

PREDICCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA GLOBAL DE *LOLIUM RIGIDUM* BAJO CONDICIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO

Castellanos-Frías E.¹, García De León D.^{1,2}, Bastida F.³,
González-Andújar J.L.^{1,2*}

¹Dept. de Protección de Cultivos, Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC), Av. Menéndez Pidal s/n. Campus Alameda del Obispo, Apdo. 4084, 14080 Córdoba, España.

²Laboratorio Internacional de Cambio Global, LINCGlobal (CSIC-PUC), Santiago, Chile.

³Dept. de Ciencias Agroforestales, Universidad de Huelva, Carretera de Palos de la Frontera s/n., 21819 Palos de la Frontera, Huelva, España.

*andujar@cica.es

Resumen: *Lolium rigidum* Gaud. (vallico) es una de las malezas más extendidas y perjudiciales en los cultivos de cereales de invierno. Un modelo bioclimático para esta especie fue desarrollado utilizando CLIMEX. El modelo fue validado con los registros de esta especie en Estados Unidos y Oceanía y utilizado para predecir la distribución potencial global de *L. rigidum* bajo el clima actual y dos escenarios de cambio climático. Las proyección en virtud de las condiciones climáticas actuales indican que *L. rigidum* no ocupa todo el área disponible para su expansión. Considerando los escenarios climáticos futuros, el área potencial de expansión aumentará 3,79% y 5,06% bajo los escenarios moderado y extremo, respectivamente. La proyección del modelo mostró un avance gradual de *L. rigidum* en Norteamérica, Europa, Sudamérica y Asia, mientras que en África y Oceanía se prevé una regresión. Estos resultados proporcionan los conocimientos necesarios para identificar y poner de relieve las posibles zonas de riesgo de invasión.

Palabras clave: CLIMEX, modelo bioclimático, cereales, modelo de distribución de especies.

Summary: *Predicting global geographical distribution of Lolium rigidum under climate change.* *Lolium rigidum* Gaud. (rigid ryegrass) is one of the most extended and harmful weeds in winter cereal crops. A bioclimatic model for this species was developed using CLIMEX. The model was validated with records from North America and Oceania and used

to assess the global potential distribution of *L. rigidum* under the current climate and under two climate change scenarios. The projection under current climate conditions indicated that *L. rigidum* does not occupy the full extent of the climatically suitable area available to it. Under future climate scenarios, the infested potential area will increase 3.79% in the low-emission CO₂ scenario and 5.06% under the most extreme scenario. The model projection showed a gradual advance of rigid ryegrass in North America, Europe, South America and Asia, whilst in Africa and Oceania it indicated regression. These results provide the necessary knowledge for identifying and highlighting the potential invasion risk areas.

Keywords: CLIMEX, bioclimatic model, cereals, species distribution model.

INTRODUCCIÓN

Numerosas investigaciones han puesto de manifiesto el posible impacto del cambio climático sobre los cultivos. Se prevé una reducción del 10 al 20% en la producción mundial de alimentos (IPCC, 2007). Al igual que los cultivos, las malas hierbas se verán afectadas por esos cambios climáticos (González-Andújar, 1995), alterando su distribución geográfica actual y su relación de competencia con el cultivo. Predecir la futura distribución de la flora arvense es un tema del máximo interés en agricultura para poder mitigar los efectos del cambio climático. Recientemente se ha incrementado el uso de modelos de nicho bioclimático (ej. CLIMEX, MAXENT, etc.) para predecir la distribución potencial de las plantas bajo diversos escenarios de cambio climático (Castellanos-Frias et al., 2014).

Lolium rigidum Gaud. (vallico) es una de las principales malas hierbas de los cereales, llegando a producir pérdidas de cosecha de hasta un 83% en cebada cuando la infestación alcanza 1240 plantas m⁻² (Izquierdo et al., 2003). Su origen se localiza en Oriente Medio, extendiéndose a la cuenca Mediterránea y desde allí a otras partes del mundo con clima similar. No existe ningún trabajo dirigido a estudiar cuál será el efecto del cambio climático sobre su distribución geográfica a pesar de su importancia económica.

En este contexto, se plantea en el presente trabajo el estudio de los posibles cambios en la distribución geográfica mundial de *Lolium rigidum* bajo diferentes escenarios de cambio climático.

