

Primer reporte de *Amaranthus hybridus* con resistencia a Fomesafen en Argentina.

Eduardo Cortés, Marcos Mitelsky, Alejandro Bagnolo, Ignacio Dellaferrera

Introducción

El uso repetido de herbicidas con el mismo modo de acción selecciona individuos resistentes o poco sensibles dentro de las poblaciones de malezas y reduce significativamente la eficacia del control de un herbicida en particular (Gressel y Segel 1990). A nivel mundial existen actualmente 513 casos de malezas resistentes a herbicidas de las cuales 38 denuncias son a inhibidores de PPO y dentro de estas denuncias, 26 son a Fomesafen. Las malezas con resistencia confirmada a este activo son: *Amaranthus tuberculatus*, *Amaranthus palmeri*, *Amaranthus retroflexus* y *Amaranthus hybridus* (Heap, 2022).

Estado actual de la especie en Argentina

En Argentina, se han descrito 27 especies de *Amaranthus*, de las cuales nueve son consideradas malezas de cultivos (Marzocca, 1993). De todas ellas, ya en 2005, Faccini y Vitta consideraban a *Amaranthus hybridus* L. (Smooth pigweed) como una de las principales malezas en cultivos de verano. En la actualidad esta maleza está presente en aproximadamente 13 millones de hectáreas (figura 1).

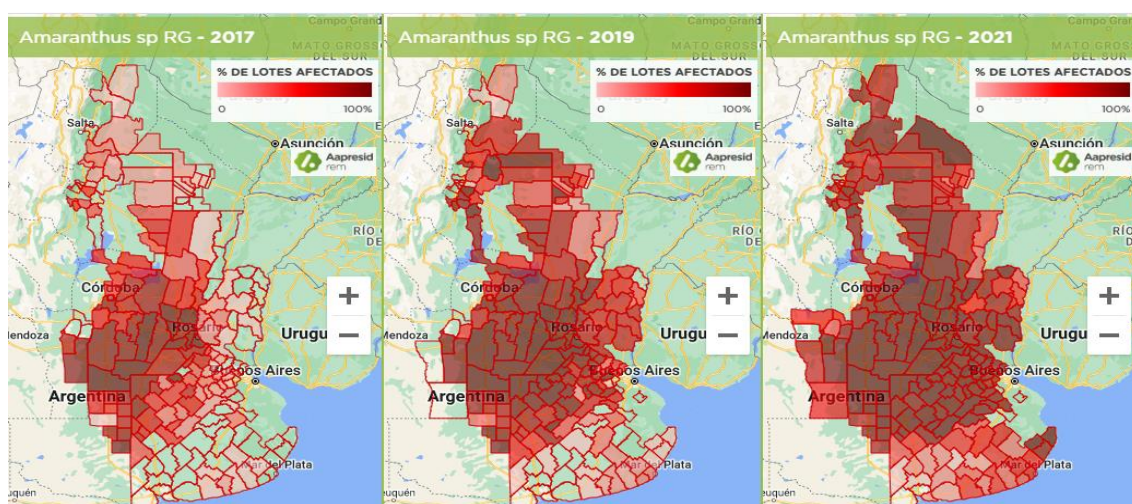


Figura 1: departamentos con presencia de *Amaranthus hybridus* resistente a glifosato en Argentina (REM 2022)

Amaranthus hybridus (syn. of *A. quitensis*) es una hierba anual con tallos erectos de hasta dos metros de altura, su inflorescencia se encuentra en forma de panícula terminal (Belgrano et al. 2008). Las plantas adultas, luego de la floración, adquieren coloración rojiza en tallos e infrutescencias, que le valieron el nombre vulgar de “yuyo colorado” (Carrizo e Isasmendi 1998).

Su abundancia en los sistemas agrícolas es justificada parcialmente por la fecundidad y longevidad de sus semillas (Faccini y Vitta 2005); la especie posee un metabolismo C4 y logra su óptima tasa fotosintética entre 30 y 40°C aun así es capaz de crecer con bajas intensidades de luz (Patterson 1976) y por tanto desarrollarse entre los cultivos establecidos. Una planta vigorosa puede producir hasta 100.000 semillas y estas tienen un poder germinativo de hasta un 60% (Faccini y Vitta 2005).

Aún en plantas creciendo entre el cultivo de soja se ha estimado que la producción de semillas es levemente inferior a la de una planta creciendo aislada (Vázquez, 2019; Cortés, Dellaferrera 2019). Estas características permiten que, si una planta no es controlada por un herbicida en particular, será capaz de dejar una enorme cantidad de descendencia la cual es altamente probable que posea la característica de baja sensibilidad que poseía la planta madre.

En nuestro país, en 1996 se encontraron los primeros biotipos de resistentes a herbicidas inhibidores de ALS, siendo esta la primera cita de resistencia en Argentina (Heap 2018). En el 2013 se detectó la resistencia a Glifosato (Bulacio et al 2013), pero en el 2014 otros investigadores determinaron la resistencia múltiple a Glifosato e Imidazolinonas (Belluccini y Ustarroz 2014). La última denuncia fue en el año 2016, en la cual se detectó la resistencia a herbicidas hormonales como 2,4-D y Dicamba y la resistencia múltiple de estos últimos y glifosato (Dellaferrera et al, 2018).

