



Figura 1. Ejemplar de *Amaranthus palmeri*.

Jordi Recasens

Profesor de
Botánica Agrícola y
Malherbología. ETSEA.
Universidad de Lleida

Amaranthus palmeri. Una seria amenaza de nuestros campos de maíz

Amaranthus palmeri S. Watson es una especie infestante de los cultivos de soja y algodón de la zona meridional de Estados Unidos y norte de México. Su nocividad se ha visto agravada por su alta capacidad competitiva y por su capacidad de desarrollar biotipos con resistencia a distintos herbicidas. En las últimas décadas, esta especie ha mostrado una rápida expansión por otras zonas de América del Norte y por otros países de América del Sur, donde constituye uno de los principales problemas en soja y maíz y, de manera especial, en cultivos transgénicos, donde ha desarrollado biotipos resistentes a glifosato. En el año 2007 se observó la presencia de esta especie en zonas ruderales de Lleida y, de forma más reciente (2016), en varios campos de maíz de las provincias de Lleida y Huesca donde su presencia constituye una seria amenaza para la sanidad de este cultivo. Se cree que su presencia es consecuencia de continuas introducciones a partir de la importación de grano o harina, de maíz o soja, para piensos. Los Servicios de Sanidad Vegetal de las Consejerías de Cataluña y Aragón han elaborado medidas y recomendaciones para su contención y control.

Características botánicas

A. palmeri es una especie anual C4 de gran desarrollo y capacidad competitiva (Figura 1). Esta especie muestra unos rasgos biológicos singulares y distintos de otras especies congéneres. Se trata de una especie dioica -con separación de sexos entre plantas- (Figura 2) (perteneciente al subgénero *Acnida*), a diferencia del resto de *Amaranthus* presentes en nuestra flora, que son monoicas (subgénero *Amaranthus*). La especie puede alcanzar una gran talla -superior a los 2m de altura- dependiendo del ambiente y nivel de recursos disponibles (Figura 3). La planta es prácticamente glabra, con unos tallos erectos, ascendentes y muy ramificados. Las hojas presentan un largo pecíolo y un limbo obovado o rómbico-obovado con un pequeño mucrón en su extremo. La inflorescencia es terminal en forma de largas espigas lineares (de hasta 50 cm), adoptando una forma arqueada en función de su longitud. Las flores femeninas muestran unas brácteas más largas (4-6 mm) que las masculinas (4 mm), y en ambos casos cinco tépalos desiguales (2-4 mm) y con el ápice agudo. La flor masculina presenta cinco estambres. El fruto es ovoide o subgloboso, de 1,5-2 mm, más corto que los tépalos. Las semillas son de color marrón o marón rojizo de 1-1,2 mm y brillantes, más pequeñas que las de otras especies de *Amaranthus*. La fecundidad media se estima en 250.000 semillas por planta, pudiendo superar una fecundidad de 600.000 semillas (Ward y col., 2013). La plántula es de color verde claro, con tonos rojizos, especialmente el hipocótilo; los cotiledones son estrechos y las primeras hojas son ovales, mostrando una emarginación en el ápice donde se presenta el mucrón.

Presencia en España

Su presencia en España ya había sido registrada con anterioridad por algunos autores. Carretero (1986) identifica como *A. palmeri* unos ejemplares de herbario recolectados por Sennen en Manlleu (Barcelona) el año 1925, así como un ejemplar observado por él en la zona portuaria de Sevilla el año 1979. Al describir el género en



Figura 2. *Amaranthus palmeri*. Izquierda pie masculino, derecha pie femenino.

Flora Ibérica (Carretero, 1990), no incluye esta especie en las claves del género *Amaranthus*, argumentando que cree que esta especie tiene pocas posibilidades de naturalización en nuestro país. Posteriormente, se citó su presencia en el puerto de Sevilla (Pastor, 1987) y en Palos de la Frontera (Huelva) (Sánchez Gullón & Verloove, 2009) donde no ha sido reencontrada (F. Bastida, comunicación personal).