MATERIAL Y MÉTODOS

El impacto del cambio climático sobre la distribución geográfica de *L. rigidum* se ha evaluado a través de un modelo de nicho ecológico. Para

ello, se ha empleado el programa informático CLIMEX™ 3.0.2. En él, por medio de un índice de idoneidad (*EI*) (Sutherst et al., 2007) se integran las características biológicas de la especie sobre el clima del territorio, y así, se evalúa lo adecuadas o inadecuadas que pueden ser esas condiciones climáticas para permitir su crecimiento y supervivencia. Este índice oscila entre 0 y 100, donde un valor de 0 indica que la zona no es adecuada para el crecimiento de la especie considerada y un valor de 100 indica una zona idónea para el crecimiento. El índice de idoneidad para el crecimiento del vallico fue dividido en tres clases: 0 = zona no apropiada; 1-10 = zona de marginal; 11-20 = zona apropiada y, >20 = zona óptima. La información climática necesaria para desarrollar el modelo fue tomada de CLiMond (Kriticos et al., 2012).

El modelo fue parametrizado con datos existentes (CABI, 2014) sobre la distribución actual de *L. rigidum* en Europa y validado estadísticamente (área bajo la curva, AUC; Elith et al., 2006) con datos independientes de Estados Unidos y Oceanía (CABI, 2014).

Una vez validado, el modelo se utilizó para predecir la distribución geográfica global de *L. rigidum* en el año 2100 bajo dos escenarios de cambio climático (IPCC, 2007; Ciscar et al., 2009): El escenario CSIRO A2 (moderado) que describe un mundo de gran desigualdad regional basado en una población mundial en continuo incremento, crecimiento económico y tecnológico fragmentados y con emisiones medias-altas de CO₂; y el escenario CSIRO A1B (extremo) que presenta un mundo de sostenibilidad económica, social y ambiental basado en un crecimiento poblacional progresivo pero menor al A2, desarrollo económico y tecnológico medios y emisiones medias-bajas de CO₂.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del modelo bajo las condiciones climáticas actuales prevé una distribución del vallico que se ajusta en gran medida a los registros mundiales existentes (AUC=0,97). La actual distribución mundial de *L. rigidum* ha sido estimada en 7,9 x10⁶ km². Siendo las áreas con clima Mediterráneo las óptimas para esta especie, con Europa y Oceanía presentando las mayores superficies adecuadas para el crecimiento del vallico. El modelo fue validado con los datos de Estados Unidos (AUC=0,98) y Australia (AUC=0,96).

Cuando consideramos el efecto del cambio climático, nuestros resultados predicen un incremento global de las áreas adecuadas para el crecimiento de *L. rigidum* de un 3,79% y un 5,06% bajo los escenarios A2 y A1B, respectivamente (Tabla 1). Ese incremento se manifiesta en un desplazamiento global hacia zonas actualmente más frías del norte y del

sur. En concreto, el área de invasión se incrementará, con relación a su actual distribución, en Norte América, Europa, Sur América.

Tabla 1. Estimación del área adecuada para el crecimiento bajo condiciones actuales y bajo dos escenarios de cambio climático (A1B y A2) en 2100.

	Total		Marginal		Idónea		Óptima	
	Área(km ²)	%	Área(km ²)	%	Área(km ²)	%	Área(km ²)	%
Clima actual	7,9x10 ⁶		2,7 x10 ⁶		1,5 x10 ⁶		3,7 x10 ⁶	
CSIRO A1B	8,2x10 ⁶	3,79	3,2 x10 ⁶	18,51	1,9 x10 ⁶	26,66	3,1 x10 ⁶	-16,21
CSIRO A2	8,3 x10 ⁶	5,06	3,1 x10 ⁶	14,81	1,9x10 ⁶	26,66	3,3 x10 ⁶	-10,81

Mientras que en África y Oceanía se prevé una regresión del área potencial de infestación (Fig. 1). En base a estas proyecciones se podrían diseñar medidas de prevención y control de su expansión, con el fin evitar nuevas invasiones de los cultivos cerealistas.

