



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
U R U G U A Y

JORNADA CULTIVOS DE VERANO 2016

NUEVO ESCENARIO:
¿QUÉ PRÁCTICAS
Y QUÉ MÁRGENES?

inia
URUGUAY

CREA

FMIN
Fondo Multilateral de Inversiones
Miembro del Grupo BID

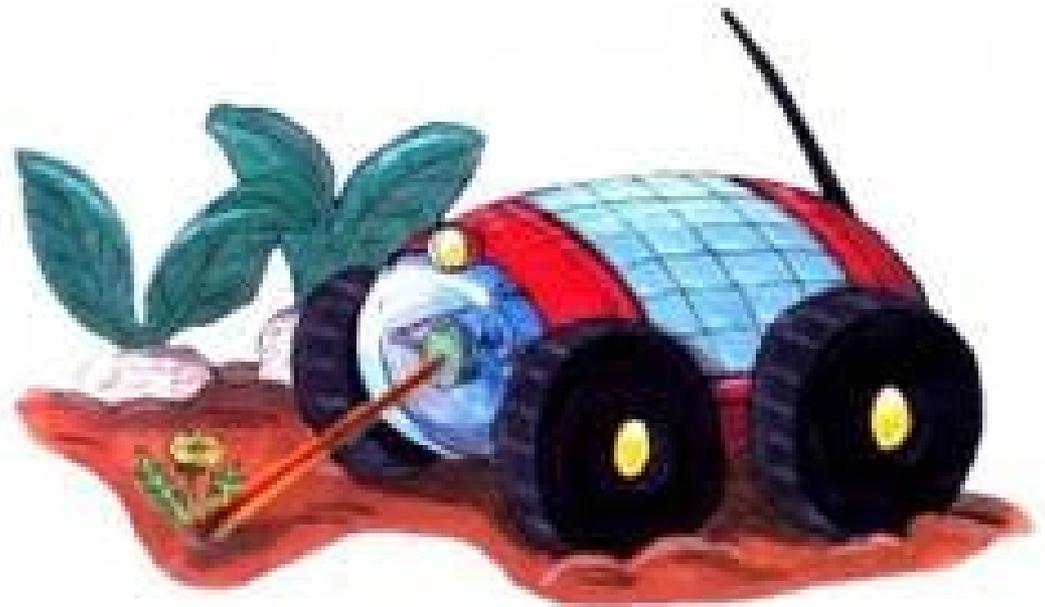
Alejandro García. INIA La Estanzuela
magarcia@inia.org.uy

**Viejos problemas, nuevos desafíos: manejo
de la resistencia de malezas a herbicidas**

El Plan

- Reflexión acerca del manejo de malezas
- Resistencia de malezas a herbicidas
 - Conceptos breves
 - Como se desarrolla el problema
 - Hasta donde puede llegar
 - Los casos mas notorios en Uruguay
 - Como lidiar con el problema
 - Como prevenir y/o mitigar





<http://www.yankodesign.com/2009/05/20/top-ten-robots-that-you-never-knew-you-wanted/> Botan by Johannes Diem



http://unibots.com/Agricultural_Robot_Designs.htm
by Fabian Zimmerli



Control de malezas en soja antes de los cultivos RG

Herbicida	g ia/ha	FIA
Pre emergencia		
Trifluralin	960	17.6
Pendimethalin	2,099	15.5
Durante la siembra		
Alachlor	1,536	17.6
S-metolachlor	2,720	14.4
Pendimethalin	2,099	15.5
Metribuzin	195	4.7
Post emergencia I		
Sethoxydim	526	9.4
Bentazon	1,029	16.4
Acifluorfen-Na	336	6.8
Post emergencia II		
Sethoxydim	526	9.4
Bentazon	1,029	16.4
Acifluorfen-Na	336	6.8

