

Resultados preliminares: Dinámica de la emergencia de *Amaranthus palmeri* en dos sitios de la Región Semiárida Pampeana Central

MONTOYA, J.C.¹; GHIRONI, E.M.²; GARAY, J.³; CORRÓ MOLAS, A.²; CERVellini, J.M.⁴; PORFIRI, C.¹; COLAZO, J.C.³; FEDERIGI, M.³.

¹ INTA EEA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas”. Correo electrónico: montoya.jorgelina@inta.gov.ar

² INTA AER Gral. Pico

³ INTA EEA San Luis

⁴ INTA EEA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas” / CONICET

INTRODUCCIÓN

Más de media docena de especies del género *Amaranthus* pueden hallarse en estado silvestre en la provincia de La Pampa (Covas s/f). Es así que Troiani y Steibel (2008) describen las siguientes especies: *Amaranthus crispus*, *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus muricatus*, *Amaranthus hybridus* L. subsp. *hybridus*, *Amaranthus retroflexus*, *Amaranthus standleyanus*, *Amaranthus viridis*. Covas (1984) identifica *Amaranthus palmeri*. No obstante, destaca que ha sido hallada sólo una vez en cultivos de especies forrajeras introducidas desde Estados Unidos y que por esa razón, no debía ser incluida en la flora pampeana. En la provincia de San Luis, principalmente en el departamento Pedernera, se han encontrado las siguientes especies: *Amaranthus palmeri* S. Watson, *Amaranthus hybridus* L. ssp. *hybridus*, *Amaranthus muricatus* (Moq) Hieron, *Amaranthus deflexus* L. San Luis, *Amaranthus albus* L., *Amaranthus crispus* (Lesp. y Thévenau), *Amaranthus standleyanus* Parodi ex Covas (Mercado *et al.* 2015).

Amaranthus palmeri S. Watson, comúnmente conocida como “Yuyo Colorado Gigante o Bledo”, es una especie nativa de Estados Unidos de la zona de Texas, y Norte de México, ambas regiones con características similares a la zona semiárida de nuestro país. Es una especie anual, diclino dioica (pies femeninos y masculinos separados) siendo ésta una característica muy particular ya que las restantes especies de *Amaranthus* son monoicas.

Biotipos provenientes de la provincia de Córdoba se han constatado elevados niveles de resistencia a inhibidores de la enzima acetolactatosintasa (ALS), específicamente a herbicidas de los grupos de imidazolinonas, sulfonilureas y triazolopirimidinas. En todos los casos, con el empleo de dosis equivalentes a 32 veces la dosis de uso comercial, no se logró disminuir significativamente la biomasa de esta maleza. Asimismo se ha determinado la presencia de biotipos con elevados índices de resistencia a glifosato (Tuesca *et al.* 2016).

Conocer la dinámica demográfica poblacional es un aspecto clave para el manejo. Por esta razón, los modelos predictivos de emergencia son herramientas esenciales para diseñar programas de control de malezas que permitan optimizar los momentos de intervención. La emergencia es uno de los procesos fenológicos que afecta el éxito de las malezas (Forcella *et al.*, 2000) y, por lo tanto, predecir el momento de emergencia juega un papel importante en la planificación de las medidas de manejo (Ghersa, 2000). Existen antecedentes respecto al éxito en las predicciones mediante la utilización de modelos de regresión no lineal de tipo sigmoidal empleando información meteorológica y edáfica de fácil acceso (Schutte *et al.* 2008).

Objetivo general

Predecir la emergencia de *Amaranthus palmeri* basado en el Modelo Hidrotermal (STM₂).

