

Ensayo de herbicidas para control de *Amaranthus palmeri* en maíz. Resultados del segundo año

Herbicide trial for *Amaranthus palmeri* control in maize. Second year results

Víctor Rotellar¹, Gabriel Pardo^{2,3,*}, Joaquín Aibar¹, Alicia Cirujeda^{2,3} & Ana I. Marí²

¹ Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza), Zaragoza, España

² Departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente. Centro de, Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza, España

³ Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2, CITA Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

(*E-mail: gpardos@aragon.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.34995>

Recibido/received: 2024.01.15

Aceptado/accepted: 2024.02.28

RESUMEN

El ensayo cuyos resultados se presentan aquí es continuación de los mostrados en el Congreso de 2022 de la SEMh (realizado en 2020). En este experimento, realizado en 2021, se probaron las materias activas más eficaces para el control químico de *Amarantus palmeri* S. Wats. seleccionadas del primer ensayo, además de incorporar otras nuevas. En total se testaron 13 tratamientos, 4 de presembrado y 9 de postemergencia en un ensayo aleatorizado con cuatro repeticiones por tratamiento. Cada parcela elemental contó con un testigo adyacente sin tratar para mitigar el problema de la distribución irregular, frecuente en malas hierbas, obteniendo la eficacia de un modo más representativo. Se obtuvieron la densidad, cobertura y biomasa de *A. palmeri* a los 40 días después del tratamiento (DDT). Los resultados confirman que, en las condiciones del ensayo (siembra directa y nascencias escalonadas) una sola aplicación de cualquiera de los productos ensayados no sería suficiente para controlar satisfactoriamente esta mala hierba, pues no se evitó, en ningún caso, la lluvia de semillas, por parte de plantas supervivientes. También se observó, como en 2020, mayor eficacia con los productos de presembrado. Concretamente, en este grupo, el producto en base a mesotriona+s-metolaclo rol resultó la mejor opción, pero con menos del 94% de reducción de biomasa a los 40 DDT. De entre los tratamientos de postemergencia volvió a destacar la materia activa dicamba, aunque también la mezcla de ésta con prosulfurón y el combinado terbutilazina+S-metolaclo rol obuvieron resultados parecidos, pero todos ellos con reducciones de biomasa menores del 80%.

Palabras clave: invasora, arvense, resistencia, control químico.

ABSTRACT

The trial is a continuation of the results shown at the 2022 Congress of the SEMh (carried out in 2020). In this experiment, carried out in 2021, the most effective active ingredients for the chemical control of *Amarantus palmeri* S. Wats. selected from the first trial were tested, in addition to incorporating new ones. In total, 13 herbicide treatments were tested, four in pre-sowing and nine in post-emergence in a randomized trial with four repetitions per treatment. Each elementary plot had an adjacent untreated check to mitigate the problem of irregular distribution, common in weeds, obtaining efficacy values in a more representative way. The *A. palmeri* density, cover and biomass were obtained 40 days after treatment (DAT). The results confirm that, under the trial conditions (direct sowing and prolonged emergence) a single application of any of the tested products would not be adequate to satisfactorily control this weed, not avoiding, in any case, new seed rain because the surviving plants were able to finish their cycle. Higher efficacy was also observed with pre-sowing products, as in the previous year's trial. Specifically, in this group, the product based on mesotrione + S-metolachlor was the best option, but with less than 94% biomass reduction at 40 DAT. Among the post-emergence treatments, the active ingredient dicamba once again stands out, although the mixture of this active ingredient with prosulfuron and the combined terbutylazine + S-metolachlor also obtained similar results, but all of them with biomass reductions of less than 80%.

Keywords: invasive, weed, resistance, chemical control

INTRODUCCIÓN

El control de *Amarathus palmeri* S. Wats. en cultivos de verano, principalmente maíz, supone un reto para los productores afectados, que afortunadamente hoy en día, son todavía una minoría en Aragón. Dentro del control integrado, que también se recomienda insistentemente frente a esta especie (Pueyo *et al.*, 2018), el control químico es el que casi exclusivamente aplican los agricultores si siembran maíz.

Como *A. palmeri* desarrolla con facilidad poblaciones resistentes que posteriormente se seleccionan al tratar (Heap, 2023) es necesario conocer cuál es la gama de las materias activas eficaces frente a esta mala hierba para, en la medida de lo posible, rotar los modos de acción y así prevenir la aparición de las resistencias.

