

Panicum dichotomiflorum, una amenaza emergente en el cultivo del maíz español

Con dos casos de resistencia a herbicidas hasta la fecha, se hace necesario un control integrado

Germán Mora Marín¹, José María Montull¹, Josep María Llenes², Joel Torra¹.

¹ Grupo de Malherbología y Ecología Vegetal. Dpto. Hortofruticultura, Botánica y Jardinería. Agrotecnio. Universidad de Lleida.

² Unidad de Malherbología. Dpto. de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural. Generalitat de Catalunya.

En los campos agrícolas de todo el mundo, la lucha constante por proteger y maximizar los rendimientos de los cultivos es una batalla que afrontan técnicos, investigadores y agricultores, día tras día. En este contexto, las “malas hierbas” compiten con los cultivos por los nutrientes, el agua y la luz solar, además de llegar a proporcionar un hábitat para plagas y enfermedades, así como una disminución en la calidad de la cosecha (contaminación). Una de estas malas hierbas es *Panicum dichotomiflorum*, la cual está demostrando una alta resistencia a los herbicidas y se puede convertir en un problema para este cultivo.



En los cultivos extensivos (maíz, trigo, arroz y soja), base de la alimentación humana y claves en la seguridad alimentaria en diferentes regiones del planeta, se estima que las malas hierbas causan pérdidas en torno al 34% de la producción global, y los gastos asociados a su control oscilan entre 116.000 y 129.000 millones de euros anuales (Moragues *et al.* 2005), hecho preocupante toda vez si se tienen en cuenta las proyecciones demográficas al alza de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en las que se calcula que la población humana será de 8.500 millo-

nes en 2030 y 9.700 millones en 2050. Esto nos obliga, desde ya, a ser más eficientes dado que la demanda de alimento será mayor.

El cultivo del maíz en España

El maíz (*Zea mays* L) es uno de los grandes cultivos extensivos en España, destinado principalmente a la elaboración de pienso en el sector pecuario. Según datos de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (Esyrce) en el año 2022 se cultivaron 306.605 hectáreas destinadas a cereal de grano; con producciones nacionales medias de 13.849 kg/ha en regadío y 9.467 kg/ha en secano, además de 91.666 ha destinadas a forraje. Estas áreas se cultivan bajo los sistemas de regadío (96,7%) y secano (2,3%). Las CC.AA. con las mayores áreas sembradas de maíz son: Castilla y León (30,3%), Aragón (17%), Cataluña (8,7%) y Extremadura (6%).

Malas hierbas y la resistencia a herbicidas

Son diversos los escenarios que aumentan el impacto de las malas hierbas en los cultivos, entre ellos tenemos la evolución de la resistencia a herbicidas, entendiéndose ésta como “la respuesta adaptativa de las

poblaciones de malas hierbas a la presión de selección ejercida por aplicaciones persistentes de herbicidas con el mismo modo de acción” (Neve *et al.* 2009), y que seleccionan fenotipos que pueden sobrevivir a dosis superiores de las recomendadas en la etiqueta. Por otra parte, el cambio climático y calentamiento global, con condiciones de temperatura y concentraciones de CO₂ más elevadas, favorecen el desarrollo y establecimiento de especies C4 respecto a las C3, debido a la mayor eficiencia en la fijación del carbono.

La mayoría de las especies de plantas C4 pertenecen a la familia de las Poáceas (gramíneas), como el caso de *Panicum dichotomiflorum* (Pandi), originaria de América del Norte. Pandi es una planta alóctona en España, anual, que crece principal-

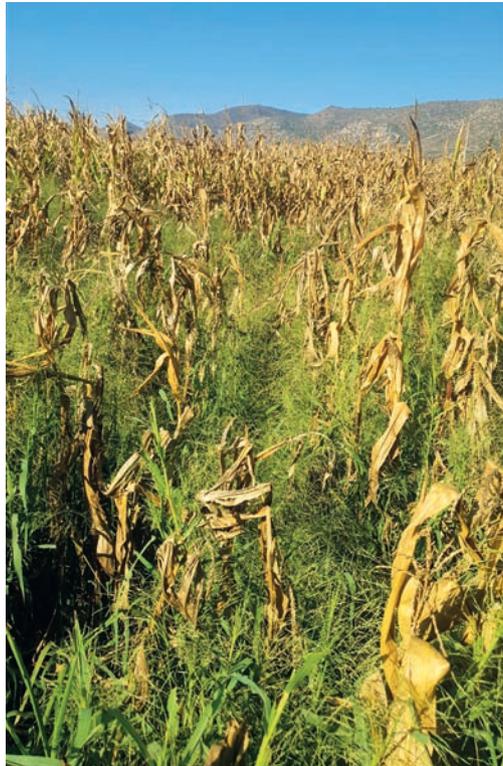


Foto 1. Campo de maíz en Gerb, invadido por *Panicum dichotomiflorum*.

mente en lugares húmedos o encharcados, como riberas de río, canales, humedales y cada vez es más común en los campos de maíz. Su biología incluye una rápida tasa de crecimiento (altura), adaptación a diversos suelos y una capacidad prolífica para producir semillas (100.000) que la hacen competitiva en los lugares donde logra establecerse (Odero *et al.* 2016).