Objetivos específicos

- Cuantificar los flujos de emergencia de la especie durante la estación de crecimiento.
- Describir la dinámica de emergencia de *Amaranthus palmeri* mediante el uso del Modelo Hidrotermal.
- Validar el Modelo Hidrotermal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron conducidos en el campo experimental de la EEA San Luis (Lat. -33,648915°; Log. -65,419948°; 515 m snm) y en un establecimiento agropecuario cercano a la localidad de Vertiz (Lat. -35,4383, Long. -63,9185, 134 m snm). Los lotes seleccionados se caracterizaban por un elevado nivel de infestación de *A. palmeri*. Ambos sitios poseen suelos Haplustoles Énticos y los lotes han sido conducidos bajo siembra directa.

Se utilizaron siete series de datos para el ajuste del modelo de Weibull. Tres de ellos de San Luis correspondientes a la campaña 2015/2016. Uno de ellos conducido sin cultivo de cobertura (CC) (SL1516) y los otros dos, con CC: triticale (SLTriticale) y centeno (SLCenteno). El suelo corresponde a la serie Villa Reynolds, es de textura franca arenosa (arena 76,01%, limo 16,40% y arcilla 7,50%) con un contenido de materia orgánica (MO) del horizonte superficial de 1,50%. El triticale, cultivar Genú y el centeno, cultivar Quehué, se sembraron el día 15 de abril de 2015 con una densidad de 180 plantas m² y se interrumpieron sus ciclos mediante una aplicación de glifosato (sal potásica, 66,2 %) en dosis de 3.00 L ha⁻¹ el día 21 de octubre. La producción de materia de cada CC fue de 2.100 kg ha⁻¹ en el caso del centeno y 1.750 kg ha⁻¹ en el caso del triticale.

Las otras cuatro series de datos corresponden a los experimentos conducidos en Vertiz durante las campañas 2015/2016 y 2016/2017. Los experimentos fueron instalados en dos zonas del lote con diferentes características edáficas. Durante la campaña 2015/16 los recuentos se hicieron en un experimento apareado con CC (VertizCenteno) y sin CC (Vertiz1516). Este sector del lote es un suelo de textura arenosa con las siguientes características edáficas: arena 87,00%, limo 12,00% y arcilla 1,00% y 1,36% de MO.

El centeno se sembró el día 23 de junio de 2015 con una densidad de 200 plantas m² y se interrumpió su ciclo el día 27 de octubre de 2015 mediante una aplicación de glifosato de 3,00 L ha⁻¹ (sal potási-

ca, 66.2 %). La producción de materia fue de 4.000 kg ha⁻¹

En la campaña 2015/16 y 2016/17 se instalaron experimentos sin CC en el sector del lote con mayor nivel de infestación de *A. palmeri*. Vertiz1516-A y Vertiz1617-A. Este sector también es de textura arenosa y posee las siguientes características edáficas: arena 91,44%, limo 8,00% y arcilla 0,56% y 0,67% de MO.

Cada año de estudio se establecieron entre ocho y diez cuadratas fijas de 0,25 m² distribuidas al azar desde septiembre hasta marzo. Se mantuvieron libres de malezas mediante remoción manual. Se contaron las plántulas de *Amaranthus palmeri* a partir del banco natural de semillas cada semana aproximadamente mediante muestreo destructivo minimizando la remoción del suelo. La emergencia fue definida cuando las plántulas tenían los cotiledones totalmente expandidos.

Modelo Hidrotermal de Emergencia de Malezas

Se utilizó el modelo *Soil Temperature and Moisture Model* (STM²) (Spokas *et al.*, 2007) que simula la dinámica hídrica y temperatura edáfica. El STM² establece un perfil vertical unidimensional desde la superficie del suelo hasta los 1.8 m de profundidad, seccionado en nodos discretos para definir el microclima a diferentes profundidades. Las variaciones que se dan en la superficie del suelo están gobernadas por las condiciones atmosféricas. STM² simula la radiación incidente de acuerdo a las coordenadas geográficas y la elevación del sitio respecto al nivel del mar, las precipitaciones diarias y las temperaturas máximas y mínimas del aire (Spokas y Forcella, 2006). Para la estimación del potencial hídrico del suelo requiere del dato de textura, MO y contenido inicial de agua en el suelo. Asumimos que el suelo estaba saturado al inicio de los experimentos. Los datos meteorológicos fueron suministrados en el caso de San Luis por la estación meteorológica de localizada en la misma Estación Experimental; para el caso de Vertiz por una estación privada localizada a ocho kilómetros.

