

Arquitectura genética de la resistencia a glifosato en *Amaranthus palmeri*: evidencia de mecanismos no target mediante genética cuantitativa

Perotti, V.E.; Pratta, G.; Yanniccari, M.; Camacho, D.; Menendez, J.; Permingeat, H.R.



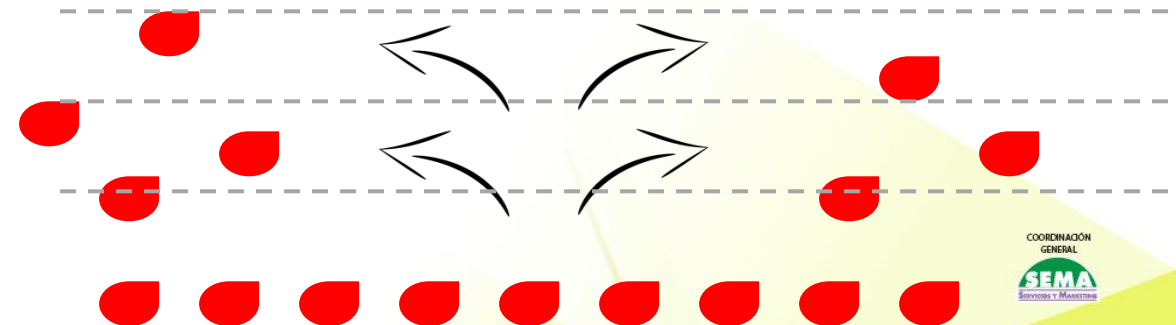
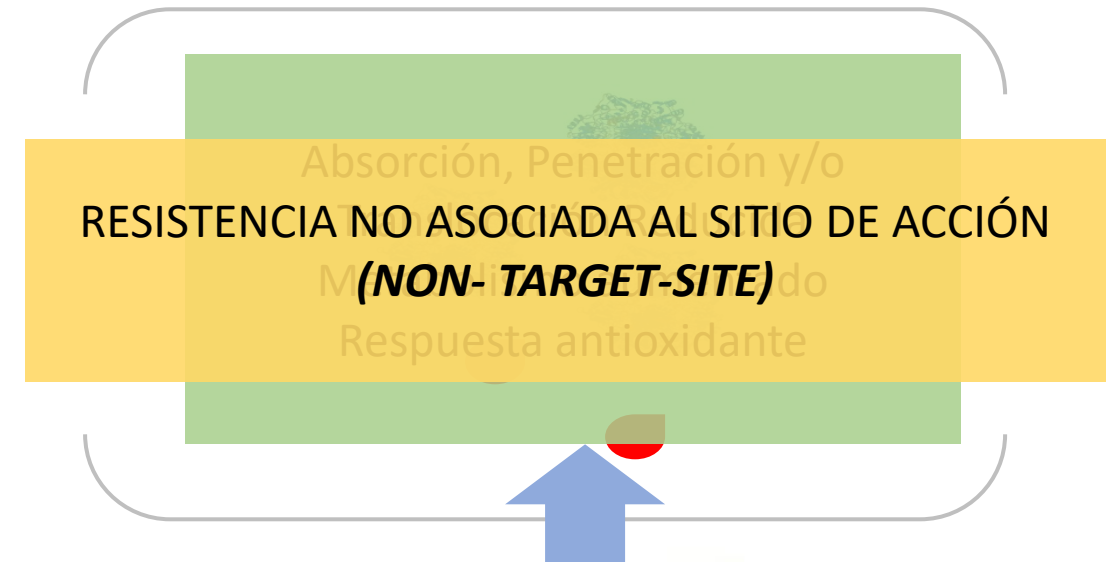
Arquitectura genética de la resistencia a glifosato en *Amaranthus palmeri*: evidencia de mecanismos no target mediante genética cuantitativa



MONOGÉNICOS



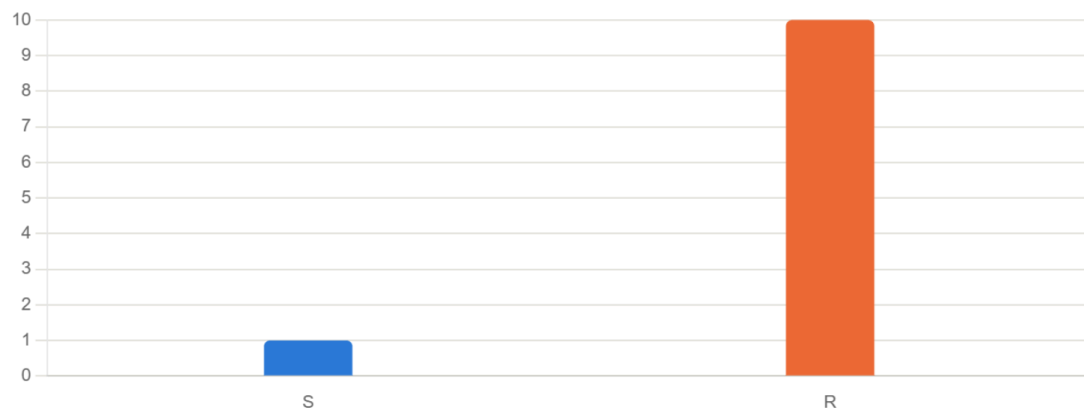
OLIGOGÉNICOS O POLIGÉNICOS



Arquitectura genética de la resistencia a glifosato en *Amaranthus palmeri*: evidencia de mecanismos no target mediante genética cuantitativa

