

Validación de modelos termales de la emergencia de *Abutilon theophrastri* en maíz

Valle Egea-Cobrero¹✉, Kevin Bradley², Isabel M. Calha³, Adam S. Davis⁴, José Dorado⁵, Frank Forcella⁶, John L. Lindquist⁷, Christy L. Sprague⁸, José Luis González-Andújar¹

¹Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC), 14004 – Córdoba,

²University of Missouri, Division of Plant Science, 201 Waters Hall Columbia, MO 65211, USA

³Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. Av. da República, Quinta do Marquês 2780-159-Oeiras, Portugal

⁴USDA-ARS, 1102 S. Goodwin Ave, Urbana, IL 61801, USA

⁵Instituto de Ciencias Agrarias (CSIC), Serrano, 117, 28001 Madrid

⁶USDA-ARS, 803 Iowa Ave Morris, MN, 56267, USA

⁷University of Nebraska, Dpto. Agronomy & Horticulture, Lincoln NE 68583-0817, USA

⁸University of Michigan, Dpto. Plant, Soil and Microbial Sciences, East Lansing, MI 48824, USA

✉ vegea@ias.csic.es

Resumen: Entre las especies de malas hierbas que infestan el maíz se encuentra *Abutilon theophrastri* Med. que puede llegar a reducir la producción de este cultivo en un 80%. El desarrollo de modelos predictivos de la emergencia de malas hierbas puede facilitar la toma de decisiones de control óptimas por parte de agricultores y técnicos. Se ha especulado con la posibilidad de desarrollar modelos globales que permitan su utilización en diferentes localidades. Sin embargo existe poca información a este respecto. El objetivo de este trabajo fue validar y comparar dos modelos termales (Weibull y Logístico) de la emergencia de *A. theophrastri* con datos independientes obtenidos en localidades de EEUU, Portugal y España. Los resultados muestran que el modelo Weibull fue el más apropiado para predecir la emergencia de *A. theophrastri* de manera global.

Palabras clave: Weibull, Logístico, temperatura del suelo, tiempo termal.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos básicos en la alimentación humana. Su rendimiento potencial es reducido por diversos factores, siendo las malas hierbas uno de los más importantes. Entre las especies que infestan el maíz se encuentra *Abutilon theophrastri* Med. que puede llegar a reducir la producción de este cultivo hasta un 80% (Lindquist et al., 1996).

Las malas hierbas son controladas principalmente mediante la aplicación de herbicidas. Pero los agricultores necesitan conocer el patrón de emergencia de las malas hierbas para controlarlas adecuadamente. Aplicar las medidas de control demasiado pronto, cuando todavía no se ha completado la emergencia de una especie, o demasiado tarde, cuando se ha superado el estadio de plántula, puede conllevar una penalización económica y medioambiental. Por ello resulta de la mayor importancia proveer de herramientas predictivas que permitan optimizar la toma de decisiones relacionadas con las tácticas de control químico. Los modelos de emergencia basados en la temperatura y/o la humedad en el suelo han demostrado ser buenas herramientas predictivas y suficientemente robustos (González-Andújar et al., 2006). Teóricamente, los modelos de emergencia pueden ser generalizados a cualquier localidad, ya que únicamente conociendo la temperatura (modelos termales) y humedad (modelos hidrotermales) se podría predecir la emergencia de cualquier mala hierba globalmente (Forcella et al., 2000). Sin embargo existe poca información a este respecto y algunos autores han puesto en duda tal generalización (ej. Dorado et al., 2009).

El objetivo de este trabajo fue validar y comparar dos modelos predictivos (Weibull y Logístico) existentes en la literatura sobre la emergencia de *A. theophrastri*, con datos independientes obtenidos en diversas localidades de EEUU, Portugal y España.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La validación fue realizada con datos independientes de los utilizados para el desarrollo de los modelos validados y fueron obtenidos en localidades de EEUU (Minnesota, Nebraska, Illinois, Missouri and Michigan), España (Arganda del Rey) y Portugal (Golega).

En los experimentos llevados a cabo en EEUU, se colocaron 4 parcelas de 1 m² en cada sitio experimental. Cada parcela contenía cuatro hileras uniformemente espaciadas (0,25 m entre hileras) con 30 semillas de *A. theophrasti* sembradas en cada una. Las semillas se sembraron en octubre o noviembre de cada año. En la primavera siguiente, la emergencia de las plántulas se registró de forma no destructiva dos veces por semana. Durante este tiempo, todas las plántulas recién emergidas fueron marcadas con una etiqueta impermeable con un número de identificación. Los experimentos realizados en España y Portugal consistieron en la colocación de cuadrados permanentes de 66 cm x 33 cm (42 en Arganda del Rey y 28 en Golega) ubicados a lo largo de un transecto de 100 m. Las plántulas fueron contadas semanalmente (ver Dorado et al., 2009, para más detalles de los experimentos).

