

Resistencia de *Amaranthus palmeri* a Sulfentrazone

Cortés, Eduardo; Venier, Federico; López Anido, Pablo; Dellaferrera, Ignacio

Se ha confirmado la resistencia a Sulfentrazone en un biotipo de *Amaranthus palmeri* en el centro este de la provincia de Santiago del Estero.

Introducción

Amaranthus palmeri S. Watts. está presente en Argentina como maleza de cultivos estivales como soja, maní, sorgo o maíz, es nativa de América del Norte, desde el sur de California, hasta el norte de México (Kaundun et al., 2019). En Argentina fue hallada y coleccionada por primera vez, aparentemente, por Juan H. Hunziker como maleza en 1966 y no volvió a ser citada ni incluida dentro de la flora adventicia, quizás porque no logró establecerse en forma exitosa (Instituto De Botánica Darwinion, 2024). A partir de 2012 fue reportada en lotes cultivados de las provincias de Córdoba y San Luis (Morichetti et al., 2013) y denunciada como resistente a herbicidas inhibidores de ALS en 2013 (Larran et al., 2017) y a glifosato en 2016 (Palma-Bautista et al., 2019). Actualmente está reportada en las provincias de Santa Fe, Córdoba, Santiago del Estero, Tucumán, Salta y San Luis (Oreja et al., 2024).

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. Las plantas son erectas, desde 0,5 hasta 2,5 metros de altura, 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 et al., 2013).

Amaranthus palmeri es una maleza con gran cantidad de biotipos resistentes, presenta 79 denuncias de resistencia a nivel mundial; las que corresponden a diferentes herbicidas en distintos grupos (PPO, HPPD, ALS, HCLFA, Hormonales, Glifosato, Glufosinato, y Triazinas). De estas denuncias, 45 son resistencia simples y 34 son múltiples (Heap, 2024).

Esta especie posee atributos biológicos que la convierten en una maleza sumamente agresiva y muy difícil de manejar. La misma presenta elevada fecundidad pudiendo producir hasta 600.000 semillas, alta capacidad fotosintética (especie C4), gran capacidad de competencia por recursos, alta variabilidad genética, elevada

tolerancia a sequía y temperatura, periodo de emergencia prolongado y potencialidad para hibridarse con otras especies de *Amaranthus* (Kaundun et al., 2019; Larran et al., 2017; Morichetti et al., 2013).

En un área de aproximadamente 150 hectáreas en lotes destinados a soja en la localidad de Los Juries, en el centro este de la provincia de Santiago del Estero, se han detectado fallas de control con aplicación preemergente de Sulfentrazone. Es por esta razón que se pretende evaluar esta sensibilidad en condiciones controladas.

Metodología del trabajo

En 2 poblaciones de *A. palmeri* cosechadas en el año 2024 se determinó la sensibilidad a Sulfentrazone (50%p/v) mediante ensayos de dosis respuesta.

Material vegetal y condiciones de crecimiento

Se colectaron semillas de *Amaranthus palmeri*, en la ciudad de Los Juries (Santiago del Estero) (denominada Ah62) y Rosario de la Frontera (Salta) (denominada Ah60), todas provenientes de Argentina. Las semillas se tomaron de plantas maduras en áreas de cultivo de soja.

Para comparar la susceptibilidad diferencial en ambas poblaciones, se realizó un ensayo de dosis-respuesta en cada población, se aplicaron 9 dosis de herbicida 0; 10,94; 21,88; 43,75; 87,50; 175,00; 350,00; 700,00 y 1400,00 ml/ha. Las aplicaciones se realizaron en macetas conteniendo un suelo Argiudol típico (textura franco-arcillosa-limosa; 66.7-28.7-4.7), el suelo estaba sin humedad para evitar la germinación temprana y se colocaron 50 semillas de cada población de *A. palmeri* en cada maceta. Cada unidad de maceta y dosis aplicadas tuvieron un total de 5 repeticiones, además cada ensayo se repitió dos veces.

