



# Flujo de genes, frecuencia inicial de alelos resistentes y evolución de la resistencia



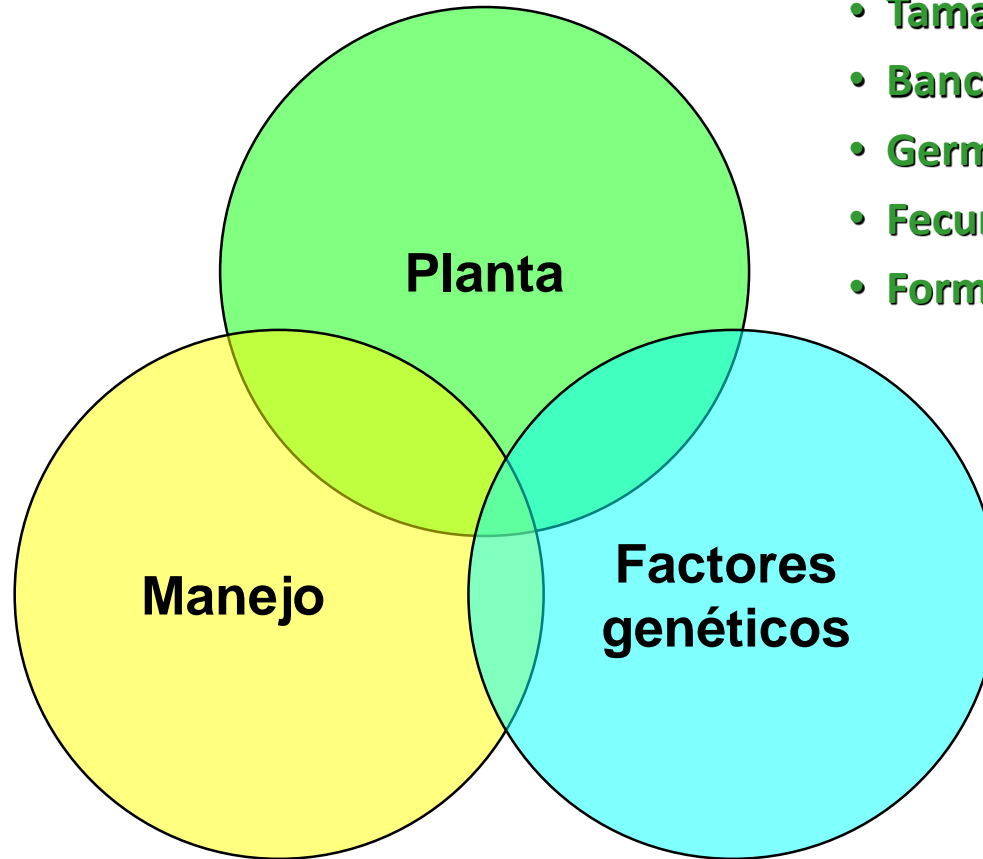
Departamento de Protección Vegetal – Malherbología

CPRH 2021



## ¿Cuánto tiempo tarda en desarrollarse una resistencia?

- **Modo de acción**
- **Persistencia**
- **Dosis**
- **Número de aplicaciones**
- **Eficacia**
  
- **Rotación cultivos**
- **Rotación de modos acción**
- **Otros tipos de control**



- **Tamaño de las poblaciones**
- **Banco de semillas**
- **Germinación**
- **Fecundidad**
- **Forma de reproducción**

- **Frecuencia inicial de alelos resistentes**
- **Numero de gene implicados**
- **Modo de herencia de la resistencia**
- **Contribución a la herencia (Fitness)**

