

# EVOLUCION DE LA RESISTENCIA DE BALLICA (*Lolium multiflorum*) A GLIFOSATO Y ESTRATEGIAS PARA SU CONTROL EN EL SUR DE CHILE

Espinoza, Nelson<sup>1</sup>,  
Rodríguez, Cristian<sup>1</sup>

## RESUMEN

En los sistemas de producción de cultivos anuales extensivos en el sur de Chile, la evolución de resistencia a glifosato en ballica (*L. multiflorum*) está adquiriendo una importancia creciente en campos en los que se ha usado labranza cero durante una a dos décadas y glifosato se ha aplicado anualmente previo a la siembra de trigo, avena, cebada, triticale, colza y lupino. Para manejar la resistencia a glifosato se han propuesto diversas estrategias antes y después de la siembra. Entre las estrategias más eficaces y adoptadas por los agricultores, se incluyen, antes de la siembra: quema de los residuos del cultivo anterior y uso de los herbicidas clethodim, tepraloxymid, paraquat y diquat. Después de la siembra: uso de herbicidas aplicados al suelo. Además, es creciente el número de agricultores que han vuelto a cultivar el suelo en campos que se practicaba la labranza cero desde largo tiempo con el objetivo de obtener una mayor y más rápida germinación de las semillas existentes en el suelo y poder controlar las plantas mecánicamente y con herbicidas alternativos antes de la siembra. El uso de herbicidas inhibidores de ACCasa y ALS recomendados en los cultivos no siempre es una estrategia eficaz debido a que los biotipos resistentes a glifosato también pueden ser resistentes a ACCasa, ALS o ambos. Debido a que ninguna estrategia, por sí sola, es suficiente para alcanzar buenos resultados un plan de manejo integrado debe incluir varias estrategias en el mismo cultivo y año. Glifosato puede continuar utilizándose antes de la siembra, ya que es una herramienta eficaz para controlar las plantas de ballica sensibles y las otras especies de malezas.

**Palabras clave:** biotipo, herbicidas, raigrás, resistencia múltiple, LOLMU

119

## ABSTRACT

### Glyphosate Resistance Evolution in Annual Ryegrass (*Lolium multiflorum*) and its Management Strategies in Southern Chile

In the systems of extensive annual crop production in southern Chile, the evolution of resistance to glyphosate in Italian ryegrass has become increasingly important in fields with no-tillage for one or two decades, where glyphosate has been applied annually before sowing of wheat, oats, barley, triticale, oilseed rape or lupin. In order to manage resistance to glyphosate in Italian ryegrass, various strategies have been proposed. Among the most effective strategies already adopted by farmers are before sowing: burning crop residues and apply either clethodim, tepraloxymid, paraquat or diquat, depending on the stage of the weeds; and after sowing: the use of soil-applied herbicides. In addition, a growing number of farmers are going back to conventional tillage in fields where no-tillage was practiced for years in order to obtain a greater and faster germination of Italian ryegrass seeds. Then, they control plants mechanically and/or with alternative herbicides as the ones mentioned above. The use of ACCase-inhibiting and/or ALS herbicides recommended in crops is not always an effective strategy because the Italian ryegrass biotypes resistant to glyphosate may also be resistant to either ACCase or ALS, or to both. Because no strategy by itself is sufficient to achieve good results, an integrated management plan should

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Carillanca, Temuco, Chile. Correo electrónico: nespinoz@inia.cl

include several strategies in the same crop and year. Glyphosate is still an effective tool to control Italian ryegrass plants and other sensitive weed species, but it should be part of an integrated approach.

**Key words:** annual crops, biotypes, herbicides, Italian ryegrass, multiple resistance, LOLMU

## INTRODUCCIÓN

Desde su introducción en el mundo en 1974 el glifosato se ha convertido en el herbicida no selectivo, pos-emergente y sistémico más importante para controlar malezas anuales y perennes en un amplio rango de situaciones. La acción principal del glifosato en las plantas es la inhibición de la enzima enolpiruvilshikimato fosfato sintasa, lo que impide la elaboración de fenilalanina, tirosina y triptófano, aminoácidos aromáticos esenciales para el crecimiento y sobrevivencia de ellas. Las razones que explican su éxito en la agricultura son su amplio espectro de control (es eficaz sobre casi todas las malezas), su positivo perfil toxicológico (tiene baja toxicidad para organismos que no son malezas) y ambiental (escaso movimiento hacia las napas subterráneas y escasa a nula residualidad en el suelo), y su bajo costo (Baylis, 2000; Woodburn, 2000).

Hasta el año 1996 el uso de glifosato en el mundo estaba restringido al tradicional, esto es, como un herbicida no selectivo pos-emergente utilizado para controlar malezas antes de la siembra y plantación de los cultivos, y entre las hileras de las viñas y los huertos frutales. Sin embargo, con la introducción de los cultivos transgénicos resistentes a glifosato en 1996, pasó a ser un herbicida selectivo pos-emergente, aplicándose directamente sobre las plantas del cultivo, sin dañarlas. Durante más de 30 años de uso de glifosato en forma tradicional, sólo dos especies de malezas evolucionaron resistencia, específicamente *Lolium rigidum* en Australia en 1996 (Pratley *et al.*, 1996) y *Eleusine indica* en Malasia en 1997 (Lee, L.J., Ngim, J. 2000), am-

bas en huertos frutales. No obstante, en los últimos años, 22 especies han evolucionado resistencia en 20 países, lo que explica que actualmente la resistencia a glifosato se considere un problema grave en EE.UU. (14 especies) y sea importante en Australia (6 especies), Europa (5 especies), Argentina (5 especies) y Brasil (5 especies), entre otros (Cuadro 1). La mayoría de estas malezas han evolucionado resistencia a glifosato en situaciones agrícolas con uso reiterado del herbicida y, por lo tanto, con una intensa presión de selección, como ha ocurrido con los cultivos transgénicos resistentes a glifosato en EE.UU., Argentina y Brasil; en viñas y huertos frutales en Europa; y en viñas, frutales y suelos dedicados a cereales con cero labranza en Australia (Duke y Powles, 2009; Heap, 2013).