Las variables climáticas fueron obtenidas con sensores (HOBO data loggers) colocados cerca de los cuadrados permanentes en España y Portugal y de estaciones meteorológicas ubicadas en los experimentos en EEUU.

El proceso de validación se realizó con dos modelos desarrollados para *A. theophrasti*. El modelo Weibull desarrollado por Dorado et al. (2009): $EC = 99.8(1 - \exp(-(0.006TT)^{1.3}))$ y el modelo Logístico: $EC = 100 / (1 + \exp(18.86 - 3.21 \ln(TT)))$ establecido por Matthew et al. (2004). En ambos modelos EC es el porcentaje de emergencia acumulada y TT es el tiempo termal. La precisión de las predicciones de los dos modelos se evaluó comparando los valores predichos versus los observados, calculando el coeficiente de determinación R², y evaluando si la pendiente y el intercepto de las regresiones diferían estadísticamente de 1 y 0 mediante la prueba de la t de Student, respectivamente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ambos modelos produjeron aceptables ajustes a los datos (Tabla 1). Pero el modelo Weibull produjo un mejor ajuste general (valor medio de R²=0,80±0,17) que el modelo Logístico (valor medio de R²=0,69±0,64). Un ejemplo de la divergencia en las predicciones de ambos modelos lo podemos ver en la figura 1.

Una posible explicación a esta diferencia es que el modelo Weibull ofrece mayor flexibilidad en el ajuste a los datos que el Logístico (González-Andújar et al., 2016). Considerando los interceptos y las pendientes, observamos que el modelo de Weibull fue el que menos se desvió estadísticamente, aunque es necesario observar que fue un peor predictor de las localidades europeas (Tabla 1).

Este trabajo sugiere la posibilidad de generalizar los modelos de la emergencia de malas hierbas de manera global. En el caso concreto que nos atañe, podemos considerar el modelo Weibull, basado en el tiempo termal, como un candidato apropiado para representar la emergencia de *A. teophrasti* de manera general bajo diferentes condiciones climáticas, aunque sería necesario ampliar a más localidades la validación para confirmar la generalidad del modelo.

