

MODELIZACIÓN DEL CONTROL QUÍMICO DE *CONYZA* Y EL RIESGO DE RESISTENCIA A GLIFOSATO

González-Díaz L.^{1*}, Costa J.², González-Andújar J.L.¹

¹*Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC),
Avda. Menéndez Pidal s/n, Apdo. 4084, 14004 Córdoba, España.*

²*Monsanto Agricultura España S.L.,
Avda. de Burgos 17, 28036 Madrid, España.*

*g92godil@ias.csic.es

Resumen: Se ha desarrollado un modelo de genética de poblaciones para estudiar el efecto de diferentes estrategias de manejo químicas en el control de poblaciones de *Conyza* y el desarrollo de resistencia a glifosato en poblaciones inicialmente susceptibles. Las estrategias de manejo se basaron en la aplicación de dos herbicidas en diferentes fechas, aislados o en mezcla, donde uno de ellos era glifosato. Las simulaciones mostraron que la aplicación de glifosato con herbicidas postemergentes controlaron más eficazmente las poblaciones de *Conyza* que las aplicaciones de glifosato con herbicidas preemergentes. Las aplicaciones tardías (principalmente en marzo) del herbicida postemergente consiguieron los mejores controles de las poblaciones y un riesgo bajo de desarrollar resistencia en poblaciones de *Conyza* inicialmente susceptibles.

Palabras clave: Genética de poblaciones, modelos de simulación, postemergencia, preemergencia.

Summary: Modelling of chemical control of *Conyza* and the risk of glyphosate resistance. We developed a model of population genetics to study the effect of different chemical management strategies on the control of *Conyza* populations and the resistance evolution to glyphosate in initially susceptible populations. The management strategies were based on herbicides; glyphosate and another post- or pre-emergent herbicide applied alone or in mixtures at different timing. The simulations showed that glyphosate and post-emergent herbicides controlled better *Conyza* populations than glyphosate and pre-emergent herbicides. Later post-emergent herbicide applications (in March principally) reached the best control of *Conyza* populations and a low resistance risk in initially susceptible populations.

Keywords: Population genetics, pre- and post-emergence, simulation models.

INTRODUCCIÓN

Conyza es un género que presenta un gran número de especies arvenses que son abundantes y problemáticas en los cultivos perennes de la cuenca mediterránea. Su control se basa principalmente en el uso de glifosato, lo que ha llevado a la aparición y expansión de la resistencia a este herbicida (Urbano et al., 2007). Sin embargo, el uso de glifosato sigue estando muy extendido en los cultivos perennes por lo que se llegan a tratar con este herbicida poblaciones resistentes y susceptibles de estas especies. Llegados a este punto, resulta interesante estudiar el comportamiento de las poblaciones resistentes y susceptibles de *Conyza* a aplicaciones de glifosato junto con otros herbicidas, con el fin de encontrar las combinaciones de herbicidas que consigan una mayor eficacia en el control de las especies, y retrasen la aparición de la resistencia. Los modelos de dinámica de poblaciones nos ayudan a entender el desarrollo de la resistencia y nos pueden orientar en la elección de las estrategias de control más efectivas (Neve, 2008).

Los objetivos de este trabajo son: 1) encontrar las estrategias de control químico basadas en la aplicación de dos herbicidas (uno de ellos glifosato) que controlen más eficazmente las poblaciones de *Conyza* susceptibles y resistentes a glifosato, y 2) determinar aquellas estrategias que retrasen y reduzcan el riesgo de desarrollo de resistencia a glifosato en las poblaciones de *Conyza* susceptibles.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología

Se ha desarrollado un modelo de simulación de la dinámica poblacional de *Conyza* con una germinación escalonada en el tiempo. El modelo se basa en el ciclo de vida de *Conyza* y considera diferentes estados funcionales (banco de semillas, plántulas, plantas adultas y lluvia de semillas) y procesos de transición entre ellos (germinación, supervivencia de plántulas y adultos, fecundidad y mortalidad de semillas) (Zambrano-Navea, 2013). El modelo fue complementado con un modelo de genética de poblaciones que simuló la resistencia a glifosato. Para parametrizar el modelo se utilizaron datos existentes en la literatura de *C. bonariensis* y *C. canadensis*, principalmente.