Todas las aplicaciones se realizaron con una cámara de aplicación de laboratorio, con pastillas de abanico plano MagnoJet 8001 calibradas para erogar 175 L ha⁻¹ a una presión de 275 kPa. Después de la aplicación, se realizó una lluvia de 20 mm para incorporar el herbicida. La lluvia se realizó con la cámara de aplicación calibrada para incorporar 2 mm por minuto. Posteriormente todas las macetas se mantuvieron en una sala de crecimiento a 28/18 °C (día /noche) con un fotoperiodo de 16 hs y con una intensidad lumínica de 350 μmol m⁻² s⁻¹ de radiación fotosintéticamente activa y una humedad entre 60 y 80 %.

El número de plantas por maceta se determinó a los 21 días después de la aplicación, y los datos se expresaron como porcentaje del testigo no tratado. Los datos se agruparon y ajustaron a un modelo de regresión logística no lineal de tres parámetros con la asíntota superior fijada al 100%, (ecuación 1), se utilizó el software estadístico "R" con el software estadístico "drc plug-in" (R Development Core Team, 2023; Ritz et al., 2015)

$$f(x) = c + \frac{d-c}{1+\exp(b(\log(x)-\log(DL_{50})))} \quad (1)$$

El parámetro DL50 es la dosis que produce una respuesta a medio camino entre el límite superior, **d** (fijado en 100), y el límite inferior, **c**. El parámetro **b** denota la pendiente relativa alrededor de DL50 (Streibig & Kudsk, 1993).

Se determinaron dosis de herbicidas para inhibir el crecimiento de las plantas en un 50% con respecto al testigo no tratado (DL50) para cada población, y se compararon entre poblaciones para obtener el respectivo factor de resistencia.

Resultados

La aplicación de dosis creciente de Sulfentrazone reduce progresivamente el número de plantas nacidas, existiendo diferencias significativas entre las poblaciones evaluadas en la dosis requerida para reducir este valor en un 50 %. El factor de Resistencia calculado es de 8,8; considerando la reducción en el número de plantas (cuadro 1, figuras 1-3).

Cuadro 1: parámetros de regresión y factor de resistencia de dos poblaciones de *Amaranthus palmeri* a Sulfentrazone

Biotipo	D150	Valor p	D180
R	142,5 +/- 10,2		1194,9 +/- 145,3
S	16,2 +/- 1,2		22,7 +/- 2,4
R/S	8,77 +/- 0,81	<0,00001	

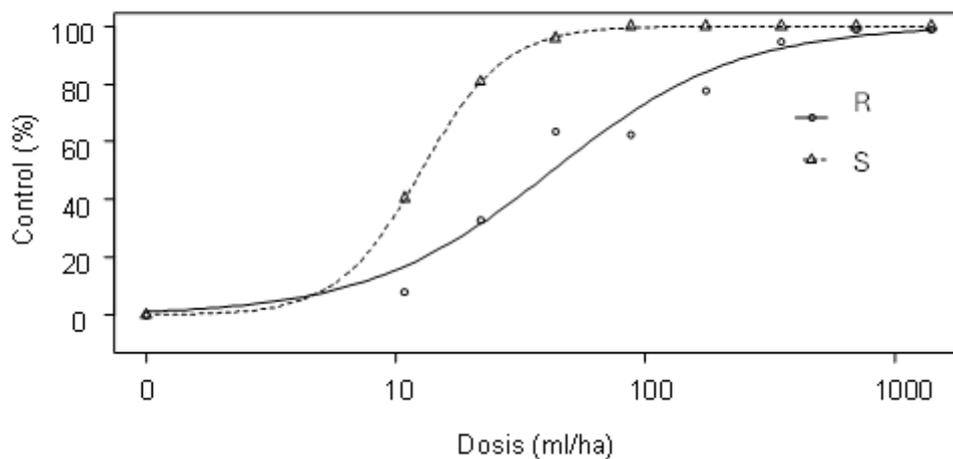


Figura 1: curvas de dosis-respuesta de dos biotipos de *Amaranthus palmeri* al aumento de la dosis de Sulfentrazone.