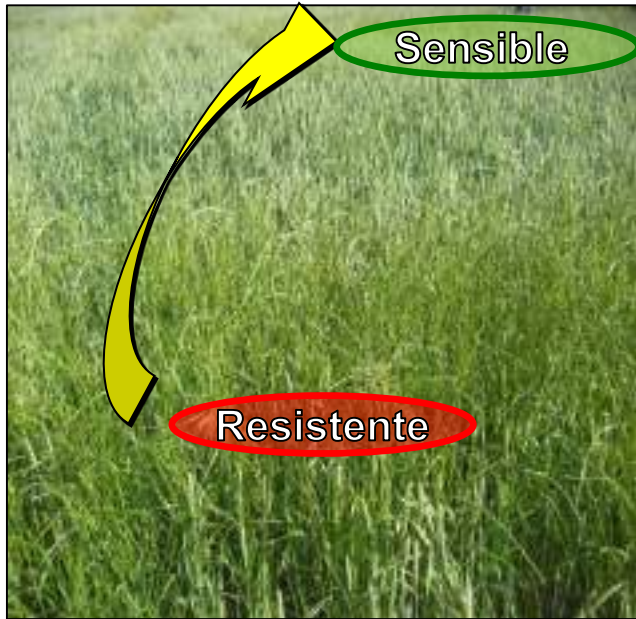


## Frecuencia inicial de alelos resistentes

- Poblaciones no seleccionadas: Frecuencia inicial de individuos resistentes - Tasa de mutación ( $\mu$ )
- $10^{-6}$ , en base a estudios realizados en *Arabidopsis thaliana* (1 en 1.000.000 plantas) (Jasieniuk et al. 1996)  
Entre  $10^{-5}$  a  $10^{-12}$  (1 en 100.000-1.000.000.000.000 plantas) (Maxwell y Mortimer 1994)
- [Matthews and Powles \(1992\), Neve and Powles \(2005\)](#)  
Inhibidor de ACC-asa: Diclofop-methyl 0.2%-0.4% ( $\times 10^{-3}$ , 2 - 4 en 1.000) in a number of previously untreated *L. rigidum* populations from non-farm situations.

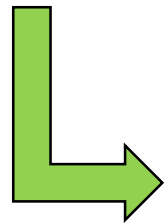
### [Preston and Powles \(2002\)](#)

Inhibidores de ALS:	Sulfometuron-metil :	$1,2 \times 10^{-4}$ - $2,2 \times 10^{-5}$	<i>L. rigidum</i>
	Imazapyr:	$5,8 \times 10^{-5}$ - $1,0 \times 10^{-5}$	



## Flujo de genes y resistencia

- El movimiento de genes: dispersión de polen, semillas y/o propágulos
- Introducción de alelos de resistencia en poblaciones previamente susceptibles
- Tasa en general mayor que las frecuencias de mutación



Reducción en el tiempo de aparición y /o evolución de la resistencia a herbicidas

## Flujo de genes y resistencia

- La contribución del flujo de genes a la dispersión de resistencias a herbicidas es un fenómeno al que se le ha prestado escasa atención y por tanto su importancia podría estar subestimada



# Introducción

## Flujo de genes y resistencia

### ■ Dispersión de semillas

Autógamas (autopolinización)

