

Entendiendo la biología y ecología de *Amaranthus palmeri* para elaborar estrategias de manejo exitosas

Fernando Oreja, F.

Investigador Asociado, Universidad Estatal de Oregon
fernando.oreja@oregonstate.edu

Citar como: Oreja F (2023) Entendiendo la biología y ecología de *Amaranthus palmeri* para elaborar estrategias de manejo exitosas. *Malezas* 10, 28-40.

RESUMEN

Amaranthus palmeri, una planta nativa del desierto de Sonora en el suroeste de Estados Unidos y noroeste de México, ha demostrado una sorprendente adaptabilidad a ambientes agrícolas debido a su tasa de crecimiento diario, eficiencia fotosintética C⁴ y capacidad para capturar agua y nutrientes. Esta planta presenta una alta fecundidad y es dioica, lo que promueve la variabilidad genética y facilita la aparición de resistencia a herbicidas. La simplificación de los sistemas agrícolas y la falta de rotación de cultivos han contribuido al aumento de poblaciones resistentes a herbicidas. Para abordar este problema, se sugieren estrategias de manejo que incluyen rastrojo en superficie, cultivos de servicio, siembras tempranas y modificaciones en la estructura de los cultivos. Además, el uso de herbicidas de contacto puede reducir la tasa de fecundidad y, por lo tanto, la cantidad de semillas en el banco de semillas. Asimismo, se mencionan técnicas de retención de semillas al momento de la cosecha y la importancia de la limpieza de las cosechadoras para evitar la dispersión de semillas.

Palabras clave: dispersión, emergencia, fecundidad, manejo integrado de malezas, supervivencia, yuyo colorado.

ABSTRACT

Amaranthus palmeri, a native plant of the Sonoran Desert in the southwestern United States and northwestern Mexico, has demonstrated remarkable adaptability in agricultural environments due to its high daily growth, C⁴ photosynthetic efficiency, and water and nutrient capture capabilities. This plant exhibits high fecundity and is dioecious, promoting genetic variability and herbicide resistance. The simplification of agricultural systems and a lack of crop rotation have contributed to the increase in herbicide-resistant populations. To address this issue, management strategies are suggested, including crop residues, cover crops, early plantings, and modifications in crop structure. Besides, the use of contact herbicides can reduce fecundity rates and, therefore, the number of seeds in the seed bank. Additionally, seed retention techniques at harvest and the importance of combine cleaning to prevent seed dispersal are discussed.



Keywords: dispersion, emergence, fecundity, integrated weed management, palmer amaranth, survivorship.

INTRODUCCIÓN

Amaranthus palmeri (S.) Watson, es una planta nativa del desierto de Sonora, al sudoeste de Estados Unidos y noroeste de México (Sauer, 1957). Es una zona característica de ambientes poco disturbados con escasez de agua y nutrientes, con una alta variación térmica y mucha radiación. Sin embargo, esta especie no solo ha demostrado una adaptación sorprendente al desierto, sino que también se ha adaptado a distintos entornos agrícolas, donde manifiesta una gran competitividad. Esta gran capacidad adaptativa se debe a sus características propias de crecimiento, reproducción y variabilidad genética, como también al manejo implementado que favoreció su colonización y expansión.

Por un lado, tiene una alta tasa de crecimiento durante el periodo estival aún con altas temperaturas (Wright *et al.*, 1999a). Puede crecer entre 3 y 4 cm por día, debido a su excelente captación de radiación, gracias a la disposición de las hojas (filotaxis) que no se sombrean entre ellas y al diaheliotropismo (Ehleringer & Forseth, 1980), que es la capacidad de orientar las hojas de manera que los rayos del sol incidan siempre de manera perpendicular. Sumado a eso, se trata

de una especie C_4 , lo que la hace altamente eficiente en el uso de la radiación en ambientes con elevadas temperaturas ya que, incluso dentro de las especies C_4 , tiene una alta tasa de fotosíntesis (Ehleringer, 1983). Además, en estudios comparativos con soja, se observó que *A. palmeri* es muy efectiva en la captación de agua y nutrientes, ya que posee raíces largas y finas, alcanzando una mayor profundidad que el cultivo, lo que le permite extraer agua y nutrientes del suelo de manera más efectiva (Wright *et al.*, 1999b).