Desde su introducción a fines de los años setenta, glifosato es un importante herbicida en la agricultura nacional, siendo utilizado ampliamente para controlar malezas antes de la siembra de cultivos y praderas, y antes y después de la plantación de especies frutales y forestales. Es particularmente importante en sistemas de establecimiento de cultivos con cero y mínima labranza. En el país la resistencia a glifosato sólo se ha reportado en *L. multiflorum* (Heap, 2013; Espinoza *et al.*, 2012). Lamentablemente, desde que se reportó el primer caso a principios del año 2000 (Pérez y Kogan, 2003), la superficie invadida por *L. multiflorum* resistente a glifosato ha aumentado significativamente.

El objetivo principal de esta revisión es dar a conocer la evolución de la resistencia de *L. multiflorum* a glifosato y las estrategias para su control en cultivos anuales extensivos, como trigo, avena, triticale, raps canola y lupino en el sur de Chile.

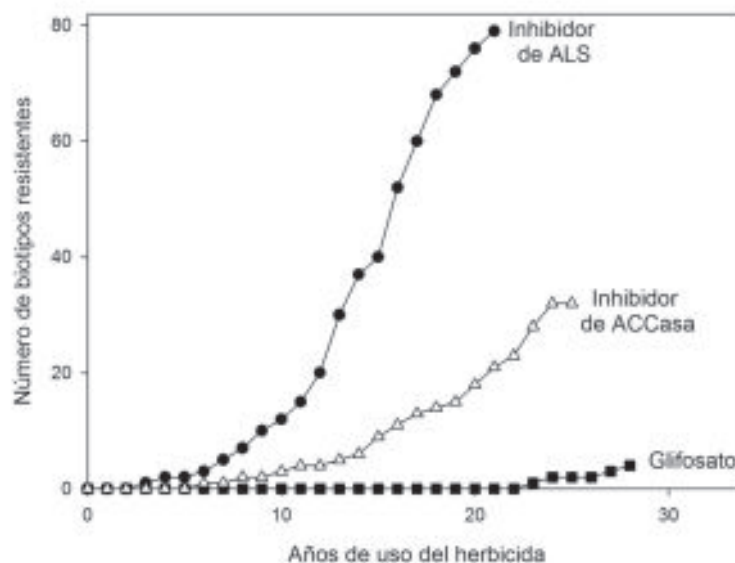
**Cuadro 1.** Malezas que han evolucionado resistencia a glifosato en el mundo (Adaptado de Heap, 2013)

Especie de maleza	País	Primer reporte
<b>Gramínea</b>		
<i>Lolium rigidum</i>	Australia, EE.UU. Sudáfrica, Europa e Israel	1996
<i>Eleusine indica</i>	Malasia, Colombia y EE.UU.	1997
<i>Lolium multiflorum</i>	Chile, Brasil, EE.UU., Europa y Argentina	2001
<i>Sorghum halepense</i>	Argentina y EE.UU.	2005
<i>Digitaria insularis</i>	Paraguay y Brasil	2006
<i>Echinochloa colona</i>	Australia, EE.UU. y Argentina	2007
<i>Cynodon hirsutus</i>	Argentina	2008
<i>Urochloa panicoides</i>	Australia	2008
<i>Lolium perenne</i>	Argentina	2008
<i>Poa annua</i>	EE.UU.	2010
<i>Chloris truncata</i>	Australia	2010
<i>Leptochloa virgata</i>	México	2010
<i>Bromus diandrus</i>	Australia	2011
<b>Latifoliada</b>		
<i>Conyza canadensis</i>	EE.UU., Brasil, China y Europa	2000
<i>Conyza bonariensis</i>	Sudáfrica, Europa, Brasil, Israel, Colombia, EE.UU. y Australia	2003
<i>Plantago lanceolata</i>	Sudáfrica	2003
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	EE.UU.	2004
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Colombia	2004
<i>Ambrosia trifida</i>	EE.UU. y Canadá	2004
<i>Amaranthus palmeri</i>	EE.UU.	2005
<i>Amaranthus tuberculatus</i>	EE.UU.	2005
<i>Kochia scoparia</i>	EE.UU. y Canadá	2007
<i>Conyza sumatrensis</i>	Europa	2009
<i>Amaranthus spinosus</i>	EE.UU.	2012

## ¿CUÁNTO TARDAN EN APARECER LAS MALEZAS RESISTENTES A GLIFOSATO?

Producto de mutaciones genéticas poco comunes y que ocurren al azar, las poblaciones de malezas contienen individuos resistentes en frecuencias muy bajas. La frecuencia depende de la especies de maleza

y del mecanismo de acción del herbicida. Para algunos herbicidas como los inhibidores de ALS (acetolactato sintasa) y ACCasa (acetil coenzima-A carboxilasa), la frecuencia de individuos resistentes antes de la utilización del herbicida puede ser tan alta como 1 en 10.000 y 1 en 100.000, respectivamente, por lo que las malezas evolucionan resistencia rápidamente, en un periodo de 2-4 años y 6-8 años, respectivamente (Figura 1).