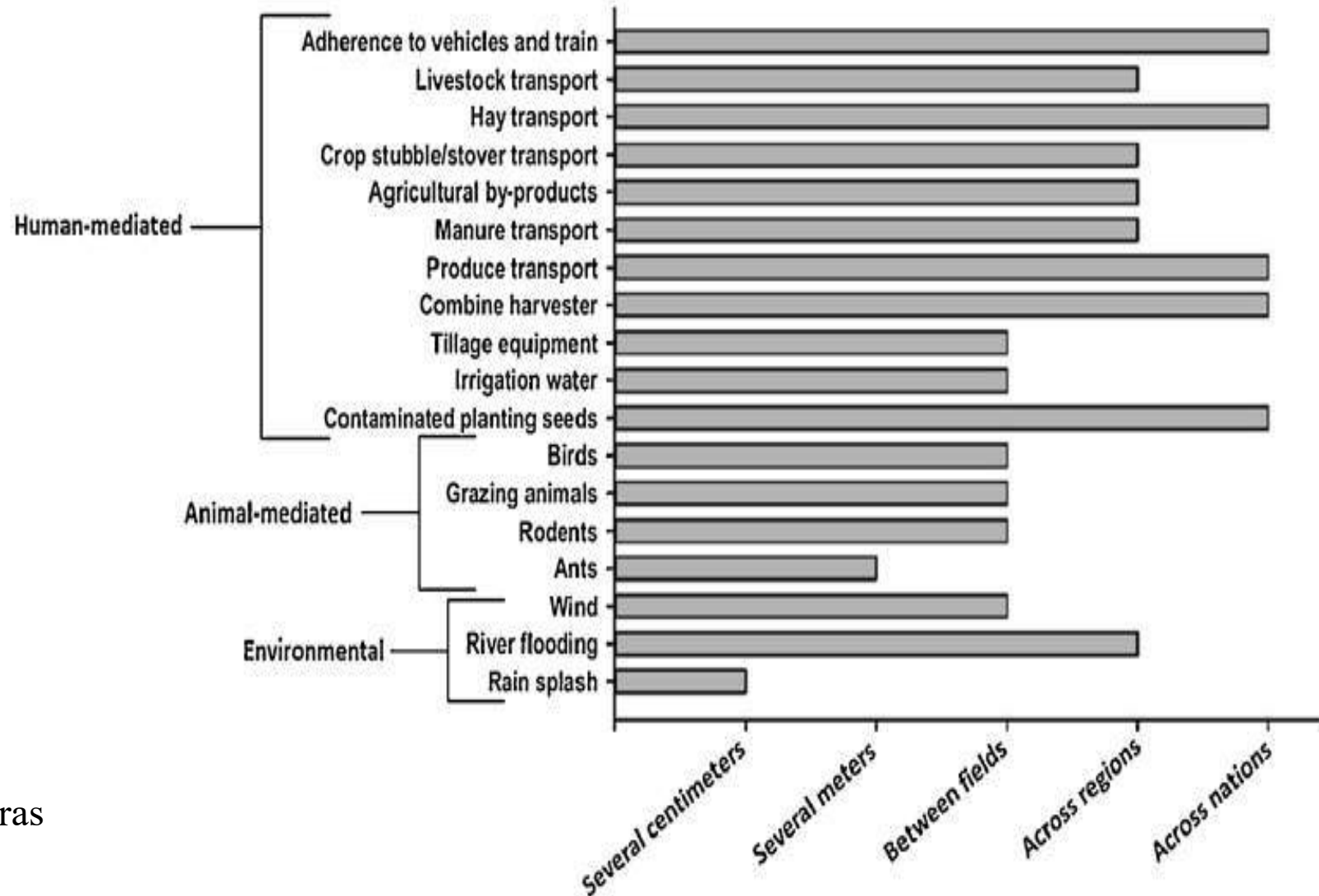
Alógamas (polinización cruzada)

Dispersión media distancia:

- Viento: Ej. Asteráceas.
- Animales
- Humano: Equipos: Tractor

Dispersión larga distancia:

- Humano: Equipos: Cosechadoras  
Transporte



## Flujo de genes y resistencia

### ■ Dispersión de semillas

Autógamas (autopolinización)

Alógamas (polinización cruzada)

Dispersión media distancia:

- Viento: Ej. Asteráceas.
- Animales
- Humano: Equipos: Tractores

Dispersión larga distancia:

- Humano: Equipos: Cosechadora  
Transporte

Table 1 Information about the wheat classes and detected *Lolium* spp. seeds imported to Japan per year

Wheat class	HRW	WW	DNS	1CW	ASW
Exporting country	USA	USA	USA	Canada	Australia
<u>Number of detected <i>Lolium</i> seeds per 20 kg wheat</u>					
Sample 1	66	137	120	18	4673
Sample 2	0	31	42	21	2931
Sample 3	27	63	159	77	4312
Average	31	77	107	38.7	3972
Resistant <i>Lolium</i> individuals (%)	61.1	28.6	84.6	66.7	71.9
Average number of resistant <i>Lolium</i> individuals per 1 kg wheat	0.95	1.10	4.53	1.29	142.79
The average number of resistant individuals introduced into Japan per year ( $\times 1\ 000\ 000$ )	755.4	820.3	6244.5	980.9	118613.7

HRW, Hard Red Winter wheat; WW, Western White wheat; DNS, Dark Northern Spring wheat; 1CW, No.1 Canada Western Red Spring wheat; ASW, Australian Standard White wheat.

