

Avances en el control de malezas resistentes a herbicidas en Chile

Nelson C. Espinoza Neira

M.Sc. Investigador Control de Malezas

Malezas resistentes a herbicidas en Chile

✓ 11 especies de malezas han evolucionado resistencia a herbicidas en Chile (Ian Heap, 2026)

1997. *Lolium rigidum* (ballica). **ACCasa**. Primer caso confirmado

1998. *Lolium multiflorum* (ballica). **ACCasa**

1998. *Avena fatua* (avenilla). **ACCasa**

2001. *L. multiflorum*. **Glifosato**. Después de 20 años de su introducción

2002. *L. multiflorum*. **ALS y Glifosato**. Resistencia múltiple

2007. *L. multiflorum*. **ACCasa, ALS y Glifosato**. Resistencia múltiple

2010. *Raphanus sativus* (rábano). **ALS**

2012. *Silene gallica* (calabacillo, small-flowered catchfly). **ALS**. Ultimo caso confirmado

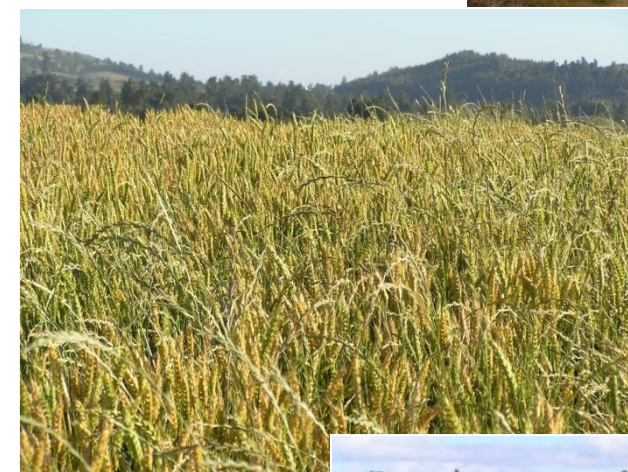
... aproximadamente 30 años de resistencia

HERBICIDE RESISTANT WEEDS OF CHILE			
Species	Common Name	Year	Herbicide Site of Action
Click for details			
Alliaria plantago-aquatica	Common Waterplantain	2005	ALS inhibitors
Anthemis arvensis	Corn Chamomile	2010	ALS inhibitors
Anthemis cotula	Mayweed Chamomile	2010	ALS inhibitors
Avena fatua	Wild Oat	1998	ACCCase inhibitors
Cynosurus echinatus	Hedgehog DogTail	1999	ACCCase inhibitors
Cynosurus echinatus	Hedgehog DogTail	2004	ACCCase inhibitors
Lolium multiflorum	Italian Ryegrass	2001	ALS inhibitors
Lolium multiflorum	Italian Ryegrass	1998	ACCCase inhibitors
Lolium multiflorum	Italian Ryegrass	2002	ALS inhibitors
Lolium multiflorum	Multiple Resistance		Glycines
Lolium multiflorum	Italian Ryegrass	2005	ACCCase inhibitors
Lolium multiflorum	Multiple Resistance		ALS inhibitors
Lolium multiflorum	Italian Ryegrass	2006	ACCCase inhibitors
Lolium multiflorum	Multiple Resistance		Glycines
Lolium multiflorum	Italian Ryegrass	2007	ACCCase inhibitors
Lolium multiflorum	Multiple Resistance		ALS inhibitors
Lolium multiflorum	Multiple Resistance		Glycines
Lolium perenne	Perennial Ryegrass	2001	ACCCase inhibitors
Lolium rigidum	Rigid Ryegrass	1997	ACCCase inhibitors
Lolium rigidum	Rigid Ryegrass	2003	ACCCase inhibitors
Lolium rigidum	Multiple Resistance		ALS inhibitors
Raphanus sativus	Raddish	2010	ALS inhibitors
Scirpus mucronatus	Ricefield Bulrush	2005	ALS inhibitors
Silene gallica	Small-Flowered Catchfly	2012	ALS inhibitors

Herbicide Resistant Weeds in Chile
www.weedscience.org

Impacto de la resistencia

- ✓ Herbicidas de 4 modos de acción están fracasando (Glifosato, ACCasa, ALS y Auxinas Sintéticas).
- ✓ Incremento significativo en la superficie comprometida.
- ✓ Las **ballicas resistentes** están presentes en alrededor de 300 mil ha con frutales.
- ✓ Las **ballicas, avenillas y rábanos resistentes** están presentes en aproximadamente 400 mil ha dedicadas a los principales cultivos anuales extensivos, esto es, trigo, avena y raps (canola).
- ✓ Incrementos significativos en los costos de producción. En trigo, avena y raps, el valor de controlarlas antes y después de sembrar representa al menos un 10% de los costos totales de producción (**US\$ 200 en trigo, US\$ 150 en avena y US\$ 220 en raps**).



