

# Control de malas hierbas en maíz. Opciones de manejo con herbicidas convencionales y glifosato

Iñigo Loureiro<sup>1</sup>, María Concepcion Escorial<sup>1</sup>, María Inés Santín-Montanyá<sup>1</sup>,  
Esteban García-Ruiz<sup>1</sup>, Ismael Sánchez-Ramos<sup>1</sup>, Susana Pascual<sup>1</sup>, Guillermo Cobos<sup>1</sup>,  
Manuel González-Núñez<sup>1</sup>, María Cristina Chueca<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup>Dpto. Protección Vegetal. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)  
Carretera de La Coruña km 7,5 28040-Madrid  
✉ chueca@inia.es

**Resumen:** En un escenario de control integrado de malas hierbas en maíz convencional y maíz GM tolerante a herbicidas se evalúan diversos manejos en condiciones de campo en 2013 y 2014: 1) un manejo convencional utilizado como control que incluye un tratamiento herbicida en pre-emergencia y otro en post-emergencia y cuatro posibles manejos alternativos: 2) uno en el que se realiza una única aplicación en post-emergencia con los herbicidas utilizados en el tratamiento convencional a menor dosis, y 3-5) tres manejos que incluyen aplicaciones con el herbicida glifosato en post-emergencia. Se ha detectado mayor abundancia de especies monocotiledóneas que de dicotiledóneas, que fueron mejor controladas con manejos que incluyen un tratamiento en pre-emergencia. Se discute el efecto que estos manejos pueden tener sobre el desarrollo de resistencia y sobre el agro-ecosistema

**Palabras clave:** cultivos tolerantes a herbicidas, control integrado, monocotiledóneas, dicotiledóneas.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las malas hierbas son uno de los principales enemigos de los cultivos y su control uno de los principales problemas para el agricultor. Durante muchos años los herbicidas se han considerado como la mejor solución para el control de las malas hierbas. Por ello el uso extensivo de los herbicidas se ha convertido, además de en un problema agrícola con la aparición creciente de malas hierbas resistentes, en un problema medioambiental con el incremento de la contaminación de aguas (Haarstad and Luvigsen, 2007) y en un problema social (Gianessi, 2013). La aplicación de las técnicas de control integrado que marca la legislación vigente en el Real Decreto 1311/2012 establece que el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios, es un instrumento adecuado para la reducción del uso de productos fitosanitarios, entre ellos los herbicidas. No obstante, en cultivos extensivos como maíz y en zonas de monocultivo es a veces difícil prescindir de esta herramienta. Por otro lado, las malas hierbas desempeñan un papel importante en los agroecosistemas y son el principal soporte de la diversidad biológica en los campos de cultivo, donde proporcionan valiosos servicios ecológicos para otros taxones (Albrecht, 2003; Petit et al., 2011). Por tanto, es necesario implementar manejos que reduzcan la cantidad de herbicidas utilizados, eviten el desarrollo de resistencias y sean respetuosos con la flora, la fauna y por tanto la biodiversidad.

En este escenario, el objetivo de este trabajo es evaluar diversos manejos de herbicida para control de malas hierbas en maíz. Estos manejos incluyen una reducción del número de tratamientos y de la cantidad de herbicida aplicado, así como la posible utilización de maíz *Bt* (*Bacillus thuringiensis*) resistente a taladro y/o tolerante a glifosato, lo que permitiría incluir el glifosato entre las opciones herbicidas a tener en cuenta al implementar la gestión del control de las malas hierbas.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado han sido las variedades de maíz DKC6451YG (*Bt*) y DKC6450 (convencional, no-GM), con el mismo fondo genético que la variedad *Bt*. El ensayo de control de malas hierbas con diferentes tratamientos herbicidas se realizó durante dos años en la vega del Jarama (40°05' N, 3°40' W). En el año 2013 el maíz se sembró el día 9 de mayo, mientras que en 2014 la siembra fue el 19 de mayo. El diseño del ensayo fue de bloques al azar en parcelas de 20 x 30 metros con 5 repeticiones por tratamiento. Las parcelas se regaron a pie cada 8 a 10 días a partir de 17-20 junio en cada año. El manejo del campo fue el habitual en la zona similar para los dos años.