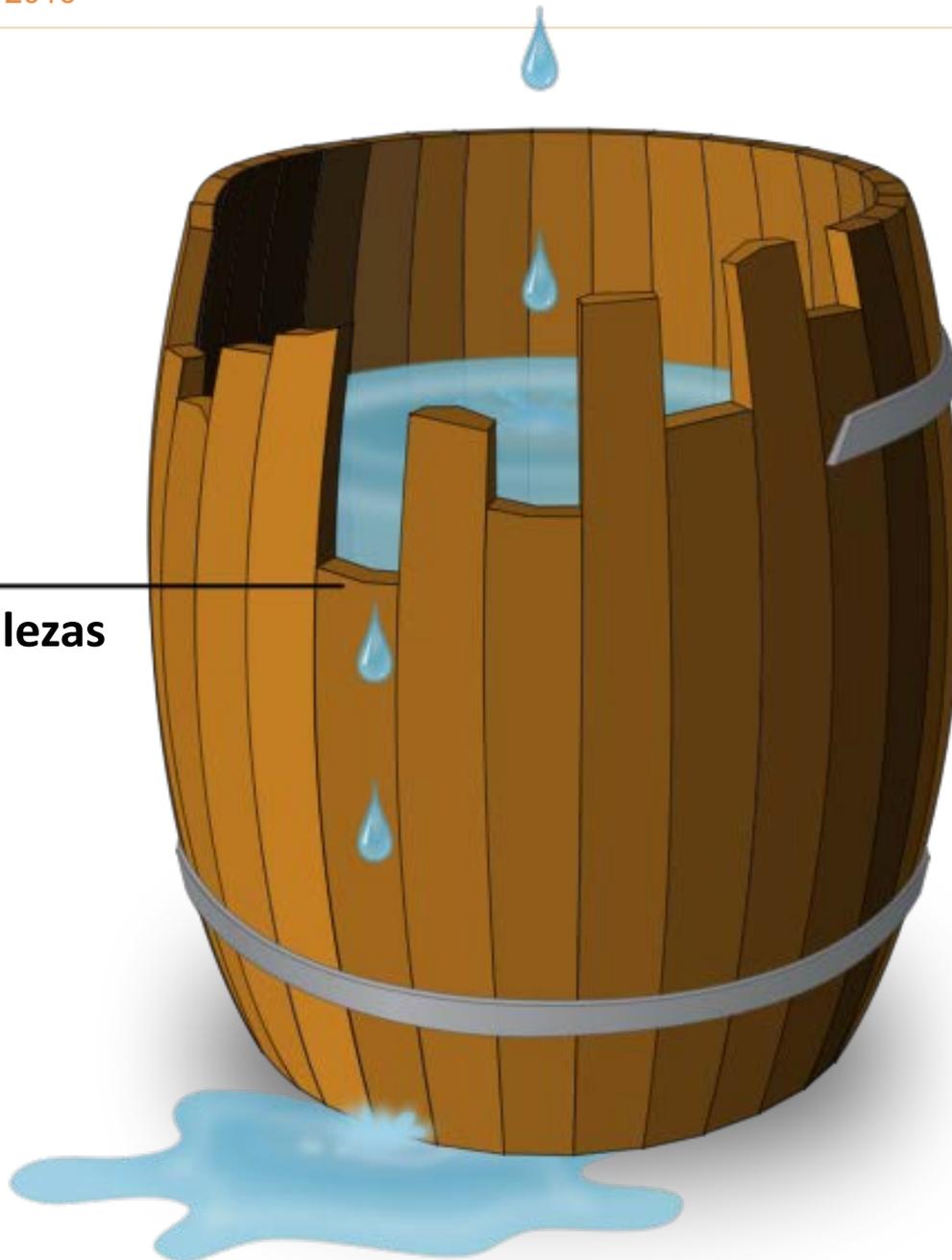


Herbicida	G ia/ha	FIA
Pre emergencia		
Glyphosate	900	14.7
Post emergencia I		
Glyphosate	900	14.7
Post emergencia II		
Glyphosate	900	14.7



Minimum

Manejo de malezas



Definición de la Resistencia a Herbicidas

La **resistencia a herbicidas** puede definirse como la capacidad evolutiva de una población de malezas para sobrevivir a la aplicación de un herbicida que se sabe que previamente la controlaba.