En este sentido y con la experiencia de un primer ensayo en campo, cuyos resultados se expusieron en el anterior Congreso SEMh (Marí *et al.*, 2022) se presentan los resultados de un segundo ensayo, realizado en 2021, para controlar *A. palmeri* en cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se implantó en un maíz de segunda cosecha en siembra directa, sobre el rastrojo del cereal de invierno previamente recolectado, manejado con las técnicas habituales de la zona. La localidad fue Altorricón (Huesca) en una parcela con historial de infestación en *A. palmeri* durante varios años. La fecha de siembra fue el 16/06/21.

En concreto, se ensayaron 11 productos herbicidas distribuidos en 13 tratamientos (Tabla 1): 4 de aplicación en preemergencia del maíz, y 9 de postemergencia temprana. Los productos Adengo y Successor 600 se aplicaron en ambos momentos. Hubo 4 repeticiones por tratamiento, siendo la superficie de cada parcela de 40 m² (4 m de ancho, 6 líneas maíz, x 10 m de largo). Adicionalmente, cada parcela elemental contó con un testigo adyacente de 8 m² (4 x 2m) sin tratar, para mitigar el problema de la distribución irregular, obteniendo la eficacia de un modo más representativo. El diseño experimental fue completamente aleatorizado.

Los tratamientos de preemergencia se realizaron al día siguiente de sembrar con un volumen de caldo de 400 L ha⁻¹. Tras esta aplicación, se regó para incorporar los productos. Por su parte, los tratamientos de postemergencia se aplicaron 6 días más tarde, con el maíz ya nacido (2-4 hojas) cuando las plantas de *A. palmeri* tenían en torno a cuatro hojas verdaderas (BBCH 14) y con un volumen de caldo de 300 L ha⁻¹. Los productos se aplicaron con un pulverizador manual de palanca (Matabi®) equipado de una barra de tratamiento de 2 m, con boquillas Teejet® XR 110 distanciadas 50 cm entre ellas. Cuando las especificaciones del producto tenían un rango de dosis, se aplicó la máxima autorizada (Tabla 1).

Posteriormente, a los 40 días de los tratamientos, se tomaron datos de densidad de cobertura y biomasa en cada parcela elemental tratada y en los testigos. Para densidad y cobertura se utilizó un marco de conteo de 0,27 m² lanzado al azar tres veces por parcela tratada y dos en los testigos. Para la biomasa se cortaron a ras de suelo las plantas de *A. palmeri* contenidas en dos marcos de la misma superficie, en parcelas tratadas, y en uno de ellos en parcelas testigo. Finalmente se calculó la eficacia en base a los tres parámetros tomando como referencia los datos del testigo adyacente, de acuerdo con la fórmula de eficacia de Abbot:

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Dato en testigo adyacente a la parcela i} - \text{Dato en parcela i}}{\text{Dato en testigo adyacente a la parcela i}} \times 100$$

Los datos se analizaron estadísticamente de acuerdo con el diseño experimental descrito, realizando el correspondiente ANOVA y separación de medias mediante el test de Tukey ($P < 0,05$) separadamente en los tratamientos de preemergencia y postemergencia. En los parámetros biomasa, cobertura final y densidad se usaron los datos transformados según función $y = \sqrt{(X+0,5)}$ en los dos momentos; para la eficacia calculada en base a la densidad en postemergencia fue necesario realizar la transformación $y = x^2$ para cumplir los requisitos del Anova. En el parámetro eficacia en base a la cobertura (en ambos momentos) no se encontró transformación adecuada, debiendo usarse el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis. Para los dos tipos de análisis (paramétrico y no paramétrico) se usó el software libre R, Versión 4.3.2 (R Core Team, 2020).