Complejidad de la resistencia en cada especie

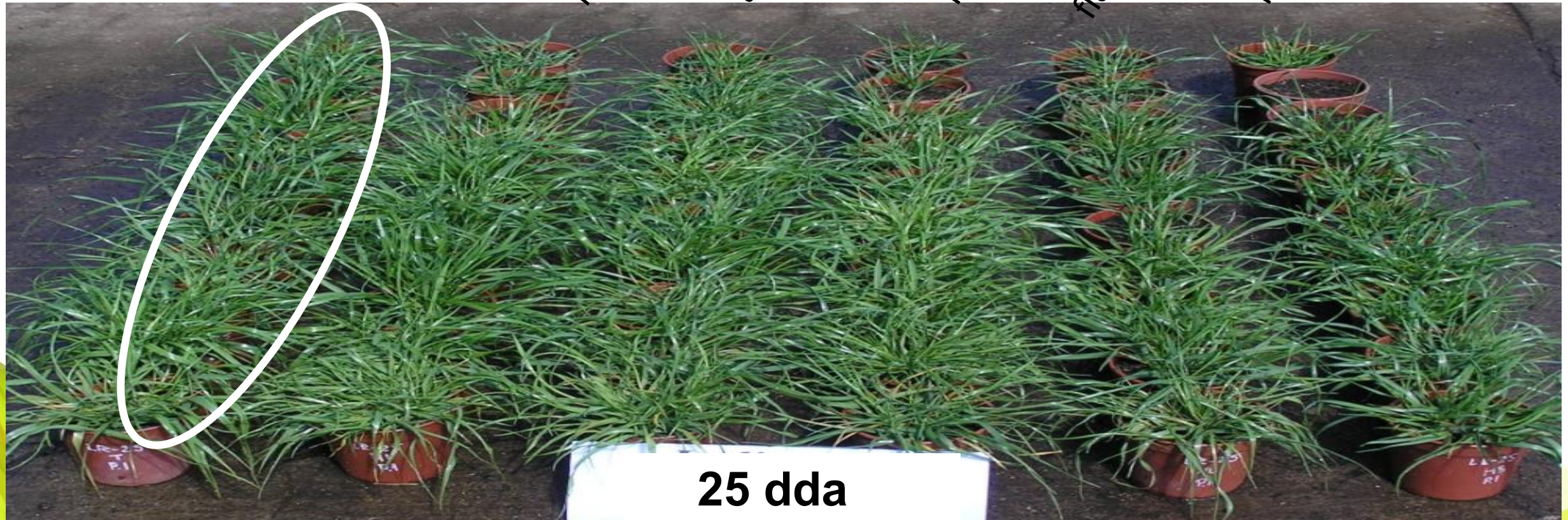
- ✓ En **ballica** la mayoría de las poblaciones presentan **resistencia múltiple** a inhibidores de ACCasa, inhibidores de ALS y Glifosato.
- ✓ En **avenilla** presentan **resistencia múltiple** a ACCasa y ALS.
- ✓ En **rábano** presentan **resistencia múltiple** a inhibidores de ALS y Auxinas Sintéticas del grupo Fenoxi (MCPA y 2,4-D).

¿Qué queda disponible en herbicidas?