El modelo fue usado para evaluar el control ejercido por diferentes estrategias de manejo basadas en el uso de herbicidas, en poblaciones de *Conyza* resistentes y susceptibles al glifosato en cultivos perennes. También se evaluó el riesgo de aparición y la evolución de la resistencia a glifosato en las poblaciones de *Conyza* inicialmente susceptibles.

Condiciones iniciales y estrategias de manejo

Se hicieron dos simulaciones (1000 repeticiones cada una) para cada estrategia de manejo, bajo diferentes densidades iniciales de plantas resistentes: una infestación baja (1 ó 2 plantas resistentes, LR) y una infestación moderada (el 20% del banco de semilla inicial era resistente, MR). Por tanto, en cada simulación se consideró una población de *Conyza* con un nivel inicial de resistencia a glifosato según las densidades iniciales detalladas.

Las estrategias de manejo consideradas (S01-S15) (ver Figura 1) se basaron en la aplicación de dos herbicidas por campaña de cultivo: un herbicida preemergente (pre) o postemergente (post) y glifosato (gly) aislados o combinados en diferentes fechas: noviembre (Nov), febrero (Feb) y/o marzo (Mar). Los valores utilizados para parametrizar los datos de control considerados en las simulaciones para los dos tipos de herbicidas especificados corresponden con diferentes herbicidas de los que se disponen valores en la literatura para *Conyza* a la dosis comercial recomendada; flazasulfuron para herbicidas preemergentes y fluroxipir, glufosinato y amitrol+tiocianato amónico para herbicidas postemergentes.

Resultados evaluados

El control ejercido por las estrategias de manejo se evaluó mediante la densidad de plantas adultas simuladas de las poblaciones (adultos m⁻²) susceptibles y resistentes de *Conyza* tras la adopción de la estrategia de control correspondiente. El riesgo de resistencia a glifosato se evaluó como la probabilidad de que una población inicialmente susceptible desarrolle un nivel de resistencia moderado a glifosato tras la aplicación reiterada de la estrategia de control adoptada. Se considera que una población es moderadamente resistente a glifosato cuando al menos el 20% de sus individuos son resistentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que, a largo plazo, las aplicaciones reiteradas de dos herbicidas (uno de ellos glifosato) no fueron suficiente para reducir a niveles aceptables las poblaciones de *Conyza* simuladas (Figura 1b, 1d y 1f) que en ausencia de medidas de control alcanzaron valores en torno a los 1100 adultos m⁻² (resultado no mostrado). Sin embargo, los herbicidas postemergentes controlaron mejor las poblaciones de *Conyza* que los herbicidas preemergentes (Figura 1b, 1d y 1f).

Las mezclas de herbicidas preemergentes (S01 y S02) o postemergentes (S03 y S04) con glifosato aplicadas en una determinada fecha

controlaron peor las poblaciones de *Conyza* que estos mismos herbicidas aplicados de forma aislada en diferentes fechas (Figura 1d y 1f), con la excepción de la aplicación tardía de la mezcla de glifosato y un herbicida postemergente (S05).

En general, las aplicaciones tardías (febrero y marzo) de herbicidas postemergentes (S4, S05, S10, S11, S14 y S15; Figura 1b y 1f) controlaron más eficazmente las poblaciones de *Conyza*, especialmente las poblaciones resistentes, que las aplicaciones más tempranas (S03, S12 y S13; Figura 1b y 1f). Los mayores niveles de control se consiguieron con una mezcla de herbicida postemergente con glifosato aplicado en marzo (S05) o estos herbicidas aplicados de forma aislada en febrero y marzo (S14). Estas estrategias también presentaron un riesgo bajo de desarrollar resistencia en poblaciones inicialmente susceptibles de *Conyza* con valores en torno al 10% (Figura 1a y 1e).