Tabla 1 - Tratamientos ensayados, materias activas y su concentración, clasificación según modo de acción HRAC, dosis de producto comercial y momento de aplicación

Nº	Producto comercial	Materia(s) activa(s) y concentración (%)	Grupo HRAC	Dosis*	Momento aplicación
1	Adengo	isoxaflutol 22,5+tiencarbazona-metil 9	27+2	0,44	Preem.
2	Camix	mesotriona 6+S-metolacloro 40	27+15	3,75	Preem.
3	Spade Flexx	isoxaflutol 24	27	0,4	Preem.
4	Succesoor 600	petoxamida 60	15	2	Preem.
Te	Testigo preem.	-	-	-	-
5	Adengo	isoxaflutol 22,5+tiencarbazona-metil 9	27+2	0,44	Postem.
6	Banvel	dicamba 48	4	0,6	Postem.
7	Casper	dicamba 50+prosulfuron 5	4+2	0,4	Postem.
8	Decano	sulcotriona 30	27	1,5	Postem.
9	Fluxyr 200 EC	fluroxipir 20	4	1	Postem.
10	Mustag	2,4-D ácido 30+florasulam 0,62	4+2	2	Postem.
11	Primextra Gold	terbutilazina 18,75+s-metolacloro 31,25	5+15	3,5	Postem.
12	Succesoor 600	petoxamida 60	15	2	Postem.
13	Temsa SC	mesotriona 10	27	1,5	Postem.
Tp	Testigo postem.	-	-	-	-

*(L o kg ha⁻¹); Preem.: preemergencia; Postem.: postemergencia. Las cifras tras la materia activa indican su porcentaje en el producto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican que ningún tratamiento de los ensayados consigue un control total, en ninguno de los parámetros estudiados (Figura 1). Ello implica que este año, aún siendo la densidad mucho menor que en el ensayo previo, que llegó a 1200 pl m⁻² en el testigo (Marí *et al.*, 2022), un producto concreto puede conseguir un aparente buen control, pero no total. Incluso con el mejor producto se han observado plantas que, bien han sobrevivido o bien han emergido posteriormente a la acción del herbicida y consiguen completar el ciclo y generar semillas.

Se observó un mejor control de los productos de preemergencia, donde los tratamientos compuestos por mesotriona+s-metolacloro y petoxamida redujeron significativamente la densidad y la cobertura con relación al testigo (Figura 1). Además, hay que decir que el primero de ellos fue el mejor tratamiento de los 13 ensayados, obteniendo resultados superiores en la amplia mayoría de los parámetros analizados (destacando el casi 94 % en reducción de biomasa). Sin embargo, el producto a base de isoxaflutol+tiencarbazona-metil tuvo un resultado peor, sin diferencias significativas con el testigo ni en densidad, cobertura ni biomasa a los 40 DDT. Hay que recordar, no obstante, que en este ensayo, a diferencia del anterior, los productos de

preemergencia han tenido una dificultad adicional, ya que al ser maíz en siembra directa se aplicaron sobre restrojo de cereal, y, a pesar del riego dado, éste dificulta su correcto funcionamiento mermando la eficacia.

En cuanto a la postemergencia, los resultados son en general mucho peores. De los nueve tratamientos probados destaca la materia activa dicamba (76% de reducción de biomasa). Eficacias inferiores obtuvieron terbutilazina+s-metolacloro, mesotriona, dicamba+prosulfuron y petoxamida (probada también en preemergencia) que consiguen reducir alguno de los parámetros: densidad, cobertura o biomasa frente a su testigo, obtenido los dos primeros una eficacia, en base a la biomasa, muy similar a dicamba (76-78%). El resto de productos no tienen efecto estadísticamente significativo en ninguno de los parámetros sobre el testigo, resultando su aplicación prácticamente ineficaz.

Los resultados confirman en gran parte lo observado en el ensayo anterior (Marí *et al.*, 2022), ya que aunque las eficacias han sido mucho mayores con algunos productos, en esta ocasión, estas se deben a una infestación menos severa (no hay efecto paraguas que seguramente se dio en el ensayo precedente) y ni aún así se han conseguido eficacias totales que impidan la lluvia de semilla con ningún tratamiento. Se confirma que

mesotriona+s-metolacloro en preemergencia y dicamba en postemergencia serían, por ahora las mejores opciones. Kohrt & Sprague (2017) con mesotriona+s-metolacloro y Cuvaca *et al.* (2020) con dicamba, también obtuvieron altas eficacias sobre *A. palmeri* aplicados en pre y postemergencia,

respectivamente. Por otro lado, también se comprueba que los herbicidas que llevan materias activas del grupo 2 (salvo dicamba+prosulfuron) funcionaron deficientemente, ya que seguramente la resistencia a este grupo de herbicidas sea ya muy frecuente en la zona (Torra *et al.*, 2022).