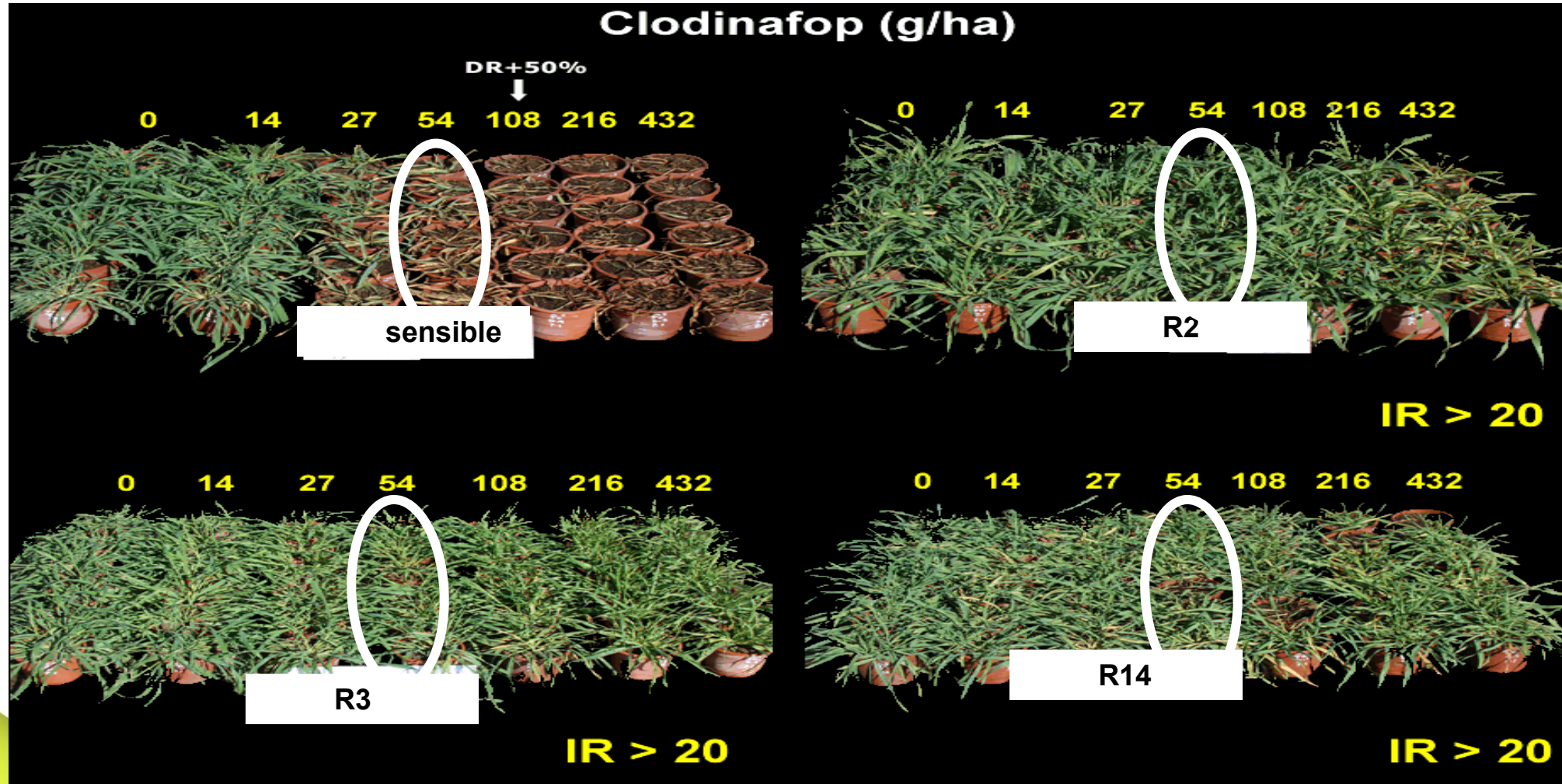
- ✓ *Para control selectivo: Los herbicidas suelo-activos (pre-emergentes, residuales)*
- ✓ *Para control no selectivo: ~~Paraquat~~, Diquat, Glufosinato y otros.*

Ejemplo de ballica resistente a ACCasa y ALS

	ACCasa		ALS		
Testigo sin herbicida	<i>pinoxaden</i>	<i>tralkoxydim</i>	<i>iodo+meso</i>	<i>flucarbazone</i>	<i>pyroxulam</i>



Ejemplo de avenillas resistentes al ACCasa clodinafop



Ejemplo de avenilla resistente a ACCasa (30 dda)



Ejemplo de ballicas con resistencia múltiple a glifosato, ACCasa y ALS

X= dosis técnica

Glifosato

Clodinafop (ACCasa)

Iodosulfuron (ALS)

R11



R29



Ejemplo de rábano resistente a ALS (25 dda)

X= dosis técnica

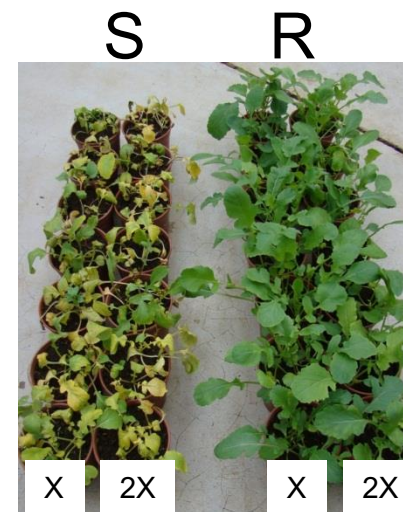
SU
SCT
TP
IMI



metsulfuron



triasulfuron



iodosulfuron



flucarbazone



pyroxsulam



imazamox+imazapir

En Chile debido a la resistencia de rábano a ALS ya no se utilizan los raps resistentes a IMI (tecnología Clearfield)