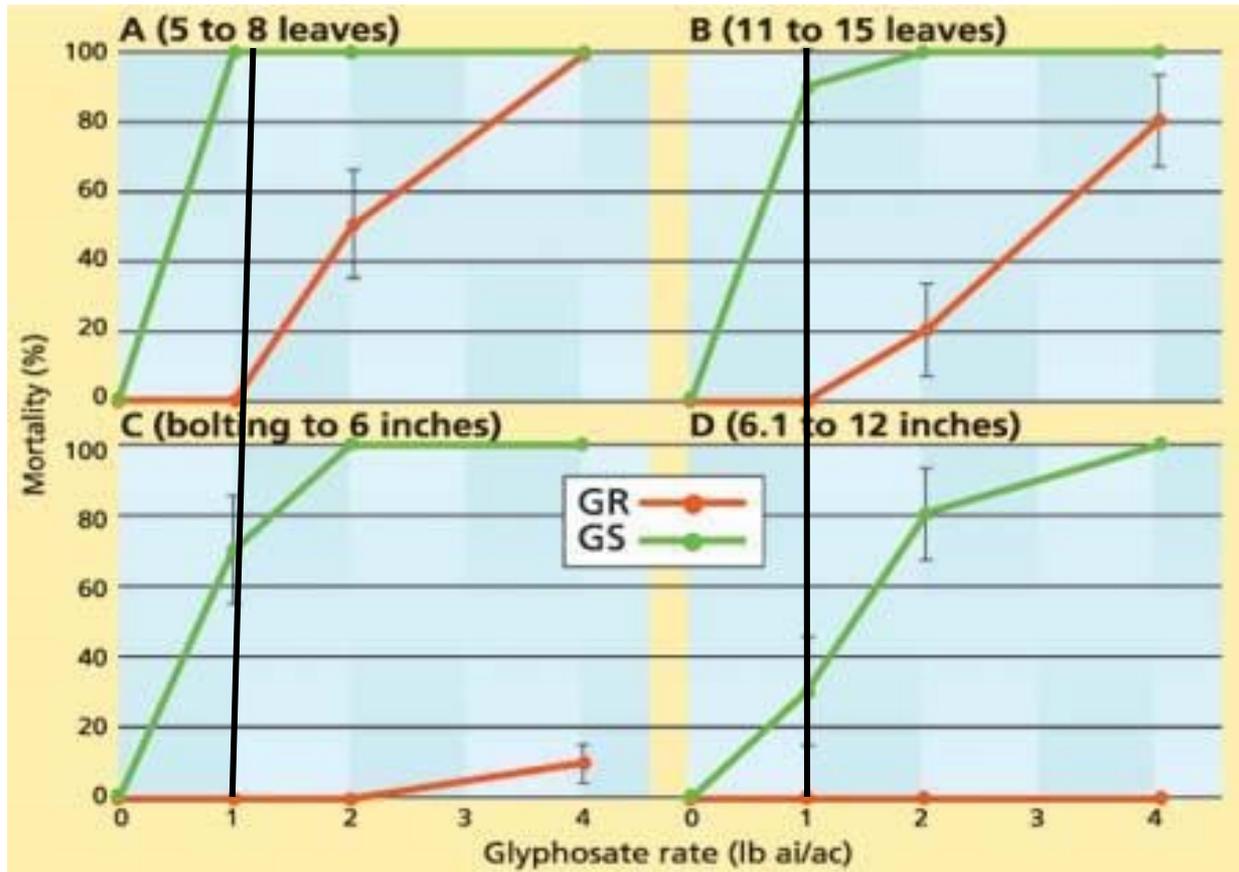


La **tolerancia a herbicidas** es la capacidad inherente de una especie para sobrevivir y reproducirse después de un tratamiento herbicida. No ha existido una selección actuando sobre la especie de maleza tolerante y no hay cambios en la falta de respuesta de la especie de maleza al herbicida a través del tiempo.



Resistencia = Tolerancia?

- A los efectos prácticos inmediatos
 - (en cierta medida)



Shrestha, 2007.



Resistencia = Tolerancia?

- A los efectos teóricos: NO!!!!