RESISTENCIA TARGET

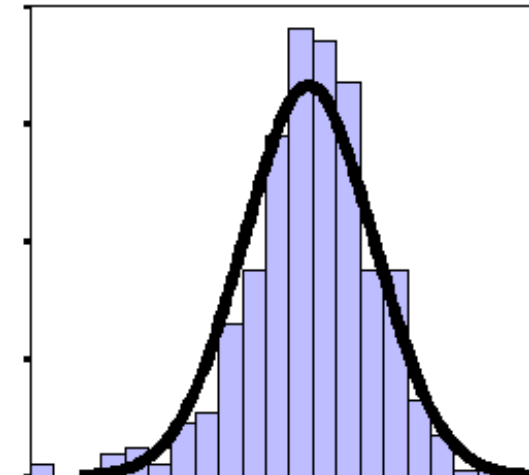
CARACTER CUALITATIVO



GENÉTICA MENDELIANA

RESISTENCIA NO TARGET

CARACTER CUANTITATIVO



GENÉTICA CUANTITATIVA

Objeto de estudio: Población de *A. palmeri* de Totoras

Resistencia múltiple a inhibidores de ALS y glifosato



V Congreso Argentino de Malezas • ASACIM

MALEZAS 2026

Ciencia, producción y sociedad: hacia un manejo sustentable

El MECANISMO DE RESISTENCIA *TARGET* está asociado a una MUTACIÓN PUNTUAL en el gen *EPSPS* (P106S) que reduce la sensibilidad de la enzima por el glifosato.

SUPERVIVENCIA DE PLANTAS de la población resistente SIN MECANISMOS *TARGET*

Planteo de la CO-EXISTENCIA de mecanismos RT Y RNT



Larran et al., 2017; Larran et al., 2021

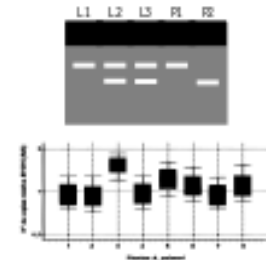
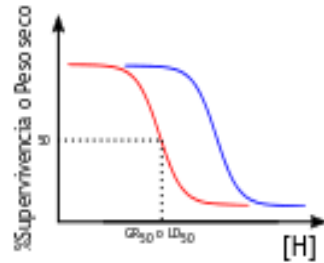
Hipótesis

- La población de *Amaranthus palmeri* S. Wats recolectada a campo en la zona de Totoras (Santa Fe), con resistencia a glifosato presenta **varianza genética** para dicho carácter y dicha varianza se **desglosa en dos componentes**:

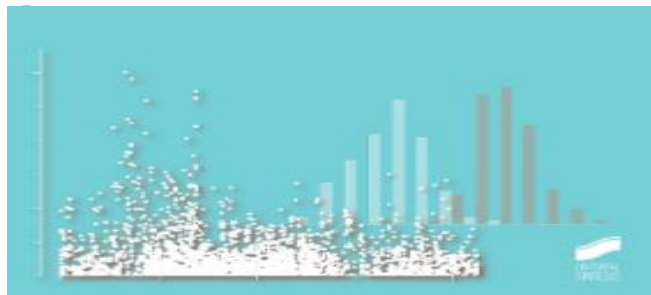
un componente que se debe a los **genes mayores (mecanismo de RT)** y un componente de **genes menores (mecanismo de RNT)**.



Obtención del material de estudio y evaluación fenotípica



Genotipado dirigido mediante dCAPS



Estimación de frecuencias y aplicación de métodos bioestadísticos

Metodología de trabajo



90 ♂



58 ♀

X

58 Familias HS (G_0)



Se obtienen 9 individuos de cada una de las 25 familias HS seleccionadas (G_1)



Evaluación fenotípica
(de la respuesta a $\frac{1}{2}$ X Glifosato)



Evaluación genotípica
(de los alelos EPSPS)

Metodología de trabajo

Evaluación fenotípica (de la respuesta a ½ X Glifosato)

Evaluación fenotípica luego de la aplicación de glifosato ½ X

4 Variables fenotípicas:

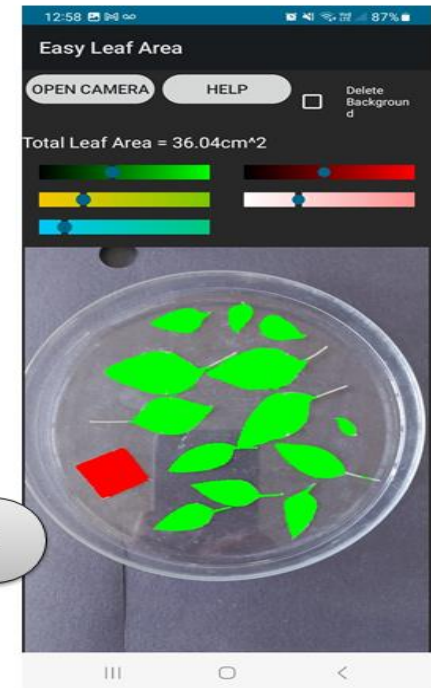
- ✓ Biomasa fresca
- ✓ Biomasa seca
- ✓ Área foliar (final)
- ✓ Delta de área



1



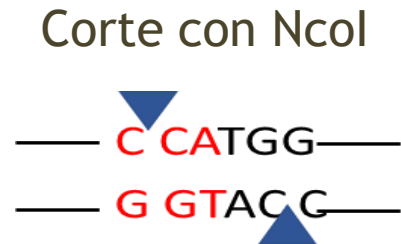
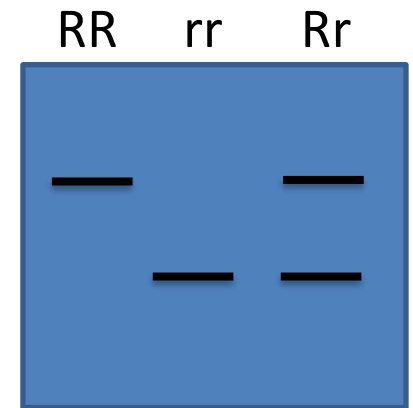
2



Evaluación genotípica: dCAPS

PASOS

- Extracción de los ADNg
- PCR
- Digestión con NcoI
- Chequeo por electroforesis en geles de poliacrilamida



¿Corta?