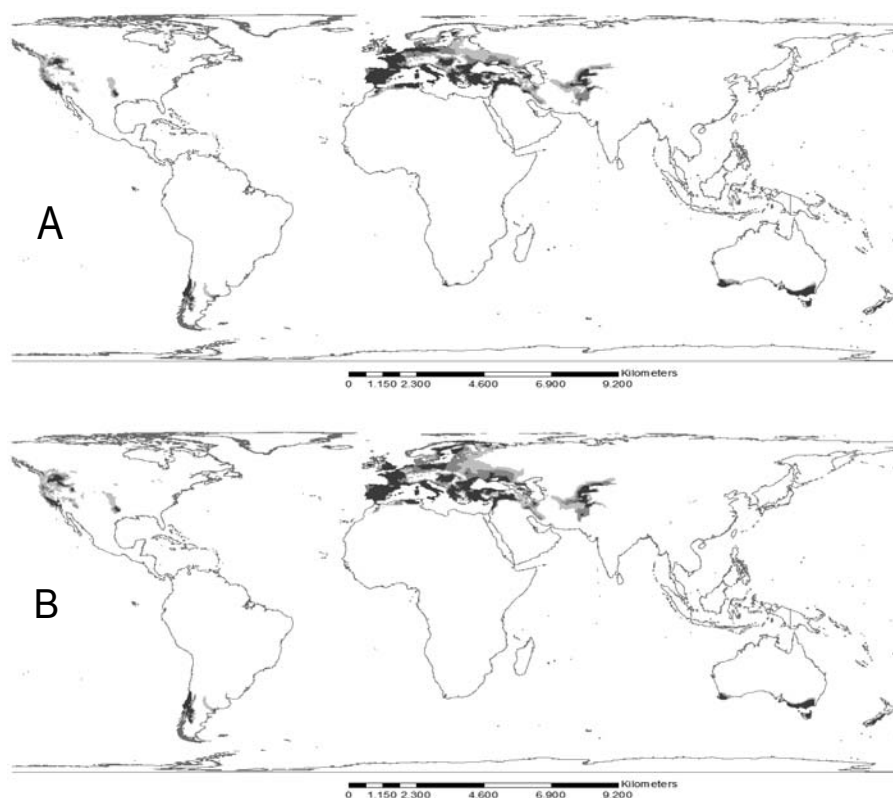


Figura 1. Potencial distribución en 2100 de *Lolium rigidum* bajo dos escenarios de cambio climático, usando CLIMEX: (A) CSIRO A1B y (B) CSIRO A2. Zona no apropiada □; zona marginal □; zona apropiada ■ y zona óptima ■.

CONCLUSIONES

El efecto del cambio climático puede suponer un incremento mundial de la superficie adecuada para el crecimiento de *L. rigidum*. Expandiéndose desde el área que actualmente ocupa hacia las zonas polares, siendo Norte América, Europa y Sur América los continentes más afectados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los fondos FEDER y el Plan Nacional de Investigación (I+D) del Ministerio de Economía y Competitividad (proyecto AGL2012-33736).

BIBLIOGRAFÍA

- CABI (2014) Centre for Agricultural Bioscience International. URL www.cabi.org.
- CASTELLANOS-FRIAS E, GARCIA DE LEON D, PUJADAS-SALVA A, DURADO J & GONZALEZ-ANDUJAR JL (2014) Potential distribution of *Avena sterilis* L. in Europe under climate change. *Annals of Applied Biology* 165, 53-61.
- CISCAR JC, IGLESIAS A, FEYEN L, GOODESS GM, SZABÓ L, CHRISTENSEN OB et al. (2009) *Climate change impacts in Europe: Final report of the PESETA research project. EUR 24093 EN*. JRC Scientific and Technical Reports, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- ELITH J, GRAHAM CH, ANDERSON RP, DUDÍK M et al. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29, 129-151.
- GONZALEZ-ANDUJAR JL (1995) Modelling the effects of climate change and climatic variability on crops at the site scale: effects on cereal weeds. In *Climate change and Agriculture in Europe: Assessment of Impacts and Adaptations*. (eds P.A. Harrison, R.E. Butterfield & T.E. Downing), pp 280-285. University of Oxford, Oxford, UK.
- IPCC (2007) Summary for Policymakers in S. Solomon et al., eds. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge (UK) and New York (USA).

IZQUIERDO J, RECASENS J, FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C & GILL G (2003) Effects of crop and weed densities on the interactions between barley and *Lolium rigidum* in several Mediterranean locations. *Agronomie* 23, 529-536.

KRITICOS DJ, WEBBER BL, LERICHE A, OTA N et al. (2012) CliMond: global high-resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling. *Methods in Ecology and Evolution* 3,53-64.

SUTHERST RW, MAYWALD G & KRITICOS DJ (2007) CLIMEX Version 3: User's Guide. Hearne Scientific Software.