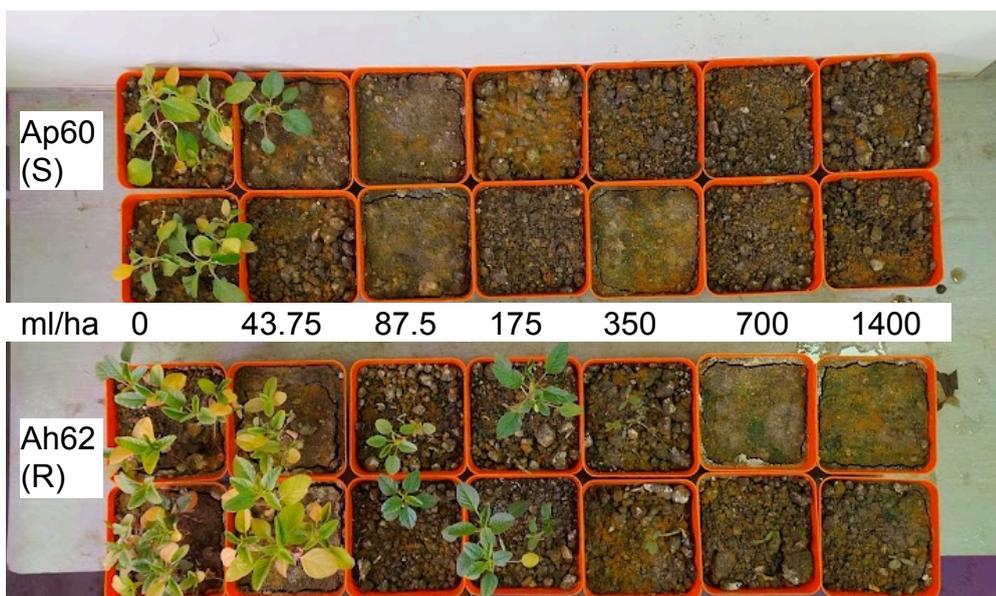


Figura 2: nacimientos de plantas de *Amaranthus palmeri* con dosis crecientes de Sulfentrazone, arriba, ensayo 1, abajo, ensayo 2.



Figura 3: Detalle de nacimientos de la población Ah62 post aplicación de dosis 350, 700 y 1400 ml /ha de Sulfentrazone.

Estrategias de manejo de *Amaranthus palmeri*

Estudios recientes en EEUU determinaron que una planta aislada de *Amaranthus palmeri* puede llegar a colonizar entre un 95 y 100% del lote en solo 3 años, por lo cual deberemos implementar un programa de manejo acorde a disminuir la capacidad de diseminación de esta maleza.

El monitoreo debe ser el primer factor a considerar a la hora del manejo de esta maleza, por lo cual la rápida identificación de la especie y su posible problema nos garantizara mayor éxito en la estrategia que emprendamos.

La rotación de cultivos es importante para poder suprimir los nacimientos de *A. palmeri*, no solo por la generación de cobertura (por la incorporación de rastrojos ya sea de gramíneas invernales o estivales) que funciona como una barrera física ante los nacimientos quitándoles luz y temperatura. Al rotar cultivos rotaremos también los herbicidas y los momentos en los cuales estos se aplican, por lo cual abordaremos a la maleza en varios momentos.

Otro factor a tener en cuenta es utilizar semillas que sepamos su procedencia a fin de evitar el ingreso al lote por esta vía. Si es posible sembrar cultivos que permitan una rápida competencia con la maleza, ya sea por su arquitectura o por el estrechamiento de los surcos (dependiendo de las zonas de producción). Si se encuentran individuos aislados, la extracción manual de los mismos durante la campaña o en su defecto al finalizar la misma evitara en parte su diseminación, como también la limpieza de la cosechadora para evitar el ingreso de nuevos individuos. En el caso de que ya este instalado el A. palmeri si es posible cosechar el lote problema en última instancia.

Una vez cosechado el lote en cuestión, realizar los tratamientos químicos para evitar que semillen estos individuos. Podremos utilizar diferentes herbicidas, pero sobre todo mezclarlos para lograr efectos contundentes. La combinación de distintos herbicidas es fundamental. Utilizar glifosato en mezcla con hormonales y PPO quemantes resulta una buena estrategia. La utilización del doble golpe con paraquat luego de los herbicidas anteriores puede mejorar el resultado final.