Si
Alelo r

No
Alelo R

Resultados y Discusión

Evaluación fenotípica y genotípica luego de la aplicación de glifosato

58 familias→
sólo 4 madres Rr

25 familias→
4 madres Rr y
21 madres RR

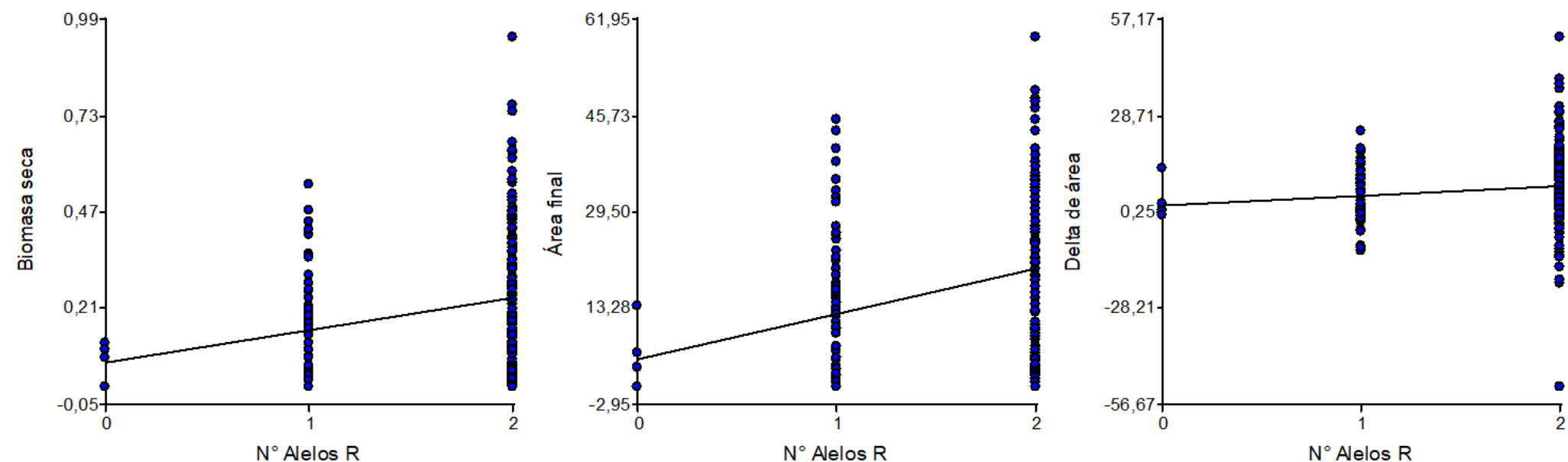
228 plantas→
151 RR
71 Rr
6 rr

90 % supervivencia

Familia	Planta	Área inicial	Área final	Delta de área	Biomasa fresca	Biomasa seca	Genotipo
38	1	10,00	0,00	-10,00	0,0000	0,0000	RR
	2	18,00	21,00	3,00	0,9895	0,1958	RR
	3	1,50	0,00	-1,50	0,0000	0,0000	RR
	4	24,15	24,00	-0,15	2,2050	0,4733	RR
	5	34,00	26,50	-7,50	1,7356	0,3883	RR
	6	2,23	5,00	2,78	0,3000	0,0600	Rr
	7	1,32	9,00	7,68	0,8000	0,1600	Rr
	8	1,54	2,20	0,66	0,6000	0,1200	Rr
	9	2,58	3,30	0,73	0,4000	0,0800	rr
30	1	3,04	5,77	2,73	0,5000	0,1000	rr
	2	10,50	0,00	-10,50	0,0000	0,0000	Rr
	3	0,80	0,00	-0,80	0,0000	0,0000	rr
	4	0,72	0,00	-0,72	0,0000	0,0000	rr
	5	5,50	0,00	-5,50	0,0000	0,0000	Rr
	6	2,50	0,00	-2,50	0,0000	0,0000	Rr
	7	2,00	0,00	-2,00	0,0000	0,0000	Rr
	8	1,50	0,00	-1,50	0,0000	0,0000	Rr
	9	0,68	0,00	-0,68	0,0000	0,0000	rr

Resultados y Discusión

Análisis gráfico de las variables fenotípicas en función del número de alelos R.



Análisis de regresión lineal

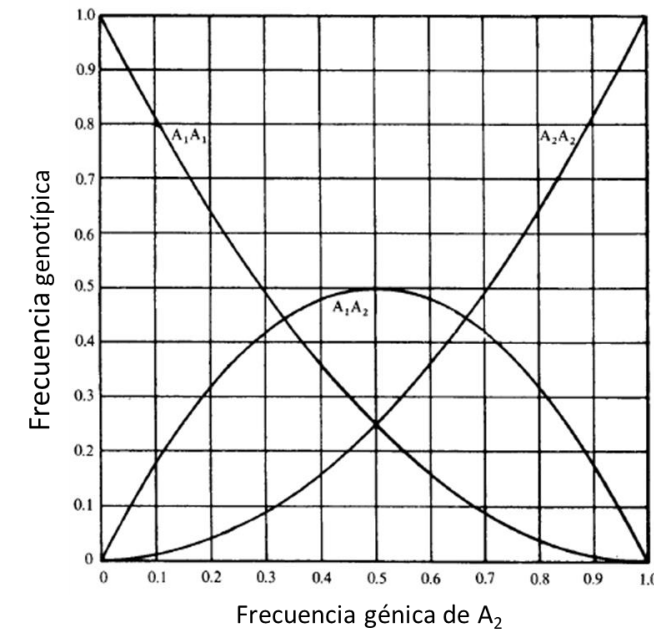
Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Delta de área	228	0,02	0,01	127,63	1753,33	1763,61