En verano de 2007, en compañía del botánico belga Verloove, observamos esta especie en el polígono industrial de la ciudad de Lleida y en otras seis localidades próximas (Verloove & Sánchez Gullón, 2008). En todos los casos, se trataba de la presencia de unos pocos ejemplares en los márgenes de caminos o carreteras, excepto en la localidad de Menàrguens (Lleida), donde era relativamente abundante. Al cabo de pocos años (2012) se observó también una extensa población de esta especie a lo largo de unos centenares de metros en las dos cune-

tas de la carretera N240 en Binéfar (Huesca). Las tres localidades (Lleida, Menàrguens y Binéfar) se corresponden con zonas industriales donde hay un intenso tráfico y empresas dedicadas a la importación de grano y elaboración de piensos. En estas tres poblaciones iniciales se ha confirmado la viabilidad y persistencia del banco de semillas, y la naturalización de la especie en el territorio (Recasens y col., 2019). En un estudio llevado a cabo con estas tres poblaciones (Recasens y col., 2017) se confirma un porcentaje de viabilidad de las semillas entre el 70% y 80% y unos valores de peso de 1000 semillas entre 0,33 y 0,35g, cifra menor que la estimada para *A. retroflexus* (0,39) o *A. powellii* (0,47g). Este menor valor del peso de 1000 semillas de *A. palmeri* se corresponde con su menor tamaño y con una mayor facilidad de dispersión.

A partir de 2018 se observan altas infestaciones de *A. palmeri* en varios campos de maíz en la zona li-

mítrofe entre las provincias de Lleida y Huesca (Figura 4). El año 2019, el número de localidades y campos afectados aumenta de manera significativa en ambas provincias. En Cataluña se estiman en 2018 unas 70 hectáreas de maíz afectadas, y en 2019 más de 200 ha (J.M. Llenes, comunicación personal), todas ellas ubicadas en la parte más occidental de la provincia. En Aragón, por su lado, se localiza la presencia de esta especie en 185 campos, equivalente a un 12% de las parcelas de maíz prospectadas, siendo su presencia en rodales en 42 campos y mostrando una infestación generalizada en 38 más (CSCV-DGA, comunicación personal). Se ha observado también en diferentes cunetas de carreteras (Figura 5) estableciéndose, por ello, una colaboración con diversas administraciones con responsabilidad en carreteras. Esta situación obliga a los Servicios de Sanidad Vegetal de ambas comunidades, a plantear medidas legislativas y recomendaciones para su contención y control. En 2018, el centro de Sanidad y Certificación Vegetal de Aragón publica la ficha de información técnica sobre esta especie con recomendaciones para su control (CSCV, 2018), y el 13 de septiembre de 2019 se publica una Orden a nivel de Cataluña (DOGC núm 7959, de 13 septiembre 2019) (DOGC, 2019) por la que se declara la existencia de *Amaranthus palmeri* y se califica de utilidad pública la lucha contra ella. La especie se incluye también en la lista de especies exóticas de Cataluña (EXOCAT, 2019) y constituye uno de los casos más problemáticos, acaecidos en Cataluña, de especies vegetales invasoras de sistemas agrícolas (Recasens y col., 2020).

De forma más reciente, en otoño de 2019 se observa *A. palmeri* en campos de maíz de la localidad de Torrefresneda (Badajoz) (M.D. Osuna, comunicación personal) y los servicios de sanidad vegetal de Extremadura incluyen esta especie en el boletín de avisos (DGAG, 2020).

Inclusión en la lista EPPO

A raíz de los primeros registros de la presencia de *A. palmeri* en zonas ruderales y campos de cultivo de Lleida (Recasens y Conesa, 2011; Recasens



Figura 3. Altura alcanzada por un pie femenino de *Amaranthus palmeri*.

y col., 2014) y de la información procedente de otros países europeos, la European Plant Protection Organization (EPPO) decide, en 2014, incluir esta especie en su Alert List (EPPO, 2020), lista donde se incluyen aquellas especies que presentan un alto riesgo para la zona EPPO. A partir de nueva información obtenida, esta entidad prevé este año 2020 dar a conocer el estatus actual de esta especie en Europa y publicar una versión actualizada del Pest Risk Assessment a nivel europeo (G. Fried, comunicación personal). Según la EPPO, la especie está presente por distintos países de Europa (EPPO, 2020). Si bien en la mayoría de ellos su pre-

sencia es casual, efímera o puntualmente ligada a ambientes ruderales, en los países mediterráneos (Israel, Italia, Turquía, Grecia y España) está plenamente establecida e incluso en expansión. Cabe mencionar, a su vez, que la EPPO ha dado también a conocer otra especie muy próxima a *A. palmeri* e igualmente invasora y nociva; se trata de *A. tuberculatus*, especie con origen similar a la primera, presente en varios países de Europa de forma esporádica o puntual, incluida España, donde se la ha observado en la zona portuaria de Huelva (Fried, comunicación personal).