\*Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries [http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/syokuryo/140326/pdf/sankou\\_siryo1.pdf](http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/syokuryo/140326/pdf/sankou_siryo1.pdf).



# Introducción

## Flujo de genes y resistencia

### Dispersión de polen

Vectores de dispersión:  
- Viento, insectos

Alógamas (polinización cruzada)



Table 1

Examples of empirical studies on wind-vectored pollen flow of herbicide resistance (HR) alleles in weed populations

Weed	HR marker	Outcrossing (%)	Distance (m)	Reference
<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson*	Glyphosate	55 20	A 300	Sosnoskie et al. (2012)
<i>Amaranthus tuberculatus</i> L.*	Glyphosate	0.46 0.07	A 50	Sarangi et al. (2017)
<i>Ambrosia trifida</i> L.	Glyphosate	0.5 0.04	A 50	Ganie and Jhala (2017)
<i>Avena fatua</i> L.	ACCase inhibitor	5.2 0.09	A 0.6	Murray et al. (2002)
<i>Bassia scoparia</i> L. Schrad.*	ALS inhibitor	13.1 1.4 6.4 0.25	A 29.0 A 96	Stallings et al. (1995b) Beckie et al. (2016)
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	Auxin	12.5 0.01	A 50	Bagavathiannan and Norsworthy (2014)
<i>Helianthus annuus</i> L.	ALS inhibitor	20 0.7	5.5 30	Marshall et al. (2001)
<i>Hordeum leporinum</i> Link.	Paraquat	0.06-0.15	0.12	Hidayat et al. (2006)
<i>Lolium perenne</i> ssp. <i>multiflorum</i> *	ACCase inhibitor	1.0	6.8	Maxwell (1992)
<i>Lolium rigidum</i> Gaud.*	ACCase inhibitor	-	10	Hawthorn-Jackson et al. (2003)
	ALS inhibitor	-	3,000	Busi et al. (2008)
		7.1 2.5	A 25	Loureiro et al. (2016)
<i>Setaria faberi</i> Herrm.	ACCase inhibitor	0.24-0.73	0.36	Volenberg and Stoltenberg (2002)