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	2,11	2,40	-2,61	6,83	0,88	0,3798		
num Alelo R	2,93	1,39	0,18	5,67	2,10	0,0368	4,41	1,00

Resultados y Discusión

Confirmación de que la población generada se encuentra en EHW



Análisis combinado para la variable Delta de área aplicando la metodología descripta en Kearsey y Pooni (1996)

Combinación de ANOVA y Regresión

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5562,15	24	231,76	2,01	0,0050
Regresión	554,77	1	554,77	2,55	< 0,050
Residual	5007,38	23	217,71	1,88	< 0,050
Familia	5562,15	24	231,76	2,01	0,0050
Error	23421,94	203	115,38		
Total	28984,09	227			

Resultados y Discusión

La covarianza entre familias de medio-hermanos es $\frac{1}{4}$ Varianza Aditiva (V_a)

Cálculo de heredabilidad en sentido estricto

$$h^2 = V_a/V_p = 4 t = 4 \text{ Ventre}/(\text{Ventre} + V_{\text{dentro}}) = 4 \times 12,76/(12,76 + 115,38) = \mathbf{0,40}$$

Considerando al Área inicial como covariable

$$h^2 = V_a/V_p = 4 t = 4 \times 14,55/(14,55 + 105,08) = \mathbf{0,49}$$

La heredabilidad en sentido estricto calculada significa que ambos mecanismos (RT y RNT) son significativos, con una tendencia hacia un mecanismo oligogénico

Cuál es el mecanismo no target que está presente en esta población?

Hipótesis 1

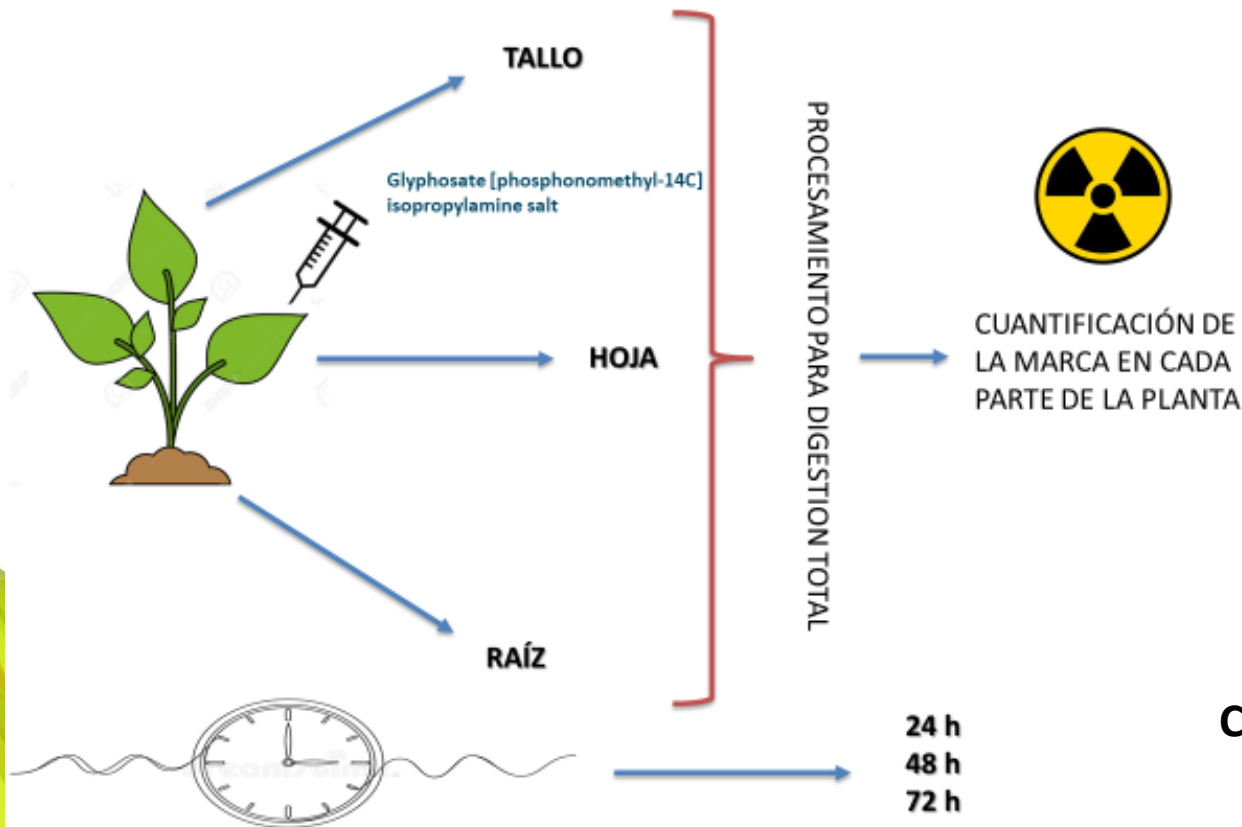


Translocación Reducida del herbicida?

Cuál es el mecanismo no target que está presente en esta población?