<http://www.grdc.com.au/Resources/IWMhub/Section-1-Herbicide-resistance>



Foto 7: *Commelina erecta* "flor de Santa Lucía".

Estado a la aplicación: corona de 10x13 cm de diámetro y 6 a 9 cm de altura. Rebrotos de plantas establecidas.

Se empleó como parámetro principal que las dosis tuvieran un costo de aplicación similar.

Foto obtenida a los 100 DDA.

- 1- Testigo (sin herbicida)
- 2- Glifosato 48% (Roundup Full); 2.0 l ha⁻¹
- 3- Glifosato 74,7% (Roundup Max); 1.25 l ha⁻¹
- 4- Glifosato 48% (Roundup); 2.8 l ha⁻¹
- 5- 2,4-D 100%; 2.1 l ha⁻¹
- 6- 2,4-D + Metsulfurón metil 60% + Dicamba 48%; 1.15 + 0.005 + 0.1 l ha⁻¹

Rodríguez N.E. 2004



La Selección por Herbicidas Cambia la Población a Través del Tiempo

Año 2

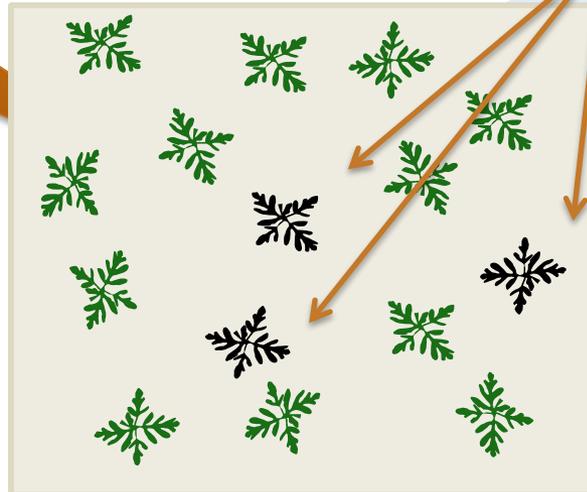
Ejemplo

Las ~~malas~~ ~~malezas~~ ~~resistentes~~ ~~tipos~~ ~~de~~ ~~semilla~~

