EPSPS)

- (1)No utilizar en biotipos de *Amaranthus* sp. con sospecha de resistencia a herbicidas inhibidores de ALS.
 (2)No utilizar en biotipos de *Amaranthus* sp. con sospecha de resistencia a glifosato.

Cultivos con Resistencia Múltiple a Herbicidas

Como una respuesta adicional a los problemas crecientes de malezas resistentes a glifosato algunas empresas han presentado opciones de cultivos genéticamente modificados con resistencia a distintos herbicidas. Los principales avances en este sentido corresponden a los sistemas Enlist (Dow Agrosciences) y Xtend (Monsanto) en maíz, algodón y soja. El sistema Enlist será aplicable a cultivares de maíz, soja y algodón portadores de rasgos que les permitirán tolerar aplicaciones de 2,4-D, glifosato y glufosinato de amonio y en maíz a los graminicidas del grupo de los ariloxifenoxi-propionato (Fops). Por su parte, el sistema Xtend incluye a cultivares de soja, algodón y maíz con rasgos que les permiten tolerar aplicaciones de glifosato y dicamba. Otras tecnologías incluyen cultivos de maíz y soja tolerante a glufosinato de amonio (Liberty Link) (Bayer) y variedades de soja tolerantes a mesotrione, glufosinato de amonio e isoxaflutole (tecnología MGI) (Syngenta y Bayer).

El éxito y sustentabilidad de este tipo de tecnologías estará fuertemente condicionado a la racionalidad de su empleo, las que, formando parte de un programa de manejo integrado de malezas (conjunto diverso de medidas armónicamente combinadas) aporte al logro de los objetivos del control en el corto, mediano y largo plazo.

Bibliografía

Andrade, E.; Cavenaghi, A.; Carneiro Guimarães, S.; Pinto de Carvalho, S. 2015. Primeiro relato de *Amaranthus palmeri* no Brasil em áreas agrícolas no estado de Mato Grosso. Circular Técnica. Instituto Mato-Grossense do Algodão. Nº 19.

Black, C.C.Jr.; Chen, T.M.; Brown, R.H. 1969. Biochemical basis for plant competition. *Weed Sci.* 17:338–344.

Bradow, J.M.; Connick, W.J. 1987. Allelochemicals from Palmer amaranth, *Amaranthus palmeri* S. Wats. *J. Chem. Ecol.* 13:185–202.

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.

Burke, I.C.; Schroeder, M.; Thomas, W.E.; Wilcut, J.W. 2007. Palmer amaranth interference and seed production in peanut. *Weed Technol.* 21:367–371.

Connick, W.J.; Bradow, J.M.; Legendre, M.G.; Vail, S.L.; Menges, R.M. 1987. Identification of volatile allelochemicals from *Amaranthus palmeri* S. Wats. *J. Chem. Ecol.* 13:463–472.

Costea, M.; Weaver, S.E.; Tardif, F.J. 2004. The biology of Canadian weeds. 130. *Amaranthus retroflexus* L., A.

powellii S. Watson and *A. hybridus* L. *Canad. J. PlantSci.* 84:631–668.

Covas, G. 1984. Las especies de *Amaranthus* L., *Amaranthaceae*, nativas o naturalizadas en la Provincia de La Pampa. *Apuntes Fl. Pampa.* 84-86: 333-341.

Davis, R.G.; Wiese, A.F.; Pafford, J.L. 1964. Root moisture extraction profiles of various weeds. *Weeds* 13:98–100.

DeVlaming, V.; Vernon, W.P. 1968. Dispersal of aquatic organisms: viability of seeds recovered from the droppings of captive killdeer and mallard ducks. *Am. J. Bot.* 55:20–26.

Ehleringer, J. 1983. Ecophysiology of *Amaranthus palmeri*, a Sonoran Desert summer annual. *Oecologia* 57:107–112.

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

Ehleringer, J.; Forseth, I. 1980. Solar tracking by plants. *Science* 210: 1094–1098.

Fernald, M.L. 1950. *Gray's Manual of Botany*. 8th ed. New York: American Book. 602 p.

Gaines, T.A.; Zhang, W.; Wang, D.; Bukun, B.; Chisholm, S.T.; Shaner,

D.L.; Nissen, S.J.; Patzoldt, W.L.; Tranel, P.J.; Culpepper, A.S.; Grey, T.L.; Webster, T.M.; Vencill, W.K.; Sammons, R.D.; Jiang, J.M.; Preston, C.; Leach, J.E.; Westra, P. 2010. Gene amplification confers glyphosate resistance in *Amaranthus palmeri*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 107:1029–1034.