**Figura 1.** Relación entre años de uso de glifosato, ACCasa y ALS y la cantidad de especies de malezas con biotipos resistentes (Heap, 2008)

Por el contrario, para glifosato la frecuencia de individuos resistentes puede ser tan baja como 1 en 1.000 millones, por lo que el periodo es mayor, alrededor de 20 años (Heap, 2008; 2011).

## EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA DE *L. multiflorum* A GLIFOSATO EN CHILE

En Chile, la resistencia a glifosato sólo se ha reportado en *L. multiflorum* (Heap, 2013). No obstante, actualmente la superficie afectada con *L. multiflorum* resistente a glifosato es alta, ya que alcanza a 65 mil hectáreas en viñas y frutales en la zona central y 20 mil hectáreas en suelos dedicados a la producción de cereales, raps canola y lupino en la zona sur. A la fecha se han descrito siete biotipos resistentes a glifosato. Los tres primeros fueron detectados a principios de la década del 2000, dos en viñas en la zona central (Pérez y Kogan, 2003) y uno en barbecho químico para cereales en la zona sur (Espinoza *et al.*, 2005), aproximadamente 20 años después de la introducción de glifosato al país. Los otros cuatro biotipos descritos fueron detectados duran-

te el periodo 2006-2007 en cultivos de trigo en la zona sur (Espinoza *et al.*, 2008a). Todos los biotipos resistentes a glifosato tienen en común que fueron colectados desde campos en que el glifosato se usaba continuamente, dos a tres veces al año (viñas y huertos frutales) o al menos una vez cada año (previo a la siembra de trigo y otros cultivos con cero labranza).

Una característica de los biotipos de *L. multiflorum* resistentes a glifosato del sur del país es que también pueden presentar resistencia a herbicidas inhibidores de ACCasa e inhibidores de ALS (Espinoza *et al.*, 2008a; 2008b). La resistencia múltiple en *L. multiflorum* no es común en otros países y específicamente la múltiple a glifosato, ACCasa y ALS sólo se ha reportado desde Chile (Cuadro 2). Una de las principales consecuencias de la resistencia de *L. multiflorum* a herbicidas con diferentes modos de acción es que el número de herbicidas alternativos para su control puede disminuir significativamente. Por esta razón, cuando la cantidad de semillas resistentes en el suelo es alta, el trigo u otros cultivos destinados a producir grano en estos campos pueden fracasar completamente cuando no se realiza un control eficaz de la maleza antes de sembrar (con labranza

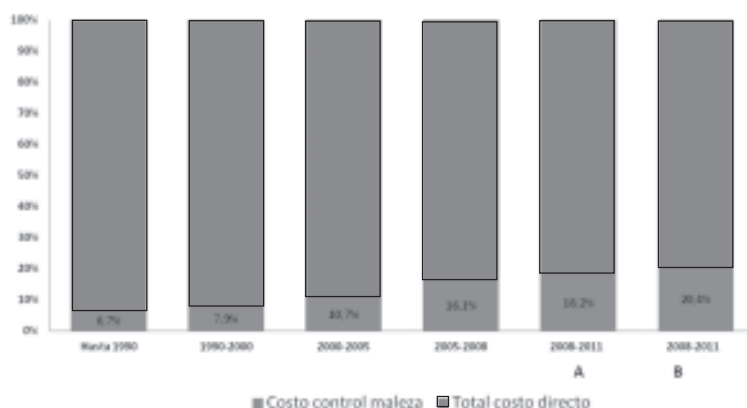
**Cuadro 2.** Evolución de la resistencia de *L. multiflorum* a herbicidas ACCasa, ALS y glifosato en Chile (Adaptado de Heap, 2013)

Año	Con resistencia a	Resistencia a los mismos herbicidas en otros países
1998	ACCasa	Argentina, EE.UU., Francia, Reino Unido
2001	Glifosato	Argentina, Brasil, EE.UU., España
2002	Múltiple a glifosato y ALS	Argentina
2005	Múltiple a ACCasa y ALS	EE.UU, Italia
2006	Múltiple a glifosato y ACCasa	Argentina, Brasil
2007	Múltiple a glifosato, ACCasa y ALS	No hay

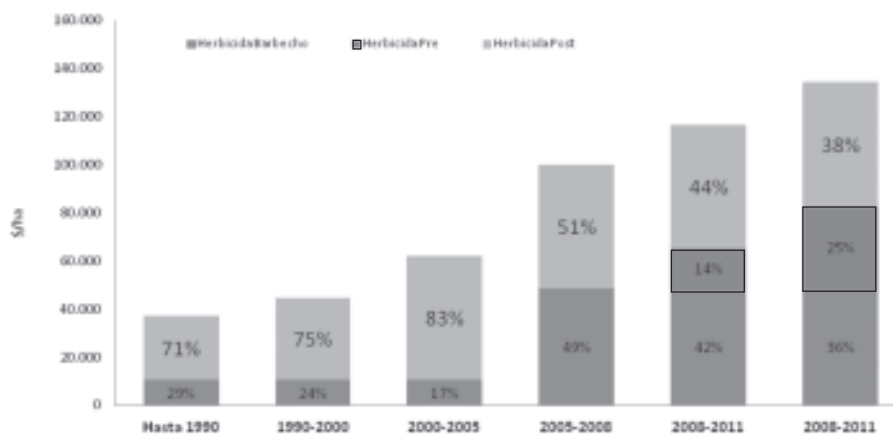
del suelo y utilizando herbicidas con distinto modo de acción como paraquat y paraquat+diquat) y después de sembrar (utilizando herbicidas pre-emergentes).