Los tratamientos realizados fueron:

1. Convencional (C): un tratamiento en pre-emergencia (Pr) con S-metolalcloro 31,25% + terbutilazina 18,75%, a 4 L ha<sup>-1</sup> seguido de un tratamiento en post-emergencia (Ps) con nicosulfuron 6% a 0,65 L ha<sup>-1</sup> y mesotriona 10% a 1 L ha<sup>-1</sup>.
2. Herbicida reducido (HR): un único tratamiento en post-emergencia con S-metolalcloro 31,25% + terbutilazina 18,75% a 3 L ha<sup>-1</sup>, nicosulfuron 6% a 0,75 L ha<sup>-1</sup> y mesotriona 10% a 0,5 L ha<sup>-1</sup>.
3. Glifosato (2G): dos tratamientos con glifosato 36% a 3 L ha<sup>-1</sup> (en todos los casos el tratamiento con glifosato se ha realizado de forma manual aplicado entre líneas con campana protectora).
4. Convencional de pre-emergencia y glifosato en post-emergencia (Pr+G).
5. Herbicida reducido y glifosato ambos en post-emergencia (HR+G).

Los tratamientos C; HR y Pr+G se aplicaron a los dos tipos de semilla mientras que los tratamientos 2G y HR+G se aplicaron únicamente a la variedad *Bt*. Se realizaron cinco muestreos a lo largo del desarrollo del cultivo, desde la siembra hasta la madurez fisiológica, para determinar la abundancia y diversidad de malas hierbas. El muestreo de malas hierbas se realizó en 12 puntos fijos de 0,25 m<sup>2</sup> distribuidos en cada parcela con un total de 3 m<sup>2</sup> muestreados por parcela (Loureiro et al., 2015). En cada una de las parcelas se estimó la producción de forma indirecta mediante el peso de 10 mazorcas tomadas al azar en la zona central de cada parcela y el número de plantas por parcela.

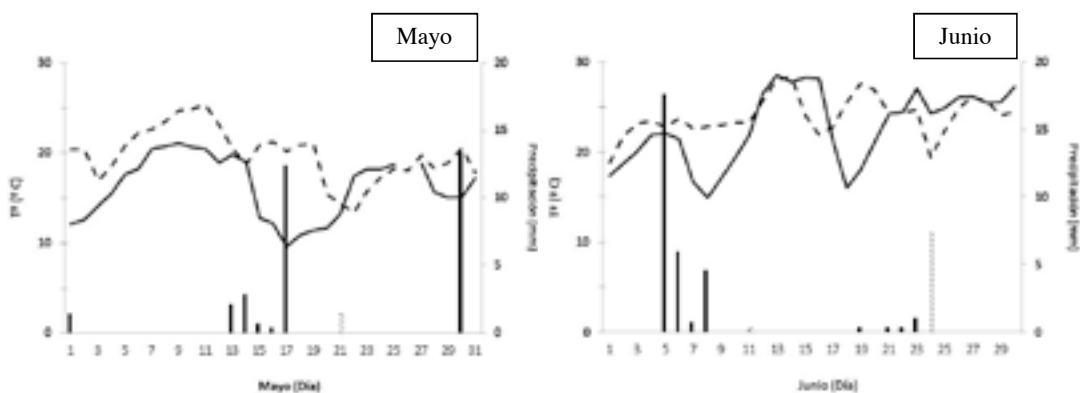


Figura 1. Datos climatológicos de temperatura media (líneas) y precipitación (barras) registrados para los meses de mayo y junio durante los años 2013 (líneas continuas) y 2014 (líneas discontinuas).