Combustión completa en el oxidador biológico

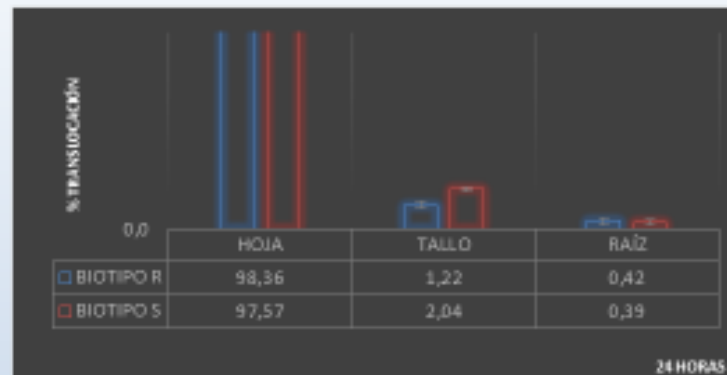
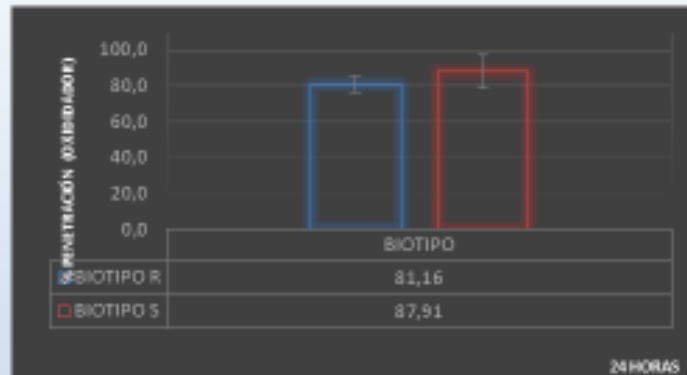
Procedimiento general



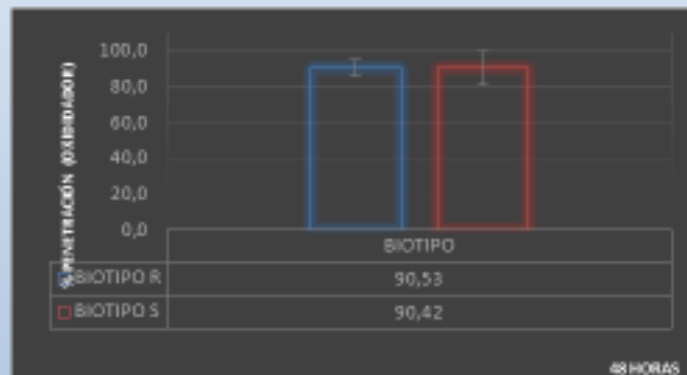
Colaboración académica con el Dr. Julio Menendez
Universidad de Huelva, España

Amaranthus palmeri

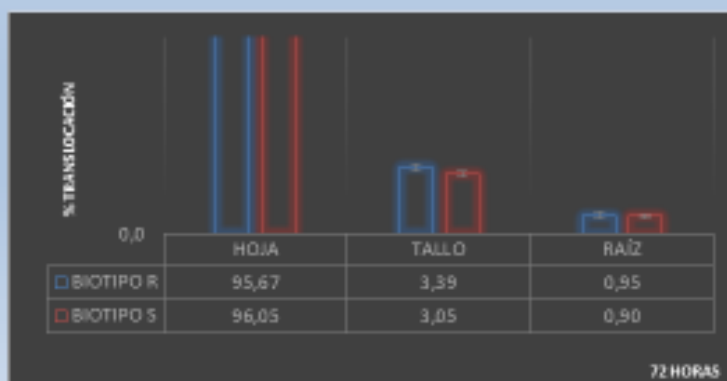
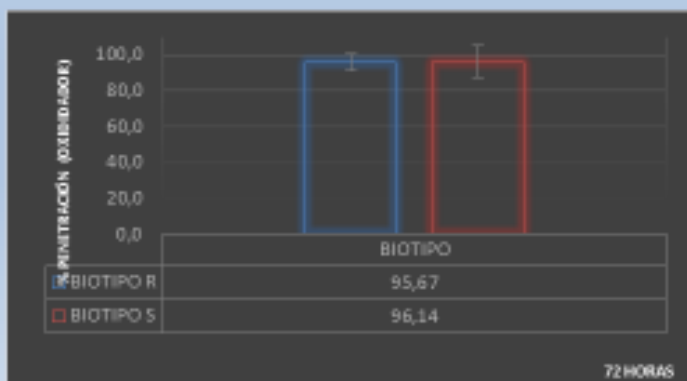
24 h



48 h



72 h



Cuál es el mecanismo no target que está presente en esta población?

