

¿Cómo podemos mejorar el manejo de las malezas y reducir la aparición de especies resistentes?

Julio A. Scursoni

Dr. Prof. Asociado Cátedra Prod. Vegetal(FAUBA)

scursoni@agro.uba.ar

¿Por qué no manejamos las malezas y la resistencia a herbicidas? ¿O lo hacemos?

Julio A. Scursoni

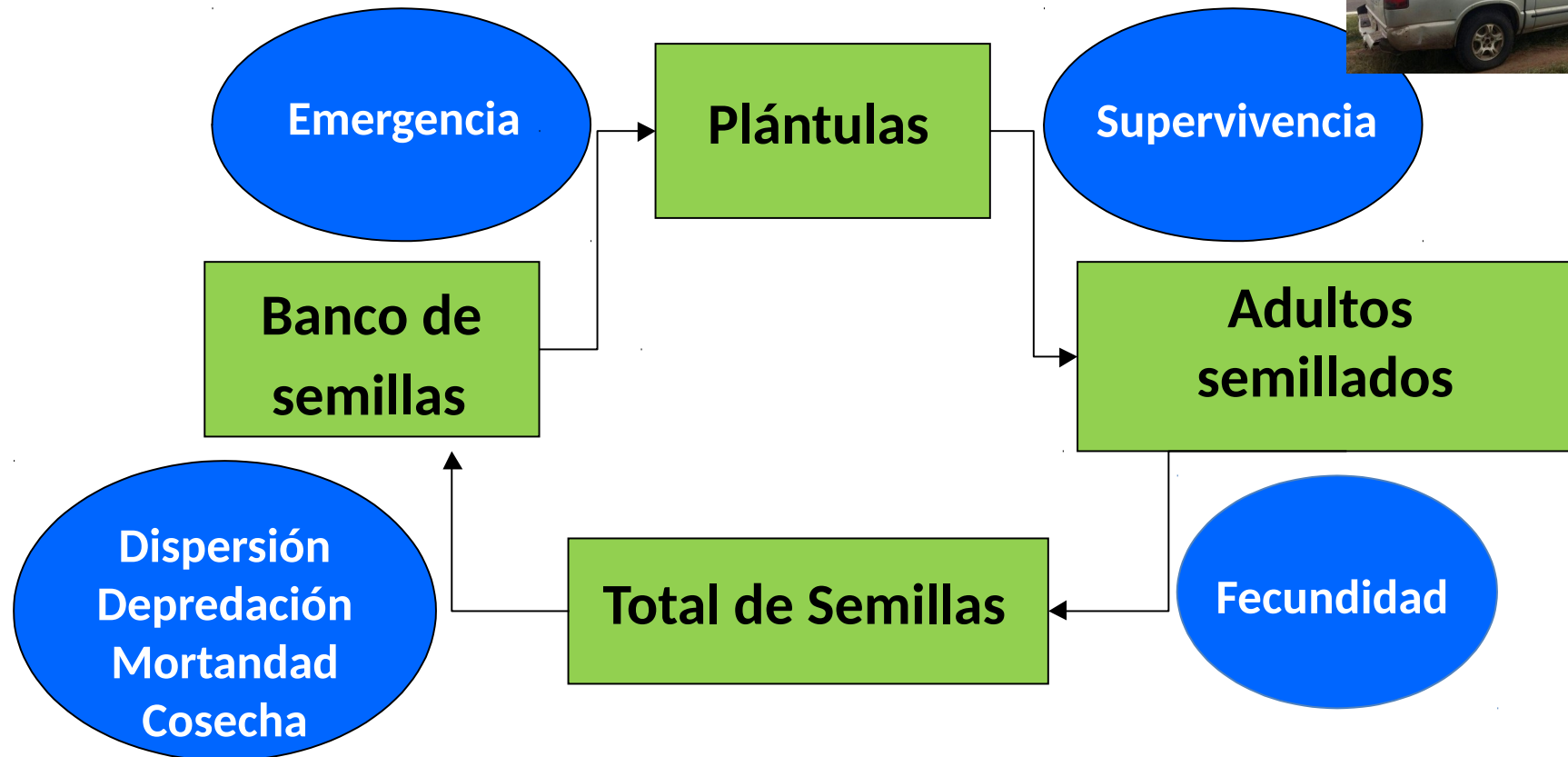
Dr. Prof. Asociado Cátedra Prod. Vegetal(FAUBA)

scursoni@agro.uba.ar

Palabras clave: Dinámica poblacional, Control, Manejo, Resistencia, Tolerancia, Sitios de acción, Ecología de malezas

Modelo demográfico

La respuesta a: ¿por qué crece una población?



¿Prácticas de control o estrategias de manejo?

Prácticas de control

- > Corto plazo
- > Mayor necesidad de insumos
- > Eficacia y costos
- > **Resistencia / Contaminación**

Estrategias de manejo

- > Largo plazo
- > Uso racional de insumos
- > Estudios ecológicos
- > **Uso sustentable de recursos**

Doble efecto de los herbicidas???

Largo plazo y no deseado:
Selección de individuos
resistentes



Corto plazo y deseado:
reducción de las malezas

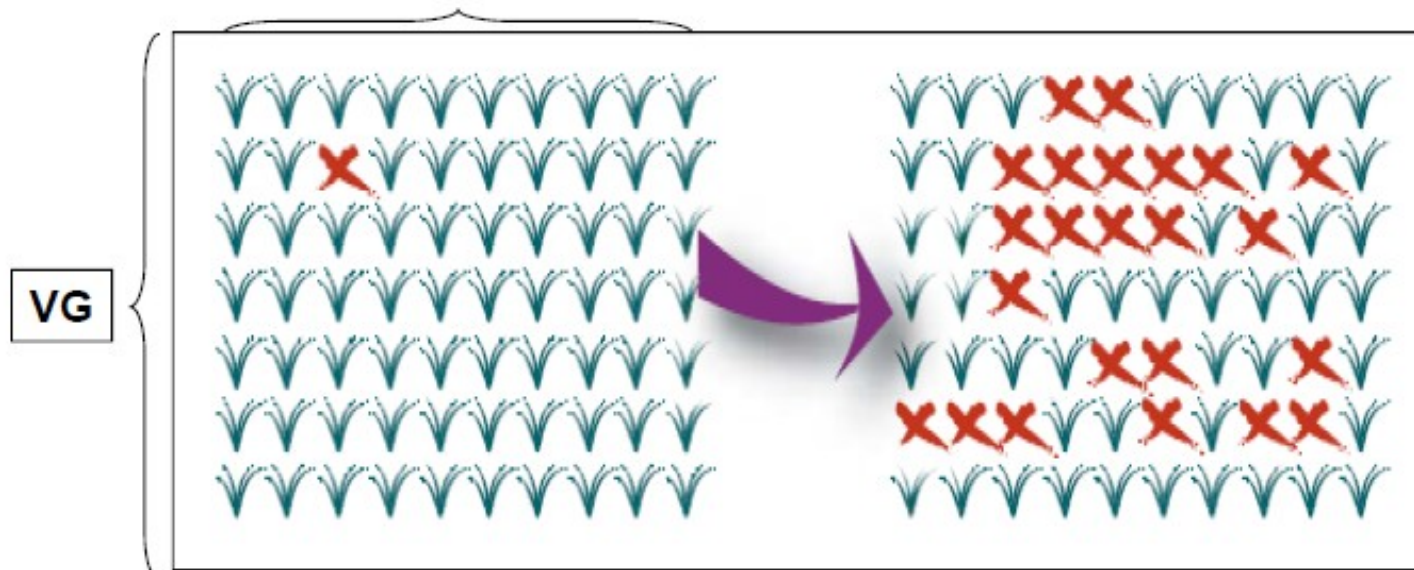
Resistencia: Capacidad heredable de un individuo para sobrevivir y reproducirse luego de ser expuesta a una dosis normalmente letal para el biotipo silvestre.
Proceso de Selección

Tolerancia: Es la capacidad hereditaria natural que tienen todas las poblaciones (individuos) de una especie para sobrevivir y reproducirse después del tratamiento con un herbicida. No resulta de un proceso de selección. Es naturalmente tolerante.

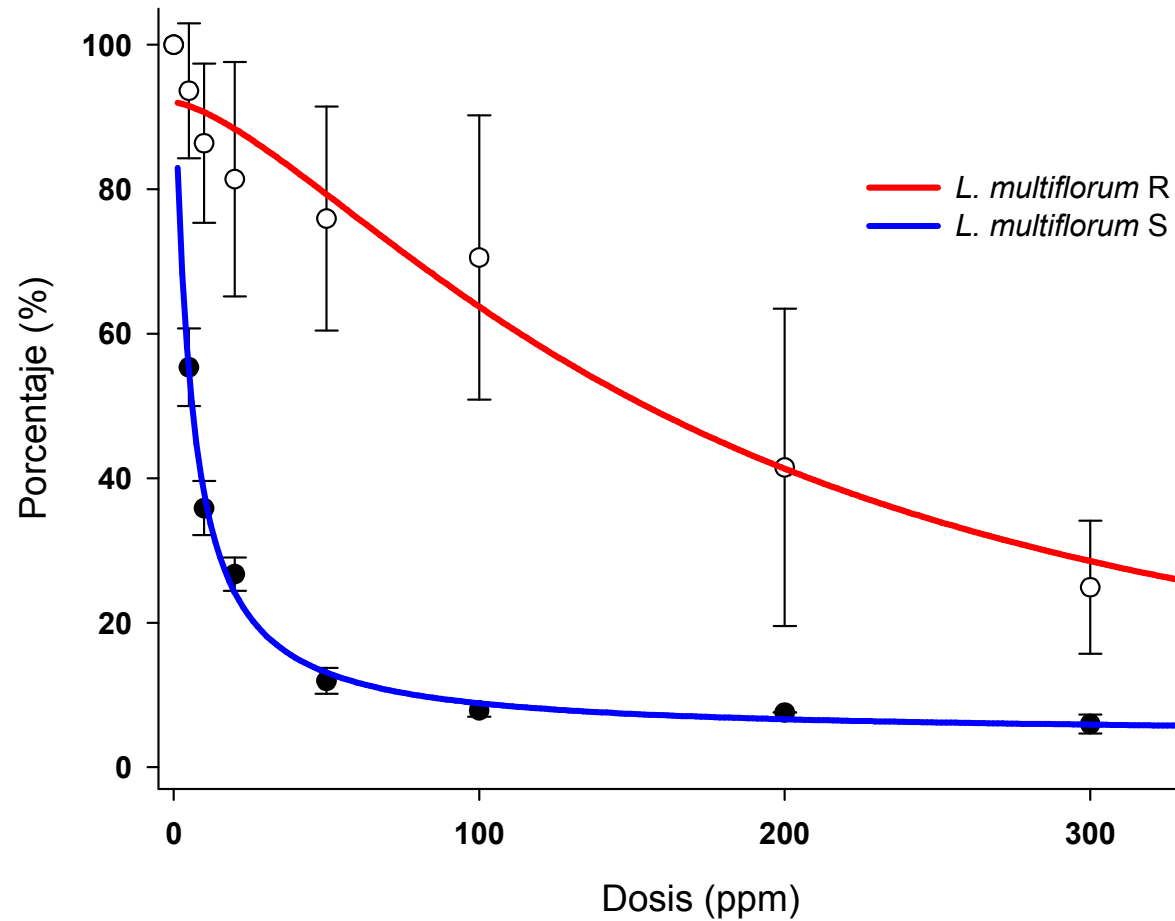
La resistencia a herbicidas ocurre como consecuencia de un proceso de evolución adaptativa a través de la selección fenotípica ejercida por el herbicida

$$\text{Evolución} = \text{PS} \times \text{VG}$$

Presión de selección

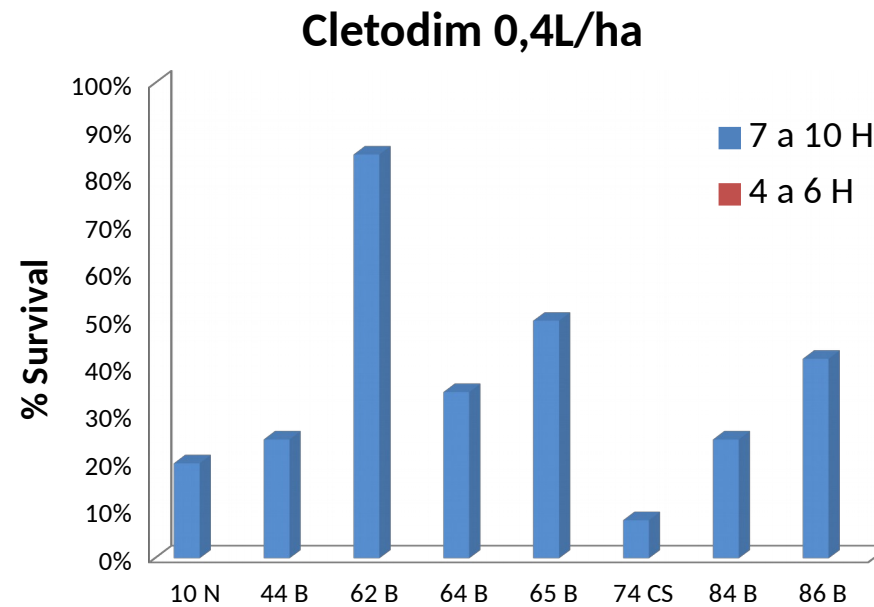
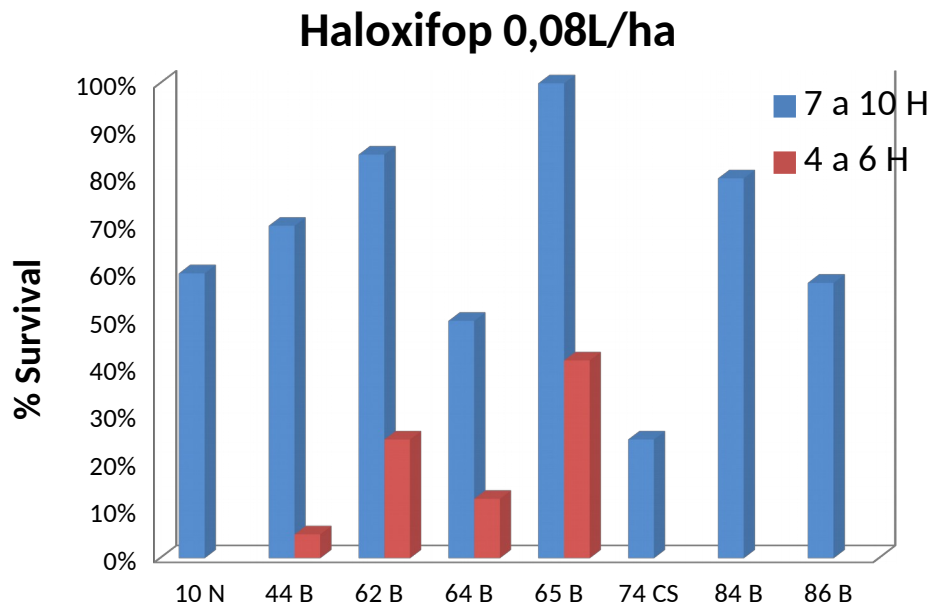
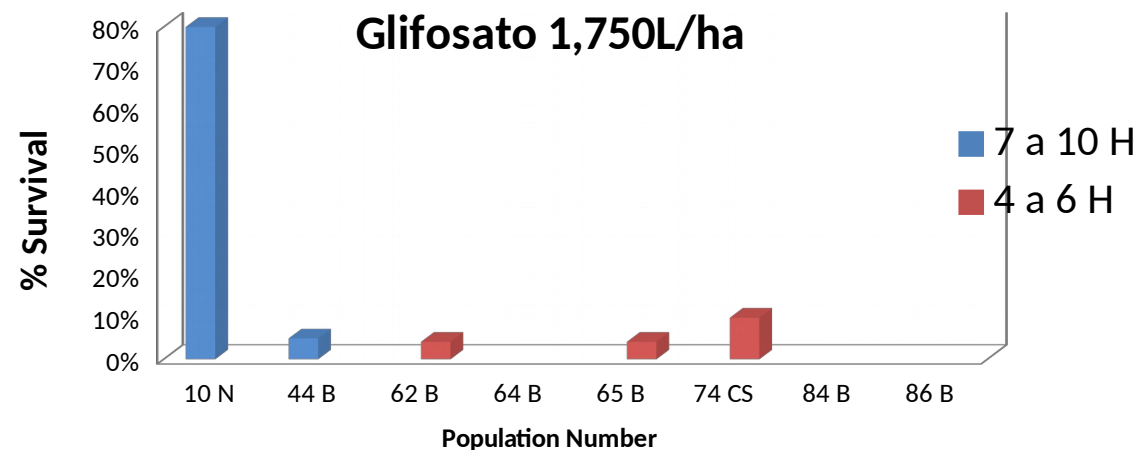


Screening de *Lolium multiflorum* tratadas con glifosato



Para definir un biotipo resistente necesito el susceptible
No es suficiente sólo el ojo experto

Treatment with 8 to 10 expanded leaves



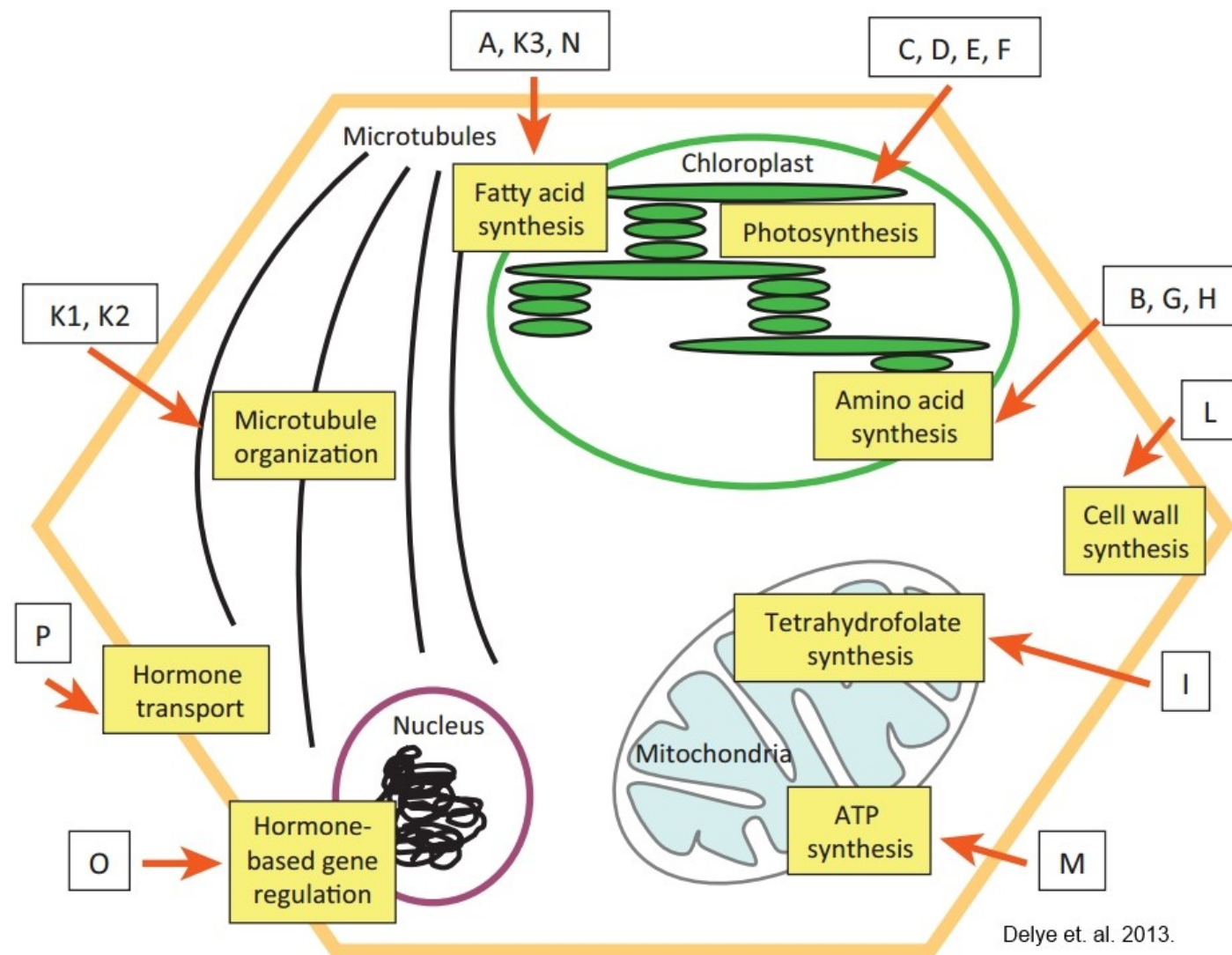


Un protocolo
experimental permitirá
la identificación de
fenotipos resistentes en
muestras recogidas de
lotes agrícolas