Escenario actual en la agricultura con cultivos anuales

... el mayor problema lo representan las ballicas resistentes

- ✓ Porque las poblaciones presentan ***resistencia múltiple a glifosato, ACCasa y ALS.***
- ✓ Se encuentran ***ampliamente distribuidas en el país.*** En los campos siempre está presente, antes y después de sembrar los cultivos.
- ✓ Porque es difícil alcanzar un control adecuado en el barbecho debido a que ***Paraquat ya no se comercializa en Chile (desde 2025)*** y porque otros herbicidas como ***Diquat y Glufosinato de amonio*** son ***significativamente menos eficaces para controlar gramíneas.***

Solución???

En los cultivos: Herbicidas suelo-activos En el barbecho: Parte final exposición

- ✓ En Chile los **herbicidas suelo-activos** han demostrado ser una herramienta muy eficaz para controlar malezas resistentes a herbicidas convencionales.
- ✓ Inicialmente fueron utilizados exclusivamente en **pre-emergencia**.
- ✓ Hoy también se usan ampliamente en **pos-emergencia temprano**
- ✓ En la última década en ambos ámbitos se han obtenido grandes avances en el control de malezas resistentes en Chile, lo que ha sido posible debido a los **numerosos herbicidas disponibles** (comerciales y en desarrollo) de distintas empresas de Agroquímicos (Anasac, BASF, Bayer, FMC, Summy-Agro, Sumitomo, Syngenta, UPL) y **el interés por realizar investigación aportando los recursos económicos necesarios**.

Aplicación de suelo-activos en pos-emergencia temprano

- ✓ En la principal zona productora de trigo en Chile, la aplicación de suelo-activos en ***pre-emergencia***, no siempre garantiza un cultivo limpio hasta cosecha, lo que si puede lograrse aplicando primero en ***pre-emergencia y después en pos-emergencia temprano*** (***doble sello del suelo***).
- ✓ En trigo, la aplicación en pos-emergencia temprano se realiza cuando las ***plantas presentan 1-2 hojas*** (***30-45 días después de sembrar***) ***y las malezas no han emergido o tienen muy poco desarrollo.***

Cereal con 1 hoja y
ausencia de malezas
emergidas:

Apto para ser
tratado con suelo-
activos en pos-
temprano



Cereal con 1
hoja y ballica
con 1 hoja):

Apto para ser
tratado con
suelo-activos
en pos-
temprano



Razones que explicarían el uso del doble sello con herbicidas suelo-activos en trigo

- ✓ Porque el **doble sello** extiende el período de control de malezas y permite controlar aquellas que pudieron haber escapado al pre-emergente.
- ✓ Debido al menor efecto residual que están teniendo los herbicidas como consecuencia del aumento de los microorganismos del suelo que los degradan al utilizarlos como fuente de alimento.
- ✓ Debido a alta adsorción de los herbicidas por la M.O. y arcillas de suelo. A mayor adsorción es menor la disponibilidad en la solución del suelo.

M.O. (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Clase textural. Sistema USDA	CIC
15,4	23,2	62,9	13,9	Franco limoso	85

- ✓ Debido al largo del ciclo de vida del trigo invernal (aproximadamente 10 meses) ya que se requiere un efecto residual de control de malezas de al menos 4 meses.
- ✓ Debido a pérdidas por lixiviación (inviernos lluviosos), principalmente de herbicidas muy solubles.

¿Todos los suelo-activos son aptos para aplicarse en pos-emergencia temprano en trigo?