Entre octubre y diciembre (meses de mayor probabilidad de nacimientos) las emergencias deben ser eliminadas tempranamente. Aquí podremos realizar lo mismo que se mencionó anteriormente para el barbecho, pero más allá de esta aplicación, el manejo se debe centrar en bajar el banco de semillas del suelo, por lo cual la utilización de herbicidas residuales presenta las mayores ventajas.

Dependiendo del cultivo a sembrar, zona de producción (para evitar problemas de fitotoxicidad) y fecha de siembra, podremos utilizar en soja Metribuzin, Diflufenican, S-metolaclor, Terbutilazina, Flumioxazin, Pendimetalín, Piroxasulfone, etc. Para el caso de maíz podremos utilizar Acetoclor, S-metolaclor, Piroxasulfone, Isoxaflutole, Amicarbazone, Terbutilazina, Biciclopirona, Flumioxazin. 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 (overlapping o solapamiento), en general tienen un mayor impacto y pueden extender el período de protección previniendo o ralentizando la evolución de resistencia.

Luego en posemergencia de soja podemos utilizar Fomesafen y Lactofen, solos o en mezcla con Benazolin o cloroacetamidas, pero la maleza tiene que ser muy pequeña y estar en buenas condiciones hídricas, puesto que estos herbicidas son regulares en su eficacia. Para el caso de maíz los herbicidas inhibidores de la síntesis de pigmentos (HPPD) en mezclas con triazinas son excelentes opciones. También en

sojas o maíces con tecnología Enlist, la utilización de Glufosinato en mezcla con 2,4D asegura un excelente control.

Conclusiones

El biotipo "Ah62" se considera resistente a la aplicación preemergente de Sulfentrazone, muestra un factor de 8.8 para reducir las plántulas (DL).

Bibliografía

Heap, I. M. (2024). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. weedscience.org

Instituto De Botánica Darwinion. (2024). Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur. Flora Argentina. <http://www.floraargentina.edu.ar/equipo/>

Kaundun, S. S., Jackson, L. V., Hutchings, S.-J., Galloway, J., Marchegiani, E., Howell, A., Carlin, R., Mcindoe, E., Tuesca, D., & Moreno, R. (2019). Evolution of Target-Site Resistance to Glyphosate in an *Amaranthus palmeri* Population from Argentina and Its Expression at Different Plant Growth Temperatures. *Plants*, 8(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/plants8110512>

Larran, A. S., Palmieri, V. E., Perotti, V. E., Lieber, L., Tuesca, D., & Permingeat, H. R. (2017). Target-site resistance to acetolactate synthase (ALS)-inhibiting herbicides in *Amaranthus palmeri* from Argentina. *Pest Management Science*, 73(12), 2578-2584. <https://doi.org/10.1002/ps.4662>

Morichetti, S., Cantero, J. J., Núñez, C., Barboza, G. E., Ariza Espinar, L., Amuchastegui, A., & Ferrell, J. (2013). Sobre la presencia de *Amaranthus palmeri* (Amaranthaceae) en Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48(2), 0-0.

Oreja, F. H., Moreno, N., Gundel, P. E., Vercellino, R. B., Pandolfo, C. E., Presotto, A., Perotti, V., Permingeat, H., Tuesca, D., Scursoni, J. A., Dellaferrera, I., Cortes, E., Yannicari, M., & Vila-Aiub, M. (2024). Herbicide-resistant weeds from dryland agriculture in Argentina. *Weed Research*, 64(2), 89-106. <https://doi.org/10.1111/wre.12613>

Palma-Bautista, C., Torra, J., Garcia, M. J., Bracamonte, E., Rojano-Delgado, A. M., Alcántara-de la Cruz, R., & De Prado, R. (2019). Reduced Absorption and Impaired Translocation Endows Glyphosate Resistance in *Amaranthus palmeri* Harvested in Glyphosate-Resistant Soybean from Argentina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(4), 1052-1060. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06105>

R Development Core Team. (2023). *A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/>

Ritz, C., Baty, F., Streibig, J. C., & Gerhard, D. (2015). Dose-Response Analysis Using R. *PLOS ONE*, 10(12), e0146021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146021>

Streibig, J. C., & Kudsk, P. (1993). *Herbicide bioassays*. CRC Press.