La simulación de la temperatura (T_T) y de los potenciales hídricos (T_H) a las diferentes profundidades de interés se utiliza para calcular el tiempo hidrotermal (HTT) (Ecuación 1)

$$HTT = T_T \cdot T_H \quad [1]$$

Donde $T_H=1$ cuando $\Psi>\Psi_b$ de lo contrario $T_H=0$; y $T_T=T-T_b$ cuando $T>T_b$ de lo contrario $\theta_T=0$. El potencial hídrico a 1 cm de suelo está representado por Ψ , Ψ_b es el potencial hídrico base del suelo para la emergencia utilizado fue de 1500 kPa, T es la temperatura diaria promedio a 1 cm del suelo, y T_b es temperatura base requerida para la emergencia. La T_b utilizada en este trabajo fue 15 °C.

La emergencia promedio acumulada en porcentaje para cada año y tratamiento fue graficada en función de los días corridos a partir del inicio de los experimentos y, también, del tiempo hidrotérmico acumulado. Para predecir los patrones de emergencia de las plántulas, los valores de porcentaje acumulado se compararon con los tiempos hidrotérmicos utilizados con la función de Weibull (Ecuación 2).

$$Y = M \{1 - [exp - k(HTT - z)^c]\} \quad [2]$$

Donde, Y es el porcentaje de emergencia, M es la asíntota, k es la tasa de incremento, θ_{HT} es el tiempo hidrotérmico, z es el tiempo hidrotérmico de la primera emergencia, y c es el parámetro que le da la forma a la curva (Brown y Mayer, 1988). La función de Weibull fue ajustada a los datos de emergencia a través de aproximaciones manuales de los parámetros M , k , z y c , así como el Ψ_b . Posteriormente, los parámetros k y c fueron ajustados con el procedimiento no lineal de SAS (PROC NLIN). Para determinar el grado de ajuste entre las emergencias predichas y observadas se utilizó la raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RMSE) (Ecuación 3)

$$RMSE = \sqrt{1/n \sum_{i=1}^n (x_1 - y_1)^2} \quad [3]$$

Donde x_1 representa el porcentaje acumulado de emergencia actual, y_1 es el porcentaje acumulado de

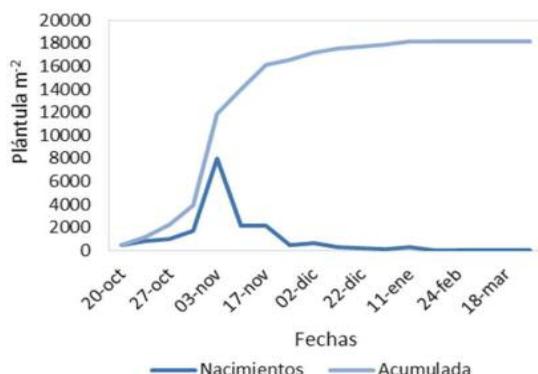


Figura 1. Dinámica de emergencia de *A. palmeri* en Vertiz durante la campaña 1516 (Vertiz1516-A)

emergencia actual predicho y n es el número de observaciones (Mayer y Butler 1993). Los valores más bajos del RMSE indican el mejor ajuste de la función utilizada para su descripción. El resultado final fueron dos modelos que describen los patrones de emergencia de las malezas en cuestión según sea con cultivo de cobertura o sin cultivo de cobertura

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica de emergencia en experimentos de Vertiz sin CC

En los experimentos Vertiz1516-A y Vertiz1617-A el nivel de infestación fue diferente en cada año. En el primer año la emergencia acumulada promedio fue de 18.180 plántulas m^{-2} y en el segundo año 4.513 plántulas m^{-2} ; observándose pico de emergencia promedio de 7.952 plántulas m^{-2} entre el 30-oct y el 3-nov para la campaña 2015/16; mientras para la campaña 2016/2017 hubo picos promedio de 1.400 plántulas m^{-2} entre el 31-oct y el 14-nov. Durante la campaña 2015/16, el 90% de la emergencia acumulada se alcanzó el 25-nov. Mientras que en la campaña 2016/17 se alcanzó el 28-dic (Figuras 1 y 2).