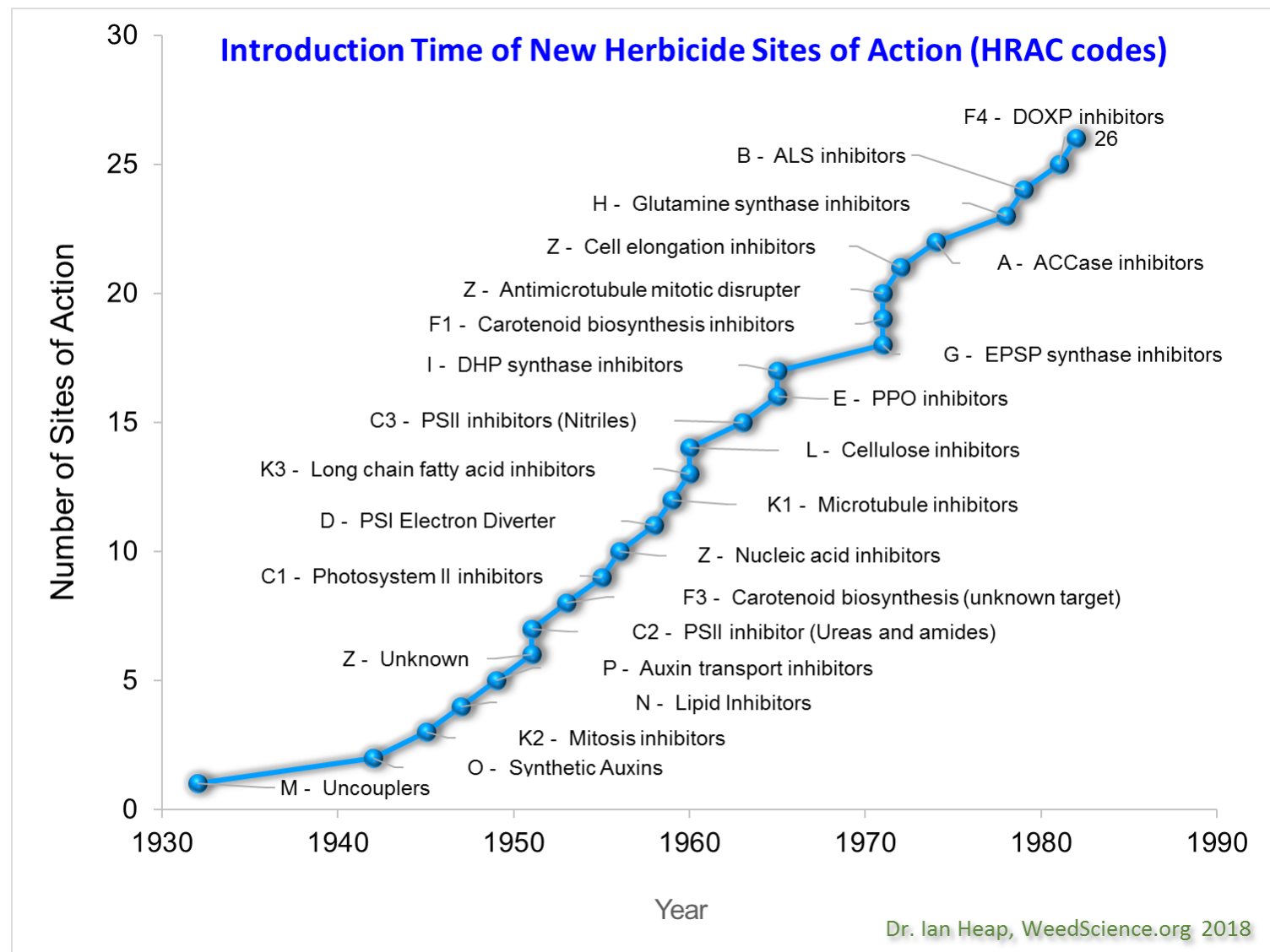


Facultad de Agronomía
Universidad de Buenos Aires

Sitios de Acción de diferentes herbicidas y su clasificación según HRAC

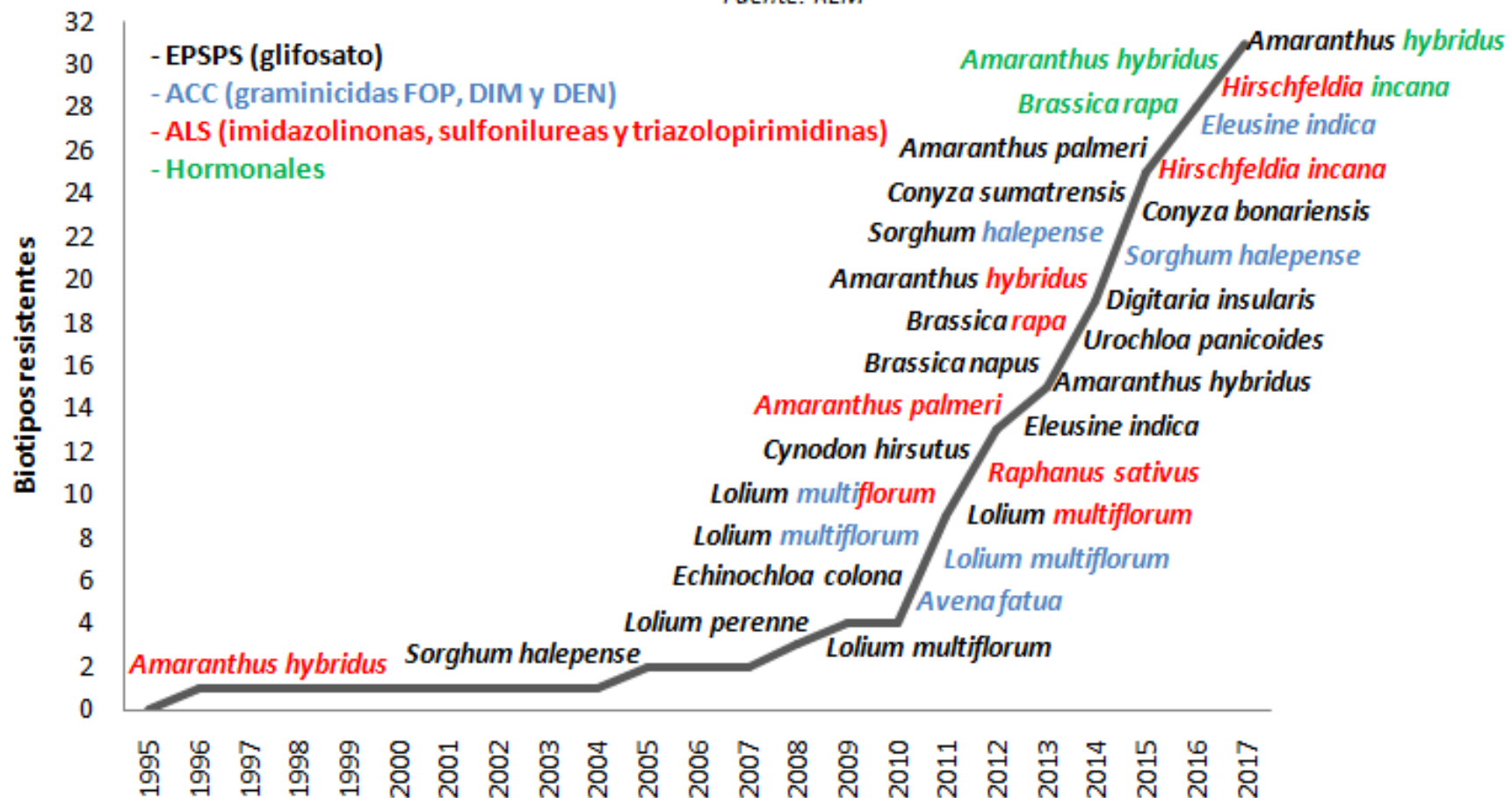


Delye et. al. 2013.



Resistencias acumuladas en Argentina

Fuente: REM



Evolución de la resistencia

$$N_n = N_0 \left(1 + \frac{f\alpha}{\tilde{n}}\right)^n$$

N_n = frecuencia final de individuos resistentes luego de transcurrido el tiempo n

N_0 = frecuencia inicial de individuos resistentes antes de la aplicación del herbicida

f = fitness de la resistencia

α = presión de selección

$\tilde{n}$ = edad media del banco de semillas en el suelo

Prácticas de Manejo Recomendadas para Reducir el riesgo de Resistencia (Adaptado de Norsworthy et al. 2012)

Identificar y Conocer la biología de las malezas presentes.

Rotación de cultivos

Diversificar prácticas destinadas a la reducción del establecimiento, la producción de semillas y del banco de semillas.

Sembrar semillas sin malezas y en condiciones libre de malezas. Mantener el lote limpio (bajas densidades de malezas)

Monitorear rutinariamente el lote.

Rotar/Mezclar herbicidas con distintos sitios de acción. Aplicar las dosis recomendada en marbete en el tamaño adecuado de la maleza.

Prácticas de Manejo Recomendadas para Reducir el riesgo de Resistencia (Adaptado de Norsworthy et al. 2012)

Utilizar prácticas que reduzcan la competencia de las malezas incrementando la competitividad del cultivo (Genotipos, Densidad de siembra).

Utilizar labranzas oportunamente

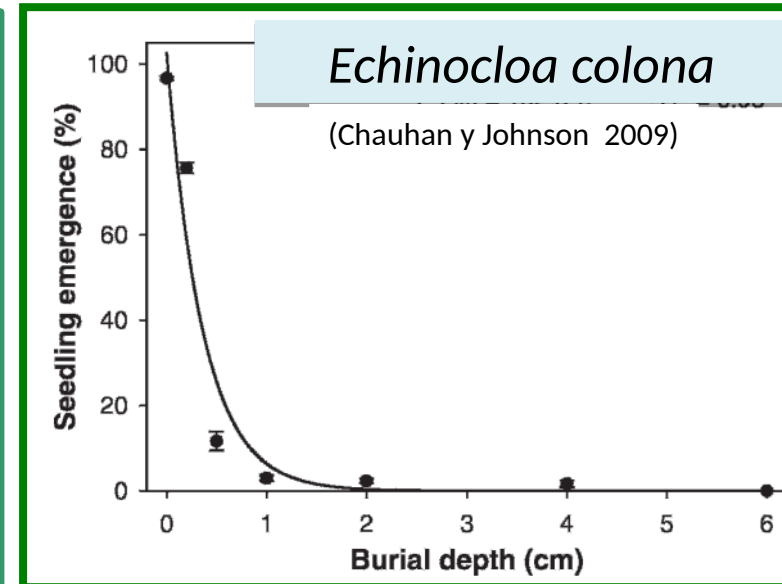
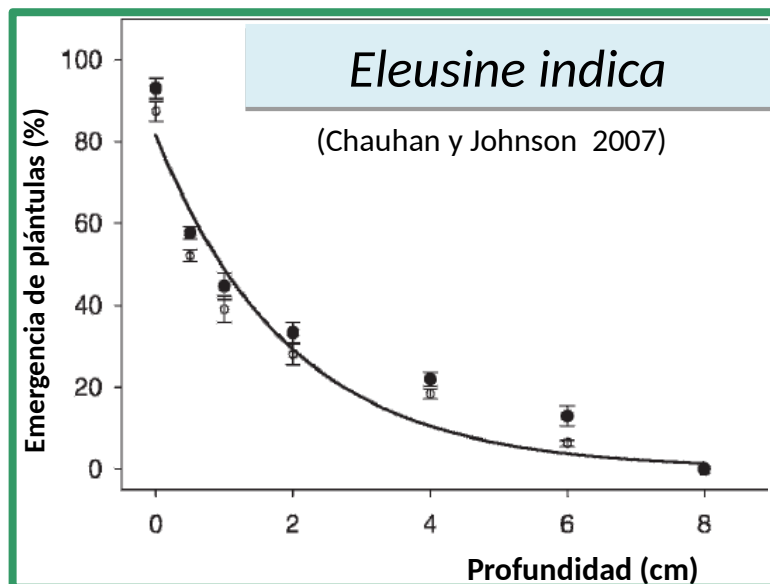
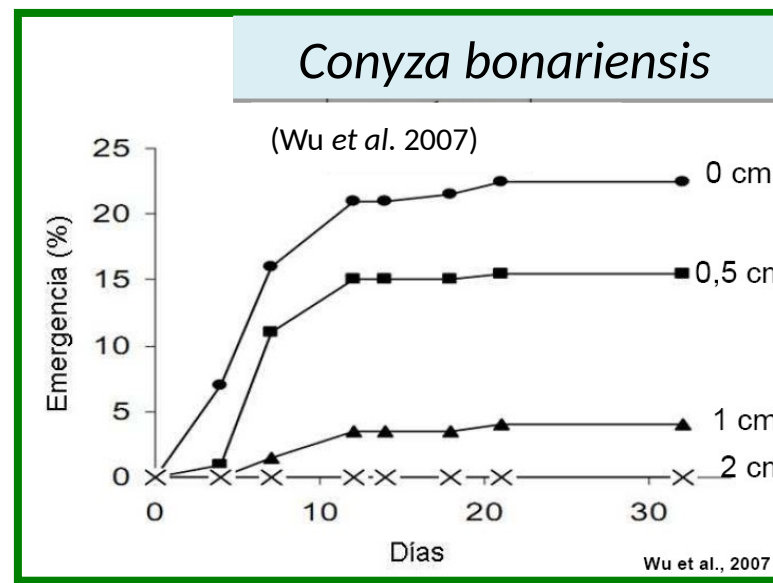
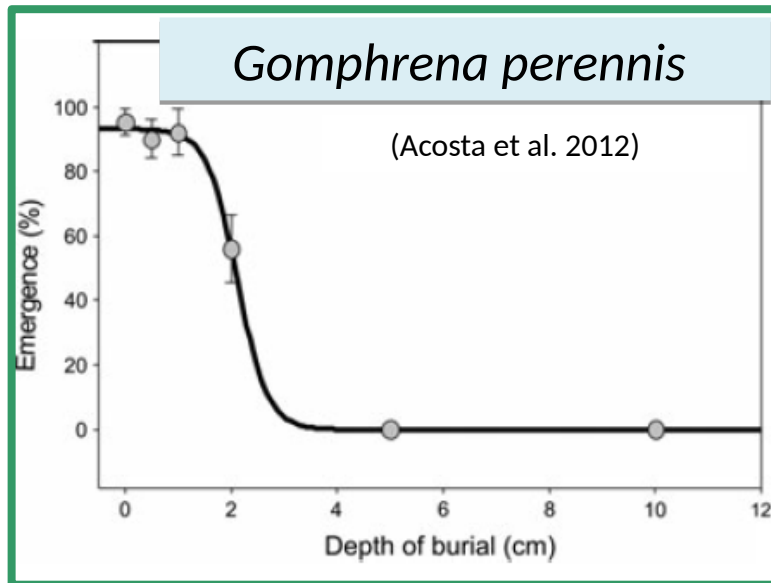
Prevenir el movimiento de semillas o propágulos de lote en lote y dentro del lote.

Manejar las semillas en cosecha y en post cosecha para evitar el aumento del banco de semillas.

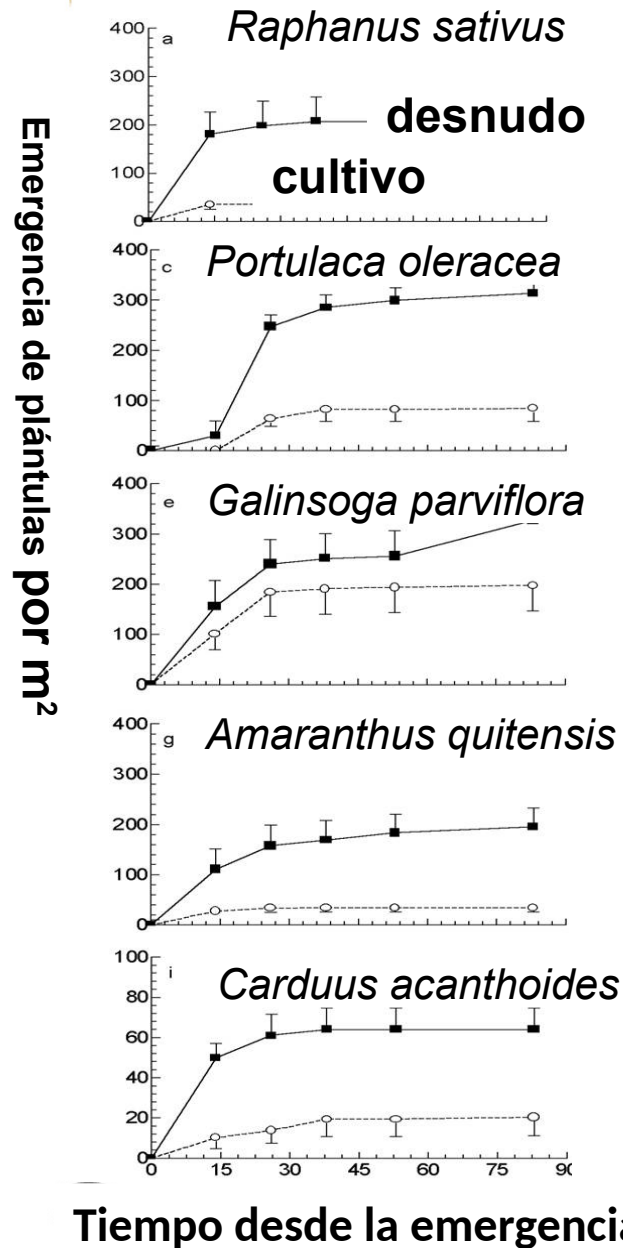
Identificar y Conocer la biología de las malezas presentes.

Factores terminadores de la dormición
LUZ, TEMPERATURAS ALTERNADAS

Presencia de un canopeo
Profundidad de entierro
Cobertura del suelo

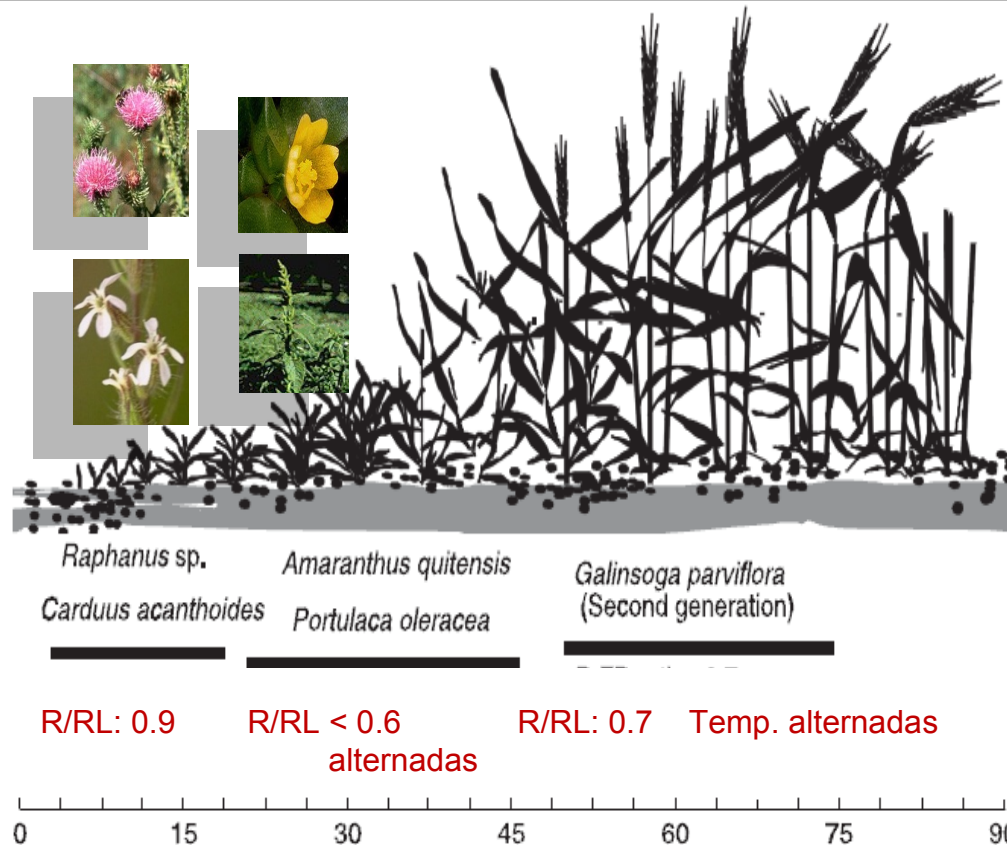


La emergencia es mayor cuando las semillas están a poca profundidad.
Esto explicaría en parte el éxito de estas malezas con siembra directa