Por otro lado, tiene alta fecundidad, pudiendo llegar a producir hasta 600.000 semillas por planta cuando crece sin competencia (Keeley *et al.*, 1987) y hasta 211.000 semillas por planta con competencia (Jha *et al.*, 2008). Además, es una planta dioica, lo que significa que posee individuos masculinos y femeninos que requieren polinización cruzada para fecundarse. Esto le otorga una gran variabilidad genética, lo que aumenta la probabilidad de que aparezcan individuos resistentes a herbicidas. A nivel mundial, ya se han registrado 76 poblaciones resistentes a diferentes herbicidas (Figura 1).

En la Argentina, el porcentaje de lotes afectados por yuyo colorado fue creciendo desde el 2019 al 2023 (REM, 2023). Por un lado, la dispersión natural y accidental (maquinaria, semillas) de propágulos favoreció la introducción de *A. palmeri*. Por otro lado, la



simplificación de los sistemas productivos promovió la colonización y la naturalización de la maleza, por la escasa rotación de cultivos, la corta duración de las rotaciones muchas veces sin la inclusión de cultivos de invierno o de servicio e incluso el monocultivo. Esto podría explicarse en parte, en el hecho de que gran parte de los lotes en producción se encuentran en arrendamiento que se renuevan año a año. La rotación de cultivos no sólo incrementa la variabilidad de modos de acción de los herbicidas empleados, reduciendo la presión de selección de poblaciones resistentes, sino que aumenta la interferencia con las malezas, generando condiciones desfavorables para su éxito a lo largo de su ciclo y reduciendo la dependencia de controles químicos (Davis *et al.*, 2012). Sumado a esta simplificación de las rotaciones, se observa una baja adopción de estrategias de manejo integrado (Scursoni *et al.*, 2019).

El concepto de manejo integrado de malezas (MIM) implica la combinación eficiente de medidas de control culturales, genéticas, biológicas y mecánicas, además de herbicidas (Swanton & Wise, 1991). Esta eficiencia se logra a través del ensamble de un conjunto de prácticas de manejo en las que el uso

combinado de ellas tiene un efecto mayor que cada una por separado. El primer paso para diseñar un programa exitoso de MIM es comprender la biología y ecología de las "especies de malezas problemáticas" (Harker & O'Donovan, 2013). Especialmente, entender la dinámica de la población, los patrones de emergencia, la capacidad competitiva, la fecundidad, los mecanismos de dispersión y la persistencia de semillas en el banco, permite diseñar estrategias enfocadas en los estados demográficos o tasas demográficas para lograr un manejo exitoso de la maleza. El desarrollo de estrategias de manejo exitosas no solo reducirá el tamaño del banco de semillas y el crecimiento poblacional a largo plazo, sino que también minimizará el riesgo de promover la resistencia a herbicidas (Norsworthy *et al.*, 2012).

La tabla de vida de *A. palmeri* es similar a la de otras especies anuales que se reproducen de semillas (Figura 2) (Fernandez-Quintanilla, 1988), donde una determinada cantidad de semillas viables presentes en el banco de semillas germinan y emergen según una particular tasa de establecimiento (*Te*), dando como resultado una cantidad definida de plántulas emergidas. En función de una