Efecto de los cultivos de cobertura sobre la emergencia de *Amaranthus palmeri*

Las primeras emergencias se observaron en los lotes sin CC. En San Luis el 5-oct de 2015 y en Vertiz los días 20 y 11 de octubre para los años 2015 y 2016, respectivamente. Los lotes con CC las primeras emergencias se retrasaron. En SLTriticale y VertizCenteno la fecha de las primeras emergencias fue para ambas el 27 de octubre de 2015 y en el caso de SLCenteno se registraron el 5-nov del mismo año.

En Vertiz durante la campaña 2015/2016 los recuentos realizados sin CC alcanzaron un promedio

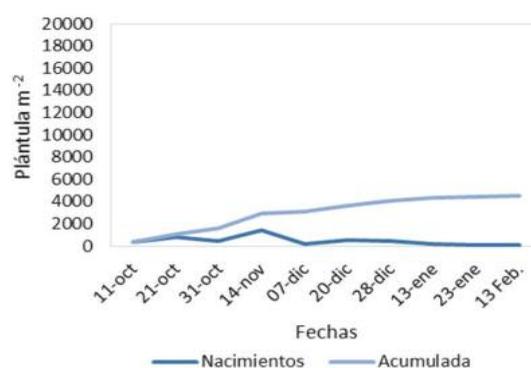


Figura 2. Dinámica de emergencia de *A. palmeri* en Vertiz durante la campaña 1617 (Vertiz1617-A)

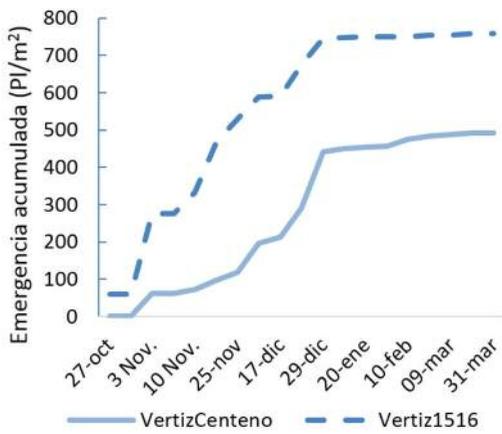


Figura 3. Emergencia acumulada de *A. palmeri* en Vertiz expresada en valores absolutos.

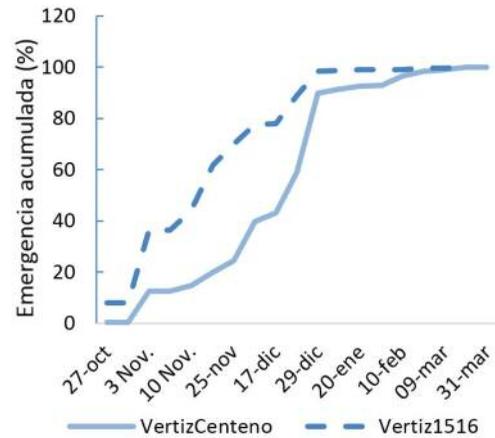


Figura 4. Emergencia acumulada de *A. palmeri* en Vertiz expresada en porcentaje.