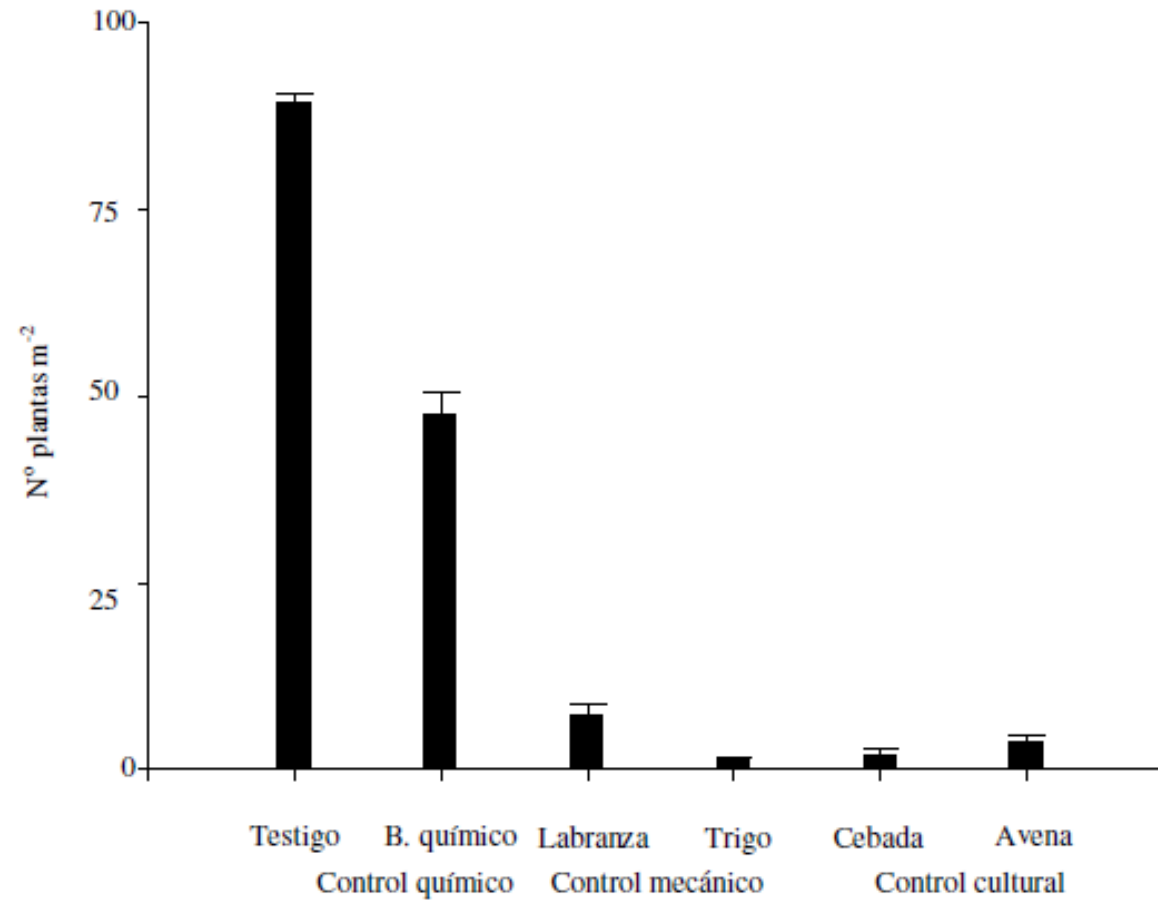


El cultivo acompañante interfiere sobre los factores terminadores de la dormición (Kruk, 2000)

Debajo del canopeo del cultivo se modifica: T° (T° alternadas, T° max, T° min) y la calidad lumínica (relación R/RL)*



Incidencia de distintas prácticas en el establecimiento de Conyza (Metzler 2013)



Los cultivos de cobertura redujeron 90% promedio la densidad de Conyza respecto al barbecho químico

barbecho sin aplicación
cebada

rastrojo de



Metzler 2013

Mantener el lote limpio (bajas densidades de malezas)

Impacto de la densidad sobre la frecuencia inicial de resistencia
Presión de Selección y Densidad de Malezas

Frecuencia inicial 1/1.000.000

Densidad

1 planta/m²

5 plantas/m²

50 plantas/m²

Has tratadas

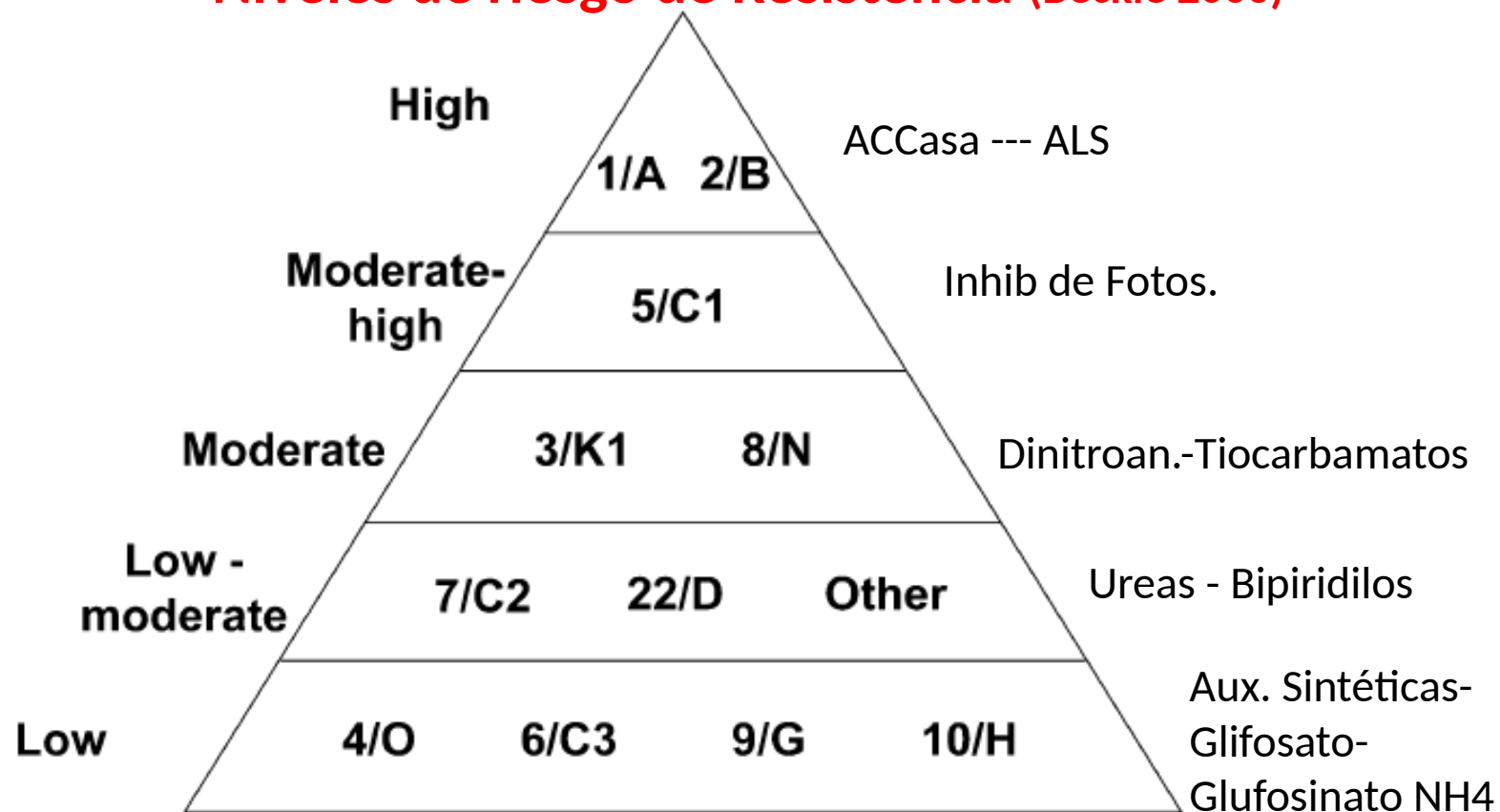
100 has

20 has

2 has

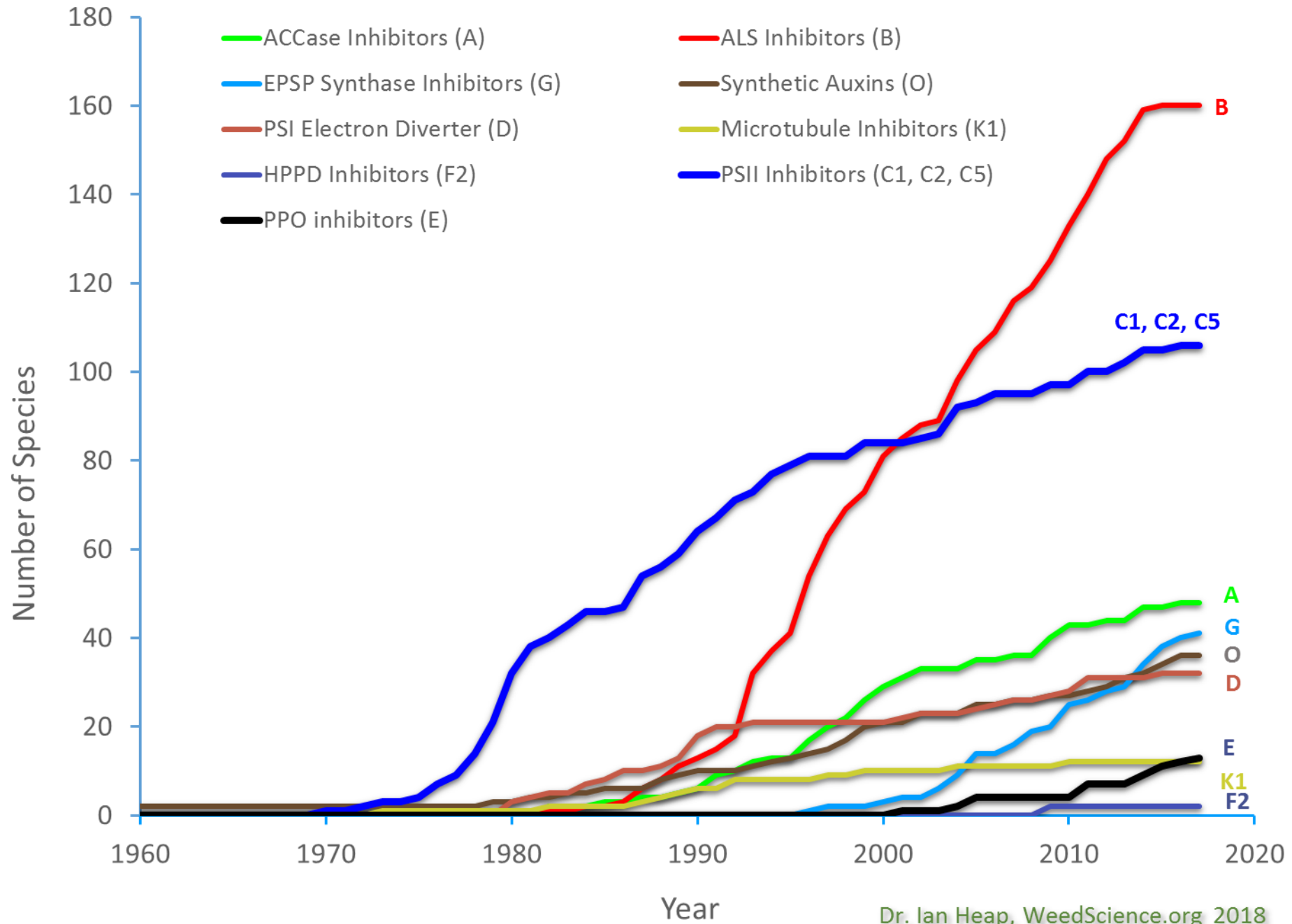
Rotar /Mezclar los sitios de acción de los herbicidas

Niveles de riesgo de Resistencia (Beckie 2006)



Numero de aplicaciones: Low: >20; Moderate: 10-20; High: <10

Resistant Species for Several Herbicide Sites of Action (HRAC Codes)



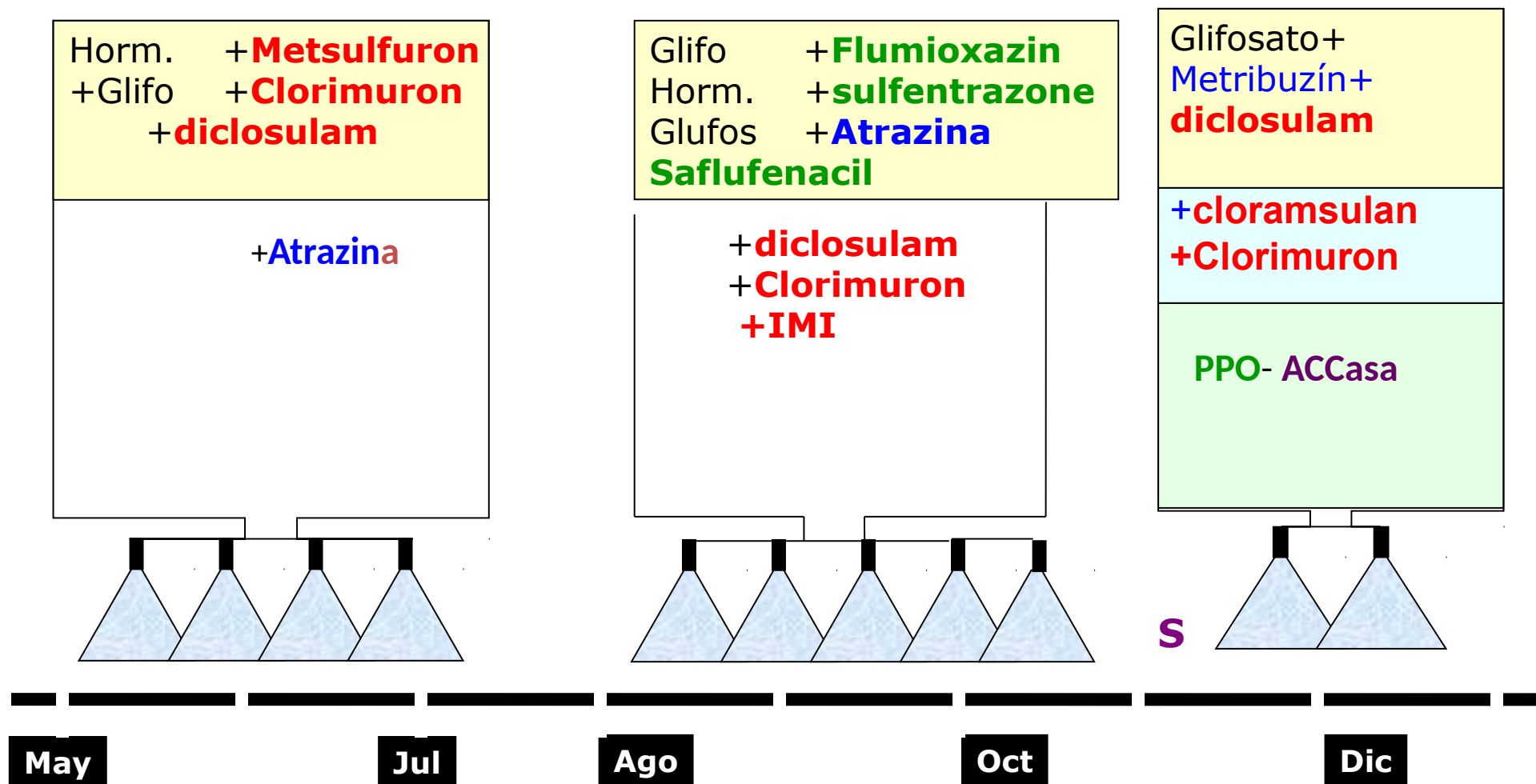
Rotar los sitios de acción de los herbicidas

Herbicidas disponibles para control de *Lolium sp.* en cultivos de trigo

Lolium multiflorum

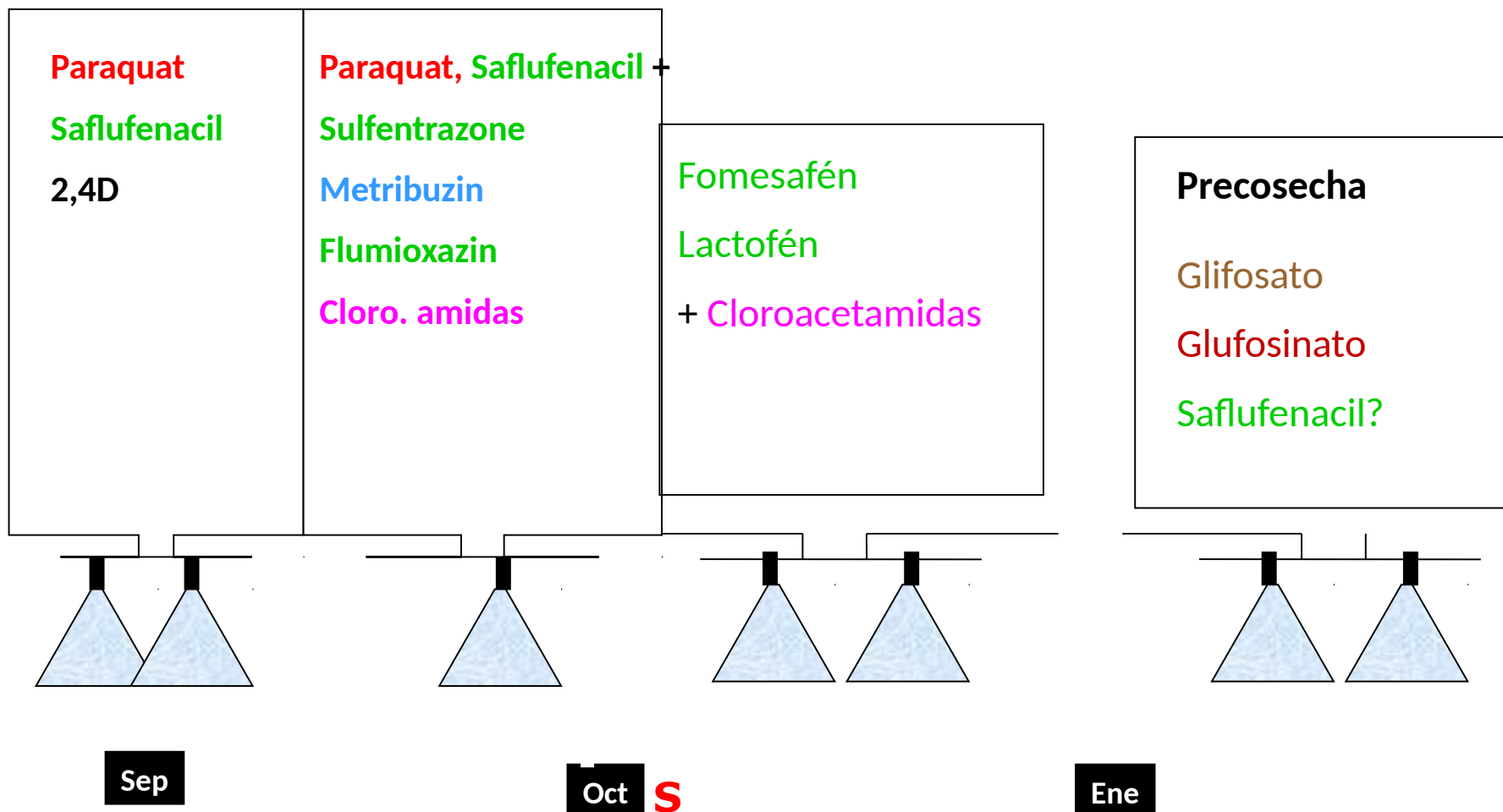
Presiembra del cultivo	Postemergencia
EPSPS	ALS
Fotosistema I	ACCasa
Glutamino sintetasa	
PPO	
K3	
ACCasa	

Estrategias de control químico de Rama negra



Adptado de Ponsa 2011

Estrategias de control químico de Amranto RALS y Gly. Soja



Dosis subletales en *A. fatua* y *L. rigidum* Busi et al. 2016

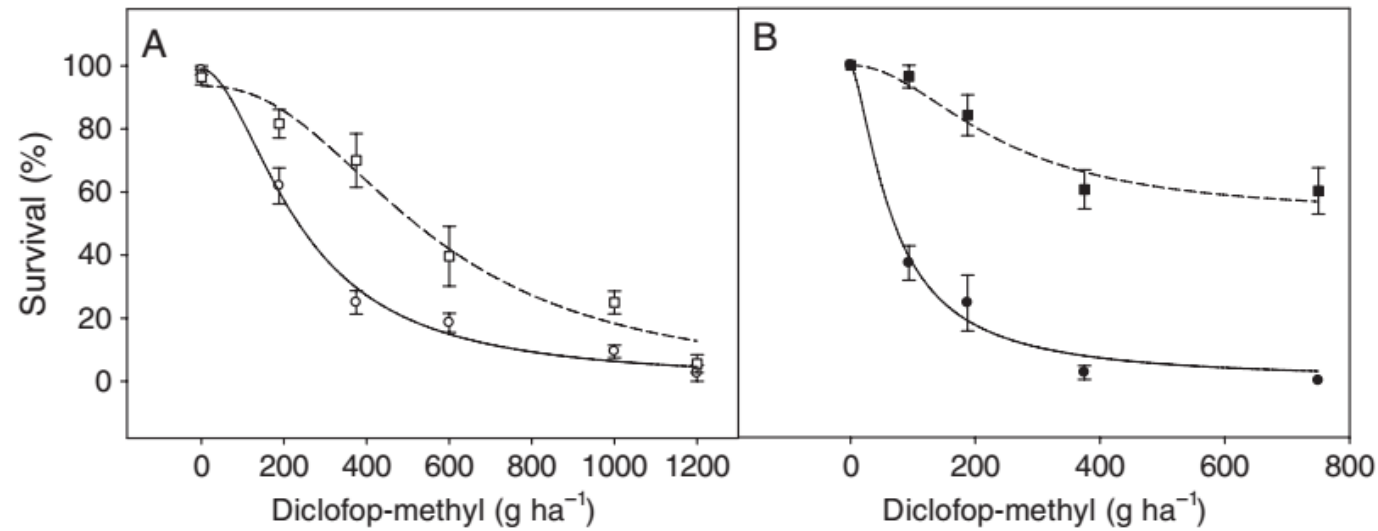


Figure 1. Response to low-dose diclofop-methyl recurrent selection in *A. fatua* (A) versus *L. rigidum* (B). The 3× selected seed progenies and the unselected original parental populations were compared by a herbicide dose–response study. –○– *A. fatua* parental line (WA); –□– progeny selected 3 times with diclofop-methyl at 375 g diclofop-methyl ha⁻¹ (WA-P3); –●– *L. rigidum* parental line (VLR1); –■– progeny selected 3 times with diclofop-methyl (VLR1 0.1, 0.5, 2.0). Symbols are observed means $\pm$ SE ($n=6$). Lines represent the fitted logistic model [equation (1)]. Graph (B) is redrawn from data obtained by