Otra consecuencia de la resistencia múltiple de *L. multiflorum* es que aumentan los costos de producción en los cultivos anuales extensivos. Al respecto Espinoza *et al.* (2011) encontraron que en los últimos 20 años los costos del control de malezas en trigo con cero labranza en el sur del país aumentaron progresivamente. Hasta el año 2.000 los costos eran relativamente bajos,

ya que representaban sólo un 7,9 % de los costos directos de producción, mientras que actualmente pueden llegar a representar un 20,4 % (Figura 2). Este incremento significativo está estrechamente relacionado al uso de herbicidas alternativos para controlar *L. multiflorum* resistente a glifosato, ACCasa y ALS, tales como clethodim, tepraloxym, paraquat y paraquat+diquat antes de sembrar (herbicidas en el barbecho) y herbicidas pre-emergentes después de sembrar, y porque no han dejado de usarse los herbicidas a los cuales se había generado resistencia, incluyendo glifosato (Figura 3).



**Figura 2.** Evolución costos del control de malezas en trigo con herbicidas y cero labranza en el sur de Chile en los últimos 20 años (Espinoza *et al.* 2011)



**Figura 3.** Evolución costos control de malezas por el uso de herbicidas antes y después de sembrar trigo con cero labranza en el sur de Chile en los últimos 20 años (Espinoza *et al.*, 2011)

Pre y Post: Indica herbicida pre y post-emergente, respectivamente.

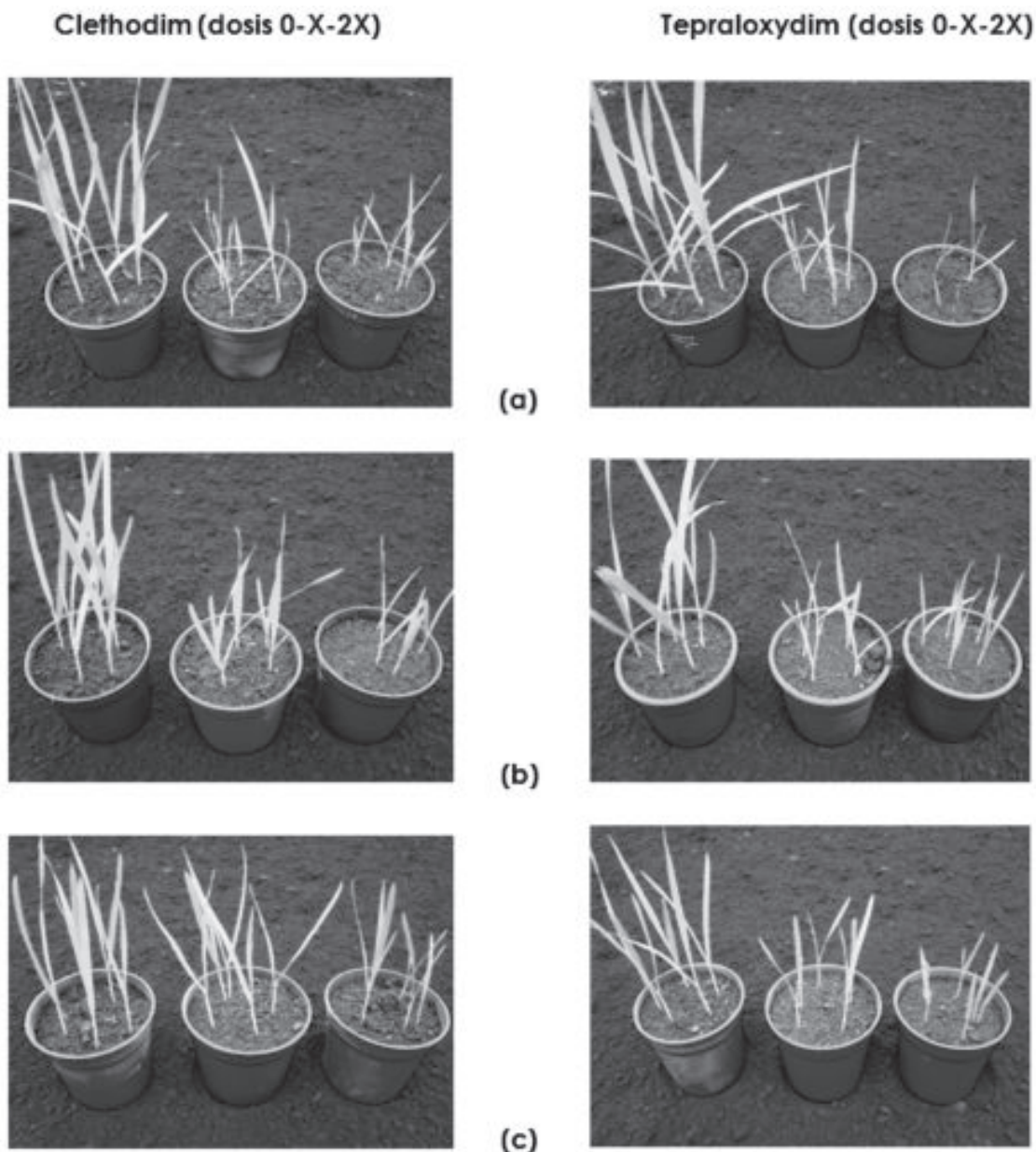
## ESTRATEGIAS DE CONTROL DE *L. multiflorum* RESISTENTE A GLIFOSATO EN EL SUR DE CHILE