Algunos ejemplos

- ✓ **Trifluralina** es selectivo al trigo aplicado en pos-temprano pero no controla ballica y avenilla emergida.
- ✓ **Bixlozona** y **Oxifluorfen** controlan malezas emergidas pero ocasionan fitotoxicidad en las plantas de trigo aplicados en pos-emergencia-temprano.
- ✓ **Flumioxazina** controla malezas de hoja ancha en pos-temprano pero no es selectivo al trigo.
- ✓ **Metolacoloro** es selectivo en trigo aplicado en pos-temprano y controla ballica emergida con poco desarrollo. **Cumple.**
- ✓ **Diflufenican** es selectivo en trigo aplicado en pos-temprano y eficaz en malezas de hoja ancha emergidas y con poco desarrollo. **Cumple.**

Eficacia y modo de acción de los herbicidas suelo activos recomendados en trigo

Herbicidas eficaces para controlar ballica:

- ✓ Trifluralina (pre-e). 3
- ✓ Prosulfocarb (pre-e). 15
- ✓ Piroxasulfona (pre-e). 15
- ✓ Metolacoloro (pos-temprano). 15
- ✓ Propisocloro (pre-e). 15
- ✓ Flufenacet (pre-e). 15
- ✓ Bixlozona (pre-e). 13
- ✓ Isoproturon+Propisocloro+Diflufenican (pre-e). 5+15+12. Mezcla formulada
- ✓ Flufenacet+Flurtamona+Diflufenican (pre-e). 15+12+12. Mezcla formulada
- ✓ Oxyfluorfen (pre-e). 14
- ✓ Trialato (pre-e); en etapa de registro). 15

... 5 modos de acción disponibles eficaces para controlar ballica (3, 5, 13, 14 y15).

Herbicidas eficaces para controlar avenilla:

- ✓ Isoproturon (pos-temprano). 5
- ✓ Piroxasulfona (pre-e y pos). 15
- ✓ Trifluralina (pre-e). 3
- ✓ Trialato (pre-e) (en etapa registro). 15

... 3 modos de acción disponibles eficaces para controlar avenilla (3, 5 y15).

Herbicidas eficaces para controlar hoja hoja:

- ✓ Diflufenican (pre-e). 12
- ✓ Flumioxazina (pre-e). 14
- ✓ Oxyfluorfen (pre-e). 14

... 2 modos de acción disponibles eficaces para controlar hoja ancha (12 y14).

Algunos ejemplos de herbicidas suelo-activos para trigo que fueron bien diseñados

✓ (flufenacet+flurtamona+diflufenican). **Mezcla formulada. *Bacara Forte*.** Alemania.

Flufenacet (15): ballica

Flurtamona (12): HA

Diflufenican (12); HA

eficaz en ballica y hoja ancha en pre-emergencia

✓ (isoproturon+propisocloro+diflufenican). **Mezcla formulada. *Theron Max*.** Chile.

Isoproturon (5): avenilla, ballica

Propisocloro (15): ballica

Diflufenican (12); HA

eficaz en ballica, avenilla y hoja ancha en pos-temprano.

✓ (prosulfocarb+flumioxazina) **Mezcla de estanque. *Falcon + Pledge*.** Chile.

Prosulfocarb (15): ballica

Flumioxazina (14): HA.

eficaz en ballica y hoja ancha en pre-emergencia

Algunos resultados con herbicidas suelo-activos aplicados en pre-emergencia en trigo

Herbicidas	Dosis PC (ml/ha)	Control BAL (%) 120 dda	Control AVE (%) 120 dda	Control hoja ancha (%) 120 dda
Bixlozona, pre	1.200	96	20	73
Flufenacet+Aclonifen+ Diflufenican, pre	2.500	100	42	96
Flufenacet+Flurtamona+ Diflufenican, pre	1.000	92	15	99
Flufenacet, pre	500	95	30	52

Escala 0-100%, en que 0% indica ausencia de control y 100% indica control total

.....*todos los suelos activos fueron muy eficaces en ballica, no así en avenilla*

.....*la presencia de diflufenican en algunas mezclas formuladas se tradujo en un eficaz control de hoja ancha*

Algunos resultados con herbicidas suelo-activos en ballicas resistentes a Glifosato

Herbicidas	Dosis PC (ml/ha)	Control (%) 65 dda			
		Ballica sensible	Ballica resistente R30	Ballica resistente R33	Ballica resistente R45
Ioproturon, pre	3.000	96	100	100	100
Flufenacet + Metribuzina, pre	180+132	85	90	96	89
Prosulfocarb, pre	6.000	76	65	76	92

¹Escala 0-100%, en que 0% indica ausencia de control y 100% indica control total de las plantas dda indica días después de la aplicación de los herbicidas en pre-emergencia.