Table 3. Response to selection with low dose of diclofop-methyl in cross-pollinated *Lolium rigidum* versus self-pollinated *Avena fatua*. The LD₅₀ R/S (resistance index) is the calculated ratio of the estimated LD₅₀ value of selected progeny and the LD₅₀ of the unselected parental line

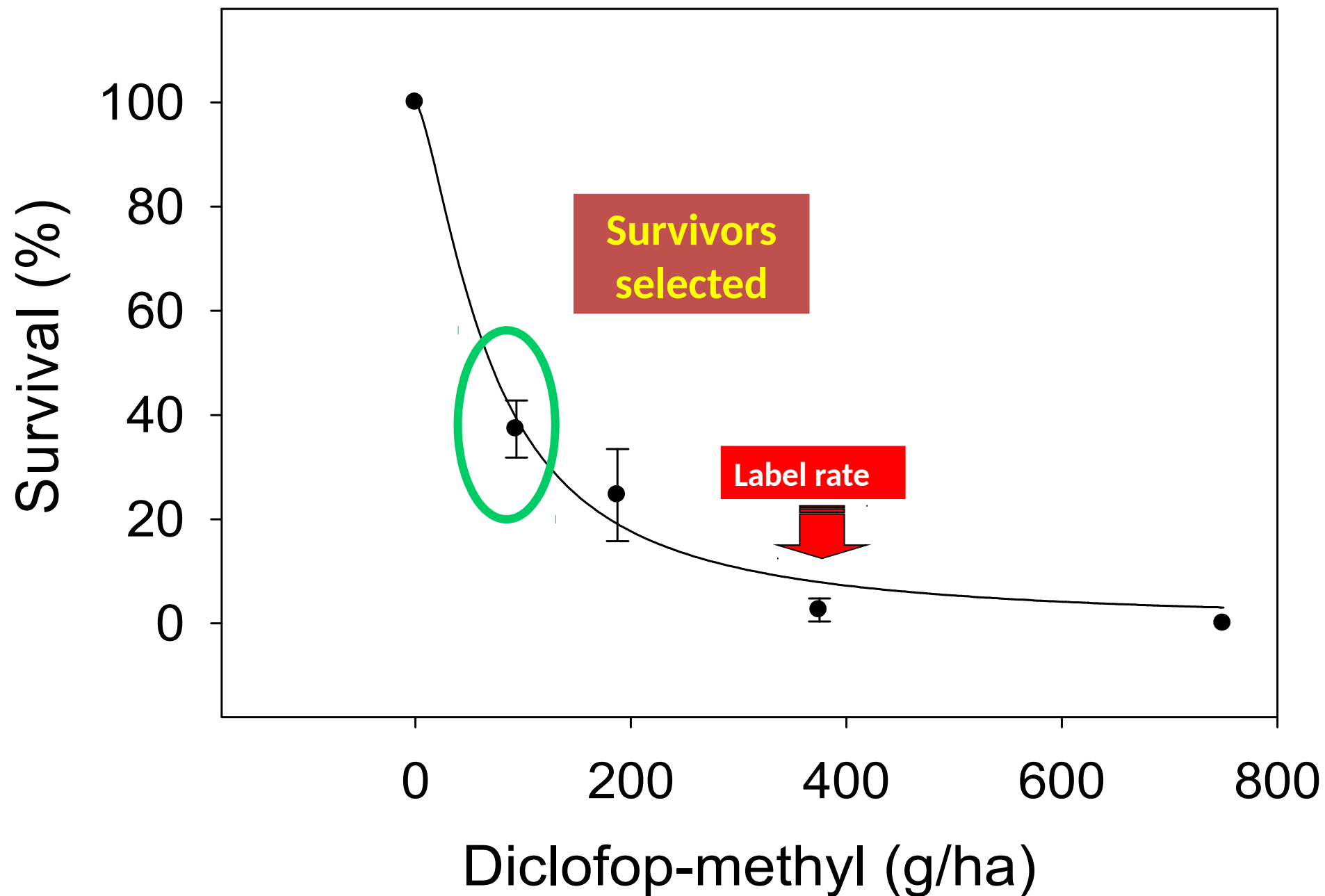
Reproductive mode	Genus	Herbicide selected agent	Selection dose (mean)	Progeny	LD ₅₀	LD ₅₀ ratio selected/unselected
Self-pollinated	<i>Avena</i>	Diclofop	Unselected	0	238	–
Self-pollinated	<i>Avena</i>	Diclofop	375	3 ^a	546	2.3
Cross-pollinated	<i>Lolium</i>	Diclofop	Unselected	0	61 ^c	–
Cross-pollinated	<i>Lolium</i>	Diclofop	325	3 ^b	2462 ^c	40

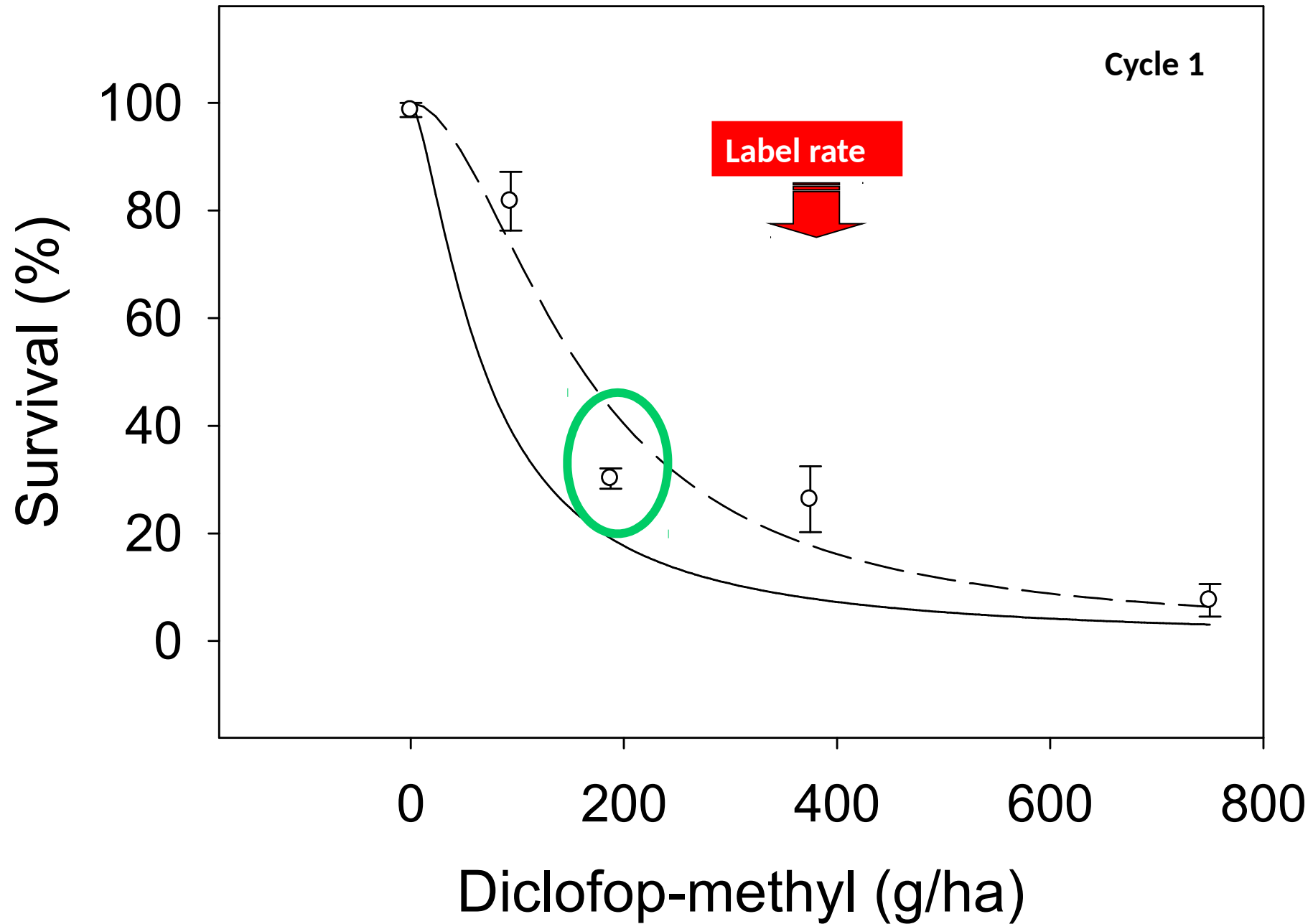
^a Progeny selected with three cycles of recurrent selection from the parental WA herbicide-susceptible *A. fatua* population, as detailed in Table 1. Herbicide selection occurred at 375 g diclofop ha⁻¹ as 0.66× the recommended label dose (labelled dose 600 g diclofop ha⁻¹).

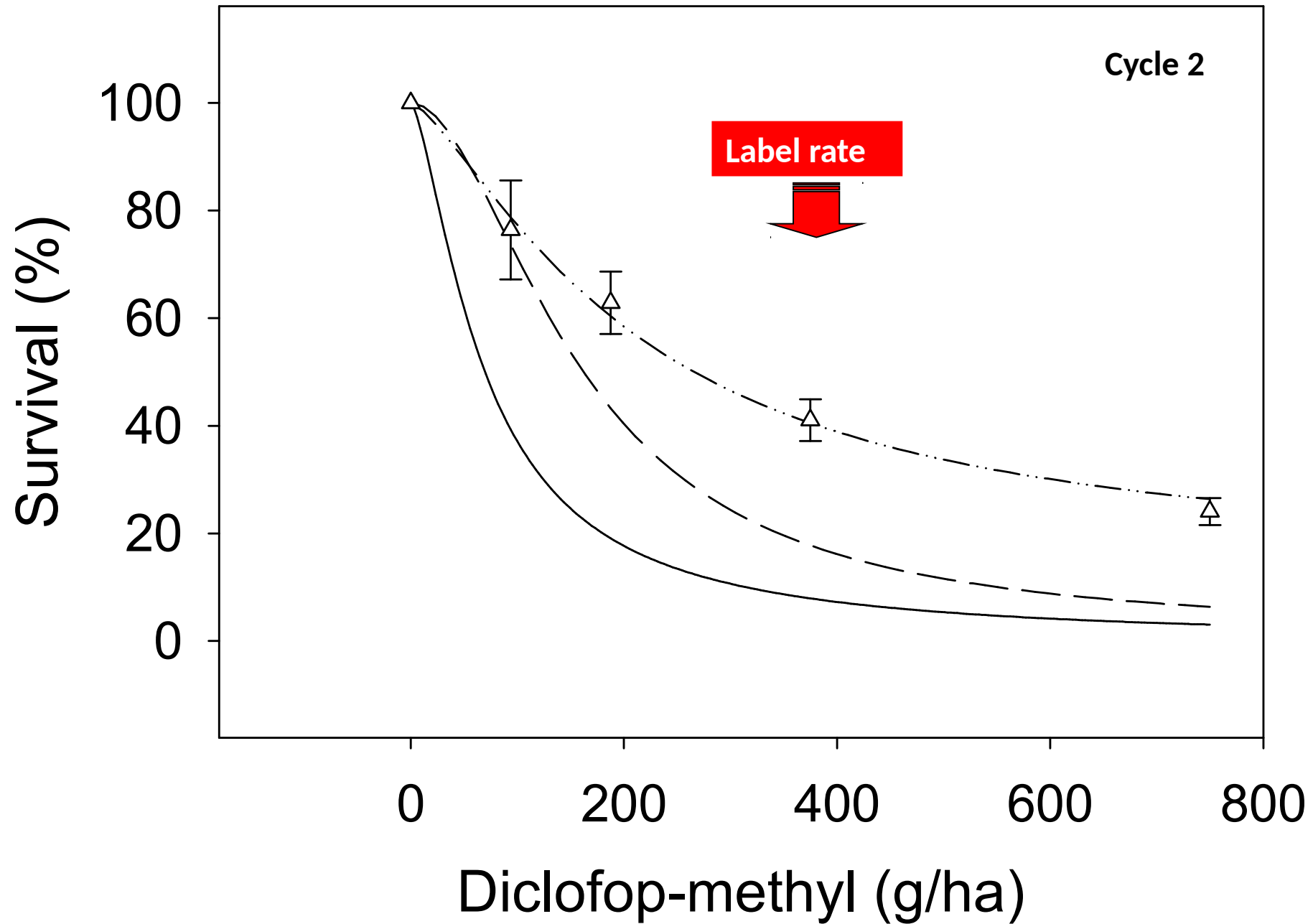
^b Progeny selected with three cycles of recurrent selection from the parental herbicide-susceptible *L. rigidum* population VLR1. Herbicide selection occurred at 37.5, 188 and 750 g diclofop ha⁻¹ as 0.1×, 0.5× and 2.0× the recommended label dose (labelled dose 375 g diclofop ha⁻¹).¹⁴

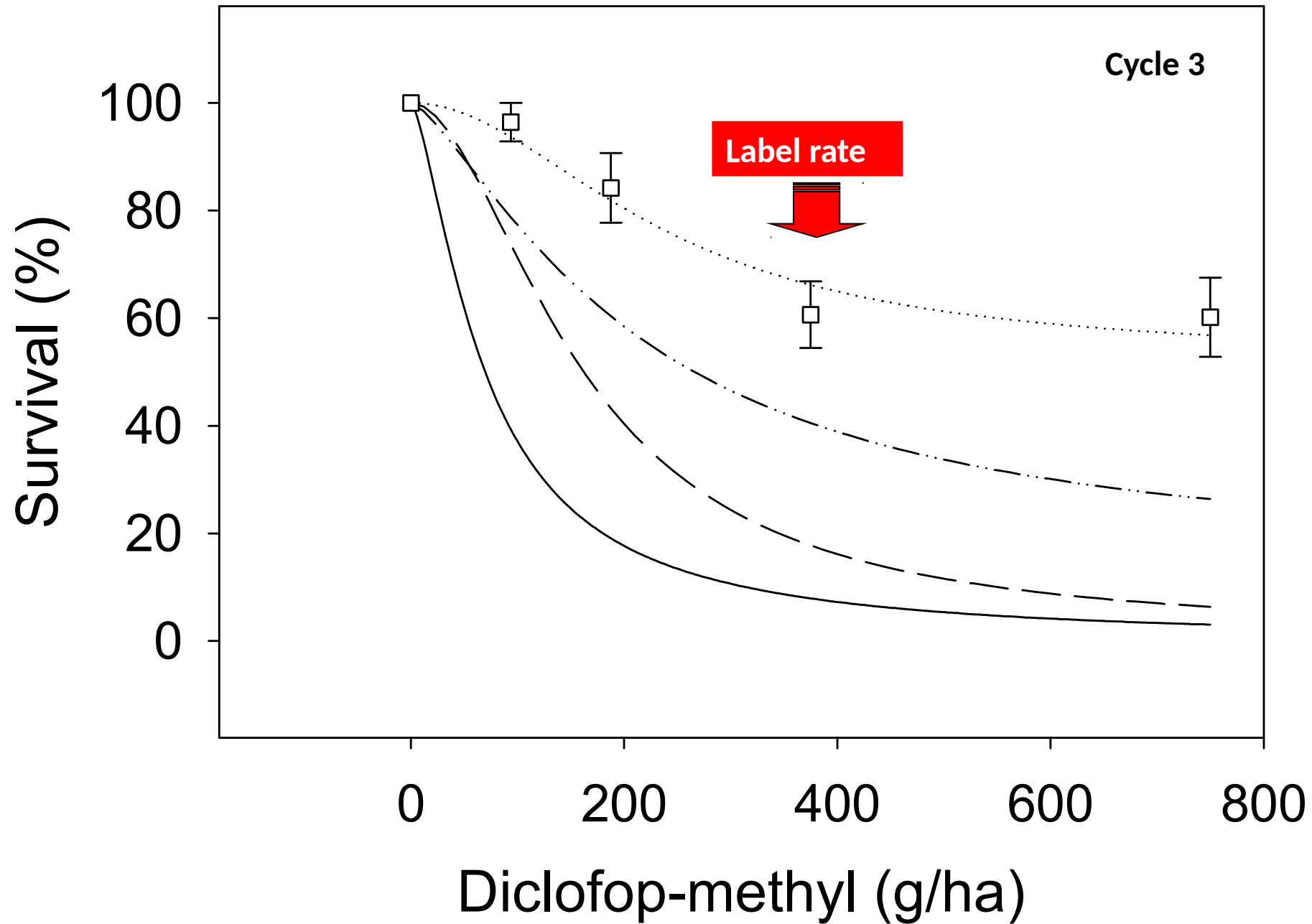
^c Data reported by Neve and Powles.¹⁴

Unselected S population









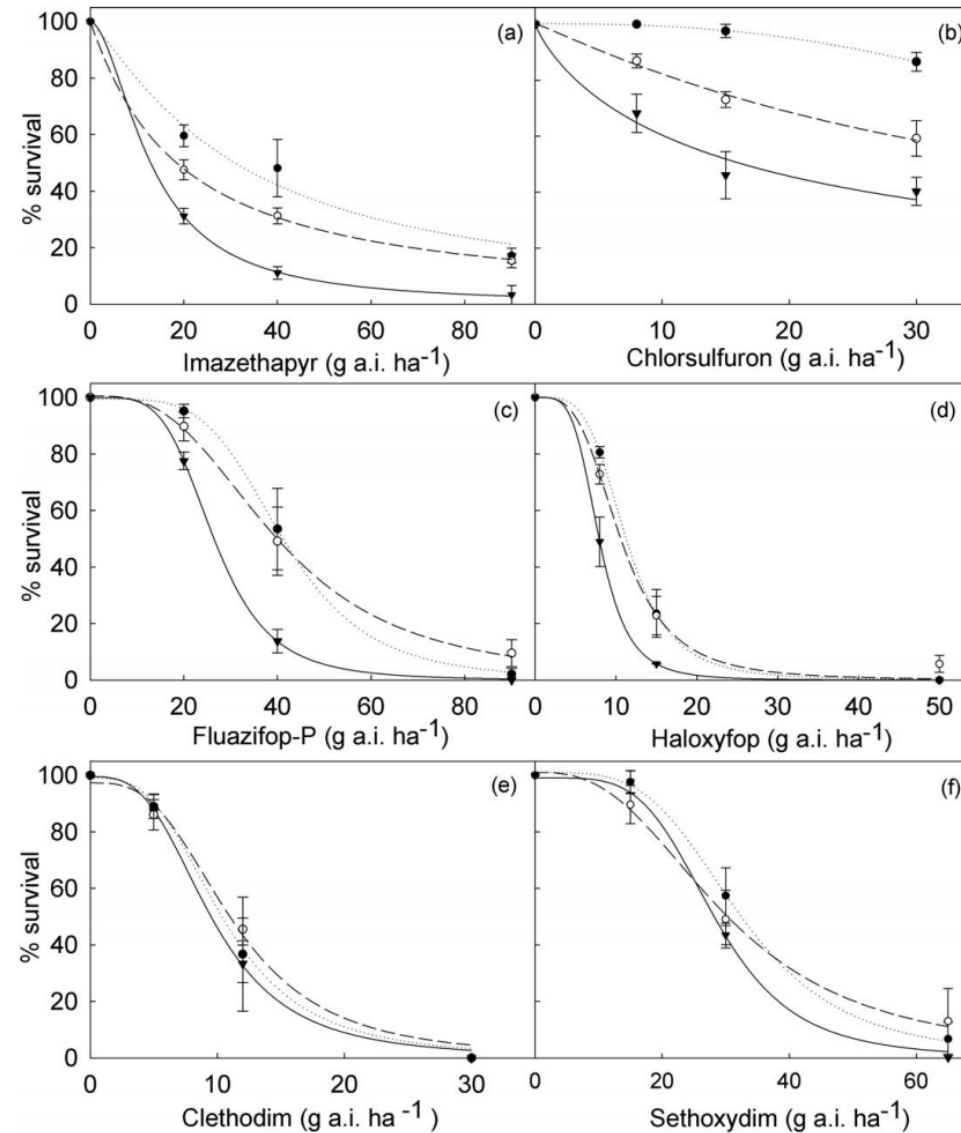
350 g ha⁻¹



3rd cycle

Unselected (cycle 0)

Rapid evolution of Herbicide Resistance by low dosage herbicides, Manalil et al. 2011