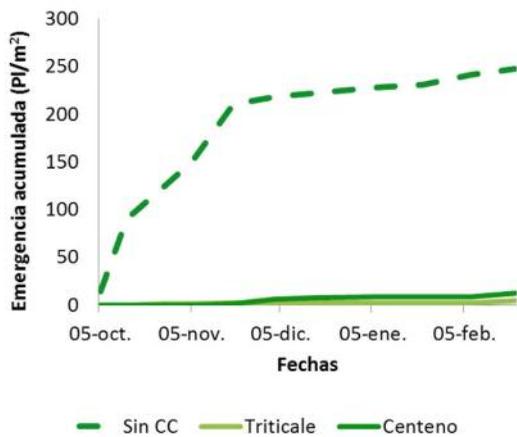


Figura 5. Emergencia acumulada de *A. palmeri* en San Luis expresada en valores absolutos.

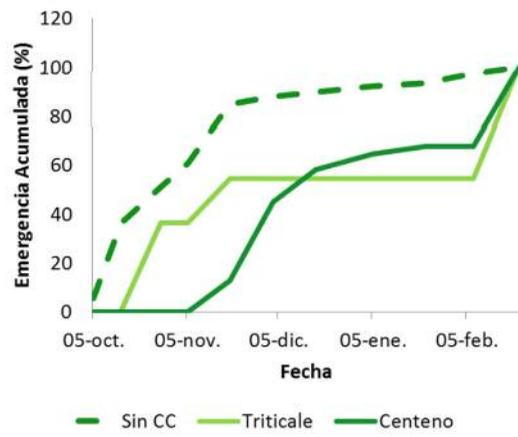


Figura 6. Emergencia acumulada de *A. palmeri* en San Luis expresada en porcentaje.

acumulado de 757,50 pl m⁻² emergidos al 31-mar. Mientras que bajo el centeno como CC el promedio acumulado alcanzó 491.5 pl m⁻² emergidos (Figura 3). Esto implica una reducción de 36% en el establecimiento de *A. palmeri* por efecto del CC.

Sin CC el 50% de emergencia se alcanzó entre el 10 y el 17 de noviembre; mientras que con CC se alcanzó el 2 de diciembre (Figura 4).

En el experimento de San Luis durante la campaña 2015/2016 la emergencia acumulada de *A. palmeri* alcanzó en promedio 247,20 pl m⁻² para el 22 de febrero; mientras que en el centeno alcanzó 12.4 pl/m² y el triticale 4,40 pl m⁻². Cabe destacar que la supresión del establecimiento de *A. palmeri* por parte de los CC alcanzó entre el 95% y 98% (Figura 5).

Sin CC, el 50% de la emergencia se alcanzó el 27 de octubre; mientras que para el triticale el 19 de

noviembre y para el caso del centeno para el 5 de diciembre (Figura 6). Los experimento conducidos en ambos sitios, Vertiz y San Luis, demuestran que los CC suprimen parcialmente el establecimiento de *Amaranthus palmeri*, y también atrasan la fecha y su tasa de emergencia, modificando de este modo los patrones de emergencia.

Descripción de los patrones de emergencia mediante el uso de la función de Weibull

Un único modelo de Weibull no describió adecuadamente las siete series de datos. Pudieron identificarse tres patrones de emergencia. Uno de ellos relacionado con los experimentos sin CC, otro con centeno como CC y un tercer patrón relacionado con triticale como CC. Por tal motivo se desarrollaron tres modelos de emergencia de plántulas de *A.*

Tabla 1. Parámetros utilizados en el modelo de Weibull para ajustar los tres patrones de emergencia a 2 cm de profundidad.