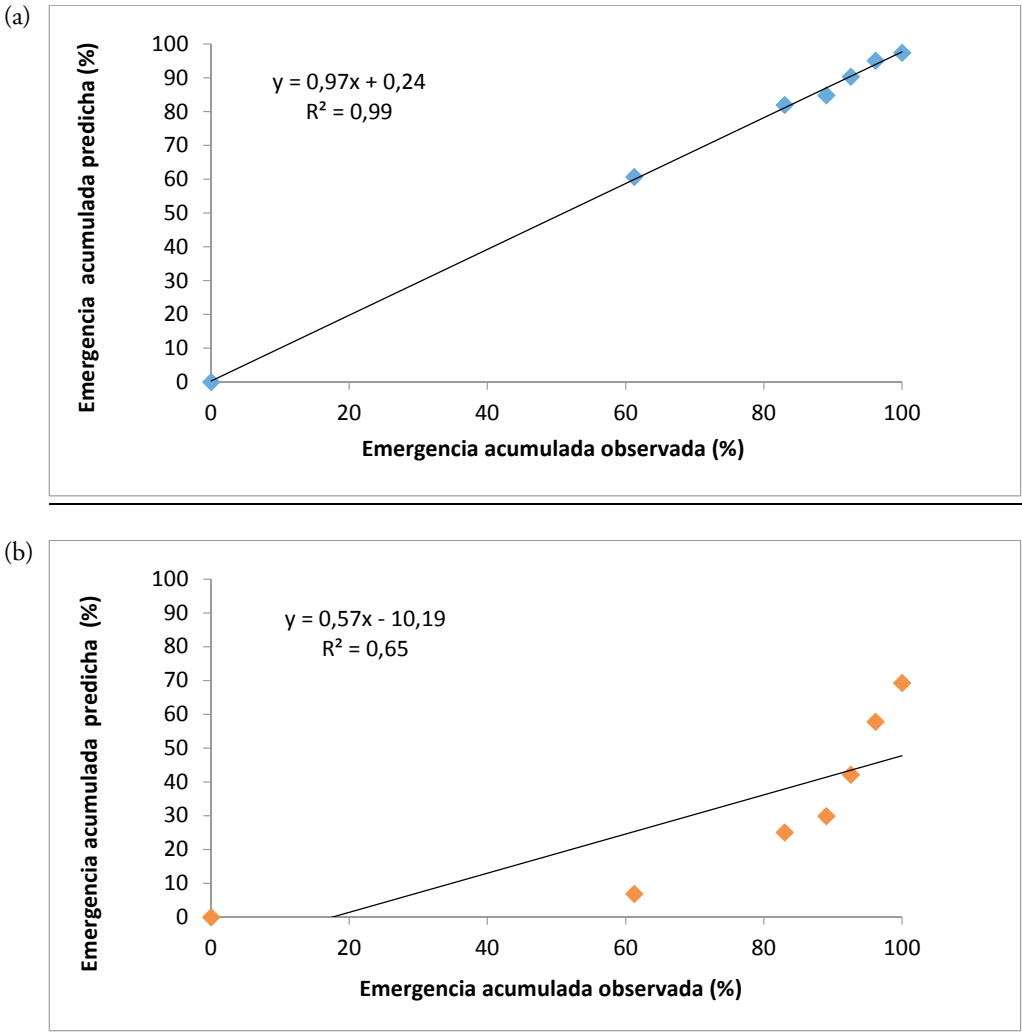


Figura 1. Relación entre las predicciones y las observaciones para Illinois. (a) Modelo de Weibull. (b) Modelo Logístico.

Tabla 1. Resultados para los coeficientes de determinación (R^2), los interceptos (diferentes de 0) y las pendientes (diferentes de 1) de las rectas de regresión entre los valores observados y predichos por los modelos Weibull y Logístico. S y NS indican valores significativos o no significativos ($P=0,05$) por la prueba de la t de Student

		Predicción del modelo Weibull			Predicción del modelo Logístico		
		Intercepto	Pendiente	R^2	Intercepto	Pendiente	R^2
MN	2012	NS	NS	0,76	NS	S	0,34
	2013	NS	NS	0,89	NS	S	0,30
IL	2012	NS	NS	0,99	NS	NS	0,65
MO	2013	NS	NS	0,61	NS	NS	0,70
MSU	2012	NS	NS	0,89	NS	NS	0,84
	2013	NS	NS	0,72	NS	S	0,34
NE	2012	NS	NS	0,78	NS	NS	0,94
	2013	NS	NS	0,91	NS	S	0,73
MD	2005	S	S	0,92	NS	NS	0,83
LS	2006	S	NS	0,69	NS	NS	0,97
	2007	S	NS	0,62	NS	NS	0,94

MN: Minnesota; IL: Illinois; MO: Missouri; MSU: Michigan; NE: Nebraska; MD: Madrid; LS: Lisboa.

4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por fondos FEDER y el plan Nacional de Investigación (I+D) del Ministerio de Economía y Competitividad (proyectos AGL2009-07883 y AGL2015-64130-R).

5. REFERENCIAS

- Dorado J, Sousa ME, Calha I, González-Andújar JL and Fernández-Quintanilla C (2009). Predicting weed emergence in maize crops under two contrasting climatic conditions. *Weed Research*, 49, 251-260.
- Forcella F, Benech-Arnold RL, Sanchez R and Ghersa CM (2000). Modeling seedling emergence. *Field Crops Research* 67, 123-139.
- González-Andújar JL, Chantre GR, Morvillo C, Blanco A and Forcella F (2016). Predicting field weed emergence with empirical models and soft computing techniques. *Weed Research*, 56, 415-423.
- Lindquist JL, Mortensen DA, Clay SA, Schmenk R, Kells JJ, Howatt K and Westra P (1996). Stability of corn (*Zea mays*)-velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference relationships. *Weed Science*, 44, 309-313.
- Mathew WM, Curran WS, VanGessel MJ, Calvin DD, Mortensen AA, Majek BA, Karsten HD and Roth GW (2004). Predicting weed emergence for eight annual species in the northeastern United States. *Weed Science*, 52, 913-919.

Validation of thermal models of the emergence of *Abutilon theophrasti* in maize

Summary: *Abutilon theophrasti* Med. is an important weed species in maize that can cause yield losses of 80%. The development of predictive emergence models of *A. theophrasti* can facilitate optimal decision-making by farmers and technicians. It has been speculated with the possibility of developing global models that allow their use in different locations. However, there is little information in this regard. The objective of this work was to validate and compare two thermal models (Weibull and Logistic) of the emergence of *A. theophrasti* with independent data obtained in USA, Portugal and Spain. The results show that the Weibull model was the most appropriate to predict the emergence of *A. theophrasti* globally.

Keywords: Weibull, Logistic, soil temperature, thermal time.