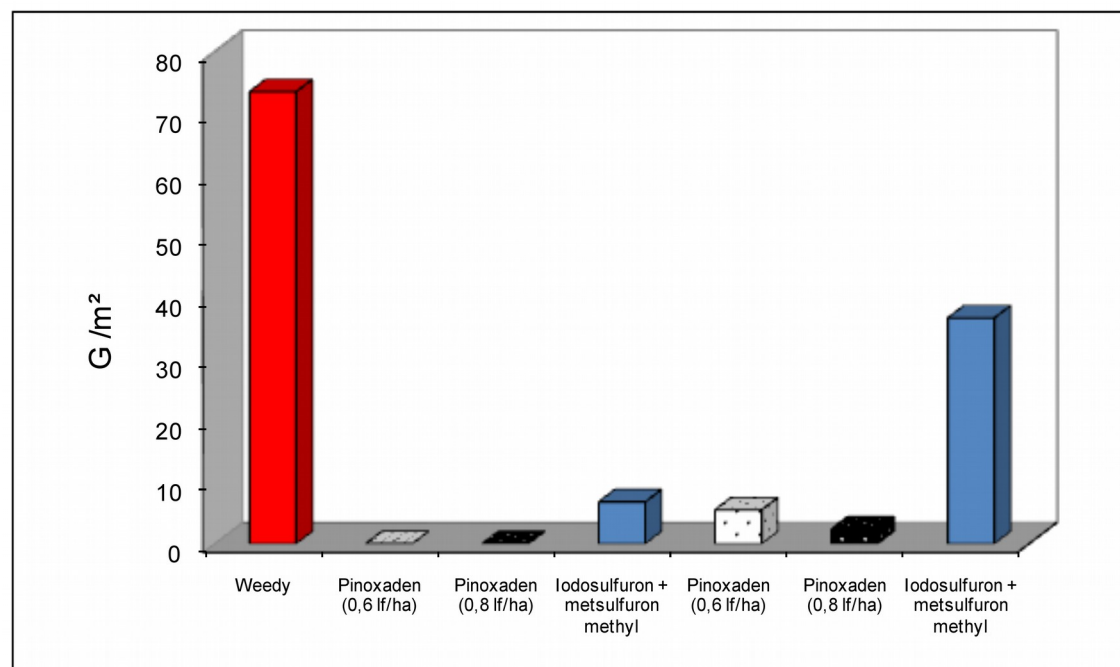


Evolution of Herbicide Resistance by high and low doses of Pyroxasulfone (Busi et al. 2012)

- No se registraron genes mayores de resistencia en evaluaciones realizadas en 100 millones de individuos y su progenie.
- La recurrente utilización de subdosis generó en pocas generaciones poblaciones resistentes además de resistencia cruzada con Chlorsulfuron, S Metolaclor y Diclofop metil.
- Debe enfatizarse el uso de pyroxasulfone en las dosis recomendadas para disminuir la posibilidad de evolución de resistencia mediante el uso de subdosis

Efecto del momento de aplicación de herbicidas en *Avena fatua* (Z14 y Z23)

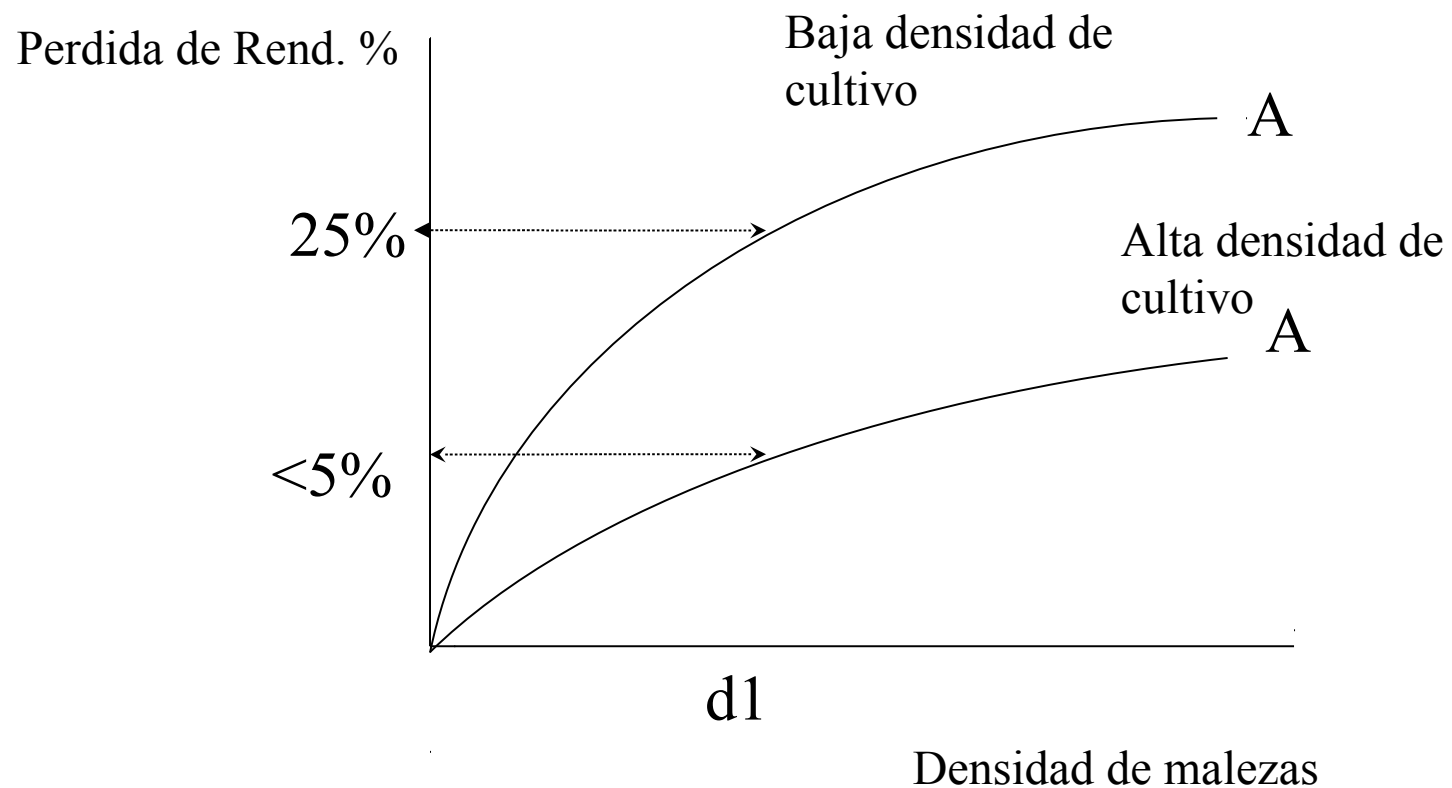
Biomasa de *A. fatua* a cosecha



El impacto del momento de aplicación fue menor en pinoxadén

Ajustes en la densidad de siembra

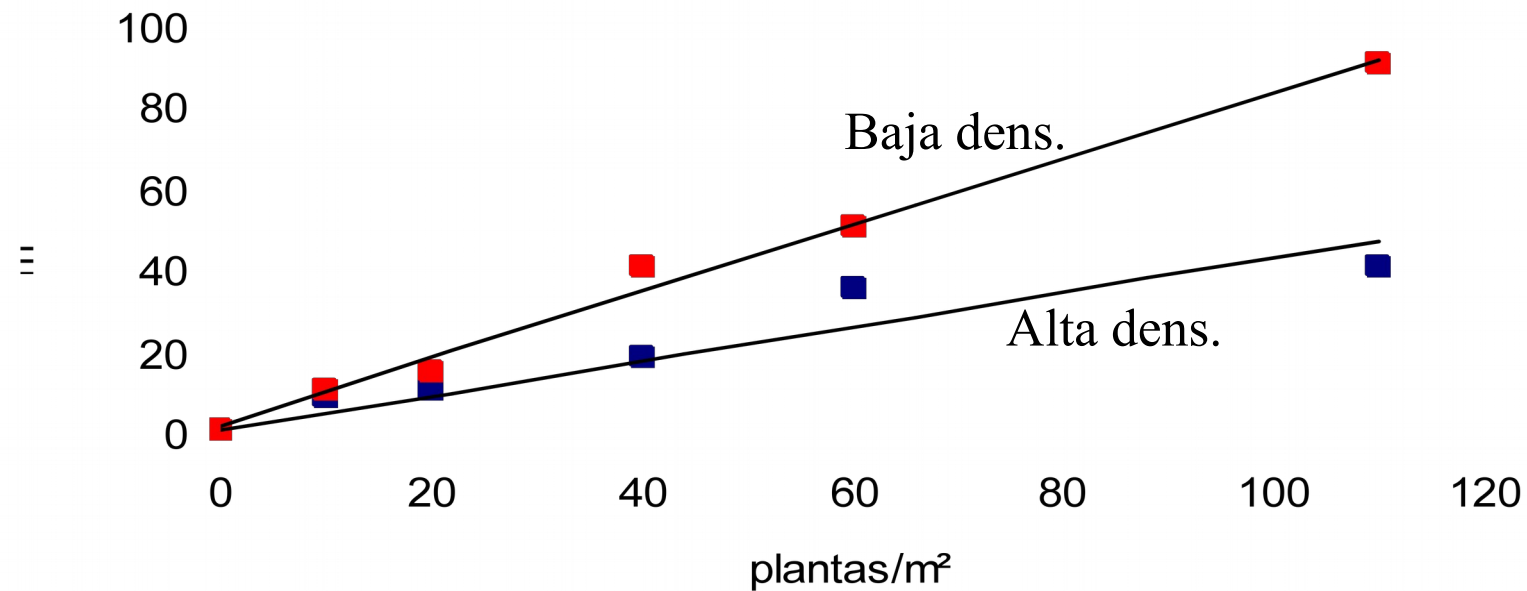
Modelo de cuantificación de pérdidas por malezas



Adaptado de Cousens 1984, Scursoni y Satorre, 2005

Ajustes en la densidad de siembra

Efecto de la densidad del cultivo de cebada en el crecimiento de la *A. fatua*



Scursoni y Satorre, 2005

Control de Semillas en Cosecha:

- Michael Walsh, Peter Newman, and Stephen Powles (2013)

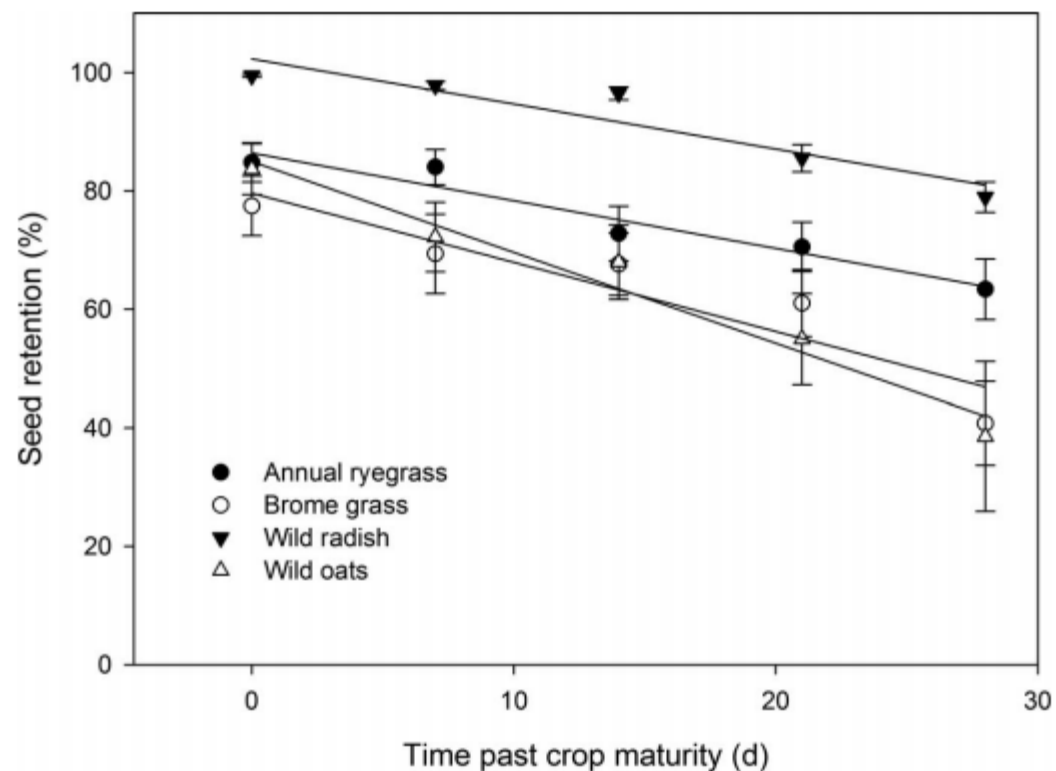
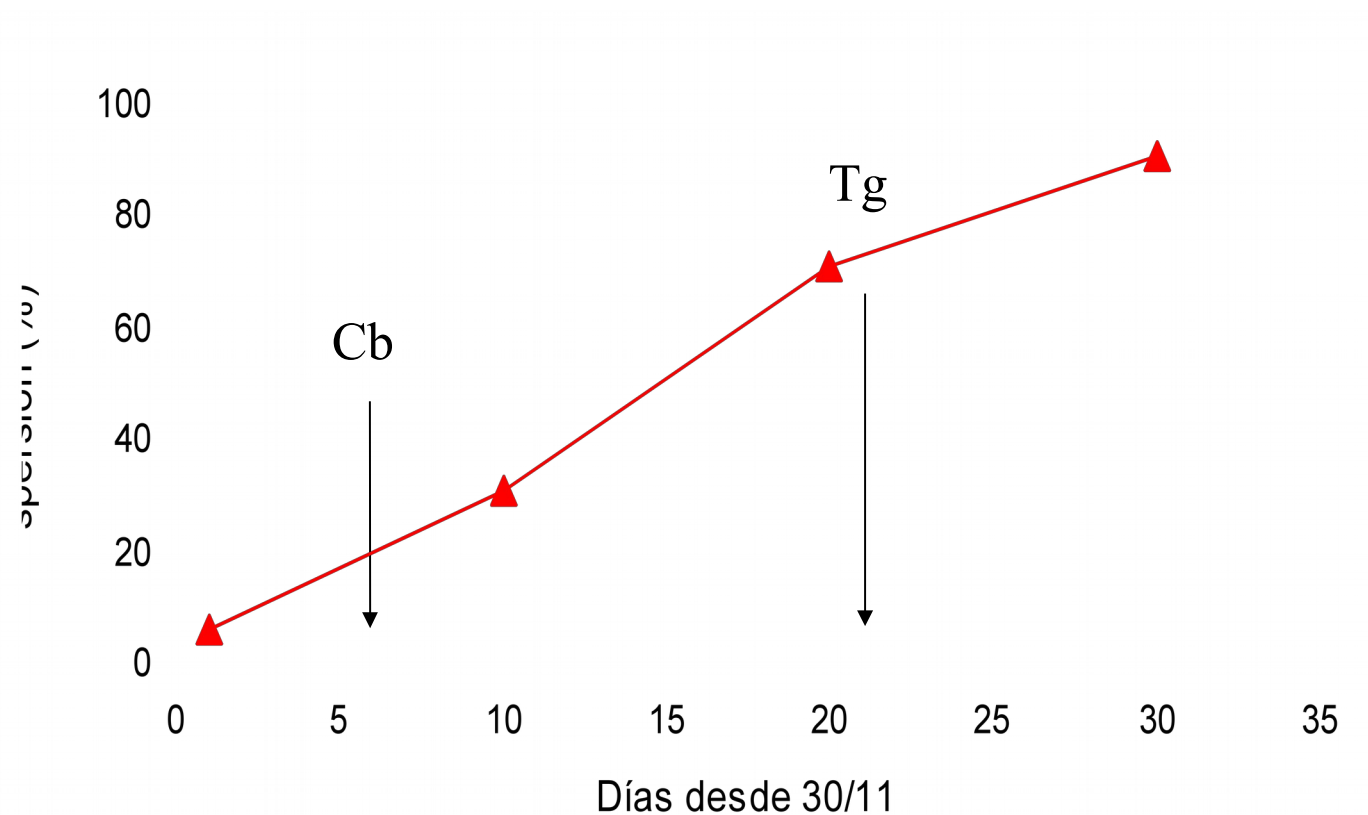


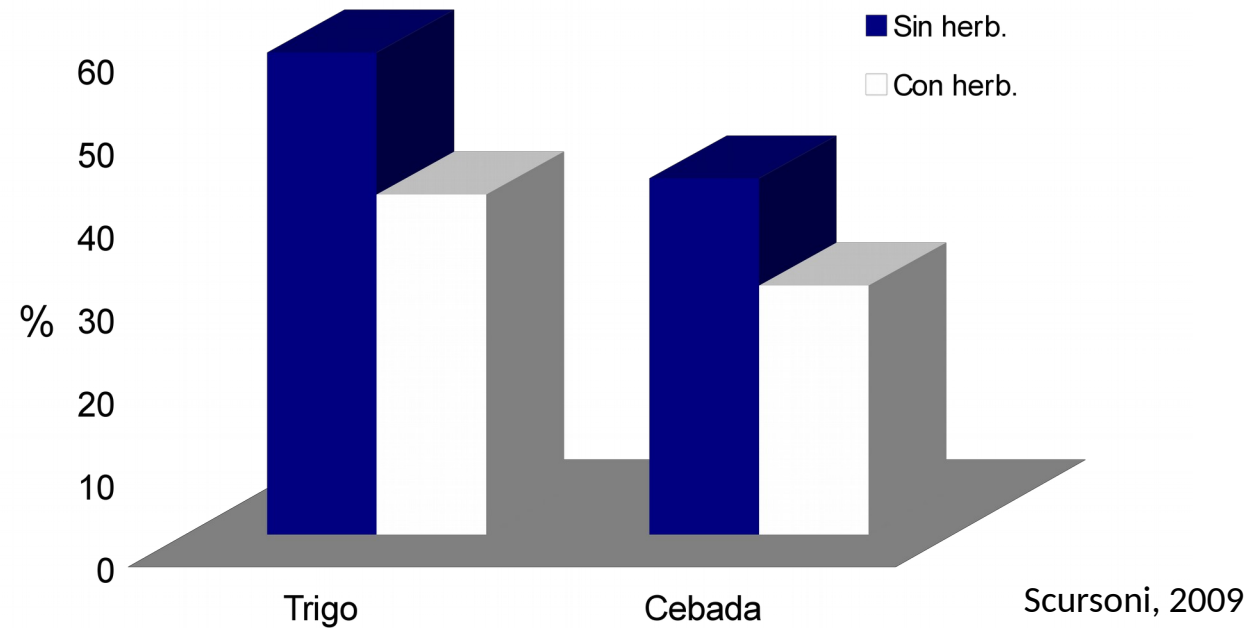
Figure 2. Seed retention above harvest cutting height for four species averaged across nine sites at wheat crop maturity and at 7 d intervals for 28 d. Lines represent the fitted linear model [1], equation parameters and Adjusted R^2 values for each line are presented in Table 3. Capped bars on symbols represent standard errors around the mean of three replicates and nine sites.

Evolución temporal de la dispersión de semillas de *A. fatua* (Scursoni et al. 2000)



Cómo afecta la especie cultivada y la aplicación de herbicidas la dispersión de semillas?