Los datos de abundancia de malas hierbas totales (plantas  $m^{-2}$ ) se transformaron mediante  $(\log x + 1)$  previamente a la realización de un análisis de varianza de medidas repetidas para los factores año y tratamiento, siendo el muestreo la medida repetida. Los datos de producción estimada para cada tratamiento se analizaron mediante ANOVA unifactorial. Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico SPSS13.0.

Los datos climatológicos para los años 2013 y 2014 se han obtenido de la estación meteorológica de Toledo perteneciente a la Junta de Castilla-La Mancha (Fig. 1).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza de los resultados de aquellos tratamientos en los que se empleó tanto semilla convencional como *Bt* (C, HR y Pr+G) muestra que no hay diferencias significativas debidas al factor «variedad», por lo que únicamente se muestran los resultados de los 5 tratamientos empleados en las parcelas con semilla *Bt*, relacionados con la potencial introducción de cultivos GM tolerantes a herbicidas en el manejo de malas hierbas.

La figura 2 muestra la abundancia media de malas hierbas (plantas  $m^{-2}$ ) en cada uno de los dos ensayos, en 2013 y en 2014, ya que el factor año mostró diferencias significativas en la abundancia de malas hierbas ( $P < 0,05$ ). El año 2013 el maíz se sembró el 9 de mayo y en las dos semanas siguientes a la siembra las temperaturas cayeron bruscamente, llegando a una temperatura media de  $9^{\circ}C$  el día 17 de mayo. Este día se registraron precipitaciones (Fig. 1), lo que hizo que la temperatura del suelo descendiera y la emergencia de malas hierbas fuera escasa. La humedad relativa media para el mes de mayo de 2013 fue de  $54 \pm 11\%$ . En mayo de 2014, a pesar de las escasas precipitaciones la tierra tenía tempero y las temperaturas fueron más elevadas después de la siembra, lo que favoreció la germinación de las malas hierbas, que fue mayor que en 2013, como se puede apreciar para el muestreo 1 anterior a la aplicación de los herbicidas de post-emergencia en los tratamientos HR, HR+G y 2G que no habían recibido herbicidas en pre-emergencia (líneas discontinuas, Fig. 2).

El mes de junio, en el que se realizaron la mayor parte de los tratamientos de post-emergencia, fue similar para ambos años en cuanto a condiciones de temperatura ( $23 \pm 4^{\circ}C$  en 2013 y  $23 \pm 2^{\circ}C$  en 2014), y si bien en 2013 hubo más precipitaciones (31 mm *vs* 7 mm en 2014, Fig. 1),

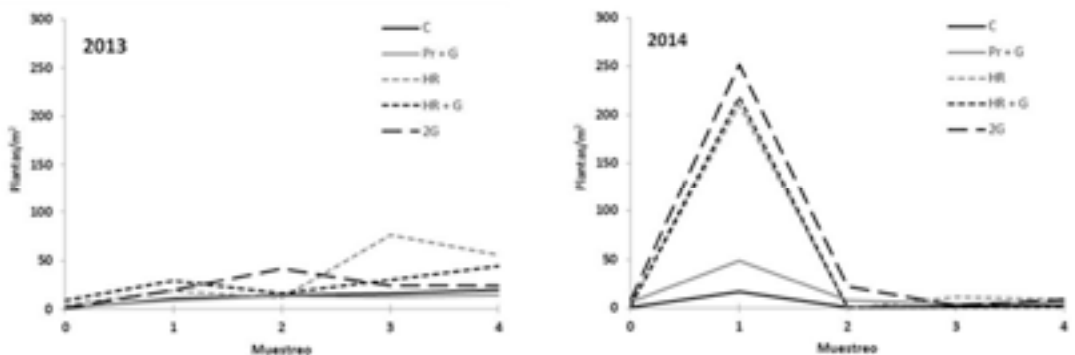


Figura 2. Abundancia media de malas hierbas totales (plantas  $m^{-2}$ ) en los 5 programas de manejo y en cada uno de los cinco muestreos (0-4) realizados durante los años 2013 (izquierda) y 2014 (derecha).

el hecho de que las parcelas se regaran hizo que los tratamientos fueran eficaces en ambos años. Mientras que en los tratamientos que incluían un herbicida de pre-emergencia la abundancia de malas hierbas era menor, en los manejos con herbicidas de post-emergencia la abundancia de malas hierbas disminuyó en ambos años tras la aplicación herbicida, en especial en 2014 donde se redujeron de más de 200 plantas m<sup>-2</sup> a menos de 25 plantas m<sup>-2</sup> (Fig. 2).