Resistencia a herbicidas 1 en un millón

Aspersión con herbicidas

El año 2 inicia con más malezas resistentes



La Selección por Herbicidas Cambia la Población a Través del Tiempo

Año 2

Ejemplo

...Hasta que en el año 3 la resistencia al herbicida es significativa

Y en años posteriores aún mas malezas resistentes al herbicida están presentes



Tipos de Resistencia a Herbicidas

Resistencia a Herbicidas Simple

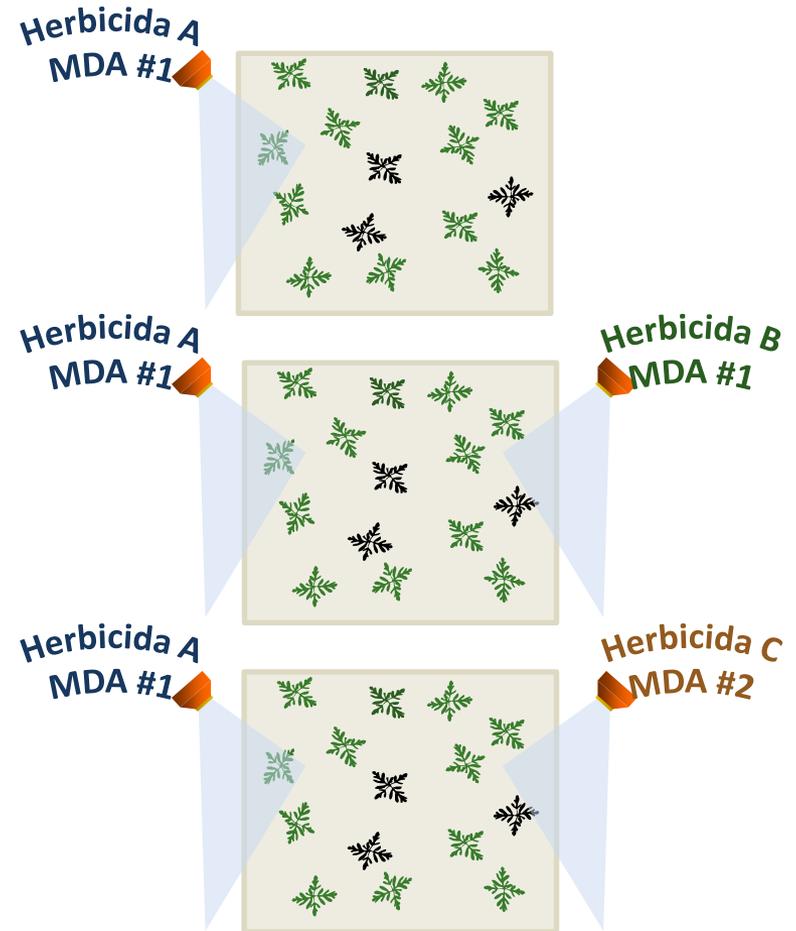
- Resistente a sólo un herbicida

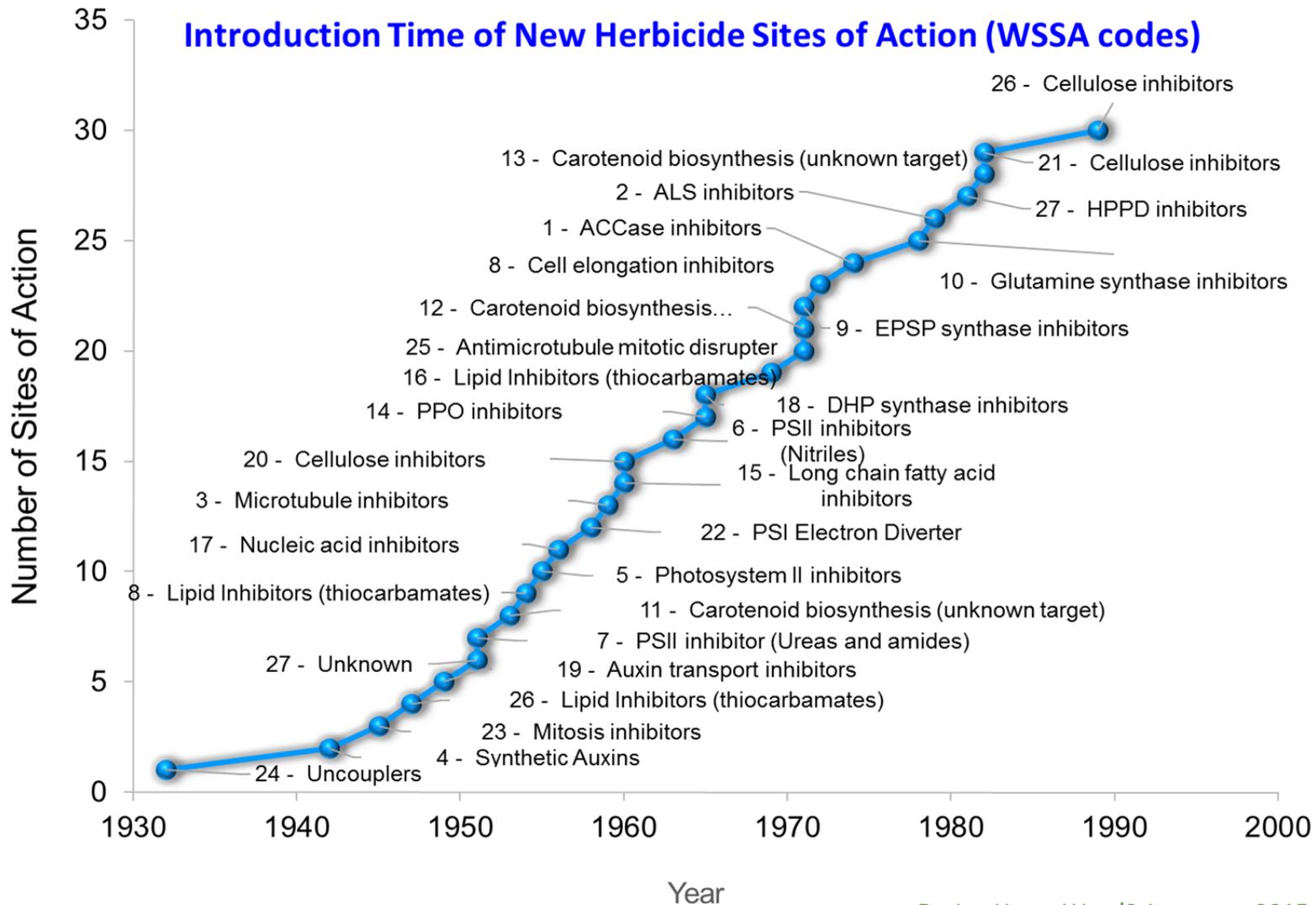
Resistencia a Herbicidas Cruzada

- Resistente a dos o más familias de herbicidas con el mismo mecanismo de acción
- Mecanismo de resistencia único

Resistencia a Herbicidas Múltiple

- Resistente a dos o más herbicidas con mecanismos de acción diferentes
- Puede ser el resultado de dos o más mecanismo de resistencia