	Parámetros de la función de Weibull				θ_{HT}		RMSE (Emergencia acumulada) (%)
	M	z	k	c	T_b (°C)	Ψ_b (kPa)	
Sin CC	100	12	0.041300	0.7853	15	-1500	6.91
CCCenteno	100	12	0.000143	1.6344	15	-1500	8.54
CCTriticale	100	12	0.004960	1.300	15	-1500	8.00

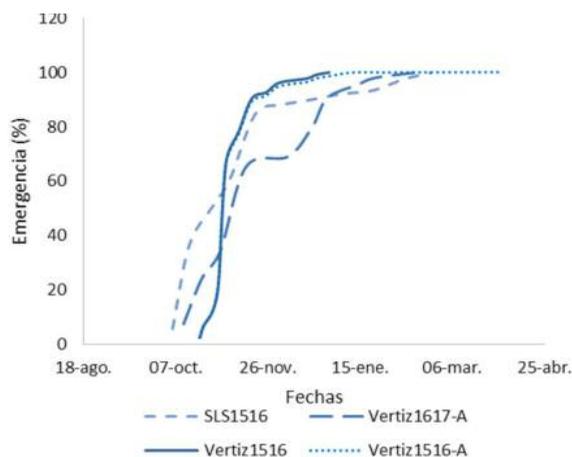


Figura 7. Emergencia acumulada de *A. palmeri* expresada en porcentaje correspondientes a los experimentos sin CC.

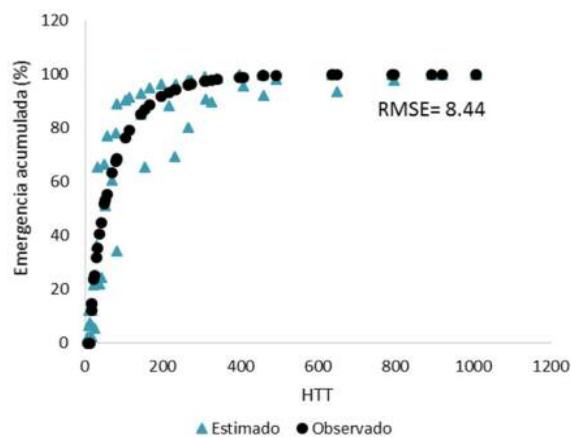


Figura 8. Descripción de la emergencia acumulada de plántulas de *A. palmeri* correspondiente a los experimentos sin CC mediante el modelo de Weibull. Los triángulos representan los datos observados y los círculos representan los datos estimados por el modelo de Weibull.

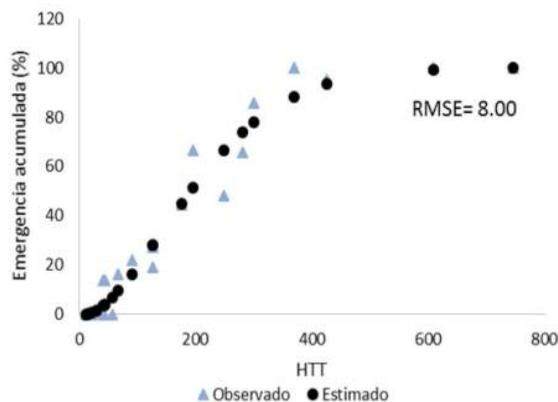


Figura 9. Descripción de la emergencia acumulada de plántulas de *A. palmeri* correspondiente a los experimentos con centeno como CC mediante el modelo de Weibull. Los triángulos representan los datos observados y los círculos representan los datos estimados por el modelo de Weibull.

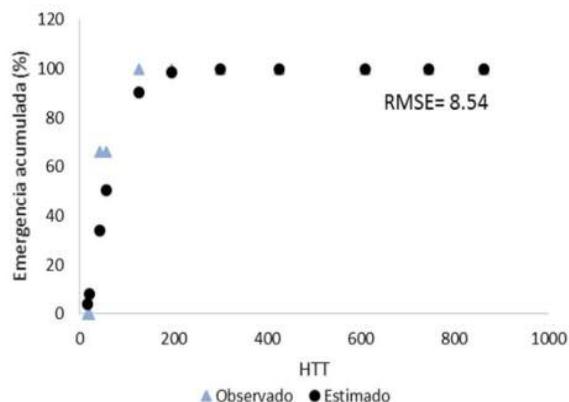


Figura 10. Descripción de la emergencia acumulada de plántulas de *A. palmeri* correspondiente a los experimentos con triticale como CC mediante el modelo de Weibull. Los triángulos representan los datos observados y los círculos representan los datos estimados por el modelo de Weibull.

palmeri. Los mejores ajustes se obtuvieron con la simulación microclimática de humedad y temperatura edáfica a 2 cm de profundidad (Tabla 1).