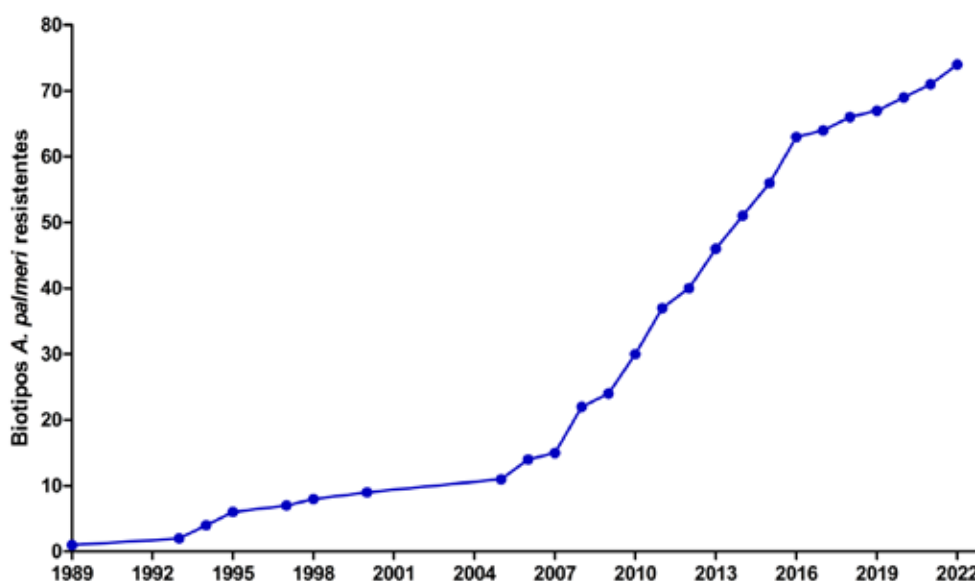


Figura 1. Número de biotipos registrados de *A. palmeri* resistentes a herbicidas en el mundo en función del tiempo (años). Adaptado de Heap (2023),

tasa de supervivencia (T_s) específica sólo algunas de las plántulas emergidas llegarán al estado adulto. La tasa fecundidad (T_f) o reproductiva de las plantas adultas o sea la cantidad de semillas producidas por planta, variará según la disponibilidad de recursos y la habilidad competitiva para capturar los recursos. Por último, una parte de las semillas producidas logrará llegar al banco de semillas del suelo de acuerdo con la tasa de dispersión (T_d) que depende de los vectores o agentes de dispersión capaces de transportar esos propágulos desde la planta madre hacia distintos sitios.

En el caso de *A. palmeri*, se conoce que las temperaturas alternadas (Steckel *et al.*, 2004; Jha *et al.*, 2009) y la luz (Jha *et al.*, 2010) favorecen la germinación en semillas recién dispersadas. En cambio, luego de más de un año de dispersión, en los ambientes enriquecidos en luz rojo-lejana, como puede ser bajo un canopeo de un cultivo cerrado, la germinación de las semillas se inhibe (Jha

et al., 2010). Considerando que las temperaturas alternadas estimulan la germinación de las semillas, se realizó un experimento en la Facultad de Agronomía de la UBA, para evaluar la emergencia de esta especie en dos situaciones, con rastrojo de maíz y sin rastrojo. La presencia del rastrojo redujo la emergencia de *A. palmeri* debido a una reducción en las temperaturas alternadas, relacionada principalmente con la disminución de las temperaturas máximas diarias (Figura 3 izq.). Sin embargo, hay semillas que cubren sus requisitos para germinar aún con menores variaciones en temperaturas, la inhibición de la germinación no es total (Oreja *et al.* 2021). Por lo tanto, se requieren medidas adicionales, además de la presencia del rastrojo, para reducir los niveles poblacionales.

Una medida adicional que ha logrado cierto éxito es el uso de cultivos de servicios. En un experimento realizado en Carolina del Norte (Estados Unidos), se evaluaron dos