En el sur del país, principal zona productora de trigo, avena, triticale, raps canola y lupino, se han propuesto varias estrategias para controlar *L. multiflorum* resistente a glifosato. Las principales estrategias incluyen herbicidas alternativos, tales como clethodim, tepraloxymid, paraquat, paraquat+diquat y pre-emergentes, la labranza del suelo y quema del rastrojo. Estas estrategias pueden diferir según la situación en que *L. multiflorum* resistente está presente. En algunas situaciones, por ejemplo avena para grano, hay un reducido número de herbicidas disponibles para usar después de sembrar, lo que puede limitar fuertemente el manejo de *L. multiflorum* resistente a glifosato en este cultivo. En otras, los herbicidas pre-emergentes no pueden utilizarse o su eficacia puede disminuir significativamente debido a la escasa humedad en el suelo al momento de aplicarlos. Obviamente, los mejores resultados se logran empleando varias estrategias de control diferentes. En estas estrategias normalmente el glifosato sigue siendo utilizado, debido a la existencia de otras especies de malezas en las que continúa siendo muy eficaz.

## ESTRATEGIAS DE CONTROL ANTES DE SEMBRAR

### 1. Herbicidas clethodim y tepraloxymid.

A la fecha la mayoría de los biotipos de *L. multiflorum* resistentes a glifosato son sensibles a los herbicidas ACCasa clethodim (Centurión Super) y tepraloxymid (Aramo). Debido a que ambos herbicidas son específicos para controlar malezas gramíneas, normalmente son utilizados en mezcla de estanque con glifosato durante la preparación de la cama de semilla. El riesgo de esta estrategia es que se originen biotipos de ballica con resistencia múltiple, esto es, resistentes a glifosato y clethodim o tepraloxymid. Biotipos de ballica con estas características ya han sido descritos en el país (Espinoza *et al.*, 2005; 2008a; 2008b; 2009). Debido a que clethodim y tepraloxymid, a diferencia de glifosato, tienen efecto residual en el suelo, pueden ocasionar fitotoxicidad en cultivos que son gramíneas como el trigo y la avena cuando no existe suficiente tiempo entre la aplicación del herbicida y la siembra del cereal (Figura 4). Estudios recientes realizados por Espinoza y Rodríguez (2011) determinaron que este periodo debería ser entre 3-4 semanas, dependiendo del cereal, ya que la avena fue más sensible que el trigo. Es probable que el periodo entre la apli-

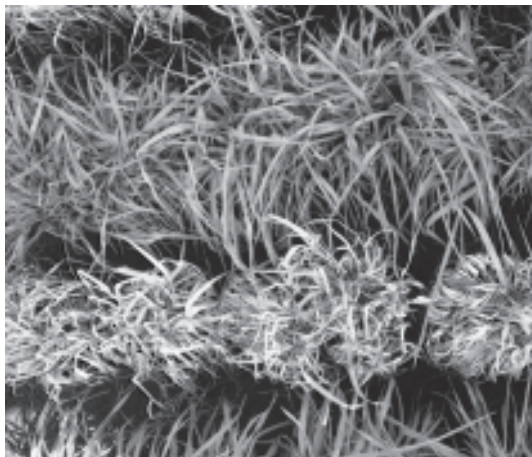


**Figura 4.** Efecto en el crecimiento de plantas de avena sembrada en suelo tratado con los herbicidas clethodim y tepraloxym. Momentos de siembra: a) 1 día después de la aplicación; b) 12 días después de la aplicación; y c) 24 días después de la aplicación (Espinoza y Rodríguez, 2011)

cación y la siembra también sea influido por las precipitaciones después de la aplicación del herbicida y el contenido de materia orgánica del suelo, lo que no fue evaluado.

**2. Herbicidas paraquat y diquat.** Todos los biotipos de ballica resistentes a glifosato son sensibles a paraquat (varios nombres comerciales) y la mezcla formulada de

paraquat+diquat (Farmon). Estos herbicidas, por ser de contacto, no deben mezclarse con herbicidas sistémicos como glifosato, pero pueden utilizarse secuencialmente. La aplicación secuencial de herbicidas tipo glifosato, paraquat o diquat, con diferentes modos de acción, conocida como la técnica del «doble golpe» se ha usado exitosamente

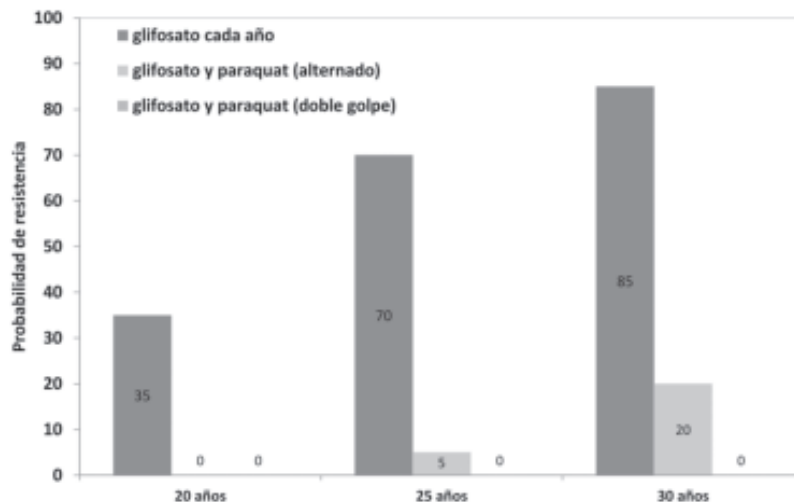


**Figura 5.** Con el doble golpe la ballica que no es controlada por glifosato (fila superior) puede ser controlada eficazmente por otro herbicida con distinto modo de acción como paraquat (fila inferior)