Hipótesis 2



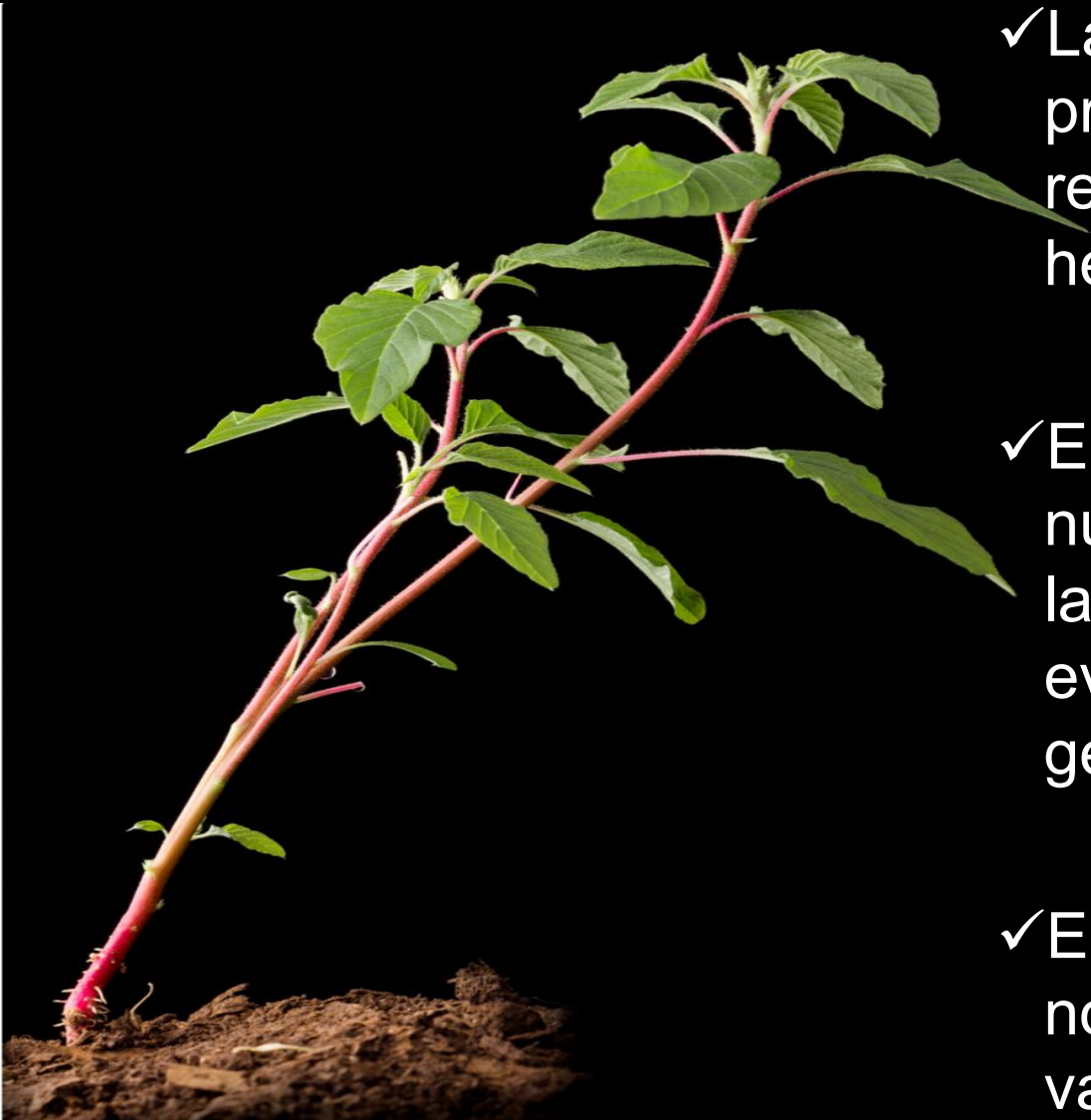
Degradación aumentada del herbicida?

Cuál es el mecanismo no target que está presente en esta población?



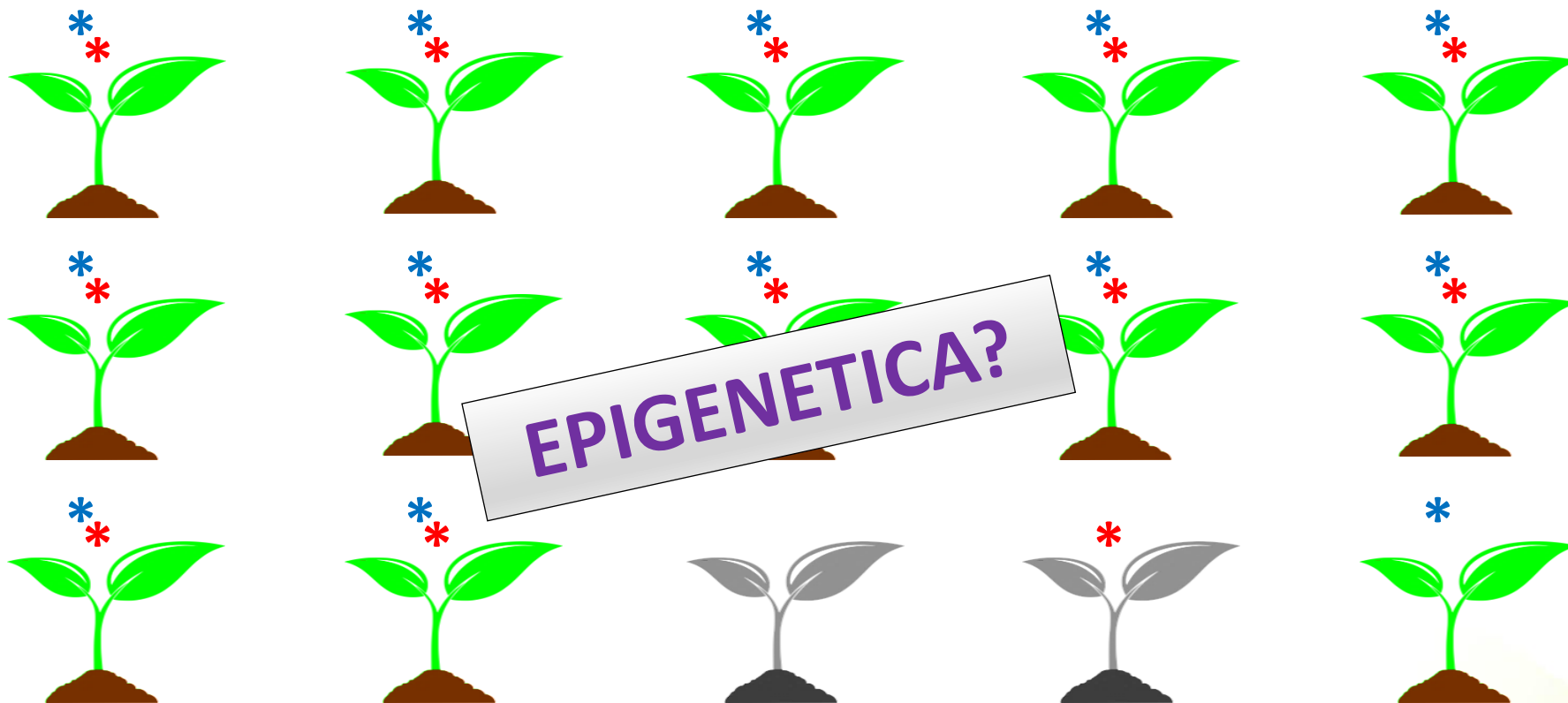
- Buscar evidencia mediante estudios de proteómica diferencial.
- Medir los niveles de expresión relativos de AKR.
- Poner a punto la determinación de degradación metabólica de glifosato mediante LC-MS.