Las malas hierbas más abundantes en todos los tratamientos fueron especies monocotiledóneas (Fig. 3). De entre las especies de monocotiledóneas las principales malas hierbas por orden de importancia fueron: *Echinochloa crus-galli*, *Sorghum halepense*, varias especies del género *Setaria* (*S. verticillata*, *S. adhaerens* y *S. viridis*) y *Digitaria sanguinalis*. Entre las malas hierbas dicotiledóneas, mucho menos abundantes, se encontraron *Abutilon theophrasti*, *Solanum nigrum*, *Portulaca oleracea*, *Chenopodium album* y especies del género *Datura* (*D. stramonium* y *D. ferox*), *Xanthium* (*X. echinatum* y *X. spinosum*) y *Amaranthus* (*A. retroflexus* y *A. blitoides*).

El ANOVA de medidas repetidas realizado, detectó diferencias significativas en la abundancia de malas hierbas para los diferentes manejos. El manejo convencional C, con una aplicación en pre- y otra en post-emergencia fue el manejo que menor abundancia de malas hierbas presentó, sin diferencias significativas con el manejo Pr + G, que incluía un herbicida en pre-emergencia y glifosato. Los manejos HR+G y 2G, dieron lugar a una abundancia significativamente mayor al

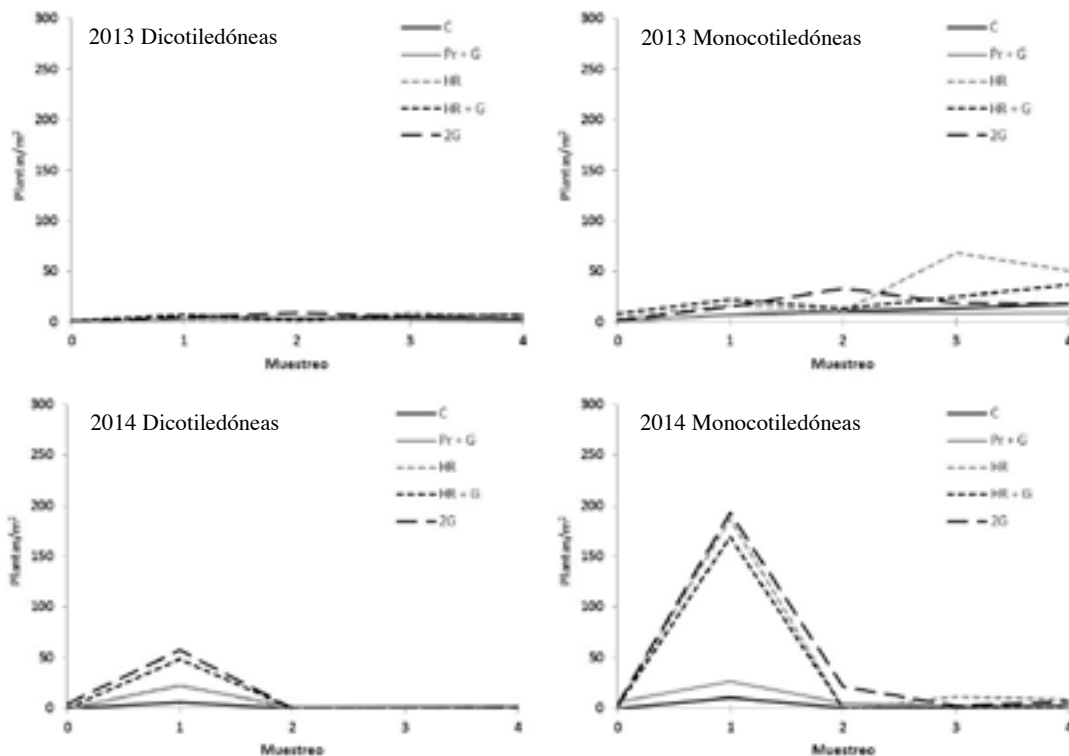


Figura 3. Abundancia media de malas hierbas monocotiledóneas y dicotiledóneas (plantas m<sup>-2</sup>) en cada tratamiento herbicida y en cada uno de los cinco muestreos (0-4) realizados durante los años 2013 y 2014.

convencional C, pero no difirieron del Pr +G. El manejo con mayor abundancia de malas hierbas fue el HR, sin diferencias significativas con HR+G y 2G pero si con el resto. Puesto que no se detectaron diferencias significativas en la producción estimada entre manejos, aquellos manejos en los que se realice un adecuado control con menor coste de inputs, y mejor comportamiento medioambiental podrían ser los más beneficiosos, teniendo en cuenta que, antes de implementar un determinado manejo es necesario considerar que cada opción puede tener un riesgo.

La reducción de dosis de herbicidas (HR) así como el uso continuado de un solo herbicida no selectivo asociado a cultivos GM tolerantes a herbicidas, pueden modificar la composición y abundancia de las malas hierbas (Heard et al., 2003; Waltz, 2010). Si estas modificaciones conducen a la prevalencia de una o de pocas especies debido a la resistencia a herbicidas y/o cambios en la flora, pueden afectar adversamente el agro-ecosistema.