Vertiz1617-A fue el único experimento que mostró una curva de emergencia acumulada bifásica. A partir del 14-nov se observa una estabilización de la emergencia, periodo durante el cual la HTT no supera el valor mínimo de 12, valor umbral a partir del cual se detecta emergencia. Esto se relacionó con los potenciales hídricos que no alcanzaron a superar el mínimo requerido para la emergencia. Entre el 1-dic y 5-dic se dan nuevamente condiciones de humedad y temperatura tales que cumplen con el valor umbral de 12, lo cual motiva que en el muestreo del 7-dic se observe un punto de quiebre. Hacia el 20-dic nuevamente se cumple el valor de $HTT = 12$ y se observa una mayor tasa de emergencia.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

Las primeras emergencias se registraron en general durante el mes de octubre; excepto cuando el centeno estuvo presente como CC donde las primeras emergencias se dieron a principios de noviembre. Los picos de emergencia tuvieron lugar durante la primera quincena de noviembre. Los CC ofrecieron un significativo efecto supresor del establecimiento de *Amaranthus palmeri*. Pudieron identificarse y modelarse con un buen ajuste tres modelos de emergencia cuando se simularon las condiciones microclimáticas a 2 cm de profundidad con 15°C como temperatura base y -1500 kPa como potencial hídrico y una acumulación hidrotermal base de 12.

BIBLIOGRAFÍA

- COVAS G. 1984. Las especies de *Amaranthus* L., *Amaranthaceae*, nativas o naturalizadas en la Provincia de La Pampa. Apuntes Fl. Pampa. 84-86: 333-341.
- COVAS G. Plantas pampeanas. Santa Rosa, Ministerio de Asuntos Agrarios; Buenos Aires, Ministerio de Cultura y Educación de la Nación / S.F./ 181 p. ilustr.
- FORCELLA, F.; BENECH-ARNOLD, R. L.; SANCHEZ, R. A.; GHERSA, C. M. 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crops Res.* 67:123-139
- GHERSA, C.M. 2000. Plant phenology and the management of crop-weed interactions. *Field Crops Research*, 67: 91-93.
- MERCADO SE, BORNARD CL, SCAPPINI E, CHIOFALO SD, BECERRA R. 2015. Identificación y distribución de especies del género *Amaranthus* L. en los agroecosistemas de del Centro de San Luis. XXII Congreso Latinoamericano de

Malezas. I Congreso Argentino de Malezas. ALAM. ASA-CIM. 9 y 10 de Septiembre, 2015. Buenos Aires, Argentina. 74 pp.

- SCHUTTE, B.J; REGNIER, E.E.; HARRISON, S.K.; SCHMOLL, J.T.; SPOKAS, K.; FORCELLA, F. 2008. A Hydrothermal Seedling Emergence Model for Giant Ragweed (*Ambrosia trifida*). *Weed Science*. 56: 555-560
 - SPOKAS, K.; FORCELLA, F. 2009. Software Tools for Weed Seed Germination Modeling. *Weed Science* 57: 216-227
 - TROIANI H.O; STEIBEL P.E. 2008. Reconocimiento de Malezas. Región de la Región Subhúmeda y Semiárida Pampeana. Fac. Agron. UNLPam-CIALP. En CD. Ed: Colegio Ing. Agr. La Pampa.
 - TUESCA, D; PAPA J.C.; MORICHETTI, S. 2016. Manejo de malezas problema, *Amaranthus palmeri* (S.) Watson. Bases para su manejo y control en sistemas de producción. Ed. REM – AAPRESID. ISSN N° 2250-5342 (versión papel). ISSN N° 2250-5350 (versión on-line). VI: 32 pp
-