# Introducción



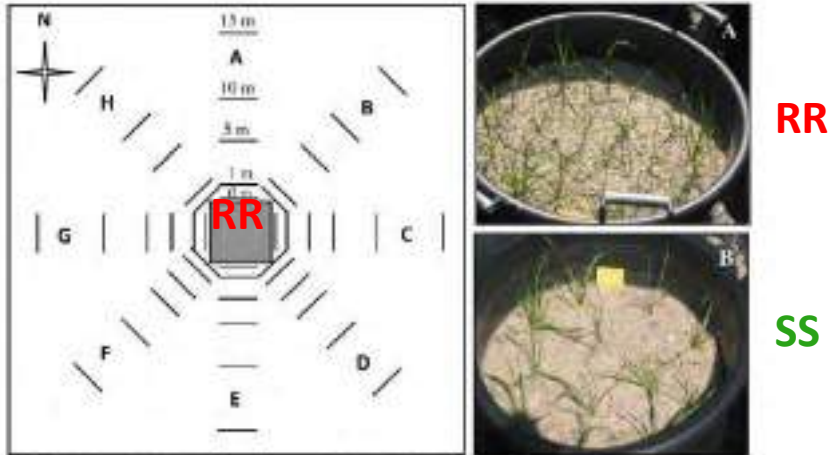
RESEARCH ARTICLE

## Pollen-Mediated Movement of Herbicide Resistance Genes in *Lolium rigidum*

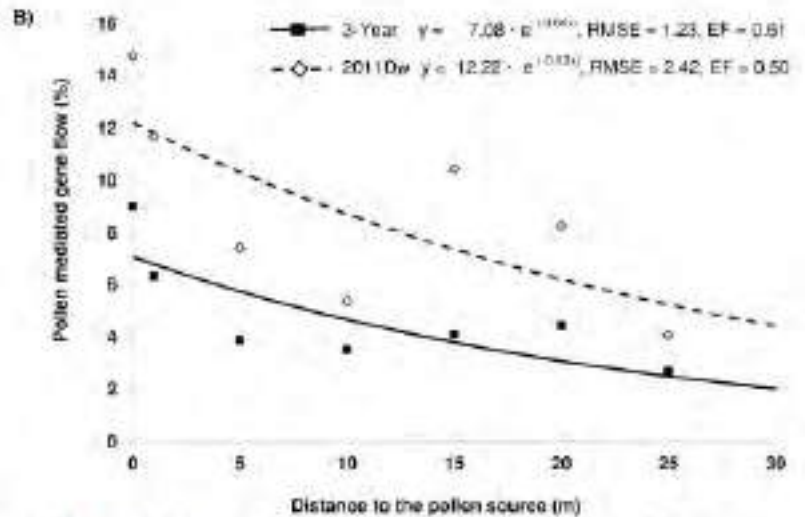
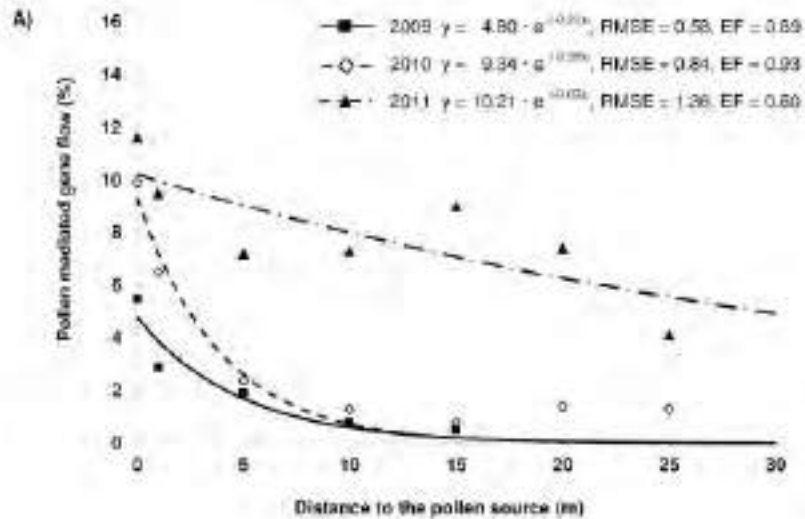
Iñigo Loureiro, María-Concepción Escorial, María-Cristina Chueca\*

Plant Protection Department, Weed Control Group, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria Alimentaria (INIA), Madrid, Spain

\* [chueca@inia.es](mailto:chueca@inia.es)



**Fig 1.** Experimental design of the pollen-mediated gene flow experiment. The control pollen donor source consisted of 3 x 3 m square of *L. rigidum* biotype resistant (R) to diclofop-methyl (26 containers with 25 resistant (regress) seedlings each). A), surrounded by pollen placed in eight directions and at five distances (3, 5, 10 and 15 m) containing plants of a susceptible (S) *L. rigidum* biotype (3 containers per sampling point, 12 susceptible seedlings each). B).