en Australia para atrasar la evolución de resistencia de *L. rigidum* a glifosato (Borger y Hashme, 2007). Se desarrolló para que las plantas sobrevivientes al primer herbicida (glifosato) sean controladas por el segundo herbicida, impidiendo además la producción de semillas (Figura 5). Las plantas de *L. multiflorum* que sobreviven a glifosato son tratadas con paraquat alrededor de 2 semanas después. Los mejores resultados se

obtienen cuando a glifosato se le da un mínimo de tiempo para traslocarse hacia las raíces, y paraquat o diquat son aplicados cuando la maleza está todavía verde. A la fecha, se han reportado pocos casos de resistencia a paraquat en el mundo, por lo que el riesgo de que se genere resistencia múltiple es escaso. En Chile, SYNGENTA recomienda la estrategia «3 Golpes» para controlar *L. multiflorum* resistente a glifosato en trigo: un primer golpe con glifosato (Touchdown) seguido de paraquat+diquat (Farmon) antes de la siembra; un segundo golpe con prosulfocarb (Falcon) aplicado después de la siembra y en pre-emergencia del trigo y la maleza; y un tercer golpe con pinoxaden (Traxos) aplicado en pos-emergencia del trigo y la maleza. En esta estrategia, además de glifosato y paraquat, se incluyen otros dos herbicidas con diferentes modos de acción.

Investigadores australianos han calculado que con la técnica del doble golpe no hay probabilidades de que ocurra resistencia de *L. rigidum* a glifosato en un periodo de 30 años. Por otra parte, al aplicar glifosato y paraquat alternadamente (un año uno y el año siguiente el otro) la probabilidad es de un 5% en 25 años y un 20% en 30 años, mientras que al aplicar sólo glifosato cada año la probabilidad es de un 35% en 20 años, 70% en 25 años y un 85% en 30 años (Figura 6).



**Figura 6.** Probabilidad de resistencia de *L. rigidum* a glifosato con técnica doble golpe (WAHRI. Australian Herbicide Resistance Initiative)



## ESTRATEGIAS DE CONTROL DESPUÉS DE SEMBRAR

**1. Herbicidas pre-emergentes.** Los herbicidas pre-emergentes, por tener un distinto mecanismo de acción constituyen una herramienta útil para controlar *L. multiflorum* resistente a glifosato. Los herbicidas pre-emergentes no discriminan entre *L. multiflorum* resistente y sensible, sin embargo pueden diferir en su eficacia. Los herbicidas registrados y recomendados en

diversos cultivos en el país se indican en el Cuadro 3. En algunos cereales como avena, controlar *L. multiflorum* es más difícil debido a su alta sensibilidad a los herbicidas que controlan malezas gramíneas, lo que explica sean recomendados sólo tres herbicidas, diuron (recomendado en pre-emergencia del cultivo), propisaclor (pre y pos-emergencia temprano del cultivo) y metolacoloro (pos-emergencia temprano del cultivo). Con estos tres herbicidas los mejores resultados de control de *L. multiflorum*

**Cuadro 3.** Herbicidas pre-emergentes recomendados para controlar *L. multiflorum* en diversos cultivos en Chile

Nombre común	Nombre comercial	Malezas que controla	Cultivo
Propisaclor	Proponit 720 EC	Gramíneas y algunas hoja ancha	Trigo, avena y raps
Diuron	Varios nombres	Hoja ancha y algunas gramíneas	Trigo, cebada, avena y lupino
Trifluralina	Treflan	Gramíneas y algunas hoja ancha	Trigo, triticale, cebada, lupino y raps
Flufenacet+Flurtamone+ Diflufenican*	Bacara Forte 360 SC	Hoja ancha y gramíneas	Trigo y triticale
Flumioxazin	Pledge 50 WP	Hoja ancha y algunas gramíneas	Trigo
Prosulfocarb	Falcon	Gramíneas y algunas hoja ancha	Trigo, triticale y cebada.
Prosulfocarb+Metolacoloro**	Falcon Gold	Gramíneas y algunas hoja ancha	Trigo y triticale
Metolacoloro**	Dual Gold	Gramíneas	Trigo, triticale, cebada, avena, raps y lupino
Isoproturon	Fuego 50 EC	Gramíneas y algunas hoja ancha	Trigo y triticale
Clorsulfuron+Metsulfuron	Finesse	Hoja ancha y algunas gramíneas.	Trigo y triticale
Metazaclor*	Butizan	Gramíneas y hoja ancha	Raps
Simazina	Varios nombres	Hoja ancha y gramíneas	Lupino

\* Se recomienda aplicarlo en pre-emergencia o después de la emergencia del cultivo, a partir del estado de una hoja; \*\* Se recomienda aplicarlo después de la emergencia del cultivo, a partir del estado de una hoja.

se obtienen en pre-emergencia, esto es, durante el proceso de germinación y emergencia de las plántulas de la maleza. La eficacia de estos herbicidas es altamente dependiente de la humedad existente en el suelo durante su aplicación, condición que no siempre se da en algunas áreas o años. Bajo las condiciones del sur del país, se requiere que los herbicidas pre-emergente tengan un efecto residual de aproximadamente 3 a 4 meses.