..... todos los suelo-activos controlaron eficazmente ballicas resistentes a Glifosato

Algunos resultados con Doble Sello en trigo

Herbicidas	Dosis PC (ml/ha)	Control ballica (%)		Control avenilla (%)	
		Pre	Doble S	Pre	Doble S
Flufenacet+Aclonifen+Diflufenican, pre + (Isoproturon+Propisocloro+Diflufenican), pos-temprano	2.500+ (5.000)	96	100	33	92
Piroxazulfona, pre + (Isoproturon+Propisocloro+Diflufenican), pos-temprano	100+ (5.000)	100	100	93	95
Bixlozona, pre + (Isoproturon+Propisocloro+Diflufenican)+ Pos-temprano	1.200+ (5.000)	93	100	30	99

... el **doble sello** de **Isoproturon+Propisocloro+Diflufenican**, permitió un control eficaz de ballica y avenilla en trigo.

... la mayor contribución del doble sello de **Isoproturon+Propisocloro+Diflufenican** fue el control de avenilla debido a que algunos suelo-activos aplicados en pre-emergencia la controlaron deficientemente (...se cumple que el **doble sello** permite controlar las malezas que pudieron haber escapado al pre-emergente).

Doble Sello en trigo con una infestación severa de ballica

Herbidas	Dosis PC (L/ha)	Rendimiento trigo (qgm/ha)
Testigo sin herbicida (trigo con ballica siempre)	-----	25
Testigo sin herbicida (trigo sin ballica siempre)	-----	96
Flufenacet+Flurtamona+Diflufenican, pre	1	65 pre
Flufenacet+Flurtamona+Diflufenican, pre + (Isoproturon+Propisocloro+Diflufenican), pos	0,8+ (4)	94 doble sello
Isoproturon+Propisocloro+Diflufenican, pre	4	67 pre
Isoproturon+Propisocloro+Diflufenican, pre + (Flufenacet+Flurtamona+Diflufenican), pos	4+ (0,8)	94 doble sello

✓ 380 plantas ballica/m²

*el **doble sello (pre + pos)** al permitir un control más eficaz de ballica previno completamente la competencia y la pérdida de rendimiento, lo que no ocurrió cuando se aplicó suelo-activo sólo en pre-emergencia.*

Avances en control eficaz de ballica, avenilla y hoja ancha en trigo con suelo-activos



trigo con ballica

trigo con venilla

ballica

avenilla

hoja ancha

Testigo sinherbicida y sin control

Pre-e + (pos-t)



Avances en control eficaz de ballica, avenilla y hoja ancha en trigo con suelo-activos

**testigo sin herbicida
(trigo infestado con ballica)**



**pre + (pos)
(control total ballica)**



Avances en control eficaz de ballica, avenilla y hoja ancha en trigo con suelo-activos



Los herbicidas suelo-activos son más complejos para usar en relación a los pos-emergentes convencionales

Los suelo-activos requieren **distribuirse bien** en la superficie del suelo.