Resistencia a herbicidas

A. palmeri puede llegar a desarrollar biotipos con resistencias a herbicidas como terbutilazina, mesotriona, herbicidas inhibidores de la enzima ALS (acetolactato-sintasa) y glifosato. La resistencia a herbicidas inhibidores de la ALS es conocida ya desde la década de los años 90 (Horak and Peterson y col. 1995) y es consecuencia de la mutación de la diana (resistencia denominada *target site*). Estos biotipos resistentes se han localizado en Argentina (Larran y col. 2017), Brasil, Israel y Estados Unidos (Heap, 2020). De manera reciente también en España (Torra y col., 2020). A su vez, también se han dado a conocer (Varanasi y col., 2019) biotipos con resistencia ALS no causada por la modificación de la diana (resistencia "non-target site"). Respecto al mecanismo de resistencia al glifosato, éste consiste en una mutación en la diana donde actúa el herbicida, el enzima EPSPS (5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa), molécula clave en la ruta de biosíntesis de los aminoácidos aromáticos. La primera población de *A. palmeri* resistente a glifosato fue dada a conocer en Georgia (Estados Unidos) en 2006, consecuencia de la presión de selección ejercida por el manejo de los cultivos transgénicos tolerantes a glifosato (RR) (Culpepper y col., 2006). Más tarde, en 2010, se da a conocer un nuevo mecanismo de resistencia a este herbicida no conocido hasta la fecha. Se trata de un mecanismo de amplificación del gen EPSPS que lleva a una sobreexpresión del enzima diana que el herbicida no es capaz de inhibir (Gaines y col., 2010) (Figura 6). Según estos autores, el número de copias del gen EPSPS registradas en algunas poblaciones resistentes se sitúa entre cinco y más de 160 veces. Esta capacidad de desarrollar resistencia alcanza mayor complejidad aún ante la existencia de biotipos con resistencia múltiple, es decir a ambos grupos de herbicidas (inhibidores ALS y glifosato), tal como se ha detectado en varios estados de Estados Unidos. El caso más extremo se ha descrito en Arkansas (EE UU), en 2016, al encontrar poblaciones de esta especie con resistencia múltiple tanto a glifosato (grupo G) como a otros



Figura 4. Infestación de *Amaranthus palmeri* en un campo de maíz cerca de Lleida en 2018.