Dispersión precosecha (%) de semillas de *A. fatua* en trigo y cebada con y sin herbicida



En cultivos de trigo se dispersan más semillas antes de la cosecha que en cultivos de cebada

Control de Semillas en Cosecha:

- Michael Walsh, Peter Newman, and Stephen Powles (2013)



Eliminación y/o destrucción de semillas



Figure 4. First commercially available Harrington Seed Destructor (Photo, courtesy of bruin engineering)

Aplicación de herbicidas en madurez

- Reducción de fecundidad
- Reducción de viabilidad



Julio
Scursoni

Elba de
la Fuente

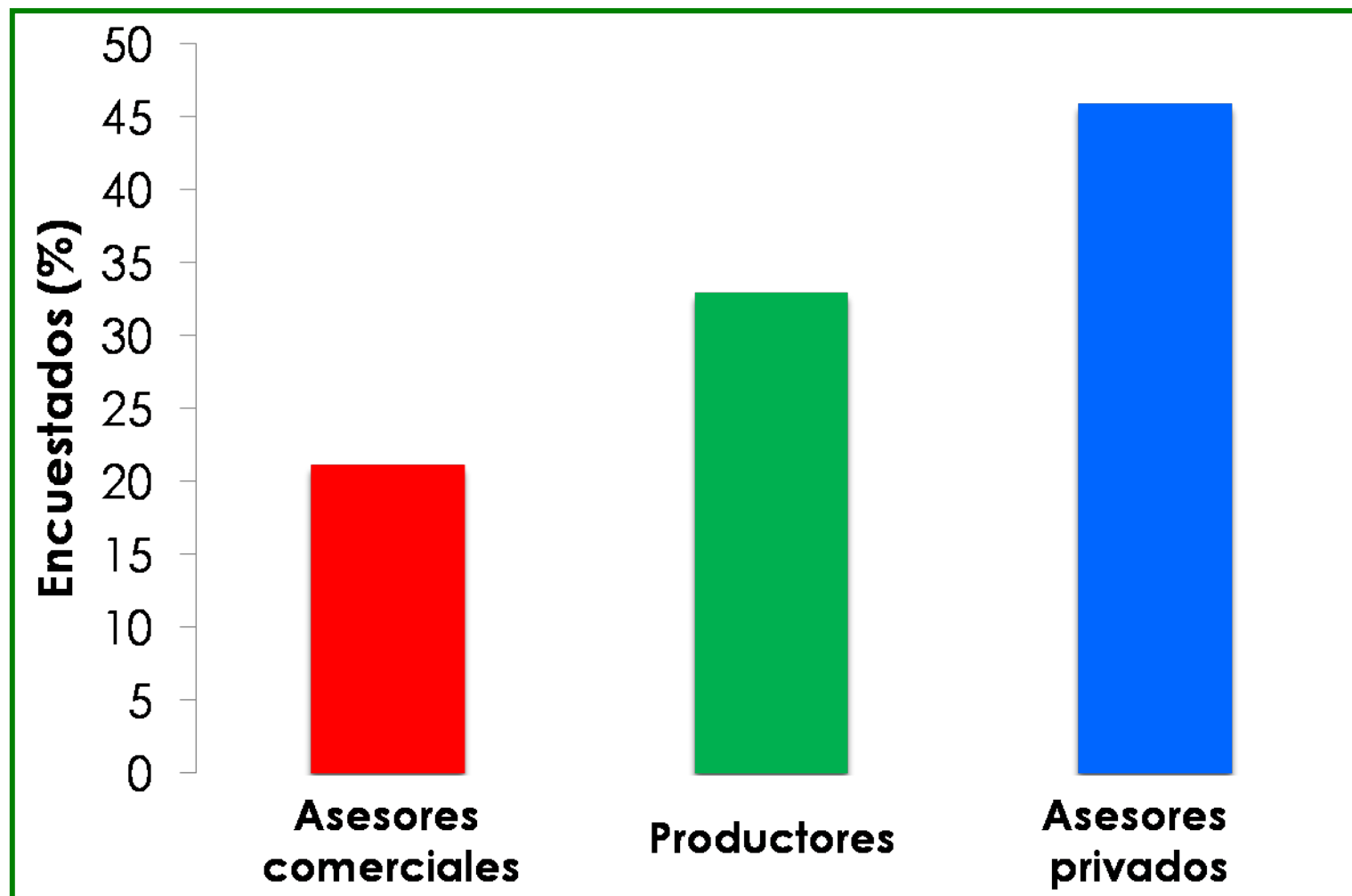
Betina
Kruk

Alejandra
Duarte Vera

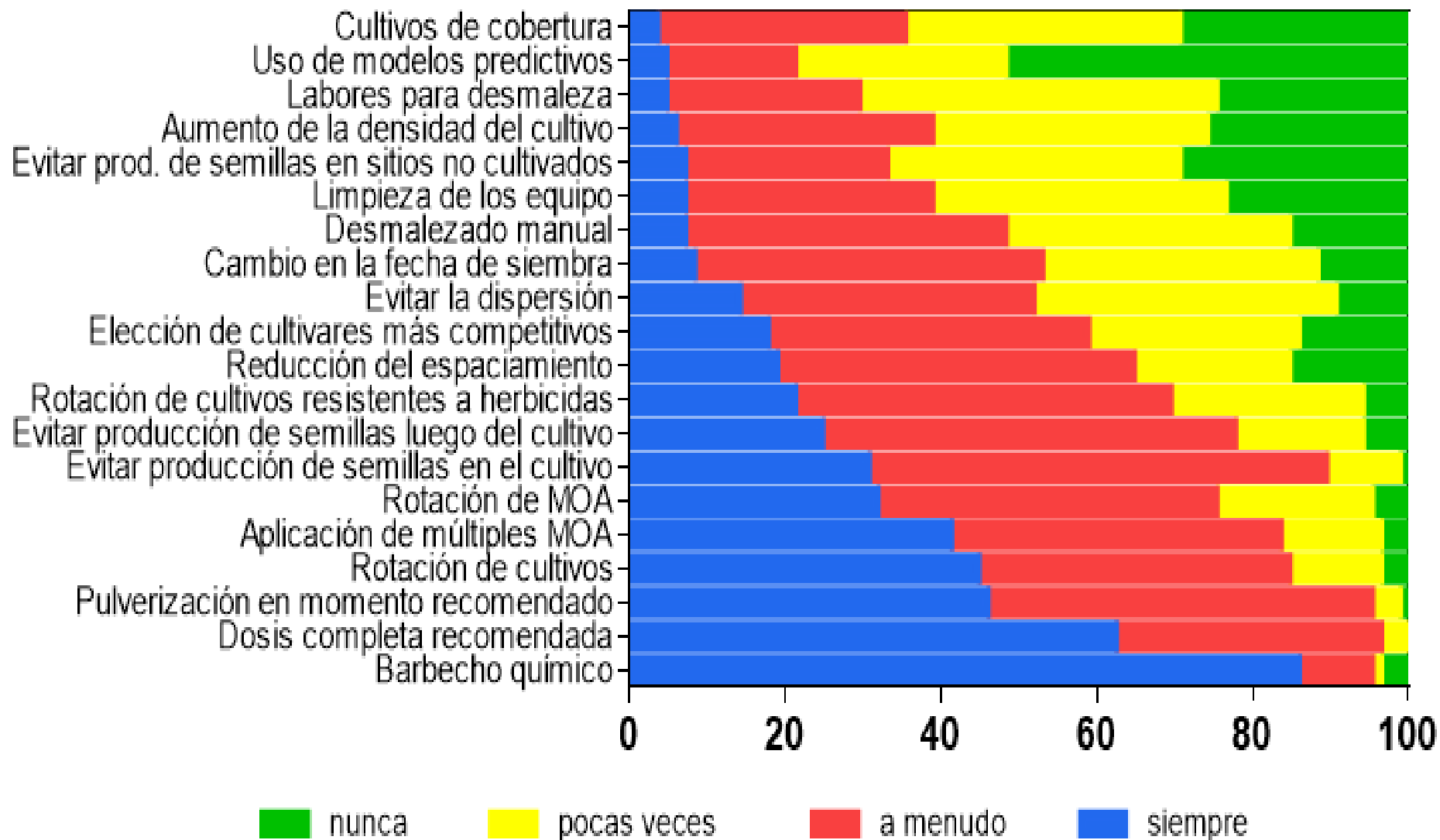
Fernando
Oreja

**Facultad de Agronomía,
Universidad de Buenos Aires, Argentina**

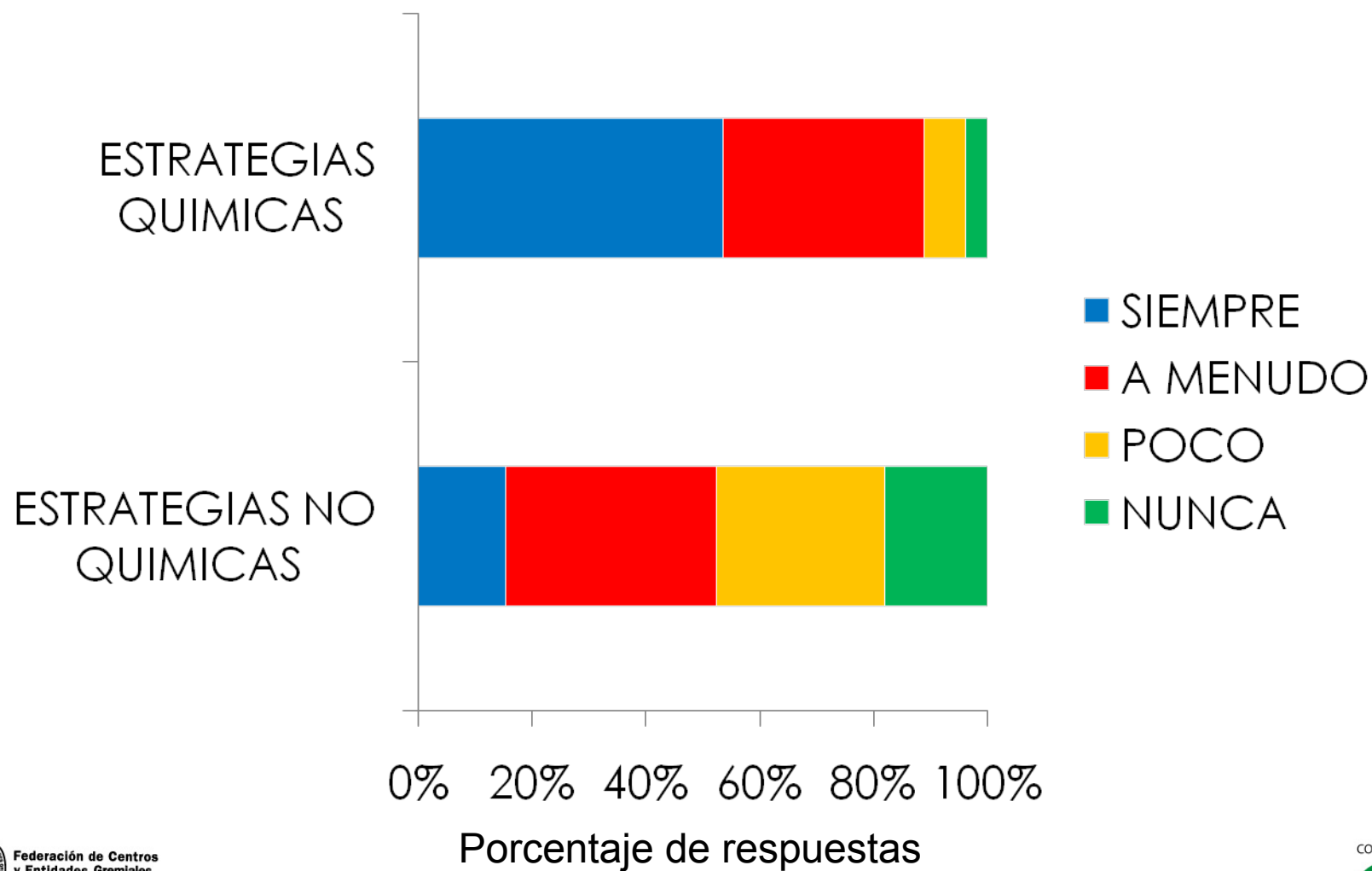
Universo de encuestados (85)



Adopción de prácticas de manejo según encuestados



Síntesis de las encuestas



CONCLUSIONES y REFLEXIONES

Es posible **reducir la evolución** de biotipos resistentes. Para lograrlo habrá que adoptar estrategias de manejo sustentable, a nivel regional

Podría considerarse un sistema certificado de **estímulo** a la producción sustentable en general y en el manejo de la resistencia en particular

Es necesario la labor integrada de sectores **productivos, legislativos, técnicos, científicos y comerciales** sosteniendo como concepto en común la contribución al manejo sustentable de los recursos

CONCLUSIONES

- Las prácticas relacionadas al uso de herbicidas muestran el **máximo nivel de adopción.**
- Las prácticas **no químicas**, pese a su bajo costo y alta efectividad, **son escasamente utilizadas.**
- Estos resultados generan el **desafío de incrementar la transferencia de conocimiento** hacia asesores y productores, promoviendo el **uso de prácticas no químicas** que complementan y contribuyen a la eficacia del uso de herbicidas.

¿Por qué no Manejo?

Esperanza
Nuevo
herbicida



Economía

Biotecnología



Plazo de
contrato

Desconocimiento



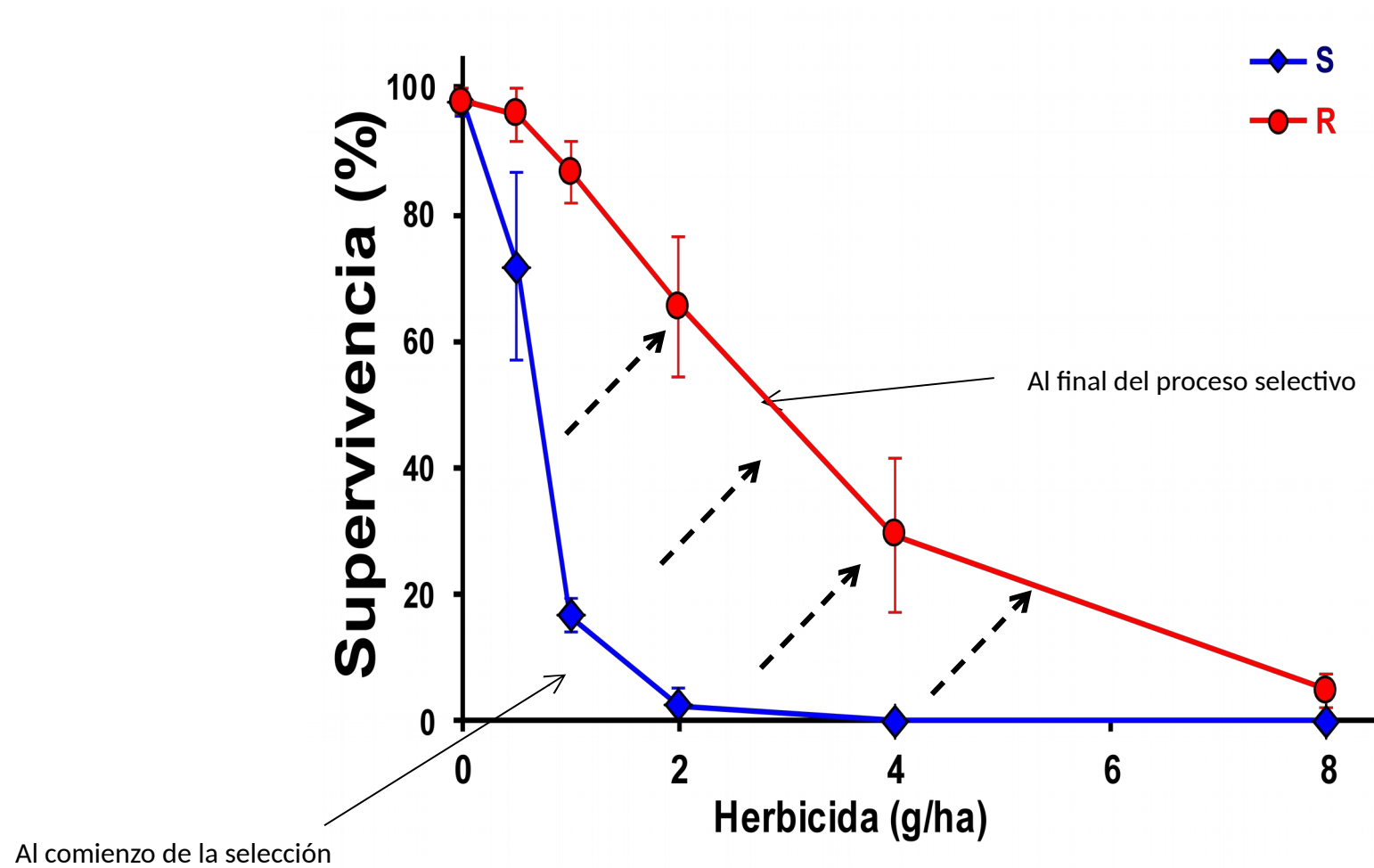
Muchas Gracias!!!!

Julio Scursoni

FAUBA

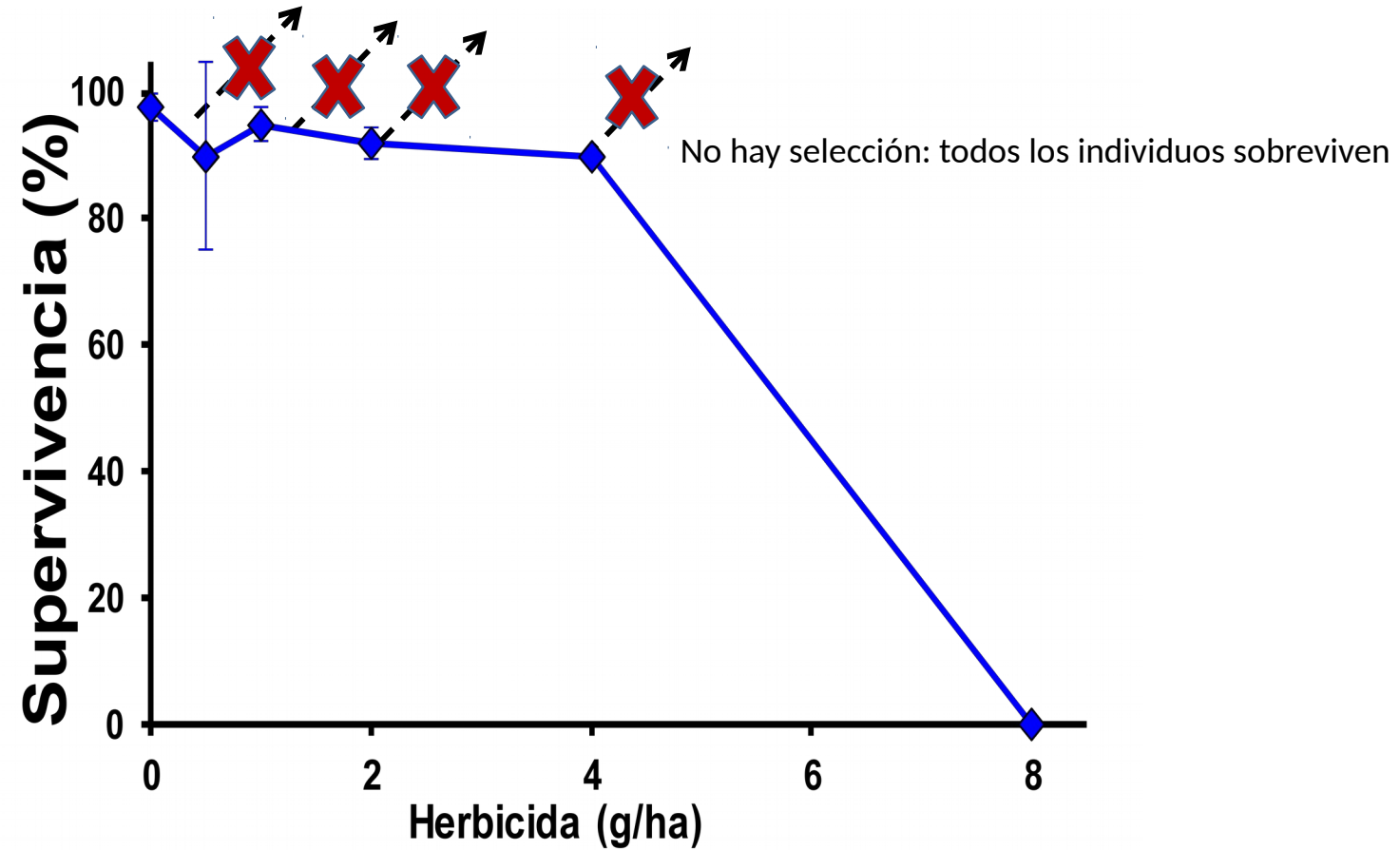
scursoni@agro.uba.ar

Definición de resistencia

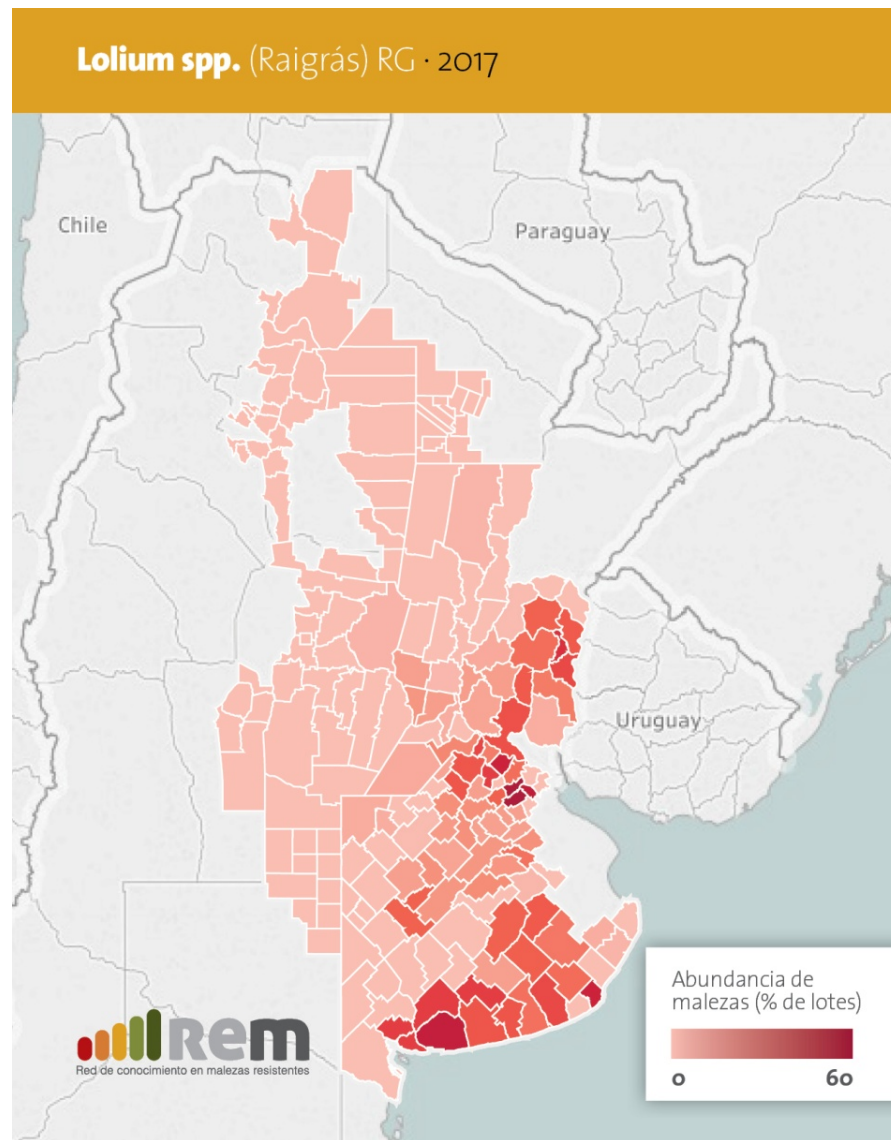


Definición de tolerancia

Es la capacidad natural o innata de una especie de maleza de sobrevivir y reproducirse a la acción fitotóxica de un herbicida