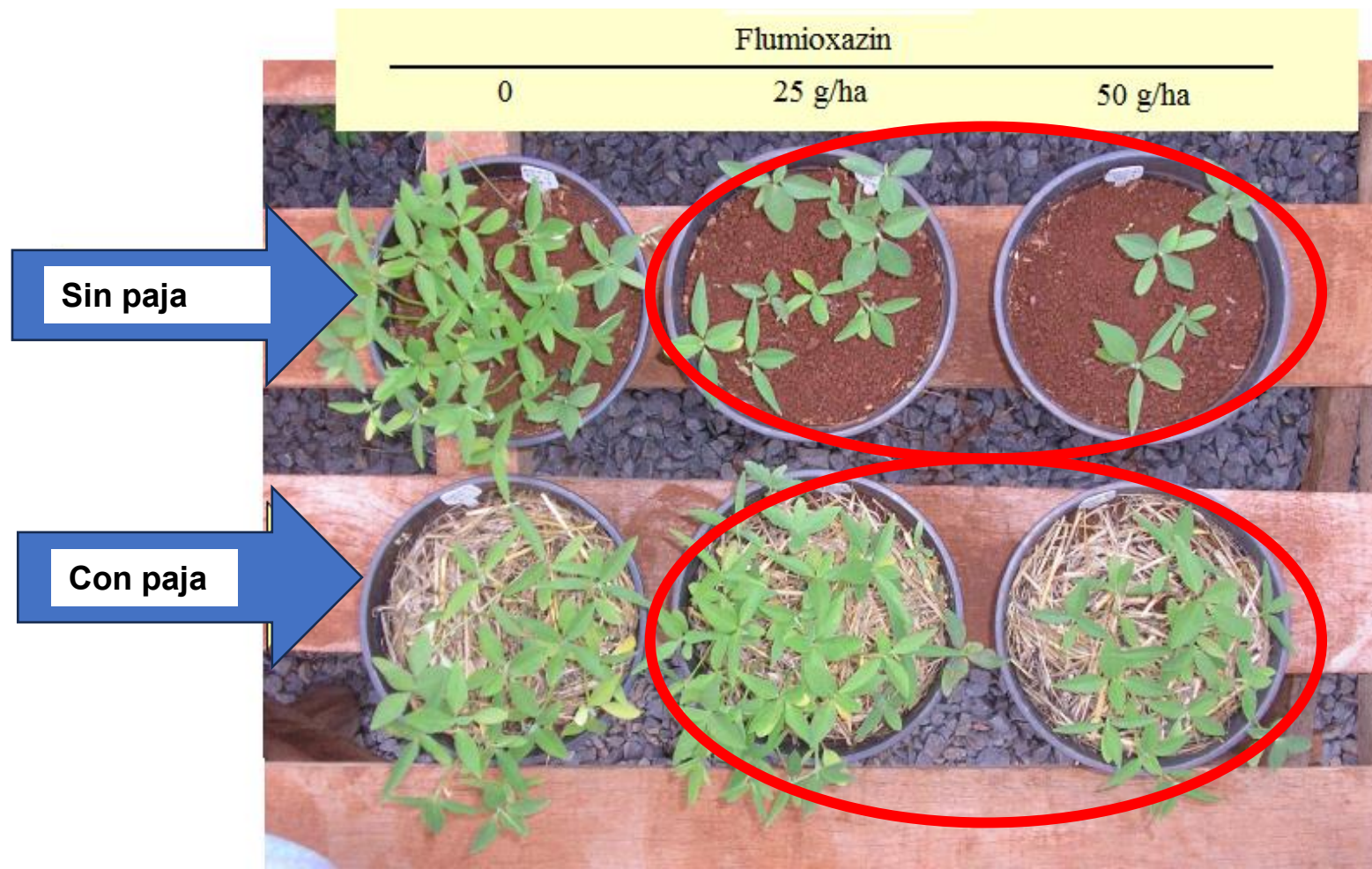
Mucha paja en la superficie puede impedirlo total o parcialmente.

La importancia de la presencia de paja se acrecienta con herbicidas poco móviles (Koc alto).

En Chile el 80% de los agricultores quema el rastrojo de paja.



En presencia de mucha paja los herbicidas pre-emergentes, principalmente con poca movilidad (Koc alto) se afectan más



La paja y ubicación de las semillas de ballica en el suelo influyen en la eficacia de los suelo-activos

Tratamiento herbicida	Control ballica localizada en la superficie suelo	Control ballica localizada en los primeros 10 cm	Control ballica localizada en los primeros 10 cm + paja picada e incorporada (4 ton/ha)
Flufenacet+ Flurtamona+ Diflufenican, pre	78 %	54 %	29 %
Propizocloro+ Flumioxazina, pre	84 %	64 %	36 %
Trifluralina+ Flumioxazina, pre	82 %	50 %	26 %

- ✓ Con semillas de ballica en la superficie del suelo el control de ballica es máximo. Intimo contacto.
- ✓ Con semillas de ballica en los primeros 10 cm del suelo el control de ballica disminuyó. La semilla se alejó del i.a.
- ✓ Con semillas de ballica en los primeros 10 cm del suelo más paja picada e incorporada en el suelo. El control de ballica disminuyó significativamente.
- ✓ La paja y ubicación de las semillas de ballica afectó negativamente la eficacia de todos los herbicidas.

La profundidad de siembra es crucial en la selectividad de los herbicidas suelo-activos

Herbicida	Profundidad siembra trigo (cm)	Peso fresco trigo (g/m ²)	Disminución ² peso (%)
Herbicida suelo-activo eficaz en ballica aplicado en dosis técnica en pre-emergencia, movilidad alta	3	1.073	-----
	2	858	20
	1	727	32

... en **siembra muy superficial** es mayor el riesgo de ocasionar fitotoxicidad (**disminución de la biomasa, clorosis, necrosis y muerte de plantas**) en el cultivo.

... la fitotoxicidad puede minimizarse evitando la siembra superficial, aplicando herbicidas **menos soluble** y con **Koc alto** (baja movilidad).

Riesgos que implica el amplio uso de los herbicidas suelo-activos

- ✓ Debido a su uso masivo y alta eficacia (mayor presión de selección) existe un gran riesgo que **las malezas, incluyendo *ballica*, evolucionen resistencia a ellos** (en *Lolium* en Australia y otros países se ha confirmado resistencia a los grupos 3, 13, 15).
- ✓ Que ocurra una disminución cada vez mayor de su efecto residual (**eficacia por poco tiempo**) como consecuencia del aumento de los microorganismos del suelo que los degradan (**enriquecimiento del suelo**) y....
- ✓ ... obligue a los agricultores a utilizarlos cada vez en dosis más altas (**mayor presión de selección**).