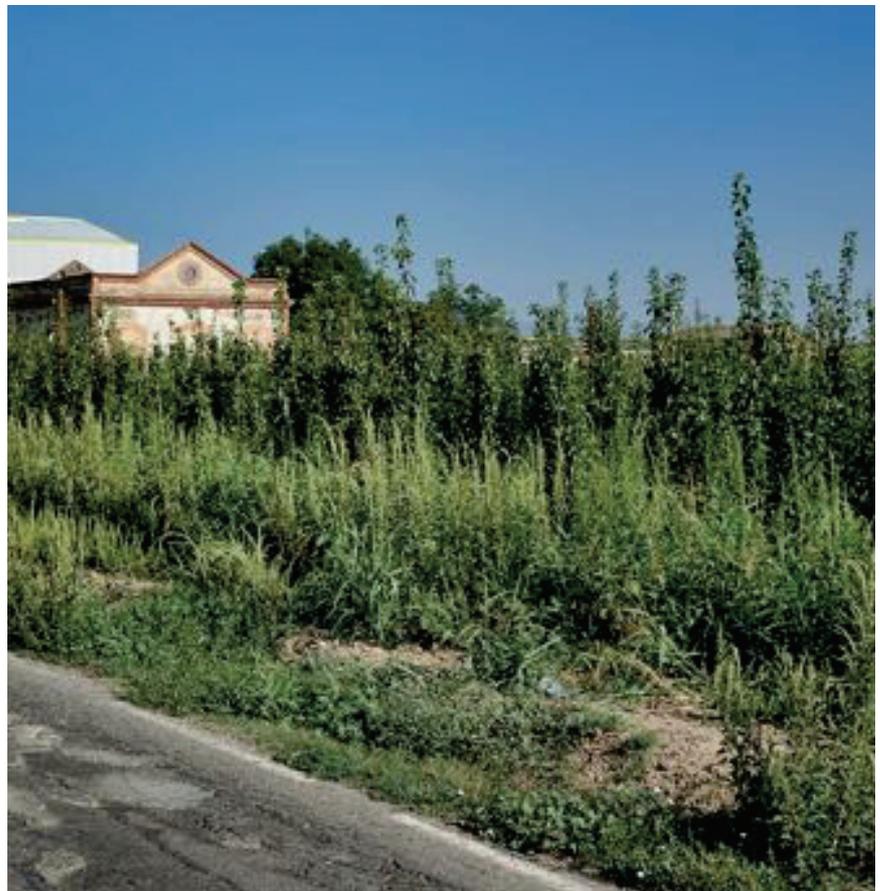


Figura 5. Cuneta de una carretera en la provincia de Lleida con abundante presencia de *Amaranthus palmeri*.

cuatro grupos de herbicidas con distinto mecanismo de acción (grupos B, E, K1, y K3) (Heap, 2020), lo que refleja el enorme potencial de esta especie para desarrollar resistencias a herbicidas. Por si fuera poco, se ha dado a conocer de forma reciente (Palma-Bautista y col., 2019) el primer caso de resistencia a glifosato por mecanismos *Non Target Site* en una población de Argentina presente en cultivos transgénicos, en la que se observó una baja absorción y una imperfecta translocación del herbicida en la planta.

Riesgo y medidas de control

Como hemos comentado anteriormente, esta especie está localizada en áreas concretas de Cataluña y Aragón, afectando de forma preferente campos de maíz. Sin embargo, en 2019 se ha dado a conocer también su presencia en campos de maíz de Badajoz. Este hecho parece confirmar que estamos ante un proceso de introducción simultánea y continuada de esta mala hierba. Su introducción en Cataluña y Aragón no creemos que sea contaminando grano para siembra, dado que el menor tamaño de la semilla de *A. palmeri* resultaría fácil de separar mediante cribado. La contaminación de grano importado destinado a fabricar harinas para piensos o la importación directa de harina contaminada parece ser la causa más factible. La infestación de los campos podría estar relacionada con la pérdida de semillas de *A. palmeri* con el transporte y colonización inicial de cunetas y linderos, o bien con la deyección directa de purín o estiércol con semillas de la mala hierba. No existe certeza absoluta sobre ello. En cualquier caso, debería actuarse de forma rigurosa, estableciendo protocolos rígidos de control y cuarentena del grano importado y de manera especial de control de calidad en la zona de origen.

Las recomendaciones actuales propuestas por los Servicios de Sanidad Vegetal de las respectivas Consejerías de Cataluña y Aragón intentan evitar la proliferación y expansión de esta especie por el territorio. Entre las medidas recomendadas destaca la importancia de limpiar a fondo las

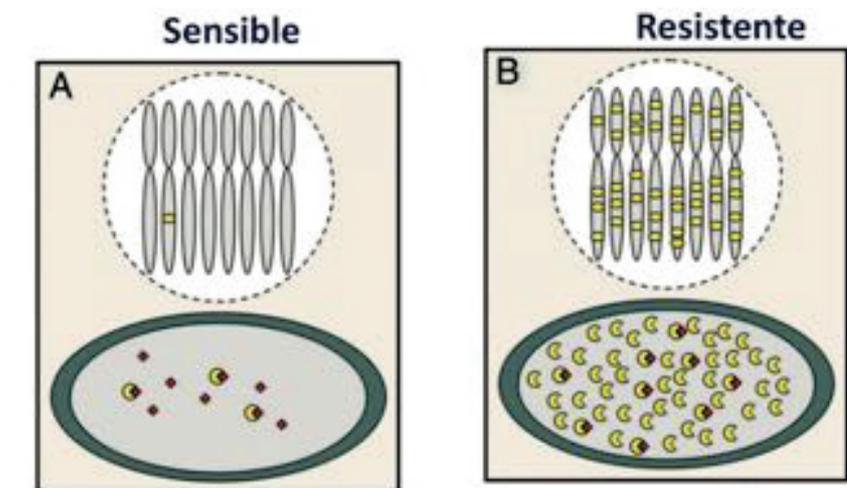


Figura 6. Resistencia al glifosato resultado de la amplificación génica. En una planta sensible (A), el número de copias del gen EPSP (de color amarillo en los cromosomas) produce enzima EPSPS en los cloroplastos que es inhibida por el herbicida glifosato (en rojo) provocando la muerte de la planta. En una planta resistente (B) con amplificación génica del enzima EPSPS presente en varios cromosomas, conlleva un incremento de enzima EPSPS y el glifosato no puede inhibir todo el enzima EPSPS disponible. Tomado de Powless (2010).