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.

Guo, P.; Al-Khatib, K. 2003. Temperature effects on germination and growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmeri*), and common waterhemp (*A. rudis*). *Weed Sci.* 51:869–875.

Heap, I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Friday, September 2, 2016. Available www.weedscience.org

Instituto de Botánica Darwinion. 2012. Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur. <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp> (consulta: 02-4-2016).

Jha, P.; Norsworthy, J.K.; Malik, M.S. 2007. Effect of tillage and soybean canopy formation on temporal emergence of Palmer amaranth from a natural seed bank. *Proc. South. Weed Sci. Soc.* 60:11.

Jha, P.; Norsworthy, J.K. 2009. Soybean canopy and tillage effects on emergence of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) from a natural seed bank. *Weed Sci.* 57:644–651.

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.

Klingaman, T.E.; Oliver, L.R. 1994. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) interference in soybeans (*Glycine max*). *WeedSci.* 42:523–527.

Marzocca, A. 1993. Manual de Malezas. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires.

Massinga, R.A.; Currie, R.S.; Horak, M.J.; Boyer, J. 2001. Interference of Palmer amaranth in corn. *Weed Sci.* 49:202–208.

Menges, R.M. 1987a. Weed seed population dynamics during six years of weed management systems in crop rotations on irrigated soil. *Weed Sci.* 35:328–332.

Menges, R.M. 1987b. Allelopathic effects of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and other plant residues in soil. *Weed Sci.* 35:339–347.

Menges, R.M. 1988. Allelopathic effects of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) on seedling growth. *WeedSci.* 36:325–328.

Morichetti, S.; Cantero J.J.; Núñez, C.; Barboza, G.; Ariza Espinar L.; Amuchastegui, A.; Ferrell, J. 2013. Sobre la presencia de *Amaranthus palmeri* (Amaranthaceae) en Argentina. Bol. Soc. Arg. DeBot. 48 (2): 347–354.

Morichetti, S.; Ferrell, J. 2010. *Amaranthus palmeri*, Palmer Amaranth. University of Florida, IFAS extension, SS-AGR-336: 1-5.

Mosyakin, S.L.; Robertson, K.R. 2003. *Amaranthus*. En: Flora of North America, North of Mexico. Oxford University Press, New York.

Norsworthy, J.K.; Griffith, G.; Griffin, T.; Bagavathiannan, M.; Gbur, E.E. 2014. In-Field Movement of Glyphosate-Resistant Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) and Its Impact on Cotton Lint Yield: Evidence Supporting a Zero-Threshold Strategy. Weed Sci. 62: 237-249.

Powles, S.B. 2010. Gene amplification delivers glyphosate-resistant weed evolution. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 107:955–956.

Radosevich, S.R.; Holt, J.S. 1984. Weed Ecology: Implications for Vegetation Management. New York: John Wiley and Sons. 265 p.

Salas, R.A.; Burgos, N.R.; Tranel, P.J.; Singh, S.; Glasgow, L.; Scott, R.C.; Nichols, R.L. 2016. Resistance to PPO-inhibiting herbicide in Palmer amaranth from Arkansas. Pest. Manag. Sci., 72: 864–869.

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

Sellers, B. A.; Smeda, R.J.; Johnson, W.G.; Kendig, J.A.; Ellersick, M.R. 2003. Comparative growth of six *Amaranthus* species in Missouri. Weed Sci. 51:329–333.

Sosnoskie, L.M.; Culpepper, A.S.; Webster, T.M. 2011. Palmer amaranth seed mortality in response to burial depth and time. Pages 1550–1552 in 2011 Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. Cordova, TN. National Cotton Council of America.

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.

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

Steyermark, J.A. 1963. Flora of Missouri. Ames, IA: Iowa State University Press. 622 p.

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

Trucco, F.; Jeschke, M.R.; Rayburn, A.L.; Tranel, P.J. 2005. Promiscuity in weedy amaranths: high frequency of female tall waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) x smooth pigweed (*A. hybridus*) hybridization under field conditions. *Weed Sci.* 53:46–54.

Webster, T.M.; Nichols, R.L. 2012. Changes in the prevalence of weed species in the major agronomic crops of the southern United States: 1994/1995 to 2008/2009. *Weed Sci.* 60: 145-157.

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.

Wiese, A.F. 1968. Rate of weed root elongation. *Weed Sci.* 16:11–13.

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

Notas _____

[illegible]

Notas _____

[illegible]



Edificio Dorrego Bureaux
Dorrego 1639 · Piso 2, Oficina A · (2000) Rosario
+54 (341) 426 07 45 / 46