Las aplicaciones de herbicidas preemergentes y glifosato presentaron, en general, un mayor riesgo de desarrollar resistencia que las aplicaciones de herbicidas postemergentes y glifosato, con niveles próximos o superiores al 40% en todos los casos (Figura 1a y 1c). Dentro de las estrategias que consideraron aplicaciones de herbicidas postemergentes y glifosato, las aplicaciones tempranas de glifosato (noviembre y febrero) mostraron los menores riesgos de resistencia (S03, S04 y S10; Figura 1a y 1e), mientras que las aplicaciones tempranas del herbicida postemergente aplicado de forma aislada, mostraron los mayores riesgos de resistencia (S12 y S13; Figura 1e). Sin embargo, las estrategias con el menor riesgo de resistencia obtuvieron bajos niveles de control de las poblaciones de *Conyza* (S03, S04 y S10; Figura 1b y 1f).

En las simulaciones realizadas no se ha considerado la penalización en el fitness que puede llevar asociada la presencia de resistencia a glifosato en las poblaciones de *Conyza*. Esta penalización puede modificar la dinámica de las poblaciones resistentes y susceptibles y por tanto, resulta de gran interés su inclusión en los modelos de simulación. Sin embargo, la falta de datos experimentales hace difícil su incorporación. De igual modo, en este trabajo no se han considerado prácticas de manejo culturales que podrían reducir las poblaciones de *Conyza* de manera sustancial. La inclusión de estrategias de manejo químico y no químico en el control de poblaciones de *Conyza* es especialmente interesante desde el punto de vista del control integrado y además, podría alargar la vida útil del glifosato a través de la reducción del desarrollo de la resistencia a este herbicida.