cosechadoras tras la siega de campos infestados, cosechando éstos siempre en último lugar, y mantener aislada la carreta con el fin de evitar la pérdida de semillas con el transporte. La limpieza y control de los márgenes de los campos con presencia de esta mala hierba resulta también imprescindible. La Orden publicada en el DOGC en Cataluña obliga a los productores afectados por la presencia de esta especie a notificarla al Servicio de Sanidad Vegetal y a seguir las actuaciones bajo criterio técnico y, de manera especial, evitar sembrar maíz durante 3-4 años.

Aparte de las medidas preventivas para evitar su proliferación, se recomienda tener un adecuado asesoramiento por parte de técnicos de sanidad vegetal con el fin de seguir las prescripciones oportunas y alcanzar un correcto control químico mediante herbicidas. La presencia de biotipos con resistencia a herbicidas inhibidores de la ALS ha sido confirmada, recientemente, en poblaciones de la localidad de Lleida y Huesca (Torra y col., 2020) hecho que obliga a diversificar los herbicidas a aplicar en pre y postemergencia.

La presencia de *A. palmeri* constituye una seria amenaza de nuestros campos de soja y maíz. La situación actual obliga a plantear serias medidas de contención de esta mala hierba invasora. Estas medidas deben estar sometidas a medidas le-

gislativas, tanto a nivel autonómico y nacional como europeo. Los precedentes registrados en otros países acerca de su problemática obligan a estar en máxima alerta, intentando llevar a cabo eficaces medidas de contención y control. Este caso evidencia la necesidad de incluir a las malas hierbas como agentes nocivos de la sanidad vegetal, al igual que plagas y enfermedades, y la necesidad de una similar regulación administrativa del material vegetal objeto de importación.

Agradecimientos

Queremos agradecer la información que nos han aportado Josep M. Llenes (SSV de la Generalitat de Cataluña), Ana I. Marí (CSCV-Diputación General de Aragón), María D. Osuna y Yolanda Romano (CICYTEX Extremadura), Fernando Bastida (Universidad de Huelva), Joel Torra (Universidad de Lleida), Ana Zabalza (Universidad Pública de Navarra) y Guillaume Fried (EPPO) que nos ha permitido obtener una visión actual de la presencia de esta mala hierba en nuestro país y de los distintos mecanismos de resistencia a herbicidas que se conocen para esta especie.