Metodología del trabajo

En 3 poblaciones de *A. hybridus* cosechadas en el año 2021 en lotes próximos a la localidad de Esperanza se determinó la sensibilidad a Fomesafen (Flex 25%p/v) mediante ensayos de dosis respuesta, como así también la supervivencia a la dosis de uso de las distintas poblaciones a campo, y se determinó además la sensibilidad de la descendencia.

Se evaluaron además poblaciones a campo entre los años 2015 y 2021 donde se realizaron aplicaciones de dosis de campo a poblaciones de las localidades de: Devoto, San Francisco y Freyre (provincia de Córdoba) y Esperanza y Rafaela (provincia de Santa Fe).

Mediante ensayos de dosis respuesta en laboratorio se determinó la sensibilidad de poblaciones de *Amaranthus hybridus* de semillas cosechadas entre 2009 y 2021 de las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe.

Resultados

Evaluación de sensibilidad de tres poblaciones de *Amaranthus hybridus*.

De las tres poblaciones evaluadas la Ah01 es la más sensible mientras que Ah 25 y Ah36 requieren 2,1 y 6,8 veces más herbicida que la primera para reducir el peso en un 50%; así también, Ah 25 y Ah36 requieren 2,6 y 11,6 veces mayor dosis herbicida que Ah01 para reducir en un 50% el número de individuos, esto indica una clara diferencia de sensibilidad entre las poblaciones (Figura 2, Cuadro 1 y 2).

La población Ah36 presentó individuos que sobrevivieron a dosis de 2400 ml /ha de Fomesafen, estos individuos produjeron descendencia que sobrevive a la dosis de uso.

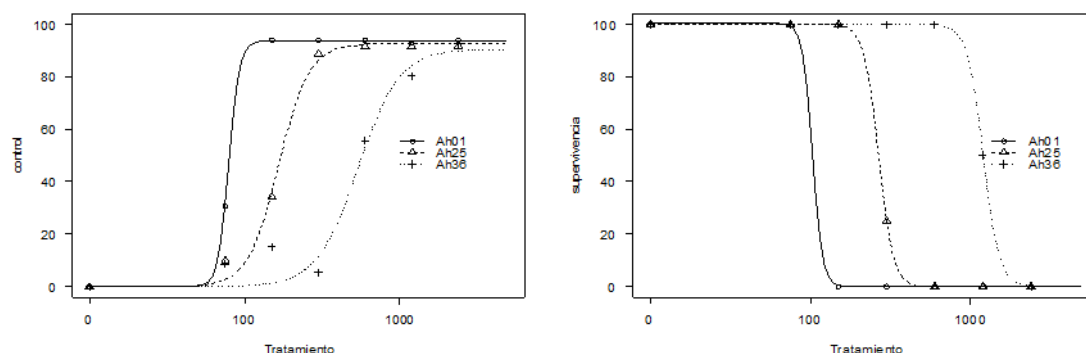


Figura 2: (izquierda) control de biomasa de biotipos de *Amaranthus hybridus* con incremento de dosis de Fomesafen; (derecha) supervivencia de biotipos de *A. hybridus* con incremento de dosis de Fomesafen.

<i>Población</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>GR₅₀</i>	<i>se</i>	<i>Factor</i>	<i>p-value</i>	<i>GR₅₀</i>	<i>se</i>
Ah01	-12,55	93,81	79,42	30,87	1	0.0081	88,70	100,66
Ah25	4,44	92,67	166,29	14,65	2,09	<0.0001	227,26	43,04
Ah36	-3,27	90,65	540,50	92,16	6,80	<0.0001	826,20	358,98

Cuadro 1: Parámetros de regresión de dosis-respuesta basados en peso fresco de tres biotipos de *Amaranthus hybridus*

<i>Población</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>GR₅₀</i>	<i>se</i>	<i>Factor</i>	<i>p-value</i>	<i>GR₅₀</i>	<i>se</i>
Ah01	14,10	100,51	103,68	39,49	1	0.0111	114,39	45,44
Ah25	9,62	100,12	267,57	91,78	2,58	<0.0051	309,05	29,34
Ah36	8,76	100,04	1199,87	59,47	11,57	<0.0001	1405,68	885,80

Cuadro 2 Parámetros de regresión de dosis-respuesta basados en supervivencia de tres biotipos de *Amaranthus hybridus*

Pérdida de sensibilidad en ensayos a campo entre 2015 y 2021

En ensayos de campo en el año 2015, Cortés y colaboradores reportaron a los 30 días de evaluados controles entre 92 y 98% con Fomesafen sobre “yuyo colorado” realizados en Devoto (Córdoba) y Rafaela (Santa Fe). En 2017, con otros biotipos de *Amaranthus* se registraron valores de eficacia de control de 53% (San Francisco, Córdoba). En la campaña 2019, en las localidades de San Francisco y Freyre (provincia de Córdoba) los experimentos arrojaron controles del 70% a los 30 días de evaluados. En Esperanza (Santa Fe) los ensayos con este herbicida no superaron el 80% de control ese mismo año. Por último, en los ensayos del año 2021 en San Francisco (Córdoba) y Esperanza (Santa Fe) las aplicaciones con Fomesafen a dosis de campo arrojaron controles promedios de 60% y 80% respectivamente.