**Fig 2.** Estimated regression curves for the pollen-mediated gene flow in *L. rigidum* as a function of the distance. A) Regression curves for each growing season. B) Regression curves constructed with the pooled data for all growing seasons and for the worst case scenario, with data set obtained from the downwind direction (Dw) in 2011 in which the pollen-mediated gene flow was the highest.

doi:10.1371/journal.pone.0157002.g002

Entre años

5- 11,6 % a 0 m  
1,5 - 6 % a 20 m

3 años

Distancia	Media	A favor de viento
0 m	7,1%	12,2%
25 m	2,5%	5,2%

Busi et al. (2008)

12,9% a 0 m  
0,96% a 100 m  
0,29% a 200 m

# Material y métodos

Busi et al. (2008)

PMGF 1 % a 100 m



1 individuo resistente  
en 100 semillas a 100 m

$10^{-2} \gggg 10^{-6}$



Loureiro et al. (2016)

Modelo general

49 m

A favor de viento

83 m

# Material y métodos

## Evolución de los alelos resistentes



2009-10





# Material y métodos



2010-11



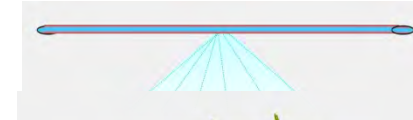
Screening herbicida



4 semanas



Conteo supervivientes



4 semanas

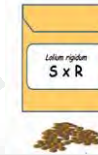


Clorsulfuron (15 g m.a. ha<sup>-1</sup>)  
POST



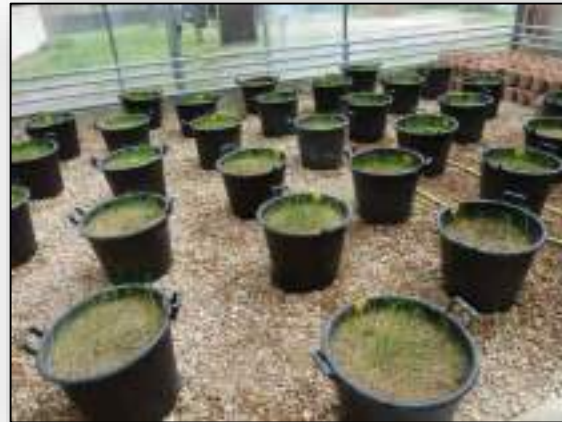
Conteo supervivientes (SR)

Bandejas 25 L  
Tierra: mantillo:arena (1:1:1)  
600 semillas  
(3 repeticiones\*200 semillas)  
Clorsulfuron (15 g m.a. ha<sup>-1</sup>) PRE



2011-12

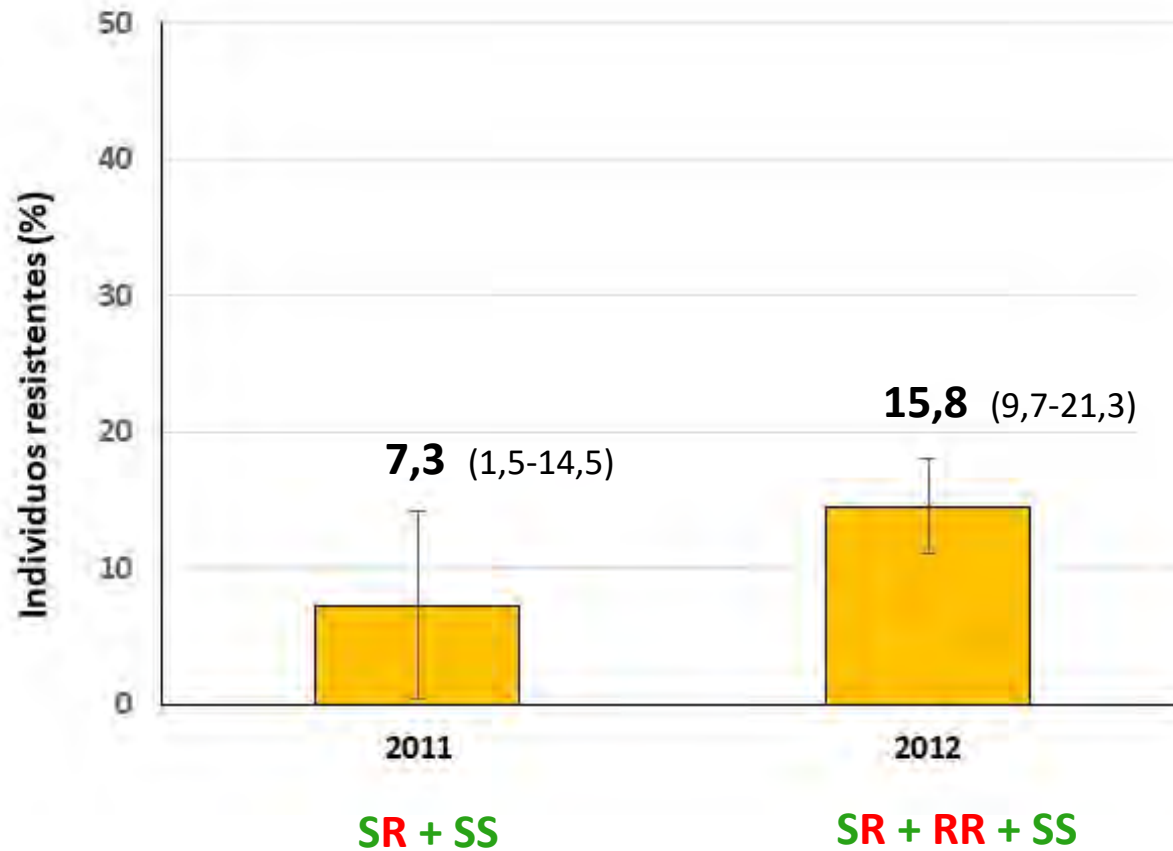
100 plantas\*macetón  
(2 Repeticiones)