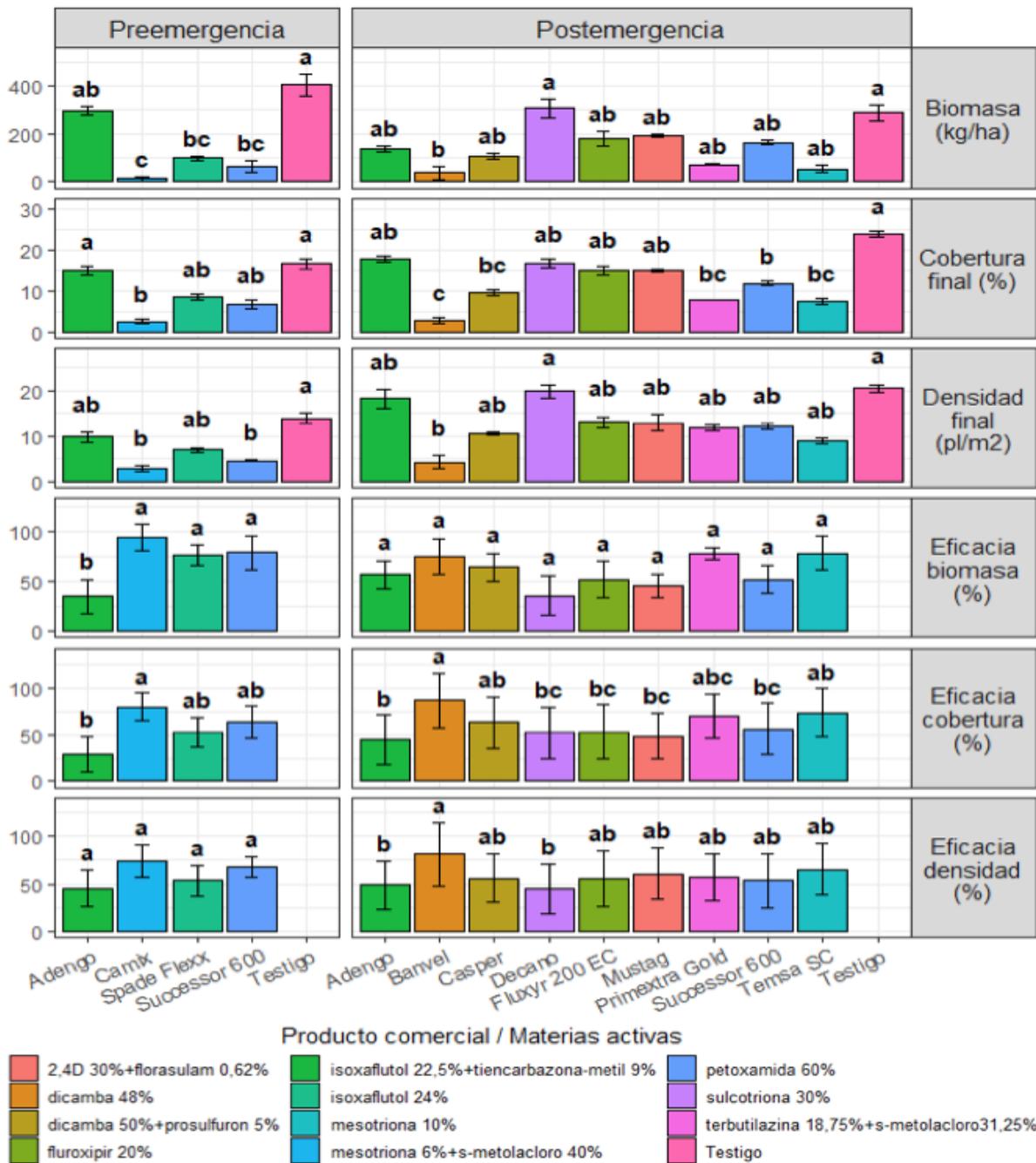


Figura 1 - Resultados del ensayo. La línea vertical dentro de cada barra indica el error estándar. Letras distintas en cada momento y parámetro indican diferencias significativas ($P < 0,05$) en test de Tukey, salvo para el parámetro “eficacia cobertura” en el que se usó la prueba de Kruskal-Wallis. Biomasa, cobertura final y densidad medias detrasformados según $y = \sqrt{(X+0,5)}$ y en la eficacia en base a la densidad según $y = x^2$