Cifras de la resistencia a herbicidas

A nivel mundial, se han descrito 523 casos únicos de malas hierbas resistentes a herbicidas, en 269 especies, desarrollando resistencia a 21 de los 31 sitios de acción de herbicidas conocidos y a 167 herbicidas diferentes (Heap, 2023). En España, incluido el

OFRECE LA MEJOR VISIBILIDAD Y MANIOBRABILIDAD DEL MERCADO

MF-5S | 105-145 CV

TRANSMISIÓN Dyna-4 o Dyna-6

BAJOS COSTES DE MANTENIMIENTO MF CONNECT



reddot winner 2022



BORN TO FARM

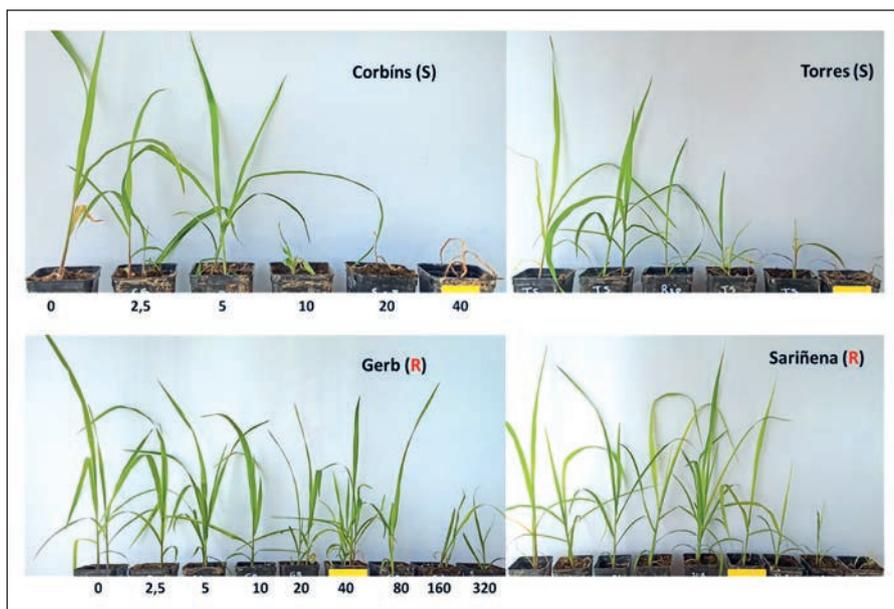


Foto 2. Ensayo de dosis-respuesta en Pandi. La barra de color amarillo indica la dosis comercial expresada en g i.a ha⁻¹.

primer caso de resistencia a herbicidas, reportado hace 42 años en Pandi, hasta la fecha, se han descrito 67 casos, 41 de ellos se encuentran indexados en la Base de Datos Internacional sobre Malas Hierbas Resistentes a Herbicidas. Esta resistencia a herbicidas ha evolucionado en 38 especies de malas hierbas (Torra *et al.*, 2022).

Casos descritos de resistencia a herbicidas en Pandi

Hasta la fecha se han registrado dos casos de resistencia a herbicidas en Pandi. El primero fue reportado en España en 1981, en campos de maíz localizados en Lleida, con aplicaciones recurrentes de atrazina (grupo HRAC 5, triazina, inhibidores de la fotosíntesis PII-Serina 264). Es de resaltar que este ingrediente activo está prohibido desde 2016 en la Unión Europea. En este estudio se determinó como mecanismo implicado, el metabolismo de la atrazina (mecanismo no ligado a la diana herbicida) a través de la conjugación de glutatión y cisteína (De Prado *et al.*, 1995).

El segundo reporte data de 2019, en Wisconsin (EE.UU.), en poblaciones

procedentes de campos de maíz dulce e historial de uso de nicosulfuron (HRAC 2, sulfonilurea, inhibidores de la acetolactato sintasa -ALS-). En ensayos de dosis-respuesta se observaron altos niveles de resistencia, sobreviviendo a tasas >254 g i.a ha⁻¹, 8 veces más que la dosis de campo evaluada. Los estudios moleculares posteriores, indicaron que el mecanismo implicado en la resistencia se debía a una mutación en una copia del gen (mecanismo ligado a la diana), lo que resultó en una sustitución del aminoácido Asp-376-Glu (Nunes *et al.*, 2022).