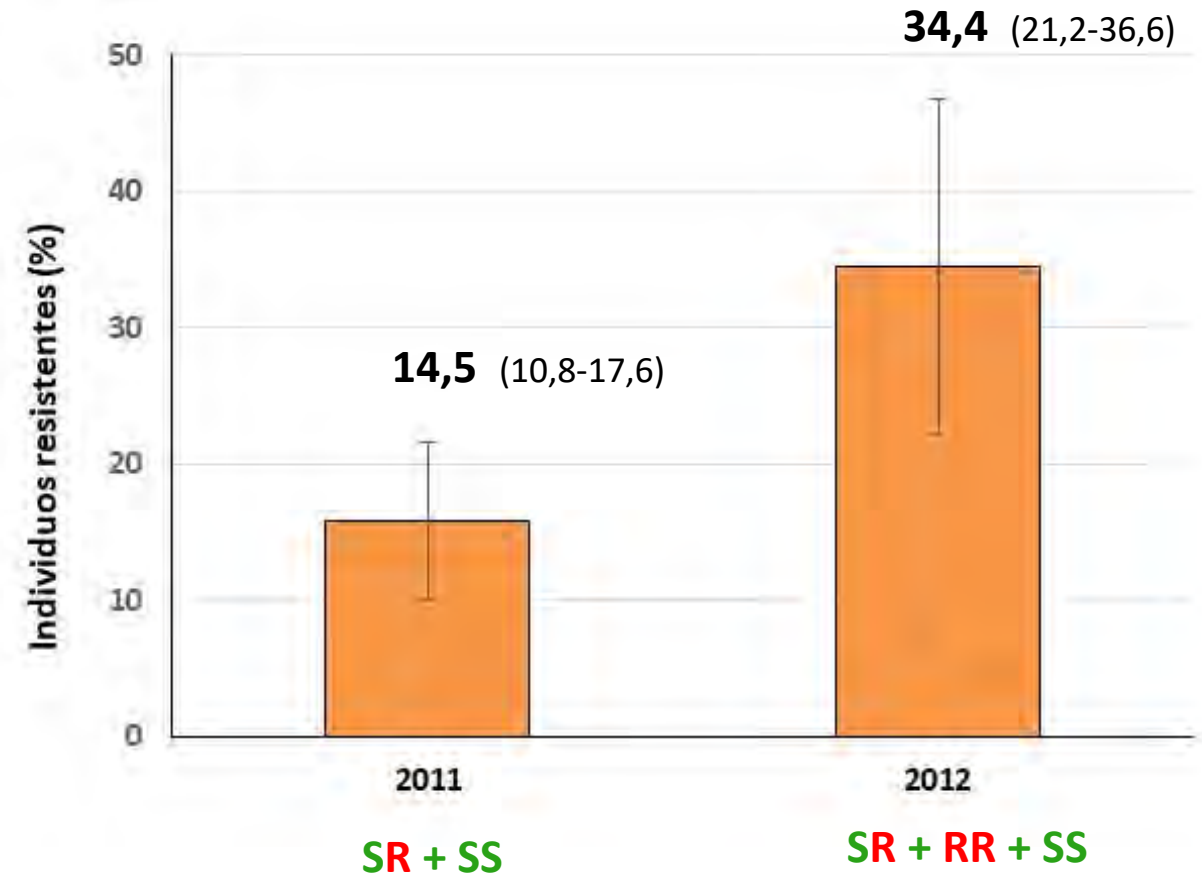
# Resultados

## Individuos resistentes (%)

SR en SS



RR en SS



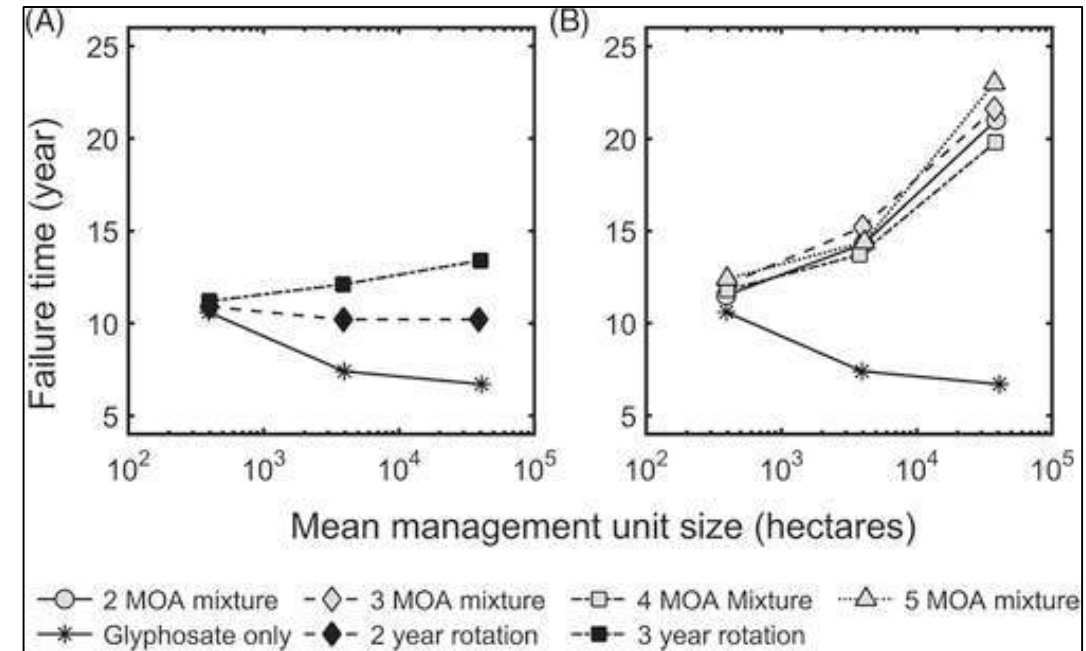
# Discusión

- El flujo de genes entre poblaciones puede contribuir a la rápida proliferación de la resistencia a herbicidas en una región
- Preocupa en especial el hecho de que favorece el desarrollo de resistencias múltiples
- Importancia de realizar un manejo cooperativo de la resistencia, más allá de la escala espacial de parcela



Agregar estrategias de manejo a mayores escalas espaciales (granja= 400 ha), cooperativa (4.000 ha), unión de cooperativas = 40.000 ha) afecta a la evolución de la resistencia

(*Amaranthus tuberculatus* y glifosato)







Gracias



Iñigo Loureiro

Departamento de Protección Vegetal - Malherbología