Por tanto, siendo realistas y en consonancia con lo observado por Kohrt & Sprague (2017), los productores de maíz deben de aplicar, como poco dos tratamientos, uno en pre y otro en postemergencia para conseguir un control satisfactorio de esta especie si se basan únicamente en el control químico. Cabe tener presente que, normalmente, las infestaciones de cada cohorte son más abundantes que las de este ensayo. No obstante, hay que tener claro que esta pauta no es sostenible en el tiempo. Seguramente no haya herbicidas más eficaces frente *A. palmeri* y autorizados en maíz que los probados aquí, pertenecientes a 5 modos de acción diferentes (Tabla 1) de los cuales solo 4 (grupo 4, 5, 15 y 27) se considera tienen cierta eficacia. Cabe señalar, además, que un herbicida eficaz, como es s-metolaclo-ro, dejará de estar autorizado en España a partir de julio de 2024, reduciéndose en aun más las opciones químicas (Diario Oficial de la Unión Europea, 2024).

Por ello, teniendo en cuenta la facilidad con la que esta especie selecciona resistencias, la rotación de cultivos y de técnicas de control (mecánico, cultural) es la única manera de manejar *A. palmeri* donde esté ya presente. A esto, por supuesto que habría que añadir las medidas preventivas divulgando el problema en aquellas zonas libres de *A. palmeri* que afortunadamente, todavía son la mayoría.

AGRADECIMIENTOS

A Carlos Soliva, que facilitó la parcela donde se realizó el ensayo. A David Lasanta y Fernando Casado que aplicaron los herbicidas. A las casas comerciales que aportaron los herbicidas usados. Al Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Aragón y al Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural, que cofinancian el Grupo de Cooperación Autonómico COOPALMERI (GCP2021000200).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cuvaca, I.; Currie, R.; Roozeboom, K.; Fry, J. & Jugulam, M. (2020). Increased absorption and translocation contribute to improved efficacy of dicamba to control early growth stage Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). *Weed Science*, vol. 68, n. 6, art. 681. <https://doi.org/10.1017/wsc.2020.62>
- Diario Oficial de la Unión Europea (2024) - *Reglamento de ejecución (UE) 2024/20 de la comisión de 12 de diciembre de 2023 por el que no se renueva la aprobación de la sustancia activa s-metolaclo-ro con arreglo a lo dispuesto en el Reglamento (CE) n.º 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo y por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) n.º 540/2011 de la Comisión.*
- Heap, I. (2023) - *International herbicide-resistant weed database. Herbicide Resistant palmer amaranth Globally.* [cit. 2023.12.17]. <http://weeds-science.com/Pages/Species.aspx>
- Kohrt, J.R. & Sprague, C.L. (2017) - Herbicide management strategies in field corn for a three-way herbicide-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) population. *Weed Technology*, vol. 31, n. 3, p. 364-372. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.18>
- Marí, A.I.; Pardo, G. & Cirujeda, A. (1997) - Ensayo de herbicidas para control de *Amaranthus palmeri* en cultivo de maíz In: *XVIII Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*. Mérida (España), p. 69-74.
- Pueyo, J.; Cirujeda, A.; Aibar, J.; Marí, A.I.; Zaragoza, C. & Pardo, G. (2018) - *Descripción de la especie invasora: Amaranthus palmeri S. Wats.* Información técnica 3/2018. Centro de Sanidad y Certificación Vegetal, Gobierno de Aragón. https://www.aragon.es/documents/20127/674325/3_2018_PALMERI.pdf/deb881ce-b02f-8199-f97e-768c9b7e0c14
- R Core Team (2020) - *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [cit. 2020.12.17]. <http://www.R-project.org/>
- Torra, J.; Montull, J.M.; Calha, I.M.; Osuna, M.D.; Portugal, J. & de Prado, R. (2022) - Current Status of Herbicide Resistance in the Iberian Peninsula: Future Trends and Challenges. *Agronomy*, vol. 12, n. 4, art. 929. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040929>