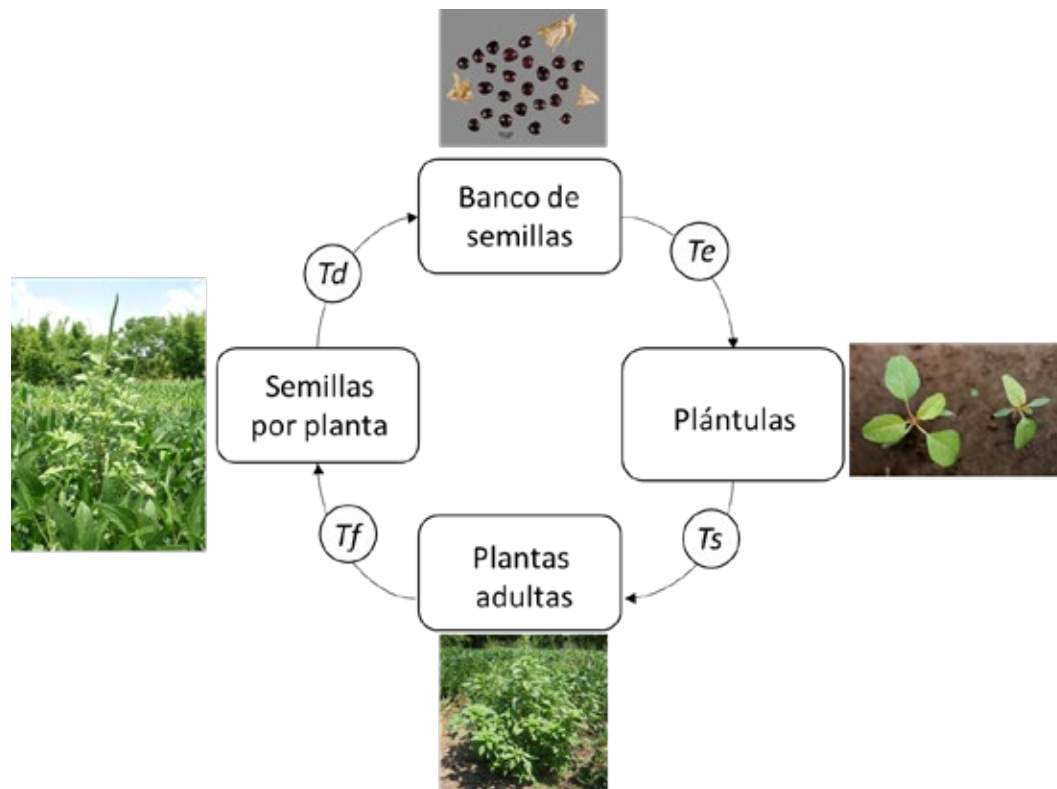


Figura 2. a) Esquema de una tabla de vida de *Amaranthus palmeri*. T_e : tasa de establecimiento, T_s : tasa de supervivencia, T_f : tasa de fecundidad, T_d : tasa de dispersión



SIGMA
AGRO

Volvieron los alquimistas

EL ALQUIMISTA

COMBATIR LAS
MALEZAS
FICIENTEMENTE

Alquimistas

[Sustantivo]

**Expertos en cultivar y preservar la tierra.*

**Siempre en búsqueda de la eficiencia.*



PROTECCIÓN
DE CULTIVOS

Una empresa Argentina
www.sigma-agro.com

factores, por un lado, la presencia de cultivo de servicio centeno terminado en distintos momentos (luego de emergido como control, en macollaje, en inicio de encañazón y en estado de bota) y, por otro lado, la aplicación del herbicida S-metolaclo (con y sin aplicación). A medida que el cultivo de servicio termina más tarde, acumula más biomasa y la cantidad de plántulas emergidas de *A. palmeri* es menor, al punto tal que no hay diferencias con los tratamientos con herbicida (Figura 3b). En este caso, la inhibición de la emergencia de la maleza ocurre por la modificación del ambiente térmico solamente, ya que los residuos del cultivo de centeno no afectan la calidad de luz que reciben las semillas.

Nuevamente, si bien afecta la emergencia, no se logra la reducción total de la emergencia, ya que hay plantas que logran emerger a pesar de tener el cultivo en superficie y la aplicación del herbicida. Por otra parte, debido al pequeño tamaño de las semillas, es necesario que se encuentren en los primeros centímetros del suelo para que germinen y emerjan (Keeley *et al.*, 1987). Por ello, el laboreo del suelo para ubicar las semillas a mayor profundidad, podría ser una alternativa frente a la menor eficacia de los herbicidas debido a la resistencia a herbicidas de



contacto y la falta de control de herbicidas residuales en condiciones ambientales desfavorables posteriores a su aplicación. Sin embargo, esta medida no ubica a todas las semillas del banco en profundidades suficientemente efectivas para inhibir la germinación o favorecer la muerte de plántulas incapaces de alcanzar la superficie con las reservas. Además, en el mediano plazo puede resultar contraproducente ya que, al enterrar las semillas, se reduce la exposición a depredadores, hongos parásitos, temperaturas extremas y ciclos de desecación y rehidratación, aumentando la viabilidad del banco de semillas en el tiempo (Sosnoskie *et al.*, 2010) (Figura 4). Aún logrando un control total de las plantas y sin ingresos nuevos de semillas, laboreos posteriores pueden generar nuevas infestaciones trayendo a la superficie del suelo semillas de profundidades mayores.