Conclusiones hasta aquí...



- ✓ La población de *Amaranthus palmeri* de Totoras presenta varianza genética significativa para resistencia a glifosato, lo que confirma que existe heredabilidad del carácter ($h^2 = 0,40-0,49$).
- ✓ El análisis de regresión lineal mostró que el número de alelos R (RT) explica apenas el 2 % de la variación en la variable Delta de área, evidenciando un efecto aditivo moderado de un gen mayor.
- ✓ El componente restante, asociado a mecanismos no-target (RNT), aporta la mayor parte de la variación fenotípica y refleja un control oligogénico.

Arquitectura genética de la resistencia a glifosato en *Amaranthus palmeri*: evidencia de mecanismos no target mediante genética cuantitativa



* TSR

* NTSR

Arquitectura genética de la resistencia a glifosato en *Amaranthus palmeri*: evidencia de mecanismos no target mediante genética cuantitativa

MOLECULAR ECOLOGY

SPECIAL FEATURE: RESISTANCE EVOLUTION, FROM GENETIC MECHANISM TO ECOLOGICAL CONTEXT
**The genetic architecture and population genomic signatures
of glyphosate resistance in *Amaranthus tuberculatus***

Julia M. Kreiner ✉, Patrick J. Tranel, Detlef Weigel, John R. Stinchcombe, Stephen I. Wright

First published: 14 April 2021 | <https://doi.org/10.1111/mec.15920> | [VIEW METRICS](#)

John R. Stinchcombe and Stephen I. Wright contributed equally to this work

**Conjuntamente, estos resultados
revelan que la contribución de
mecanismos RNT en la evolución de la
resistencia ha sido notablemente
subestimada.**

Research Article

Received: 12 June 2025

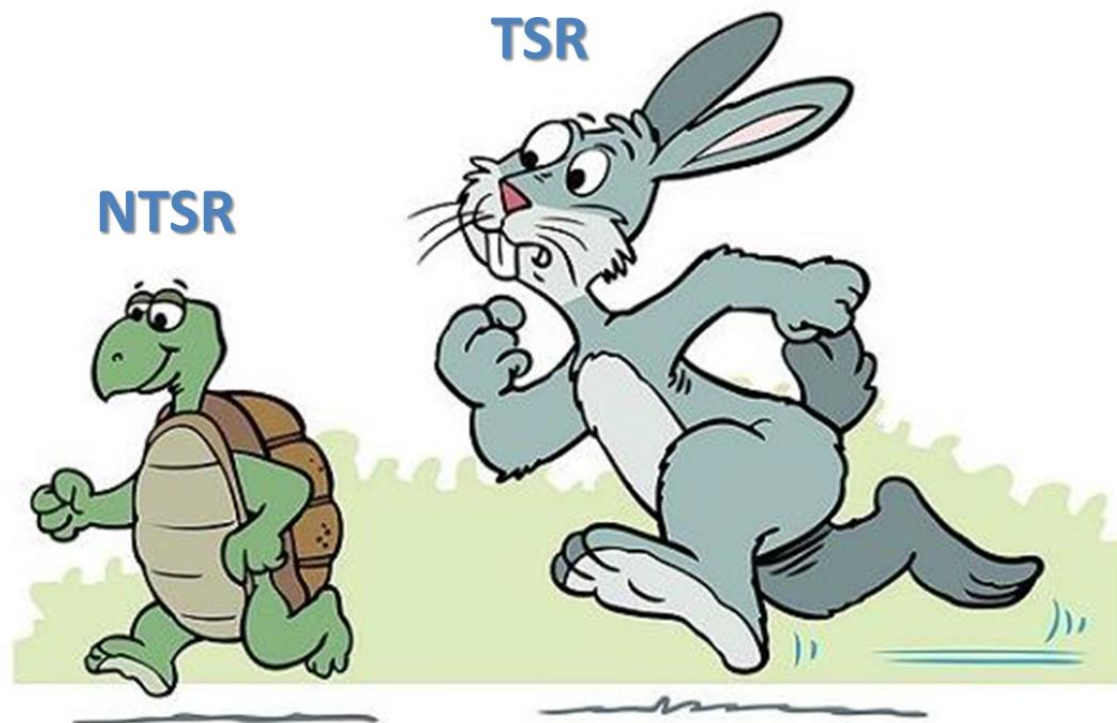
(wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/

Revised: 19 April 2025

E..