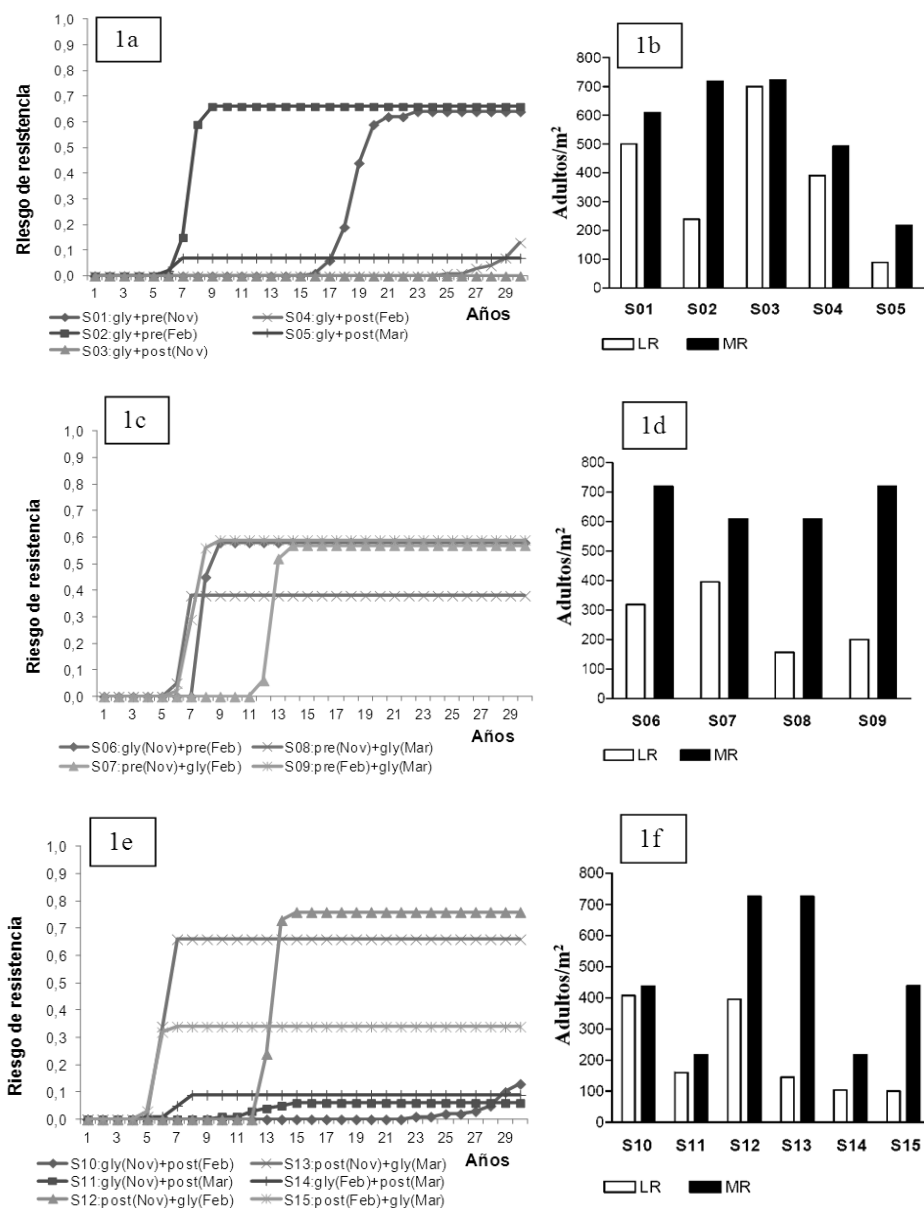


Figura 1. Evolución del riesgo de resistencia a glifosato en *Conyza* y de la población de adultos (adultos m⁻²) tras 30 años de simulación para las estrategias de manejo estudiadas (S01-S15). 1a) y 1b) S01-S05, son estrategias basadas en mezclas de glifosato y otro herbicida pre o postemergente aplicados en una sola fecha; 1c) y 1d) S06-S09, son estrategias basadas en la aplicación aislada de glifosato y un herbicida preemergente en diferentes fechas; 1e) y 1f) S09-S15, son estrategias basadas en la aplicación aislada de glifosato y un herbicida postemergente en diferentes fechas. LR y MR: niveles de resistencia inicial baja y moderada, respectivamente.

CONCLUSIONES

Aplicaciones tardías de un herbicida postemergente (especialmente en marzo) y glifosato fueron las estrategias de manejo químico simuladas que mejores controles alcanzaron en las poblaciones adultas de *Conyza*. Además, la mayoría de estas estrategias presentaron un riesgo bajo de desarrollar resistencia a glifosato en las poblaciones susceptibles de *Conyza*. Las estrategias con menor riesgo de resistencia fueron aquellas que consideraron aplicaciones tempranas de glifosato, aunque en estos casos el control ejercido en las poblaciones susceptibles de *Conyza* se redujo en comparación con estrategias similares que consideraron una aplicación más tardía. En general, el nivel de control alcanzado en las poblaciones adultas de *Conyza* con las estrategias simuladas no fue lo suficientemente alto para estabilizar las poblaciones a un nivel bajo. Para lograr una mayor reducción de las poblaciones de *Conyza* en los cultivos perennes, otras estrategias de manejo químico y/o cultural habría que aplicar para aumentar el control ejercido con las estrategias estudiadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Monsanto S.L. la financiación del proyecto y a los agricultores y al personal técnico su colaboración en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- NEVE P (2008) Simulation modelling to understand the evolution and management of glyphosate resistance in weeds. *Pest Management Science* 64, 392-401.
- URBANO JM, BORREGO A, TORRES V et al. (2007) Glyphosate-resistant hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) in Spain. *Weed Technology* 21, 396-401.
- ZAMBRANO NAVEA CL (2013) *Demografía y dinámica poblacional de Conyza bonariensis (L.) Cronq.* PhD tesis, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.