Otro aspecto de la ecofisiología de la especie a considerar para su manejo es la dinámica de emergencia. Conociendo este proceso en función de las variables ambientales (*i.e.* temperatura y potencial hídrico) se puede estimar en qué momento del año emerge una determinada proporción de plantas para diseñar e implementar estrategias de control, aumentando la eficiencia de los herbicidas. También permitiría predecir el efecto de determinadas medidas de manejo sobre la tasa de emergencia y por lo tanto sobre dicha dinámica, como por ejemplo, la modificación de la fecha de siembra o el acortamiento de la distancia entre hileras de un cultivo de verano. Debido a que la temperatura base de esta especie es elevada (16,6°C) en comparación con otras malezas primavero-estivales o incluso con otros yuyos colorados (Steimanus *et al.*, 2000), siembras tempranas de cultivos primaveroestivales permiten que el cultivo cubra el suelo antes que las temperaturas ambientales favorezcan la germinación. Esta cobertura del suelo anticipada modifica las condiciones ambientales de una manera similar al efecto de un cultivo de servicio en superficie. En un experimento realizado en Carolina del Sur, Estados Unidos, se observó que la presencia de un cultivo de soja redujo entre un 73 a 76% la cantidad de plantas de *A. palmeri* emergidas

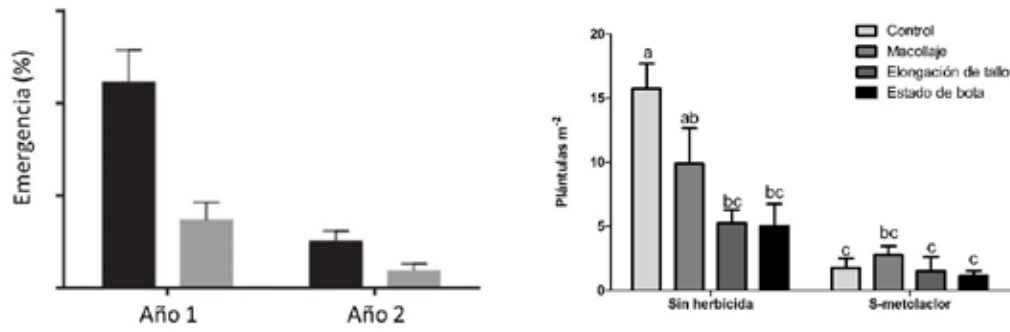


Figura 3. Emergencia de plántulas de *A. palmeri* (%) (izq) en dos años y bajo rastrojo de maíz (barras grises) y sin rastrojo (barras negras) y (der) con un cultivo de centeno terminado luego de la emergencia (control), en macollaje, durante la elongación del tallo y en estado de bota con la aplicación de S-metolacloro y sin el herbicida.

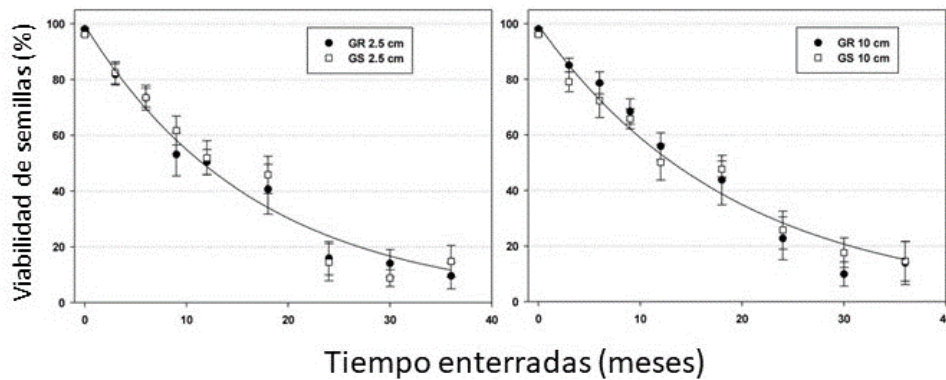


Figura 4. Semillas viables (%) de *A. palmeri* en función del tiempo (meses) enterradas a 1cm y 10cm. Adaptado de Sosnoskie et al. (2013).