Bibliografía

- Carretero, J. L. (1986). *Amaranthus palmeri* S. Watson en la Península Ibérica. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, **43** (1): 193.
- Carretero, J.L. (1990). *Amaranthus*. En: Castroviejo S. y col. (eds) *Flora Iberica* vol II: Platanaceae-Plumbaginaceae (partim). Ed. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid: 559-569.
- Culpepper, A. S.; Grey, T. L.; Vencill, W. K.; Kichler, J. M.; Webster, T. M.; Brown, S. M.; York, A. C.; Davis, J. W.; Hanna, W. W. (2006). Glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) confirmed in Georgia. *Weed Sci.* 2006, **54**, 620-626.
- CSCV. Centro de Sanidad y Certificación Vegetal. Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. Gobierno de Aragón (2018). Descripción de la especie invasora: *Amaranthus palmeri* S. Wats. *Informaciones Técnicas* 2/2018.
- DGAG Dirección General de Agricultura y Ganadería. Servicio de Sanidad Vegetal. Junta de Extremadura (2020). Boletín Fitosanitario de Avisos e Informaciones electrónico número 5. 24-03-2020. <http://www.juntaex.es/con03/boletin-fitosanitario-de-avisos-e-informaciones>. Con acceso el 12 marzo 2020.
- DOGC (2019). Ordre ARP/172/2019, de 10 de setembre, per la qual es declara l'existència de la mala herba *Amaranthus palmeri* i es qualifica d'utilitat pública la lluita contra aquesta. *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya* núm. 7959, de 13 de setembre de 2019.
- EPPO (2020). EPPO Alert List. www.eppo.int/INVASIVE_PLANTS/ias_lists.htm#AlertList. Con acceso el 10-3-2020. Paris.
- EXOCAT (2019). Exocat, Sistema d'Informació de les Espècies Exòtiques de Catalunya. CREA y Generalitat de Catalunya. Disponible en: <http://exocat.creaf.cat>. Con acceso el 7 de marzo de 2020.
- Gaines, T. A. y col. (2010) Gene amplification confers glyphosate resistance in *Amaranthus palmeri*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **107**, 1029-1034.
- Heap, I. (2020). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponible en: <http://www.weedscience.org/In.asp> (acceso 10 marzo 2020).
- Horak, M. J.; Peterson, D.E. (1995). Biotypes of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and common waterhemp (*Amaranthus rudis*) are resistant to imazethapyr and thifensulfuron. *Weed Technol.* **9**: 192-195.
- 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. Manag. Sci.* **73**: 2578-2584.
- Pastor, J. (1987). *Amaranthus*. En: B. Valdés, S. Talavera & E. F. Galiano (eds.) *Flora vascular de Andalucía Occidental* 1. Ed. Ketres, Barcelona.
- Palma-Bautista C.; Torra J.; García M.J.; Bracamonte E.R.; 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. *J Agr Food Chem* **67**:1052-1060.
- Powles, S.B. (2010) Gene amplification delivers glyphosate-resistant weed evolution. *Proc Natl Acad Sci* **107**: 955-956.
- Recasens, J. (2010) *Amaranthus palmeri*, ¿una nueva amenaza? Boletín de la Sociedad Española de Malherbología n° 62, p. 11.
- Recasens, J.; Conesa, J.A., Royo-Esnal, A.; Torra, J. (2011) *Amaranthus palmeri* en España. ¿Una amenaza inminente? Actas del XIII Congreso de la Sociedad Española de Malherbología 2011, págs. 59-62. La Laguna.
- Recasens, J.; Conesa J.A. (2011). Presencia de la mala hierba *Amaranthus palmeri* en el NE de la Península Ibérica. Una amenaza como potencial invasora de cultivos extensivos de regadío. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* **37**: 129-132.
- Recasens, J.; Baños, A.; Edo, E.; Torra, J.; Royo-Esnal, A. (2014). My name is Palmer Amaranth. I come from America. 4th International Symposium on: Environmental Weeds and Invasive Plants. Proceedings: pg 37. 19-23 Julio 2014. Montpellier (France)
- Recasens, J.; Osuna, M.D.; Royo-Esnal, A.; Torra, J. (2017). *Amaranthus palmeri* S. Watson en Cataluña y Aragón ¿Tres poblaciones con un mismo origen? Actas del XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología 2017, págs. 15-20. Pamplona.
- Recasens, J. (2019). *Amaranthus palmeri* en campos de maíz de Aragón y Cataluña. Cuando la amenaza se convierte en un grave problema. *Vida Rural* **467**: 18-22.
- Recasens, J.; Conesa, J.A.; Juárez-Escario, A. (2020). Las invasiones vegetales en sistemas agrícolas. Retrospectiva de los últimos 40 años en Cataluña. ITEA- Información Técnica Económica Agraria (en prensa, disponible on line).
- Torra, J.; Royo-Esnal, A.; Romano, Y.; Osuna, M.D.; León, R.G.; Recasens, J. (2020). *Amaranthus palmeri* a new invasive weed in Spain with herbicide resistant biotypes. *Agronomy* **2020**, **10**, 993.
- Sánchez-Gullón, E.; Verloove, F. (2009). New records of interesting xenophytes in Spain. II. *Lagasalia* **29**: 281-291.
- Varanasi, V.; Brabham, C.; Korres, N.; Norsworthy, J. (2019). Nontarget site resistance in Palmer amaranth [*Amaranthus palmeri* (S.) Wats.] confers cross-resistance to protoporphyrinogen oxidase-inhibiting herbicides. *Weed Technology*, **33**(2), 349-354.
- Verloove, F.; Sánchez-Gullón, E. (2008). New Records of interesting xenophytes in the Iberian Peninsula. *Acta Botanica Malacitana* **33**: 147-167.
- Ward, S.M.; Webster, T.M.; Steckel L.E. (2013). Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*): A review. *Weed Technology* **27**, 12-27.