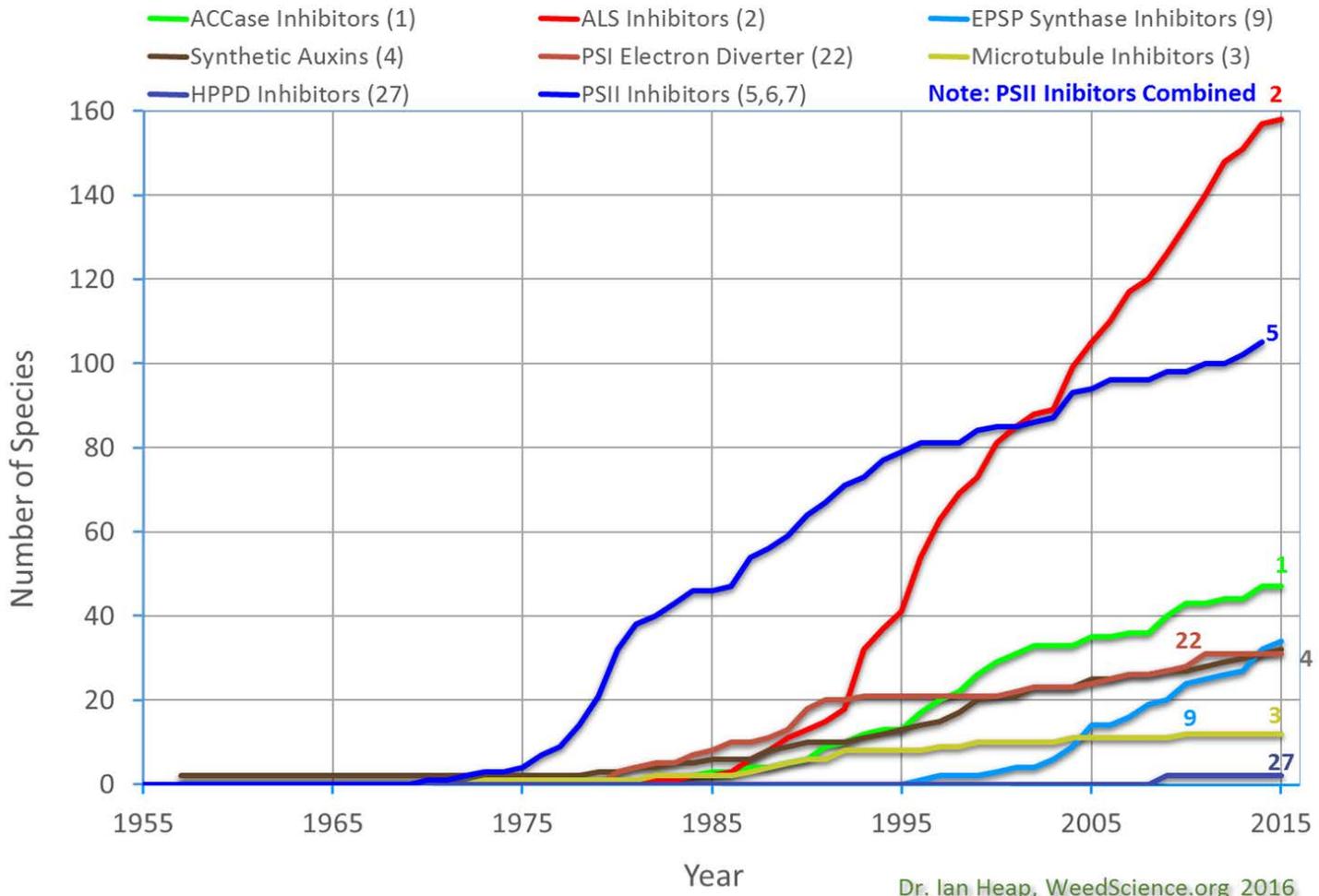




Dr. Ian Heap, WeedScience.org 2015



Number of Resistant Species for Several Herbicide Sites of Action (WSSA Codes)



Hacia donde vamos: Australia

- 104 casos reportados de resistencia
- 16 casos de resistencia múltiple
 - **7 sitios de acción (Raigrás - South Australia)**
 - Inhibidores de la ACCase (A/1) – Diclofop, Fluazifop, Quizalofop, Setoxidim, Tralkoxidim
 - Inhibidores de la ALS (B/2) - Clorsulfuron, imazapir, metsulfuron, Triasulfuron
 - Biosíntesis de carotenoides (sitio activo desconocido) (F3/13) - Clomazone
 - Inhibidores de los microtúbulos (K1/3) – Etafluralina, Trifluralina
 - Inhibidores de la mitosis (K2/23) - Cloroprofam
 - Inhibidores de ácidos grasos de cadena larga (K3/15) - Metolaclo
 - Inhibidor de lípidos (tiocarbamatos) (N/8) – Triallate
 - **5 sitios de acción (Raigrás - South Australia)**
 - Inhibidores de la ACCase (A/1) – Cletodim, Haloxyfop
 - Inhibidores de la ALS (B/2) – Clorsulfuron, imazapir, iodosulfuron
 - Inhibidores del FS II (C1/5) - Atrazina
 - Desvían el flujo de electrones del FSI(D/22) - Paraquat
 - EPSP synthase inhibitors (G/9) - Glifosato





Hacia donde vamos: EE.UU.

- 508 casos reportados de resistencia
- 57 casos de resistencia múltiple