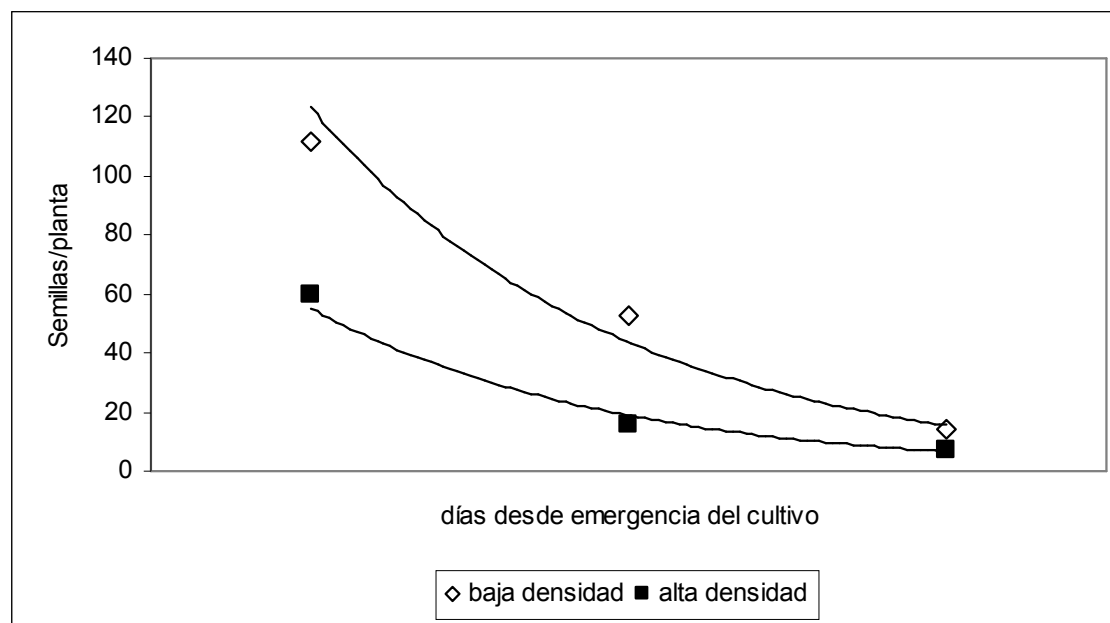


Abundancia de *Lolium* sp. resistente a glifosato



Cómo afecta el aumento de densidad del cultivo la fecundidad de individuos de *A. fatua*?

Fecundidad de individuos de *A. fatua* de diferentes cohortes en dos densidades de cultivo

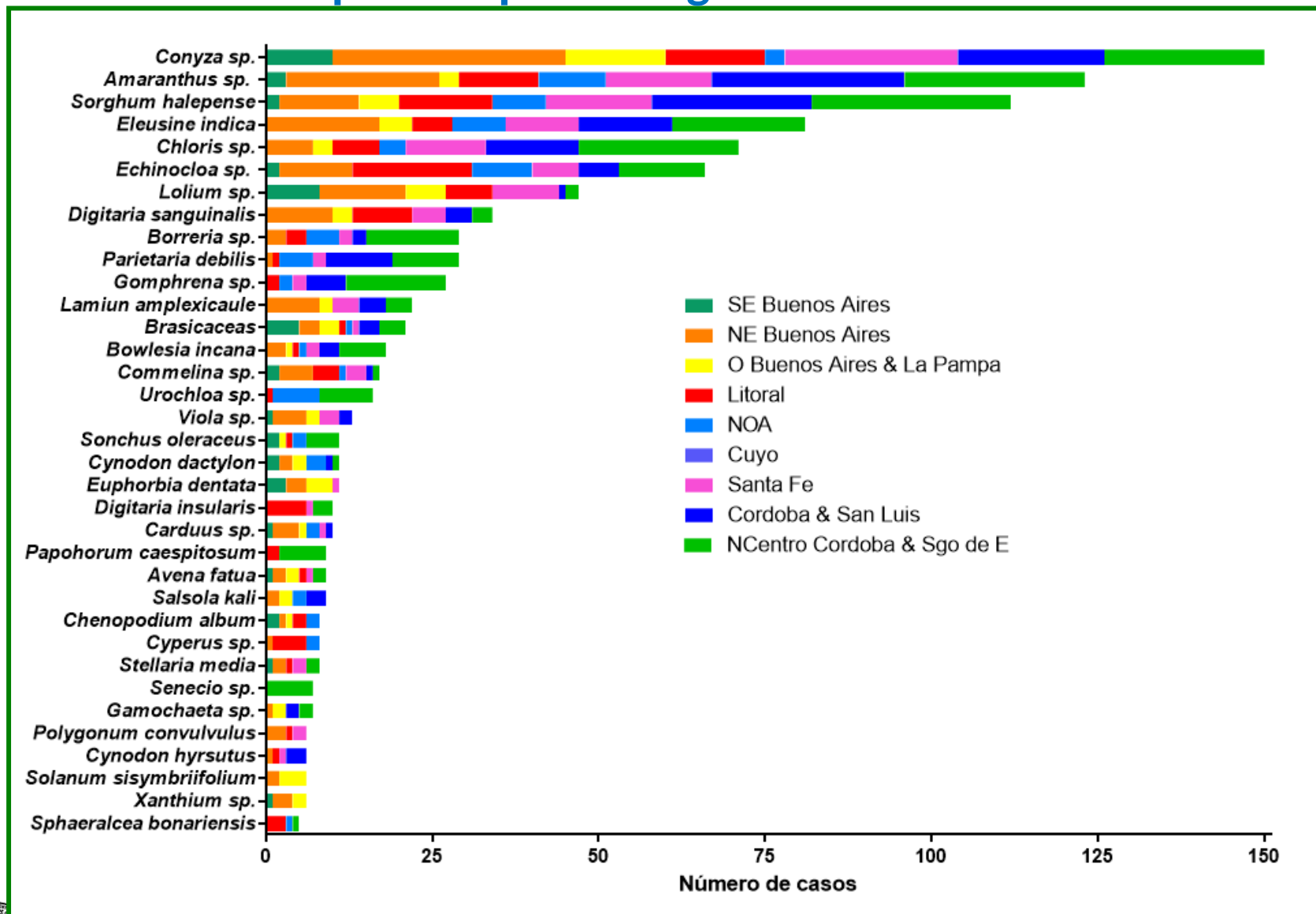


Incrementos de densidad de siembra reducen la fecundidad de *Avena fatua* en aproximadamente 50%

Scursoni, 2000



Principales especies según encuestados



Incidencia de aplicaciones en precosecha en fecundidad y viabilidad (Prashant Jha and Jason K. Norsworthy . 2012)

Table 2. Effect of late-season herbicides applied at first sign of inflorescence on seed production, 100-seed weight, and seed viability, and progeny cumulative emergence of two glyphosate-resistant Palmer amaranth biotypes from Arkansas.^{a,b}

Herbicide ^c	Rate	Seed reduction				100-seed weight ^b	Seed viability ^b	Cumulative emergence ^b
		LC		MC				
		% of nontreated						
	g ha ⁻¹					mg	%	% of nontreated
Glyphosate	870	62 bc	B	81 b	A	29 bc	61 b	14 bc
Glufosinate	820	87 a	A	94 a	A	25 d	46 c	3 c
2,4-D	1,060	84 ab	A	95 a	A	26 cd	58 b	23 b
Dicamba	280	75 ab	A	95 a	A	31 ab	52 bc	22 b
Pyrithiobac	70	47 c	B	76 b	A	34 a	45 c	58 a
Nontreated	—	—		—		34 a	97 a	—

^a Abbreviations: DAT, days after treatment; LC, Lincoln County, AR; MC, Mississippi County, AR.

^b For seed reduction, lowercase letters compare means in a column within each biotype, and uppercase letters compare the two biotype means within each herbicide. For seed weight, viability, and emergence, lowercase letters compare means in a column.

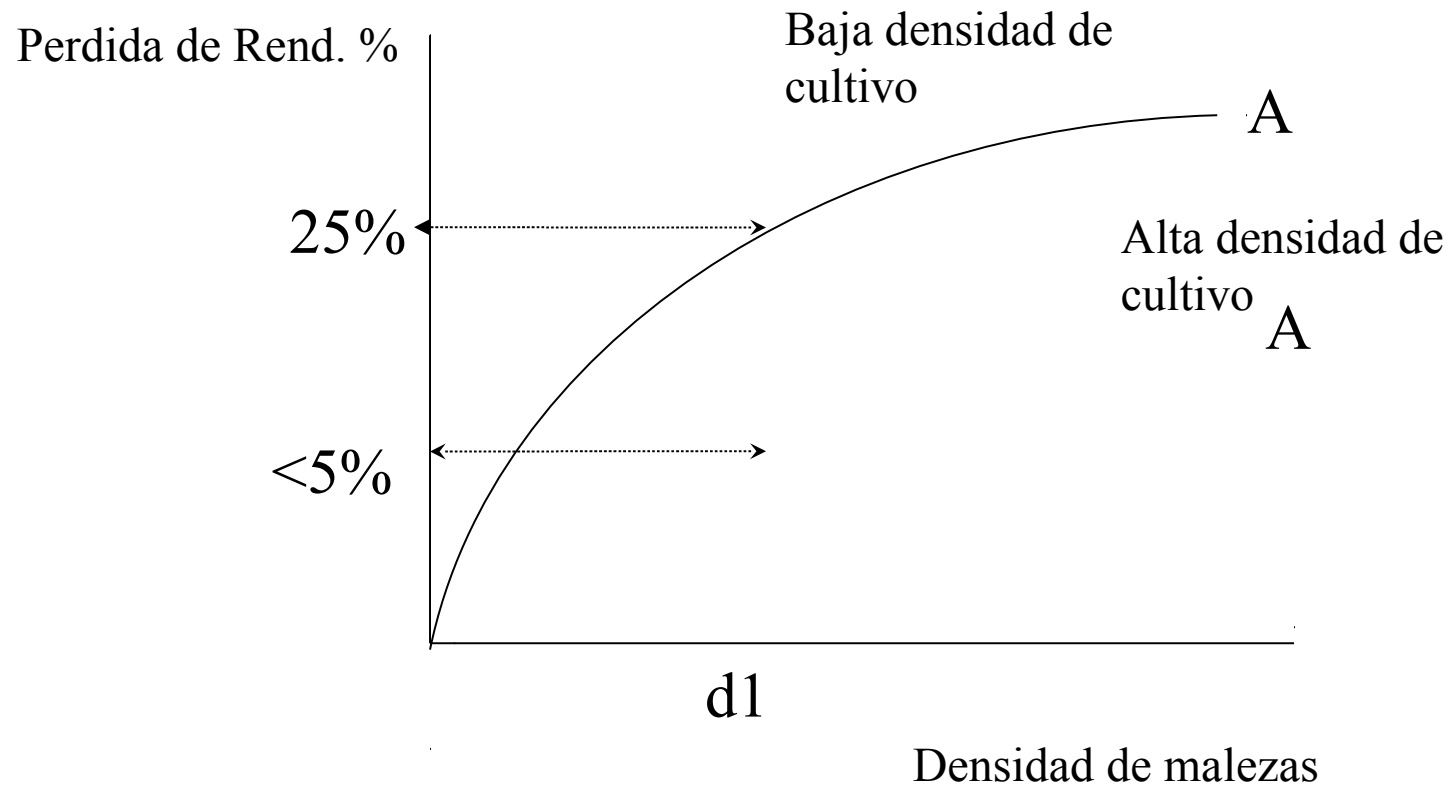
^c 2,4-D, dicamba, and pyriithiobac were applied with 0.25% v/v nonionic surfactant.

^d Averaged over biotypes because of nonsignificant higher-order interactions.



Manejo de malezas en cereales de invierno

Modelo de cuantificación de pérdidas por malezas



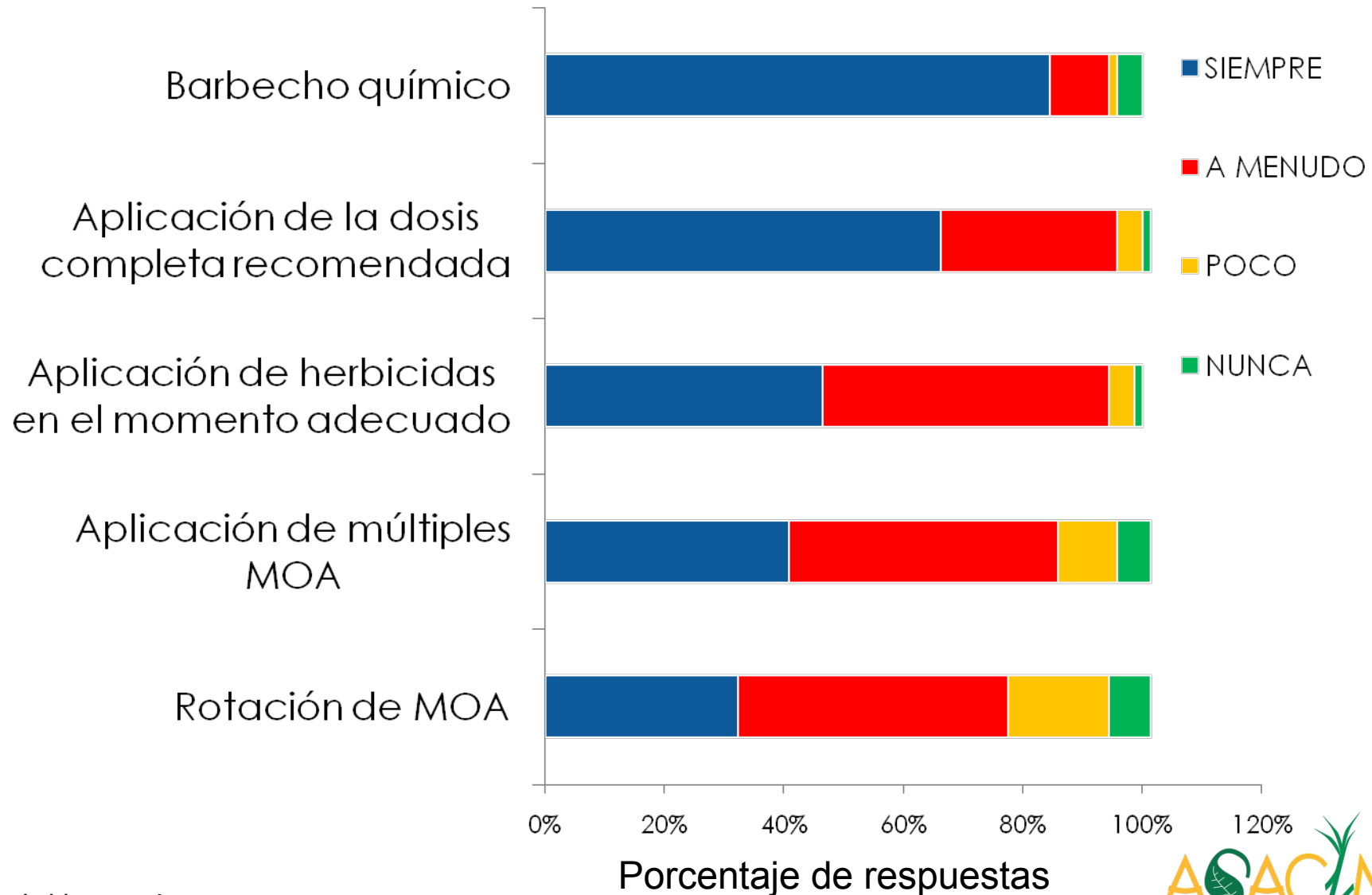


Facultad de Agronomía
Universidad de Buenos Aires



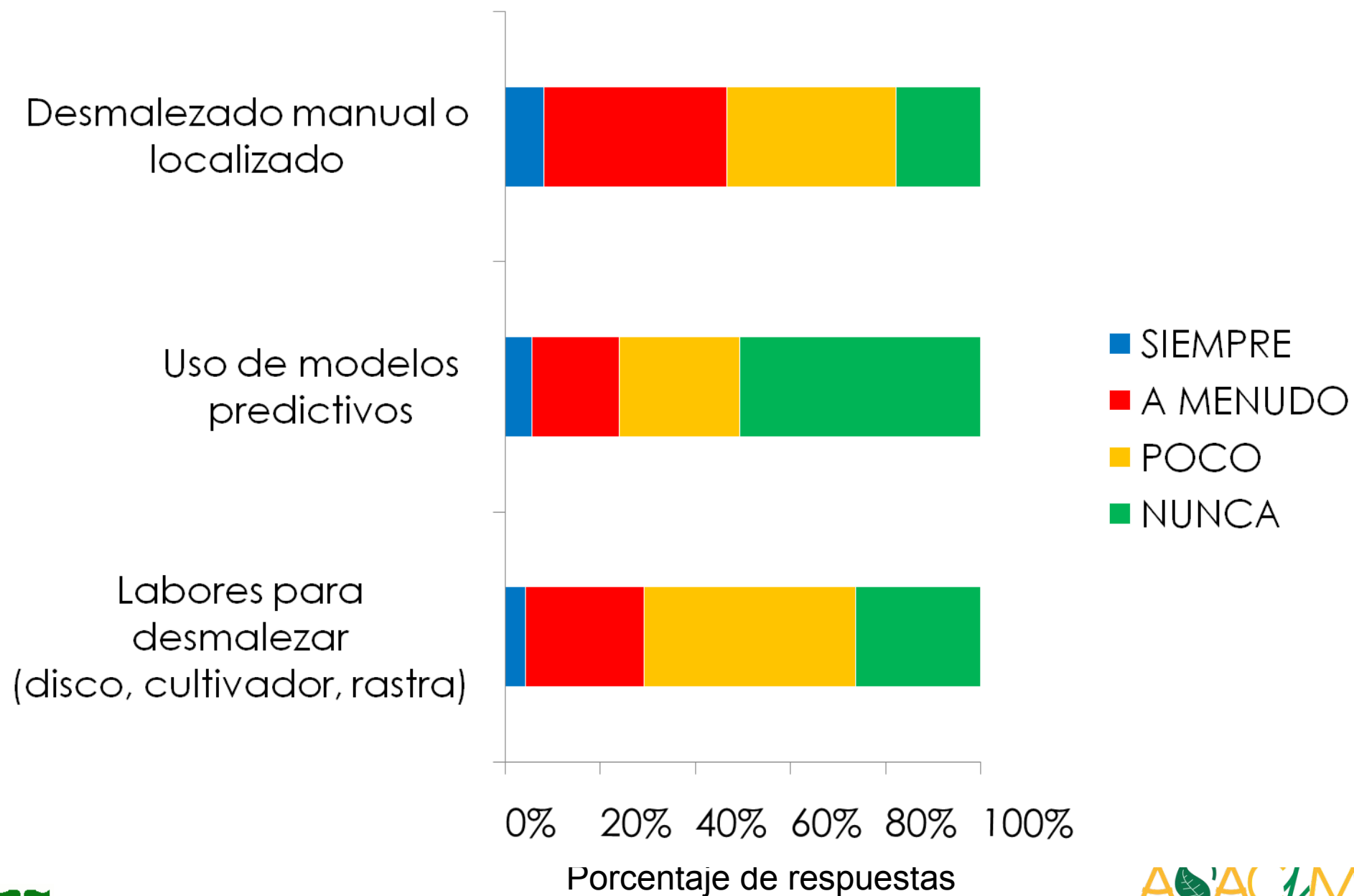


Estrategias químicas



Estrategias no químicas

Estrategias no químicas



Porcentaje de respuestas



Facultad de Agronomía
Universidad de Buenos Aires





Facultad de Agronomía
Universidad de Buenos Aires



Abundancia (% e lotes) de Lolium sp. resistente a glifosato

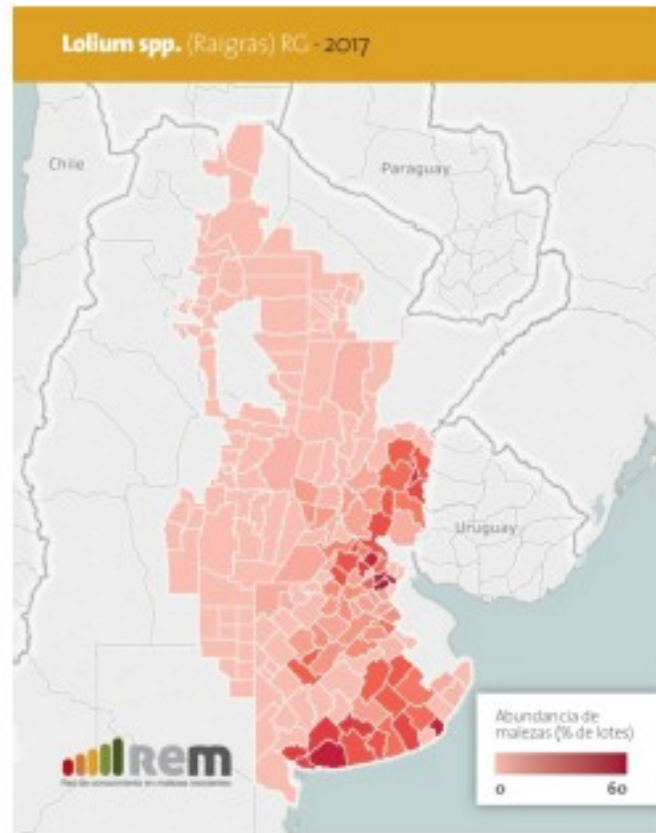


Fig. 8: Mapa de Lolium spp. resistente a glifosato (REM, 2017).