Resultados de control de malezas resistentes en situación de barbecho

Actualmente controlar eficazmente malezas en situación de barbecho es un desafío mayor

- ✓ **Debido a la resistencia múltiple de ballica a Glifosato, ACCasa y ALS, y porque Paraquat no se comercializa en Chile desde 2025.**
- ✓ **Porque algunos herbicidas como Diquat y Glufosinato de Amonio son significativamente menos eficaces que Paraquat en malezas gramíneas.**
- ✓ **Porque el uso de herbicidas suelo-activos podría afectar negativamente el establecimiento de los cultivos.**



Control de ballica (3-4 hojas) resistentes a Glifosato (17 dda)

Herbicidas	Dosis PC (L/ha)	Control ballica sensible (%)	Control ballica R1 (%)	Control ballica R4 (%)
Diquat + Surfactante	3 + 0,1	78	71	57
Diquat + Oxifluorfen + Surfactante	3 + 0,5 + 0,1	99	92	88

... el control de ballica sensible y resistentes a Glifosato con **Diquat + Surfactante** fue deficiente, aunque tengan poco desarrollo a la aplicación (3-4 hojas).

... La adición de **Oxifluorfen (0,5 L/ha)** a **Diquat + Surfactante** incrementó significativamente el control

Testigo no tratado



Ball R4 Ball R3 Ball R2 Ball R1 Ball S Avenilla



Diquat (3 L/ha) + Surfactante



Estrategia válida

Diquat (3 L/ha)+ Oxifluofen (0,5 L/ha) + Surfactante

Control de ballicas (3-4 hojas) resistentes a Glifosato con Doble Golpe de Oxyfluorfen+ Diquat + S después de Glifosato

Herbicida	Dosis PC (L/ha)	Control ballica sensible (%)	Control ballica R1 (%)	Control ballica R4 (%)
Glifosato	3	100	74	63
Glifosato + (Diquat + Oxifluorfen + S)	3+(3+0,5+0,1)	100	100	95

✓ Doble golpe: Realizado 10 días después de aplicar glifosato

*... el **doble golpe de (Oxifluorfen + Diquat + Surfactante)** después de aplicar **Glifosato** incrementó significativamente el control de ballicas (3-4 hojas) resistentes a glifosato*

Testigo



Ball R4

Ball R3

Ball R2

Ball R1

Ball S

Avenilla



Glifosato (3 L/ha)



Estrategia válida

Glifosato (3 L/ha) +
Diquat (3 L/ha) + Oxifluofen (0,5 L/ha) + Surfactante

Control de ballica (2-3 macollos) resistentes a Glifosato con mezcla de Glifosato + Oxifluorfen y Doble Golpe

Herbicida	Diquat	Dosis PC (L/ha)	Control ballica sensible (%)	Control ballica R1 (%)	Control ballica R4 (%)
Glifosato		3	100	71	48
Glifosato+Oxifluorfen+ Surfactante		3+0,5+0,1	100	73	56
Glifosato + (Diquat + Oxifluorfen +S)		3+(3+0,5+0,1)	100	100	90

✓ Doble Golpe: Realizado 10 días después de aplicar Glifosato

... el **doble golpe de (Oxifluorfen+Diquat+Surfactante)** después de aplicar Glifosato incrementó significativamente el control de ballicas (2-3 macollos) resistentes.

... la adición a Glifosato de **Oxifluorfen+Surfactante (mezcla de estanque)** no incrementó el control de ballicas resistentes. **Rapidez en el control inicial sí.**



Ball R4 Ball R3 Ball R2 Ball R1 Ball S Avenilla



Glifosato (3 L/ha)



Glifosato (3 L/ha) + Oxifluorfen (0,5 L/ha) + Surfactante



Glifosato (3 L/ha) +
(Oxifluorfen (0,5 L/ha) + Diquat (3 L/ha) + S)

Mezcla:

- ✓ Diquat (3) + Oxifluorfen (0,5) + Surfactante
en malezas con poco desarrollo

Doble Golpe:

- ✓ Glifosato (3) + Diquat (3) + Oxifluorfen (0,5) + S
en malezas con poco y más desarrollo, y doble golpe 10 dda Glifosato

Muchas gracias