**La fábula de la liebre y la tortuga tiene su versión en
el mundo de las resistencias a herbicidas...**

E
M



Agradecimientos

- Subsidio UNR

10° Convocatoria "VINCULACIÓN INCLUSIVA"

agrobiotec^{FCA}

Plataforma Agrotecnológica Biomolecular
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNR

SANTAROSA
SEMILLAS

TERRAGENE[®]

ZaviaBio

UPL

Argentina

Guillermo Pratta

Marcos Yanniccari

Daniel Camacho

Julio Menendez

Hugo Permingeat

V Congreso Argentino de Malezas • ASACIM
MALEZAS 2026

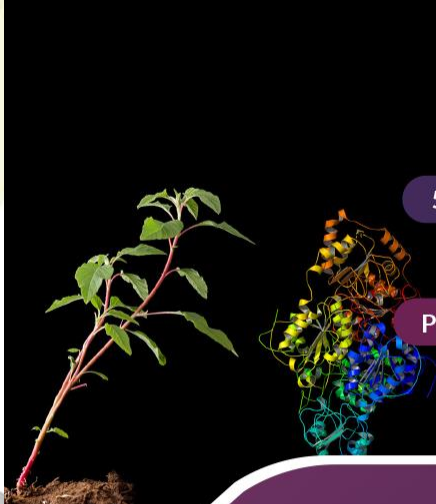


14 AL 18 DE SEPTIEMBRE

5 encuentros teóricos virtuales sincrónicos | 9 a 12 h

16 AL 18 DE SEPTIEMBRE

Práctica de laboratorio optativa presencial | 13 a 17 h



Bases fisiológicas, moleculares y genéticas de la resistencia a herbicidas en malezas

Herramientas para su estudio

Equipo docente:

Dra. Valeria Perotti, Dr. Hugo Permingeat,
Prof. Daniel Tuesca, Dr. Marcos Yannicari,
Dr. Martín Vila-Aiub, Dr. Ignacio Dellaferrera,
Dr. Tiago Kaspary, Ing. Mauro Bedetti

ACREDITABLE
PARA CARRERAS
DE POSGRADO

 Facultad de
Ciencias
Agrarias



V Congreso Argentino de Malezas • ASACIM

MALEZAS 2026

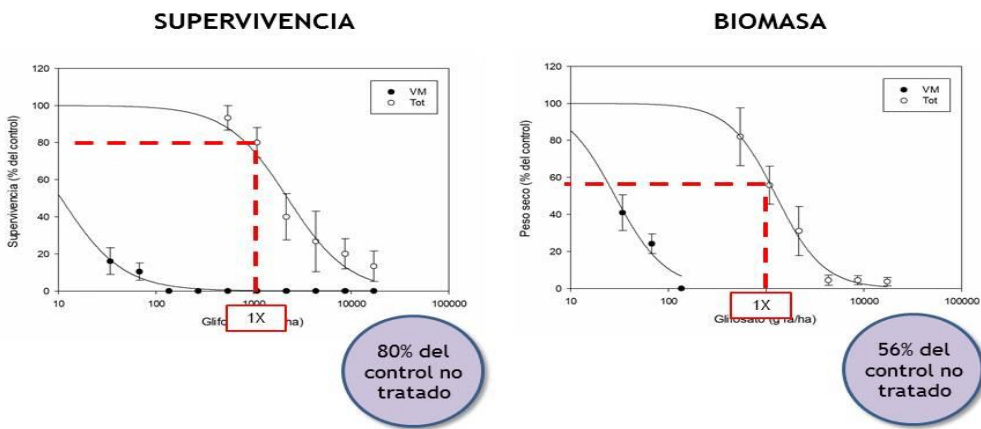
Ciencia, producción y sociedad: hacia un manejo sustentable



Muchas gracias por la atención!

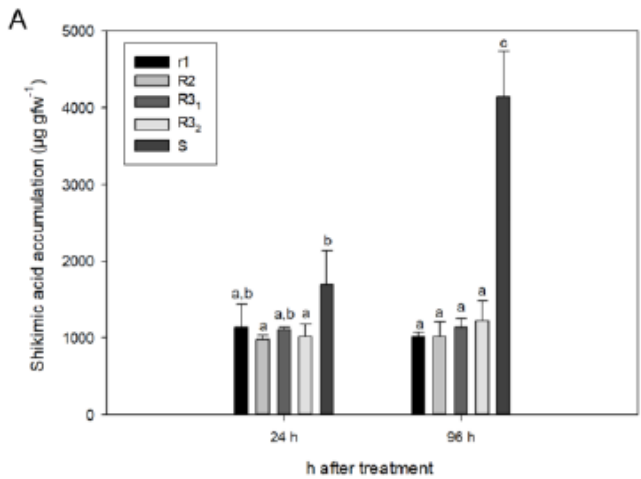
Objeto de estudio: Población de *A. palmeri* de Totoras

Curvas Dosis-Respuesta

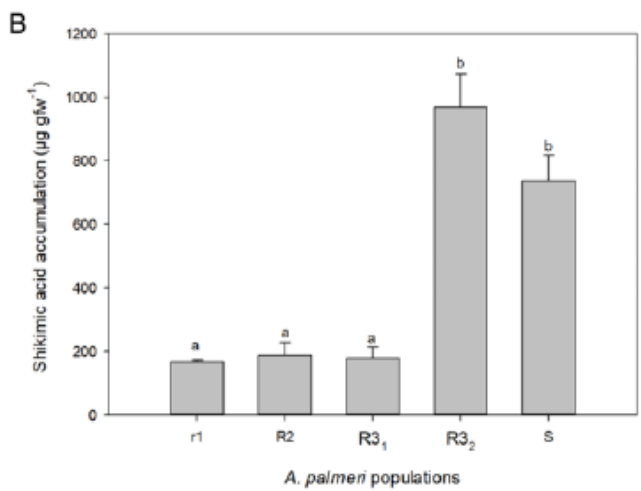


Ensayos de acumulación de shikimato

Aplicación in vivo



Aplicación in vitro



Subpoblación	Peso seco			Supervivencia		
	GR ₅₀	FR	R ²	LD ₅₀	FR	R ²
Tot	1260±63*	45	0,99	2223±303*	222,3	0,96
VM	28±5	-	0,98	10±3	-	0,99

Larran et al., 2017; Larran et al., 2021