**2. Cultivos Clearfield.** El sistema de producción Clearfield, propiedad de la empresa BASF, se basa en genes que confieren al cultivo resistencia al Eurolightning, un herbicida de amplio espectro del grupo imidazolinonas (IMI). Para el trigo y raps cultivado en Chile se utiliza una mezcla de los herbicidas IMI imazamox (33 g/L) e imazapir (15 g/L), que se comercializa con el nombre de Eurolightning. El herbicida es absorbido por el follaje y las raíces. Una vez dentro de la maleza, inhibe la enzima acetolactato sintasa (ALS) y con ello la producción de aminoácidos esenciales, impidiendo que las malezas logren sintetizar proteínas. Trigo y raps Clearfield, en cambio, mantienen su enzima ALS funcional. Actualmente esta tecnología representa una valiosa herramienta para controlar biotipos de *L. multiflorum* resistentes a glifosato. Sin embargo, debido a que en el país ya existe resistencia de *L. multiflorum* a herbicidas ALS, incluyendo al Eurolightning, el riesgo de esta tecnología es que la resistencia aumente si no existe un uso adecuado de ella.

La tecnología Clearfield es similar a la tecnología Roundup Ready, en el sentido que ambas se basan en la resistencia a un herbicida de amplio espectro o capaz de controlar la gran mayoría de las malezas. Sin embargo, el desarrollo de cultivos Clearfield no utiliza transgenia. Los raps o canolas Roundup Ready son productos transgénicos, organismos genéticamente modificados que portan un gen que no pertenece a la especie, y que permite al cultivo tolerar el herbicida glifosato. La legislación chilena prohíbe el establecimiento de cultivos transgénicos, salvo que el producto cosechado sea ente-

ramente exportado, y por tanto los cultivos Roundup Ready no son por ahora una opción para nuestra agricultura. En contraste, los trigos y raps Clearfield poseen dos genes existentes en la misma especie, que le permiten al cultivo mantener funcionando la enzima ALS, produciendo así los aminoácidos esenciales que la planta requiere.

**3. Labranza del suelo.** Bajo las condiciones del sur del país, cuando los cultivos anuales como trigo se establecen con cero labranza en otoño, la emergencia de las malezas, incluida *L. multiflorum*, es lenta y baja. La labranza estimula una rápida y alta germinación de las semillas y consecuentemente la emergencia de las plántulas debido a la mezcla del suelo y reubicación de las semillas en capas menos profundas. Obviamente se requiere humedad en el suelo para la germinación. Una vez emergidas las plantas de *L. multiflorum* son controladas mecánicamente o con herbicidas como paraquat, paraquat+diquat, clethodim o tepraloxymid. Lo ideal es hacerlo muy temprano para que exista el tiempo suficiente para la emergencia o poder controlar dos generaciones de *L. multiflorum*. Con esto además se evita sembrar tardíamente y afectar negativamente el rendimiento de los cultivos.

**4. Quema del rastrojo.** En el país la quema controlada del rastrojo (residuos del cultivo) es legal. En los últimos años un número creciente de agricultores no quema el rastrojo, incorporándolo total o parcialmente en el suelo. La quema puede ser muy eficaz para disminuir en número de semillas de malezas viables existentes en el suelo, incluyendo *L. multiflorum* resistente a glifosato. La quema es más eficaz a temperaturas más altas y, por lo tanto, con mayores concentraciones de paja. Obviamente, las semillas en o cerca de la superficie son más propensas a destruirse que las semillas que se encuentran enterradas más profundamente en el suelo. Los beneficios de la quema en la disminución del banco de semillas del suelo han sido ampliamente estudiados en Australia (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Disminución del número de semilla malezas después de la quema del rastrojo

Situación	Malezas	Reducción n° semillas	Fuente
Trigo, canola, lupino: <b>Paja en pie</b>	Ballica Rábano	98% 75%	Newman y Walsh 2005
Trigo: <b>Paja esparcida</b> equivalente a 2,3 ton/ha	Ballica	82%	Chitty y Walsh, 2003
Trigo: <b>Paja hilerada</b> equivalente a 15 ton/ha	Ballica	99%	Chitty y Walsh, 2003

**5. Otras estrategias de control.** Las siguientes prácticas culturales también pueden ser muy útiles para prevenir o atrasar la resistencia: uso de semilla certificada; limpieza de la maquinaria agrícola, tanto de preparación de suelo como de cosecha; controlando manualmente o con herbicidas la infestación resistente en cuanto aparezca; atrasando la fecha de siembra, para que exista más tiempo para la emergencia de *L. multiflorum* resistentes y poder controlarlos más de una vez.

## CONCLUSIONES

En el sur de Chile, al igual que en otros países del mundo, el factor común que explica la evolución de resistencia de *L. multiflorum* a glifosato es su uso reiterado y la escasa a nula diversidad en las prácticas de control de malezas utilizadas antes y después de sembrar cultivos anuales extensivos como trigo, avena, raps y lupino. Por tanto, la resistencia de *L. multiflorum* a glifosato probablemente continúe de no haber los cambios necesarios. Se entiende por diversidad en las prácticas de control de malezas el uso de herbicidas con diferentes modos de acción, métodos de control de malezas no químicos como la labranza del suelo, preparación temprana del suelo o atraso en la siembra para disminuir el banco de semillas de *L. multiflorum* resistente existente en el suelo, entre otras.