Caso de estudio: Pandi en Cataluña y Aragón

En el verano de 2022, se recibieron reportes por parte de la Unidad de Malherbología de la Generalitat de Cataluña, y de miembros del Grupo de Investigación en Malherbología y Ecología Vegetal de la Universidad de Lleida, sobre fallos en el control químico de poblaciones de Pandi, localizadas en Gerb (Lleida) en Cataluña (foto 1) y Sodeto (Huesca) en Aragón, respectivamente, procedentes de campos de maíz con historial de uso frecuente de nicosulfuron. Este hecho no es de extrañar

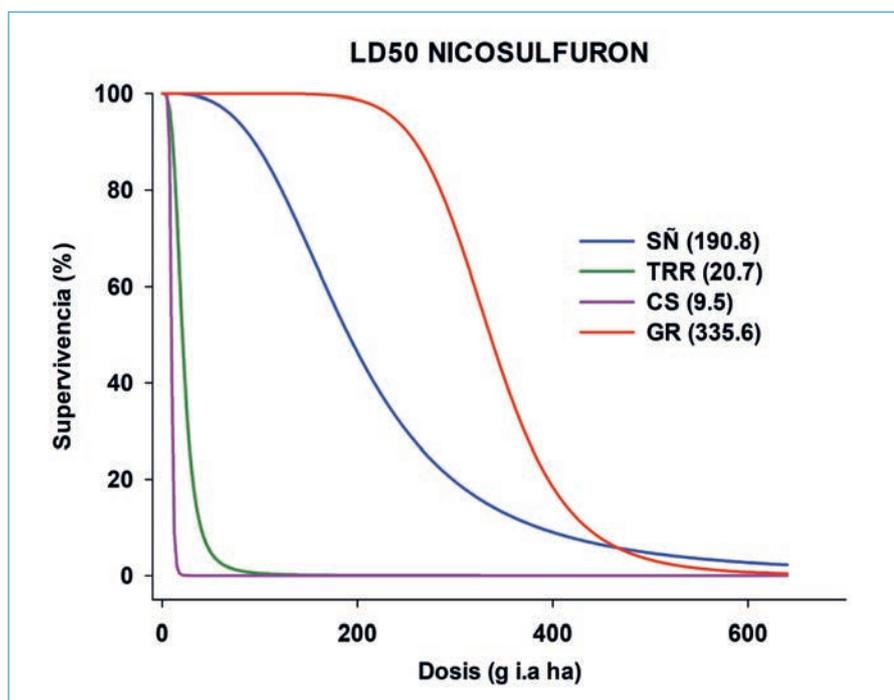
dada la relativa facilidad con la que las malas hierbas desarrollan resistencia a los inhibidores de la ALS, siendo el sitio de acción herbicida con más casos reportados, ya que del total de reportes (523), 172 corresponden a herbicidas de este grupo químico, equivalente al 32,8%, muy superior al segundo en el ranking: inhibidores del PSII, con 16,6% (Heap, 2023).

En los invernaderos del campus de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agroalimentaria y Forestal y de Veterinaria de (ETSEAFIV) de la Universidad de Lleida se realizaron estudios dosis-respuesta (foto 2) para evaluar el comportamiento de las poblaciones catalogadas como resistentes, frente a nicosulfuron (4% - 40 g/l, sulfonilurea), con dosis comprendidas entre 0 y 320 g i.a ha⁻¹ y de 0 a 40 g i.a ha⁻¹ para las poblaciones sensibles (S), procedentes de Corbins y Torres de Segre, en Cataluña. Estas plantas fueron tratadas con 4 a 5 hojas verdaderas (BBCH: 14 - 15). A los 28 días después del tratamiento (DAT), se evaluó el porcentaje de supervivencia y el peso para determinar las dosis de herbicidas necesarias para reducir la biomasa (GR50) y causar la mortalidad (LD50) del 50% de la población de malas hierbas, además de los factores de resistencia (FR) asociados a estos parámetros.

En este ensayo se evidenció que el nicosulfuron no logró controlar eficazmente (LD50) las poblaciones de Pandi, mostrando altos niveles de resistencia (figura 1), siendo esta mayor en Gerb, con valores de 335,6 g i.a ha⁻¹ (FR: 35.2), que en Sodeto con 190,8 g i.a ha⁻¹ (FR: 20); es decir, requerían 8,4 y 4,8 veces la dosis de comercial de campo, respectivamente. Un comportamiento similar se observó para el parámetro de GR50, con FR de 36,3 y 22,3, respectivamente. Estos valores fueron contrastados frente a las poblaciones sensibles (cuadro I).