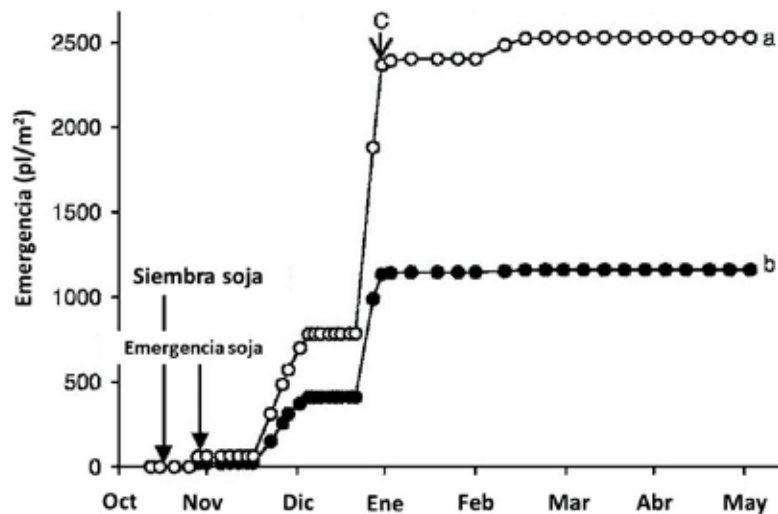


Figura 5. Emergencia (pl/m^2) de *A. palmeri* en función del tiempo (meses del año) bajo distintas situaciones, con y sin la presencia de un cultivo de soja y con y sin un laboreo de primavera previo a la siembra del cultivo. Adaptado de Jha & Norsworsthy (2009).



(Figura 5) a través de una reducción en la alternancia de las temperaturas.

Incluso aquellas plántulas que logran emerger con un cultivo establecido van a encontrar un canopeo cerrado y muy competitivo reduciendo su crecimiento y fecundidad. A medida que las plántulas de *A. palmeri* emergen más tarde en relación a la emergencia del cultivo tienen menor habilidad competitiva, generan menos biomasa y menos cantidad de semilla que aquellas que crecen sin competencia (Figura 6) (Korres *et al.*, 2019; Webster & Grey, 2017). Esta reducción en el crecimiento y en la habilidad competitiva tiene beneficios en el corto plazo, ya que no reduce el rendimiento del cultivo, y tiene beneficios en el largo plazo, ya que reduce la producción de semillas que reingresan al banco de semillas.

De esa manera, a través de distintas estrategias de manejo se va reduciendo la tasa de crecimiento poblacional de la especie (Figura 6). Primero disminuyendo la emergencia a través de la presencia de rastrojo en superficie, luego con la incorporación en la rotación de cultivos de servicio, cultivos de invierno o de la siembra temprana de un cultivo de primavera-verano. A su vez, modificaciones de la estructura de cultivos primavero-estivales que cubren rápidamente el entresurco, con la ayuda de herbicidas residuales, ayudan a reducir el número de plántulas emergidas. Cuando el banco de semillas es muy grande, aún puede haber plantas que logren emerger y en el caso de cultivos que cubran el suelo rápidamente, dichas plantas se encontrarán en desventajas competitivas capturando menos recursos,



Figura 3. (a) Rendimiento (kg ha^{-1}) de soja en función de las semanas de emergencia de *A. palmeri* con respecto al cultivo. Las líneas punteadas indican el rendimiento de acuerdo a un intervalo de confianza del 95%. Adaptado de Korres *et al.* (2018). (b) Biomasa (kg planta^{-1}) de *A. palmeri* en función de la emergencia de la maleza con respecto a la emergencia del cultivo de algodón. (c) semillas de *A. palmeri* (Nro/pl-1) en función de la biomasa producida por planta. Adaptado de Webster & Grey (2015).

afectando su crecimiento y su tasa de fecundidad. En los casos más extremos, se puede afectar inclusive la tasa de supervivencia de dichas plantas. Además de esta ventaja otorgada por el cultivo, el uso de herbicidas de contacto en el momento y tamaño adecuado son una buena herramienta para reducir la tasa de supervivencia de la especie.