#### 4. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias al proyecto AMIGA (Assessing and Monitoring the Impacts of Genetically Modified Plants on Agro-ecosystems) 289706 SP1 cooperation.

#### 5. REFERENCIAS

- Albrecht H (2003). Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 98, 201-211.
- Gianessi LP (2013). The increasing importance of herbicides in worldwide crop production. *Pesticide Management Science*, 69, 1099-1105.
- Haarstad K and Luvigsen GH (2007). Ten years of pesticide monitoring in Norwegian ground water. *Ground Water Monitoring and Remediation*, 27, 75-89.
- Heard MS, Hawes C., Champion GT, Clark SJ, Firbank LG, Haughton AJ, Parish AM, Perry JN, Rothery P, Scott RJ, Skellern MP, Squire GR and Hill MO (2003). Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. 1. Effects on abundance and diversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 358, 1819-1832.
- Loureiro I, Escorial MC, Santin-Montanyá MI, Garcia-Ruiz E, Sánchez-Ramos I, Pascual S, Cobos G, González-Núñez M and Chueca MC (2015). Opciones de control de malas hierbas en maíz convencional y GM. Efecto sobre malas hierbas, artrópodos y cadena trófica. *Actas XV Congreso Malherbiología*. Sevilla 2015. 375-381.
- Petit S, Boursault A, Le Guilloux M, Munier-Jolain N and Reboud X (2011). Weeds in agricultural landscapes: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31, 309-317.
- Waltz E (2010). Glyphosate resistance threatens Roundup hegemony. *Nature Biotechnology*, 28, 537-538.

---

#### Weed control in maize. Management options with conventional herbicides and glyphosate

**Summary:** In a scenario of integrated weed control in conventional maize and herbicide-tolerant GM maize, different management practices are evaluated under field conditions in a trial conducted in 2013 and 2014: 1) a management used as a control that includes a pre-emergence and a post-emergence herbicide treatment, and four possible alternative managements, 2) one in which the number of applications is reduced to a single post-emergence application with the herbicides used in the conventional treatment at lower doses, 3-5) and three managements that include glyphosate applications in post-emergence. In the field trials monocotyledonous species were much more abundant than dicotyledonous species and, those managements including a pre-emergence treatment were more effective in weed control, the effects that these managements could have on weed resistance development and on the agro-ecosystem are discussed.

**Keywords:** herbicide-tolerant crops, integrated control, monocotyledonous, dicotyledonous.