Cuadro 1. Porcentaje de poblaciones de Lolium spp con diferente nivel de resistencia a herbicidas inhibidores de las enzima acetolactatosintasa (ALS), Acetil Coenzima A Carboxilasa (ACCasa) y a 5-enolpyruvylshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS). Poblaciones recolectadas al azar en lotes comerciales en diciembre de 2013.

Sobrevivencia (%)	Resistencia	ALS	ACCasa	EPSPS
0	Nula	29,9	16,3	77,3
1-5	muy baja	20,7	20,9	2,3
5-10	Baja	6,9	20,9	0
10-50	Alta	20,7	23,3	6,8
≥50	Muy alta	21,8	18,6	13,6

Abundancia (% e lotes) de Avena fatua resistente a glifosato

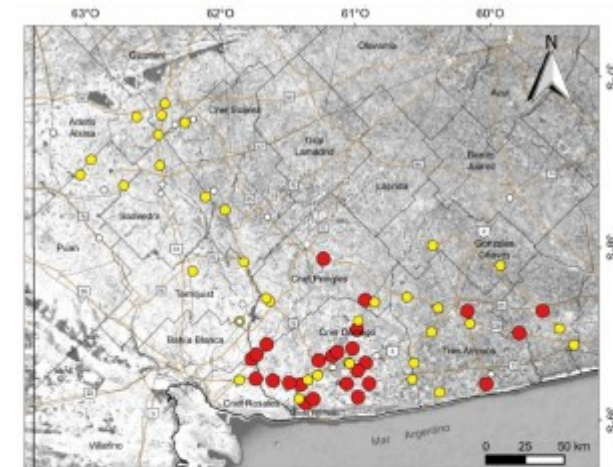
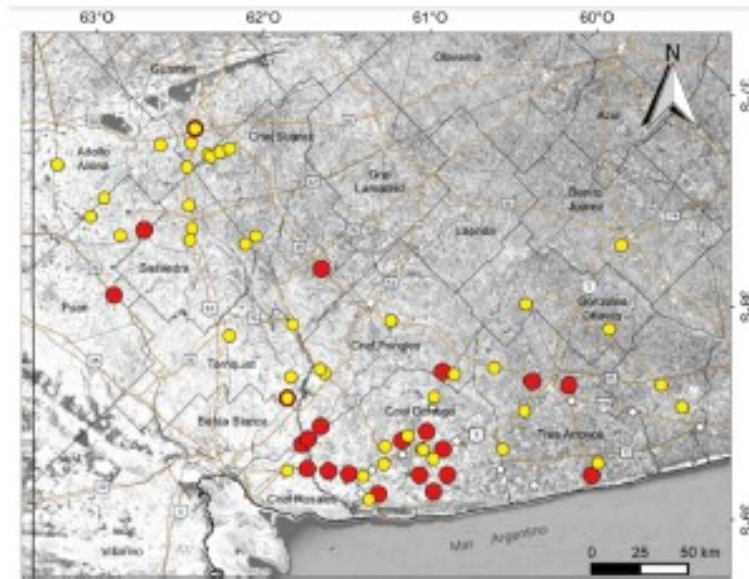
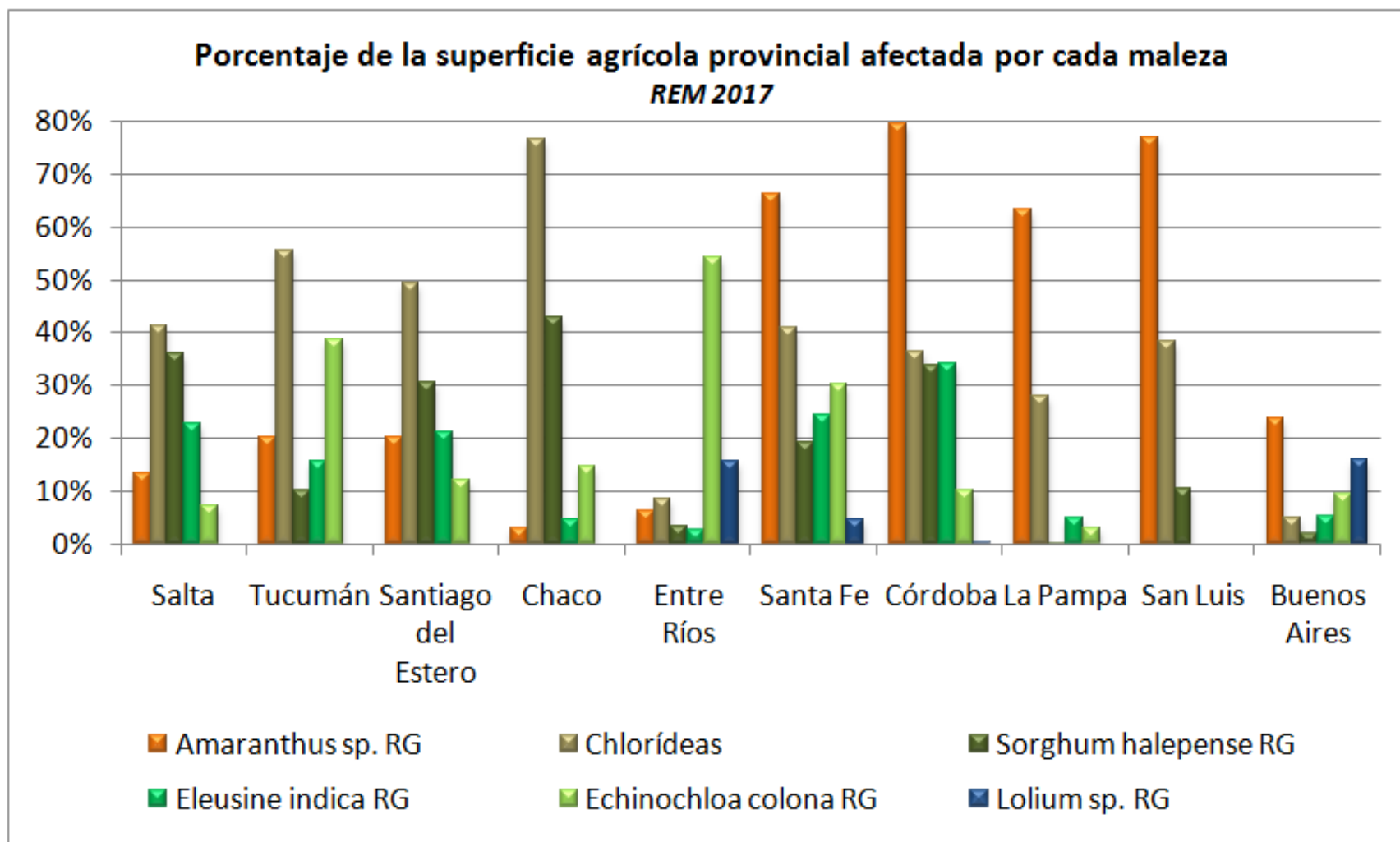


Fig. 11: Distribución de poblaciones de *Lolium* spp. resistentes a ALS. Ver cuadro de Referencias.

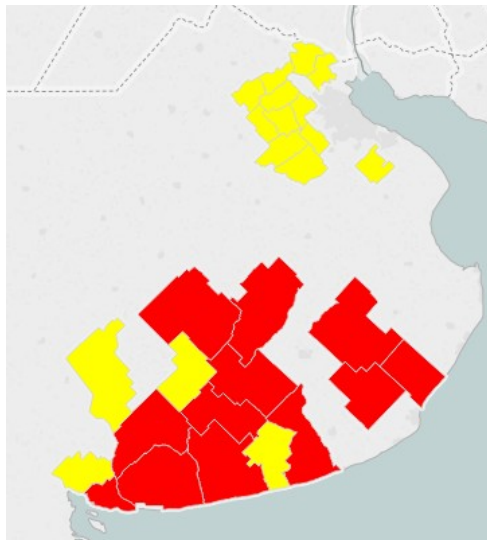
Cuadro de Referencias
de los Mapas

Sobrevivencia (%)	Nivel de Resistencia
0	Nulo
1 a 19	En Desarrollo
Mayor a 20	Resistente

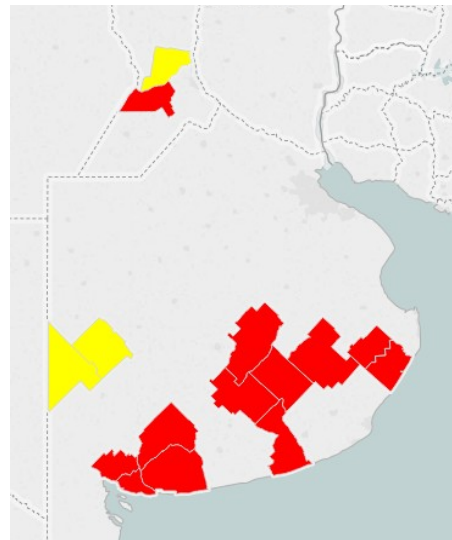


Fuente REM

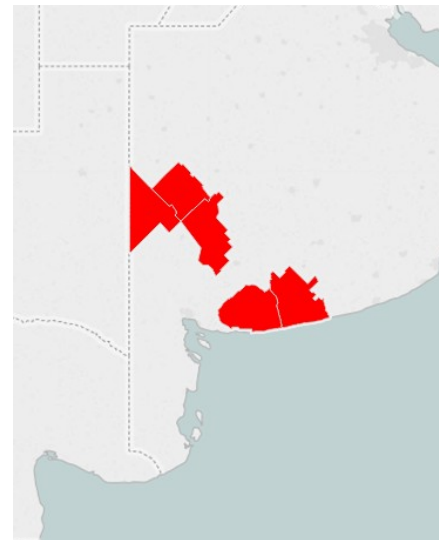
Especies Resistentes Sur de Buenos Aires



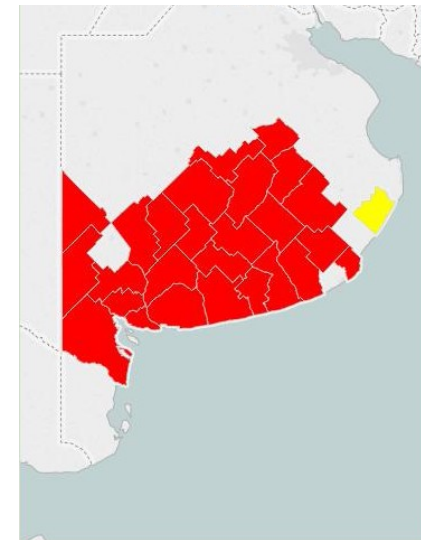
Avena fatua



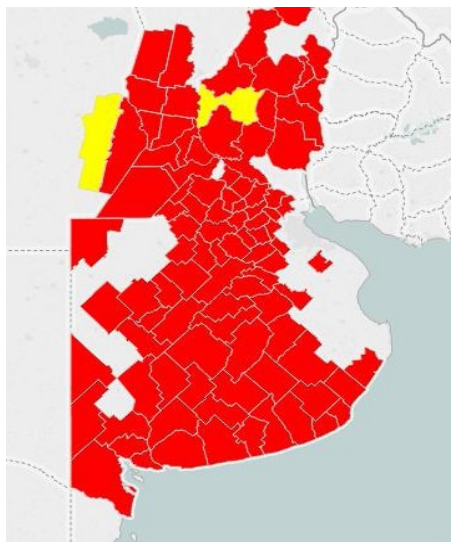
Brassica rapa (G-ALS)



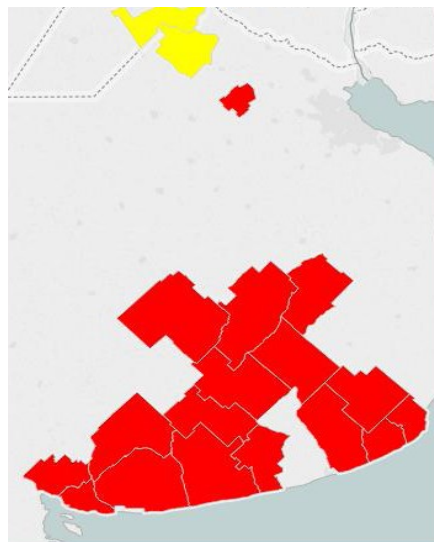
Hirschfeldia incana ALS



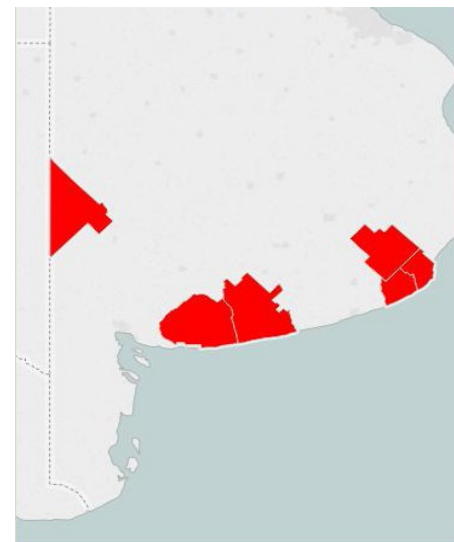
Raphanus sativus ALS



Lolium sp. (G)



Lolium sp. (ACCasa)



Lolium sp. (ALS)

REM
Año 2015

Rotar /Mezclar los sitios de acción de los herbicidas

Table 2. *Thlaspi arvense* L. (field pennycress or stinkweed) response, averaged over 4 years (seed bank after 4 years) of an experiment at three sites in western Canada for 0 and 25% ALS inhibitor (ethametsulfuron) rotation frequency treatments and mixture treatment (ALS inhibitor plus bromoxynil/MCPA) (adapted from Beckie and Reboud³³)

Treatment	Seedling density (% control)	Biomass at maturity (g m ⁻²)	Seed production (seeds m ⁻²)	Resistant seed ^a (%)	Resistant seed bank ^a (%)
0% ALS inhibitor frequency	96	0.3	155	2	4
25% ALS inhibitor frequency	92	11.0	1210	59	29
Mixture	97	0.6	178	3	8
Contrast: ^b 0% ALS inhibitor versus mixture	NS	NS	NS	NS	NS
Contrast: 25% ALS inhibitor versus mixture	*	*	*	*	*

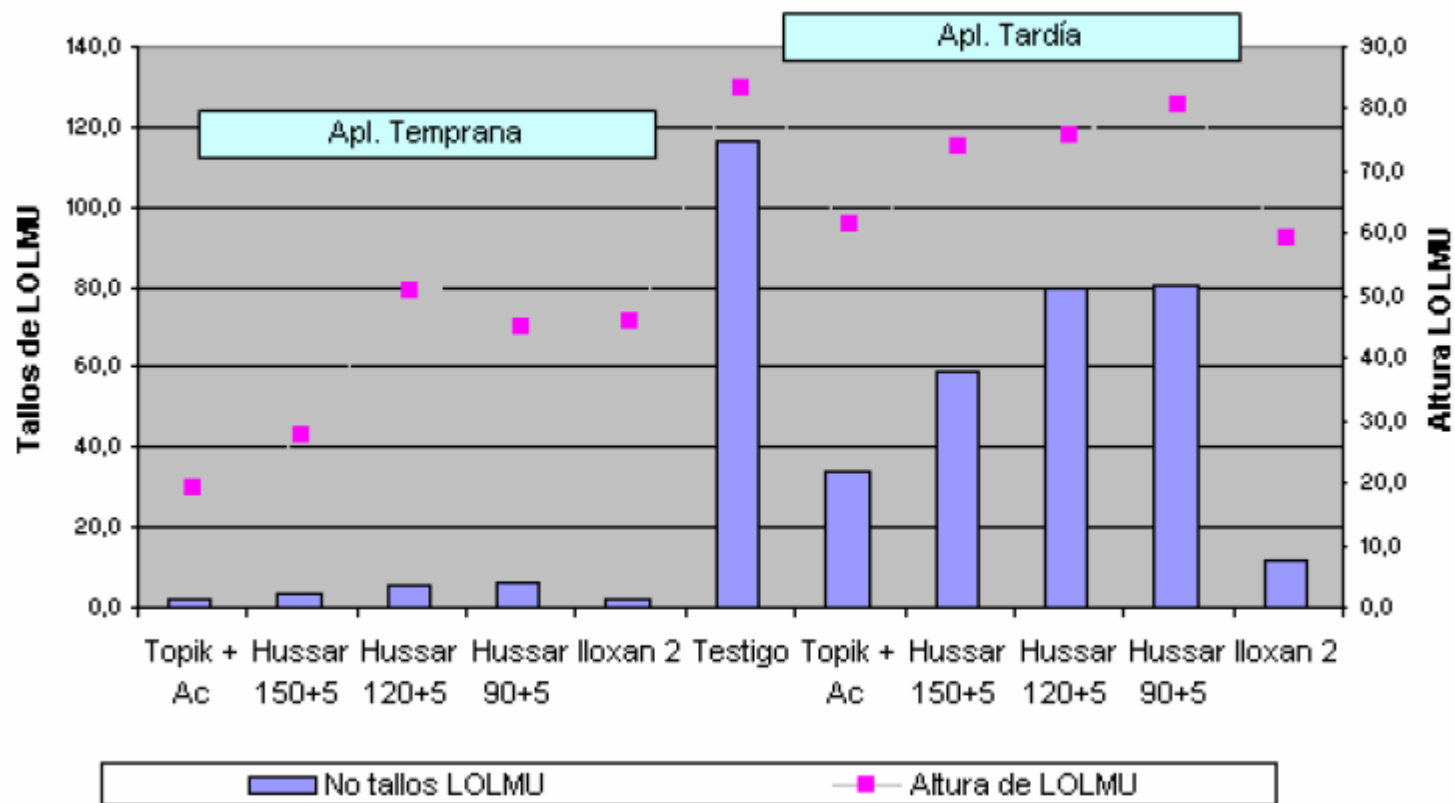
^a The percentage of seeds resistant to ethametsulfuron in the non-treated control was 5%, both when averaged over 4 years (annual seed production) and in the seed bank at the end of the experiment – not significantly different ($P > 0.05$) from the 0% ALS inhibitor rotation frequency treatment or mixture treatment.

^b Significance: * $P \leq 0.05$; NS, non-significant.

Table 4 Weed species that have evolved enhanced rates of cytochrome P450-mediated metabolism

Species	Herbicide	Herbicide group
<i>Amaranthus hybridus</i>	Chlorimuron	AHAS inhibitors
<i>Bromus tectorum</i>	Propoxycarbazone	AHAS inhibitors
<i>Alopecurus myosuroides</i>	Chlorotoluron Chlorsulfuron Flupyralsulfuron Clodinafop Diclofop-methyl Propaquizafop Haloxifop Fenoxaprop- <i>p</i>	PSII inhibitors AHAS inhibitors ACCase inhibitors
<i>Lolium rigidum</i>	Chlorotoluron Atrazine Diuron Metribuzin Simazine Chlorsulfuron Diclofop-methyl Tralkoxydim Pendimethalin	PSII inhibitors AHAS inhibitors ACCase inhibitors Dinitroaniline
<i>Lolium multiflorum</i>	Diclofop-methyl	ACCase inhibitors
<i>Avena sterilis</i>	Diclofop-methyl	ACCase inhibitors
<i>Phalaris minor</i>	Isoproturon	PSII inhibitors
<i>Echinochloa phyllopogon</i>	Bispyribac-sodium Fenoxaprop- <i>p</i> -ethyl Thiobencarb	AHAS inhibitors ACCase inhibitors Thiocarbamates
<i>Stellaria media</i>	Mecoprop	Synthetic auxins
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Fluazifop- <i>P</i> -butyl Imazethapyr	ACCase inhibitors AHAS inhibitors
<i>Sinapis arvensis</i>	Ethametsulfuron-methyl	AHAS inhibitors

Control de Lolium multiflorum. Comparación de dos épocas de aplicación



EEA INTA Bordenave, Vigna, Lopez, Gigón