Cabe recordar que esta especie, en verano tiene una alta tasa de crecimiento (3 a 4 cm por día), considerando que a partir de los 15 cm estos herbicidas reducen su eficacia, la ventana de aplicación es de unos 3 a 5 días. De todas maneras, estos herbicidas si bien pueden no reducir la tasa de supervivencia, sí reducirán la tasa de fecundidad y por lo tanto el número de semillas que reingresarán al banco de semillas al final de la temporada. Por otra parte, aplicaciones de herbicidas de contacto durante el estado reproductivo de estas plantas pueden reducir la viabilidad de las semillas en formación en las plantas madre, reduciendo así el número de semillas viables producidas.

Por último, la tasa de dispersión, que es el paso entre el estado de semillas producidas por planta y semillas en el banco de semillas del suelo (Figura 2), puede ser afectada a través de la adopción de los destructores de semillas colocados a la cola de la cosechadora. Estos sistemas logran un buen control de semillas de esta especie. En un estudio realizado recientemente para determinar la retención de semillas al momento de la cosecha de soja, observaron que el 100% de las semillas aún se encontraban en la planta al momento de la madurez del cultivo (Figura 7). Sin embargo, estos sistemas aún están en etapas de evaluación en la Argentina,

por lo tanto lo que se puede hacer cuando hay manchones de plantas fructificadas en el lote es reducir la cosecha de esos sectores para evitar la diseminación. Una medida de manejo muy importante para evitar la dispersión de semillas entre lotes y establecimientos es la limpieza de las cosechadoras. Se observó que un 17% de las cosechadoras en tránsito durante la cosecha de trigo en el sur de la provincia de Buenos Aires contenían semillas de *Amaranthus* sp. (Tourn et al., 2013), durante la cosecha de soja estos valores seguramente son mayores.

CONCLUSIONES

Para lograr reducciones en los niveles poblacionales de *A. palmeri* es fundamental implementar un enfoque de manejo integrado de malezas (MIM) que combine medidas culturales, genéticas, biológicas y mecánicas, junto con el uso de herbicidas. Comprender la biología y ecología de esta especie, incluyendo la influencia de factores como la temperatura, la luz y la competencia de cultivos, es fundamental para desarrollar estrategias de control efectivas. El uso de cultivos de servicio puede reducir la emergencia de *A. palmeri* al modificar las condiciones térmicas, pero no garantiza una supresión total. El laboreo del suelo puede ser una medida ocasional adicional, aunque no erradica por completo las semillas y puede aumentar la viabilidad del banco de semillas a largo plazo. En última instancia, el manejo exitoso de *A. palmeri* en la agricultura requiere una aproximación multifacética que considere su biología, su dinámica de emergencia y la competencia de cultivos para mitigar la resistencia a herbicidas y mantener la productividad de los cultivos. «