La resistencia a herbicidas a menudo se debe a sustituciones de aminoácidos

FIG. 1 Curva de dosis–respuesta. Entre paréntesis aparecen los valores de LD50, expresados en g i.a ha⁻¹. SÑ: Sodeto, TRR: Torres de Segre, CS: Corbins, GR: Gerb.



(mutaciones) en el sitio objetivo donde se acopla la molécula del herbicida a enzimas o receptores, impidiendo de este modo, su unión o interacción eficaz, reduciendo el efecto herbicida y por ende la supervivencia de la mala hierba (Murphy y Tranel, 2019). Por ello, actualmente se están llevando a cabo estudios moleculares y complementarios, con las plantas supervivientes a nicosulfuron, con el objetivo de dilucidar el mecanismo implicado en la resistencia. De momento se estudia la presencia, o no, de las ocho mutaciones conocidas (Ala-122, Pro-197, Ala-205, Asp-376, Arg-377, Trp-574, Ser-653 y Gly-

654), que confieren resistencia en el sitio objetivo a inhibidores de la ALS (Murphy y Tranel, 2019).

Conclusiones generales

En resumen, estamos frente a una especie de mala hierba, en un cultivo (maíz) sensible para la agricultura nacional, claramente resistente a herbicidas (nicosulfuron), por lo cual es importante entender la resistencia y el origen de la misma para poder desarrollar estrategias de manejo sostenibles que ayuden a minimizar las pérdidas de producción y el impacto en

el medio ambiente, preservando así la efectividad de los herbicidas disponibles. Cada vez son menos las materias activas autorizadas (aspectos regulatorios) y además esta especie es parcialmente tolerante a las triquetonas (inhibidores de la HPPD), muy usadas para el control de malas hierbas en el cultivo del maíz.

Por todo esto, si estas herramientas no son manejadas correctamente, aumentarán los casos de resistencia al ejercer una mayor presión de selección por el uso recurrente de otros sitios de acción, toda vez que hay menos opciones en el mercado, sobre todo para su control en post-emergencia. Ante este escenario, es imperativo un enfoque de gestión integrada de malas hierbas, que combinen programas de herbicidas adecuados (rotación o mezcla de sitios de acción diferentes) con estrategias no químicas y culturales. ■

NOTAS DEL AUTOR

Trabajo de investigación en curso (tesis doctoral de Germán Mora - Universidad de Lleida).

BIBLIOGRAFÍA

- De Prado, R., Romera, E., & Menendez, J. (1995). Atrazine Detoxification in *Panicum dichotomiflorum* and Target Site *Polygonum lapathifolium*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 52(1), 1-11. <https://doi.org/10.1006/pest.1995.1025>
- Heap, I. (2023). The international survey of herbicide resistant weeds. Online. 12 de septiembre de 2023. www.weedscience.org.
- Moragues, E. i Rita, j., (2005). Els vegetals introduïts a les Illes Balears. Col·lecció Documents Tècnics de Conservació, II època, núm. 11. Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears.
- Murphy BP, Tranel PJ. Target-Site Mutations Conferring Herbicide Resistance. *Plants* (Basel). 2019 Sep 28;8(10):382. doi: 10.3390/plants8100382. PMID: 31569336; PMCID: PMC6843678.
- Neve, P, Vila-Aiub, M., and Roux, F. (2009). Evolutionary-thinking in agricultural weed management. *New Phytol.*184:783-793
- Nunes, J. J., Raiyemo, D. A., Arneson, N. J., Rosa, A. T., Tranel, P. J., & Werle, R. (2022). Target site resistance to acetolactate synthase inhibitors in a fall panicum (*Panicum dichotomiflorum* Michx.) accession from Wisconsin and its response to alternative herbicides. *Weed Technology*, 36(1), 48-55. <https://doi.org/10.1017/wet.2021.104>
- Odero, D., Duchrow, M. and Havranek, N. (2016). Critical timing for autumn panicum (*Panicum dichotomi-florum*) removal in sugarcane. *Weed Technology*, 30 (1), 13-20. doi:10.1614/WT-D-15-00091.1.
- 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*, 12(4), Art. 4. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040929>.

CUADRO I

VALORES DE GR50 Y LD50 EXPRESADOS EN g i.a ha⁻¹.

Población	GR50		LD50	
	g i.a ha ⁻¹	FR	g i.a ha ⁻¹	FR
Gerb-R	39,9	36,3	335,6	35,2
Sodeto-R	24,5	22,3	190,8	20,0
Torres-S	2,1	1,9	20,74	2,2
Corbins-S	1,1	1	9,54	1,0