## BIBLIOGRAFÍA

- BAYLIS, A.** 2000. Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects. *Pest Management Science* 56: 299-308.
- BORGER, A.; HASHEM, A.** 2007. Evaluating the double knockdown technique: sequence, application interval, and annual ryegrass growth stage. *Australian Journal Agriculture Research* 58 : 265-271.
- CHITTY, D.; WALSH, M.** 2003. The burning issues of annual ryegrass seed control. In *Agribusiness Crop Updates 2003 Weeds*. Perth, Australia, Department of Agriculture, Western Australia.
- DUKE, S.; POWLES, S.** 2009. Glyphosate-resistant crops and weeds: now and in the future. *AgBioForum* 12 (3-4): 346-357.
- ESPIÑOZA, N.; DÍAZ, J.; DE PRADO, R.** 2005. Ballica (*Lolium multiflorum* Lam.) con resistencia a glifosato, glifosato-trimesium, iodosulfuron y flucarbazone sódico. In Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (17); Congreso Iberoamericano de Ciencia de las Malezas (1., Varadero, Matanzas, Cuba).
- ESPIÑOZA, N.; DÍAZ, J.; GALDAMES, R.; DE PRADO, R.; RODRÍGUEZ, C.; RUIZ, E.** 2008a. Resistencia múltiple a glifosato, ACCasa y ALS en biotipos de *Lolium* chilenos. In Congreso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas (26); Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (18., 2008,

Ouro Preto, MG, BR). Atas. Ouro Preto, SBPCD.

**ESPINOZA, N.; DÍAZ, J.; GALDAMES, R.; DE PRADO, R.; RODRÍGUEZ, C.; RUIZ, E.** 2008b. Biotipos de ballica (*Lolium multiflorum*) resistentes a glifosato en el sur de Chile: Características de la resistencia y estrategias de manejo. In Seminario-Taller Iberoamericano Resistencia a Herbicidas y Cultivos Transgénicos (2005, Colonia del Sacramento, UY). Ríos, A. coord. La Estanzuela, FAO, INIA España, Facultad de Agronomía. CPCS.1 disco compacto. p 74-84.

**ESPINOZA, N.; DÍAZ, J.; GALDAMES, R.; RODRÍGUEZ, C.; GAETE, N y DE PRADO, R.** 2009. Estado de la resistencia a herbicidas en trigo y otros cultivos extensivos en el sur de Chile. In Seminario Internacional: diagnóstico y manejo de la resistencia a herbicidas (2009, Temuco, Chile). Temuco, Chile.

**ESPINOZA, N.; PALMA, J.; RODRÍGUEZ, C.** 2011. Malezas resistentes: impacto en los costos de producción de trigo. Revista de Cultivos Crops and Land 4: 3-8.

**ESPINOZA, N.; RODRÍGUEZ, C.** 2011. Carry over de clethodim y tepraloxymid en cultivos de trigo (*Triticum aestivum*), avena (*Avena sativa*) y ballica (*Lolium multiflorum*). In Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (20., 2011, Viña del Mar, Chile). Actas. Viña del Mar. ALAM. 1 disco compacto.

**ESPINOZA, N.; RODRÍGUEZ, C.; CONTRERAS, G.** 2012. Ten years since the outbreak of resistance to glyphosate in *Lolium multiflorum* in Chile. In International Workshop. European status and solutions for glyphosate resistance (2012, Córdoba, España). Universidad de Córdoba. p .87.

**HEAP, I.** 2011. Managing glyphosate resistance worldwide. In Annual Southwest Agricultural Conference. (20., 2011, Ridgetown, Canadá), University of Guelph. Session 31. 4 p.

**HEAP, I.** 2008. Current status of herbicide resistance in weeds. In Congreso de la ASOMECIMA. (29., Tapachula, México). Universidad Autónoma de Chiapas.

**HEAP, I.** 2013. The international survey of herbicide resistant weeds. Consultado 13 feb 2013 .Disponible en: <http://www.weedscience.org>.

**LEE, L.J. NGIM, J.** 2000. A first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica* (L) Gaertn) in Malaysia. Pest Management Science 56:336-339.

**NEWMAN, P.; WALSH, M.** 2005. The art of burning. In Proceedings of Agribusiness Crop Updates 2005, Weeds, p. 9–12. Consultado 13 feb. 2013. Disponible en: [www.agric.wa.gov.au/pls/portal30/docs/FOLDER/IKMP/FCP/WEEDSUPDATEEXTENDED.PDF](http://www.agric.wa.gov.au/pls/portal30/docs/FOLDER/IKMP/FCP/WEEDSUPDATEEXTENDED.PDF)

**PÉREZ, A.; KOGAN, M.** 2003. Glyphosate-resistant *Lolium multiflorum* in Chilean orchards. Weed Research 43:12–19.

**PRATLEY, J.; BAINES, P.; EBERBACH, P; INCERTI, M.; BROSTER, J.** 1996. Glyphosate resistance in annual ryegrass. In Annual Conference of the Grassland Society of NSW (11.,1996, Wagga Wagga, AU). Proceedings. Wagga Wagga, The Grassland Society of NSW.

**WOODBURN, A.** 2000. Glyphosate: production, pricing and use worldwide. Pest Management Science 56, 309-312.

**WAHRI.** Australian herbicide resistance Initiative. 2013. Consultado 13 feb. 2013. Disponible en: <http://www.ahri.uwa.edu.au/>