Bibliografía

- DAVIS AS, HILL JD, CHASE CA, JOHANNIS AM & LIEBMAN M (2012) Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health. *PLoS One* 7 (10) e47149. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047149>.
- EHLERINGER J (1983) Ecophysiology of *Amaranthus palmeri*, a Sonoran Desert summer annual. *Oecologia* 57,107–112.
- EHLERINGER J & I FORSETH (1980) Solar tracking by plants. *Science* 210:1094-1098.
- FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C (1988) Studying the population dynamics of weeds. *Weed Research* 28, 443-447.
- HARKER KN & O'DONOVAN T (2013) Recent weed control, weed management, and integrated weed management. *Weed Technology* 27,1-11.
- HEAP I (2023) The International Herbicide-Resistant Weed Database. Available www.weedscience.org <http://www.weedscience.org>. Acceso: Agosto, 2023.
- JHA P, NORSWORTHY JK, BRIDGES W & RILEY M B (2008) Influence of glyphosate timing and row width on Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) and pusley (*Richardia* spp.) demographics in glyphosate-resistant soybean. *Weed Science* 56,408–415.
- JHA P & NORSWORTHY JK (2009) Soybean canopy and tillage effects on emergence of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) from a natural seed bank. *Weed Science* 57, 644–651.
- JHA P, NORSWORTHY J K, RILEY MB & BRIDGES W (2010) Annual changes in temperature and light requirements for germination of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) seeds retrieved from soil. *Weed Science* 58,426–432.
- KEELEY PE, CARTER CH & THULLEN R J (1987) Influence of planting date on growth of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*). *Weed Science* 35,199–204.
- KORRES NE, NORSWORTHY JK & MAURO MOUSTAKOS A (2019) Effects of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) establishment time and distance from the crop row on biological and phenological characteristics of the weed: implications on soybean yield. *Weed Science*, 67(1), 126-135.
- NORSWORTHY JK, WARD SM, SHAW DR, LLEWELLYN RS, NICHOLS RL, WEBSTER TM ET AL. (2012) Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science* 60,31-62.
- OREJA FH, LENARDIS AE & DE LA FUENTE EB (2021) Crop and stubble effects on seedling emergence of sourgrass, palmer amaranth, wild radish and fleabane. *Crop and Pasture Science* 72(6), 458-466.
- REM (2023) Asociación Argentina de productores en Siembra Directa. <https://www.aapresid.org.ar/rem/malezas>. Acceso: Agosto 10, 2023.
- SAUER JD (1957) Recent migration and evolution of the dioecious amaranths. *Evolution* 11, 11–31.
- SCURSONI JA, VERA ACD, OREJA FH, KRUK BC & DE LA FUENTE EB (2019) Weed management practices in Argentina crops. *Weed Technology* 33(3), 459-463.
- SOSNOSKIE LM, WEBSTER TM, CULPEPPER AS (2013) Glyphosate resistance does not affect Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) seedbank longevity. *Weed Science*, 61(2), 283-288.
- STECKEL LE, SPRAGUE CL, STOLLER EW & WAX L (2004) Temperature effects on germination of nine *Amaranthus* species. *Weed Science* 52, 217–221.
- STEINMAUS SJ, PRATHER TS & HOLT JS (2000) Estimation of base temperatures for nine weed species. *Journal of Experimental Botany* 51:275–286.
- SWANTON CJ & WEISE SF (1991) Integrated weed management: the rationale and approach. *Weed Technology* 5, 657-663.
- TOURN S, DE ULZURRUN PD, PLATZ P, & LASAGA R. (2018) Semillas de malezas en máquinas cosechadoras: presencia, abundancia y modo de eliminación. <https://inta.gob.ar/>. Acceso: Noviembre, 2023
- WEBSTER TM & GREY TL (2015) Glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) morphology, growth, and seed production in Georgia. *Weed Science* 63(1), 264-272.
- WRIGHT SR, COBLE HD, RAPER JR CD & RUFTY JR TW (1999) Comparative responses of soybean (*Glycine max*), sicklepod (*Senna obtusifolia*), and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) to root zone and aerial temperatures. *Weed Science* 47,167–174.
- WRIGHT SR, JENNETTE MW, COBLE HD & RUFTY TW (1999) Root morphology of young *Glycine max*, *Senna obtusifolia*, and *Amaranthus palmeri*. *Weed Science* 47, 706–711.

Estamos
reinventando
la sostenibilidad.



Protección de cultivos y biosoluciones
para una agricultura sostenible.

   UPL Argentina | uplArgentina.com



UPL



SpeedAgro
The Greener Standard

The logo for SpeedAgro features the word "SpeedAgro" in a bold, green, sans-serif font. Below it, the tagline "The Greener Standard" is written in a smaller, italicized green font.

syngenta

The logo for Syngenta features the word "syngenta" in a blue, lowercase, sans-serif font. A small green leaf icon is positioned above the letter 'n'.

TROPFEN

The logo for Tropfen features the word "TROPFEN" in a bold, dark blue, sans-serif font. The letter 'T' has a small arrowhead pointing to the right.