Pérdida de sensibilidad en ensayos de laboratorio entre 2009 y 2020

La sensibilidad a Fomesafen en los biotipos de *Amaranthus hybridus* disminuyó de 2009 a 2020. Los biotipos de 2009 mostraron una sensibilidad uniforme con dosis letales (DL50) entre 19 y 27 g ia* ha (174 y 106 ml/ha respectivamente). En 2019 la sensibilidad se redujo y solo una población mantenía una sensibilidad similar a los anteriores, 5 poblaciones presentaban

DL50 entre 37 y 149 y 389 ml/ha (97 g ia*ha-1) y en un caso la dosis necesaria para controlar al 80% de los individuos fue superior a la dosis de uso (1125 ml/ha, 281 g ia*ha-1). En biotipos recolectados en 2020 se apreció nuevamente otra reducción en la sensibilidad media requiriendo dos biotipos 259 y 292 1034 y 1166 ml/ha g ia*ha-1 respectivamente para controlar al 80% de los individuos.

Conclusiones

La población evaluada de *A. hybridus* de la localidad de Esperanza (Ah36) cumple con todos los criterios para ser considerada resistente al herbicida Fomesafen.

Se observa que a medida que se incrementaba la fecha de evaluación se reduce la sensibilidad en algunas poblaciones de *A. hybridus* a Fomesafen, tanto en laboratorio como a campo.

Algunas de las otras poblaciones de *A. hybridus* evaluadas tanto a campo como en laboratorio no son controladas a la dosis de uso normal, por tanto, son candidatas a ser consideradas también, resistentes al herbicida Fomesafen.

Bibliografía

Belgrano MJ, Morrone O, Zuloaga FO, Instituto de Botánica Darwinion (San Isidro A, Missouri Botanical Garden. (2008) Catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur: (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). St. Louis, Mo., U.S.A.: Missouri Botanical Garden Press. 3 v. (3348 p.) p

Carrizo J, Isasmendi S (1998) Flora del valle de Lerma: Amarantaceae. Aportes Botánicos Salta

Casado C, Osuna MD, De RP (2003) Evaluation of resistance in *Amaranthus quitensis* Kunth populations to imazethapyr and other imidazolinones. *Commun Agric Appl Biol Sci* 68:323–329

Culpepper AS (2006) Glyphosate-Induced Weed Shifts. *Weed Technol* 20:277–281

DellaFerrera, Ignacio; Cortés, Eduardo; Panigo, Elisa; De Prado, Rafael; Christoffoleti, Pedro; Perreta, Mariel First Report of *Amaranthus hybridus* with Multiple Resistance to 2,4-D, Dicamba, and Glyphosate. *Agronomy*; Lugar: Basel; Año: 2018 vol. 8 p. 1 - 8

Faccini D, Vitta JI (2005) Germination characteristics of *Amaranthus quitensis* as affected by seed production date and duration of burial. *Weed Res* 45:371–378

Gressel, J., & Segel, L. A. (1990). Modelling the Effectiveness of Herbicide Rotations and Mixtures as Strategies to Delay or Preclude Resistance. *Weed Technology*, 4(1), 186-198. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00025215>

Heap IM (2022) The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. [weedscience.org](http://weedsscience.org)

Montero Bulacio N, Lescano MC, Permingeat H, Tuesca D (2014) Evaluación de la sensibilidad a glifosato en distintos biotipos de *Amaranthus hybridus* L. (yuyo colorado). Abstr XVI Congr Soc Biol Rosario:82

Netto AG, Nicolai M, Carvalho SJP, Borgato EA, Christoffoleti PJ (2016) Multiple resistance of *Amaranthus palmeri* to ALS and EPSPSs inhibiting herbicides in the state of Mato Grosso, Brazil. *Planta Daninha* 34:581–587

Patterson DT (1976) C₄ Photosynthesis in Smooth Pigweed. *Weed Sci* 24:127–130

Tardif FJ, Rajcan I, Costea M (2006) A mutation in the herbicide target site acetohydroxyacid synthase produces morphological and structural alterations and reduces fitness in *Amaranthus powellii*. *New Phytol* 169:251–264

Ustarroz, D.; Belluccini, P.; 2014. En: Resistencia múltiple de *Amaranthus hybridus* (ex *quitensis*) a glifosato e imazetapir. - INTA – Centro Regional Córdoba.

Tuesca D, Nisensohn L (2001) Resistance of *Amaranthus quitensis* to imazethapyr and chlorimuron-ethyl. *Pesqui Agropecuária Bras* 36:601–606

REM. 2022. Red de manejo de plagas. AAPRESID.

Vázquez 2019. Evaluación del potencial reproductivo, biología y forma de crecimiento en biotipos de *Amaranthus hybridus* con resistencias combinadas a glifosato, 2,4-D y Dicamba. tesina de grado Ediciones UNL.