 - **5 sitios de acción (*Amaranthus tuberculatus* - Illinois)**
Inhibidores de la ALS (B/2) - Clorimuron, Imazetapir
Inhibidores de la PPO (E/14) - Lactofen
Inhibidores de la EPSPS (G/9) - Glifosato
Inhibidores del FS II (C1/5) - Atrazina
Inhibidores de la HPPD (N/8) - Mesotrione
 - **3 sitios de acción (*Amaranthus palmeri*- Georgia)**
Inhibidores de la ALS (B/2) - Pyrithiobac-sodium, Imazapir
Inhibidores de la EPSPS (G/9) - Glifosato
Inhibidores del FS II (C1/5) – Atrazina
 - **2 sitios de acción (*Amaranthus palmeri*- Tennessee)**
Inhibidores de la EPSPS (G/9) - Glifosato
Inhibidores de la PPO (E/14) – Atrazina



- *Amaranthus palmeri* en cultivos de algodón en el sur de EE.UU.



Palmer amaranth is just one of the weeds that has developed a resistance to the herbicide Roundup used in the most popular GMO herbicide tolerant crop varieties. Farmers in the South are hiring crews to hand weed their GMO fields.

Bill Ganzel, 2009.



Pam Smith, 2011



Glyphosate-Resistant Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) Increases Herbicide Use, Tillage, and Hand-Weeding in Georgia Cotton

Lynn M. Sosnoskie and A. Stanley Culpepper*

- Costo del manejo de malezas x 5
- La mitad de los productores usa controles mecánicos
- El 40% practica algún tipo de laboreo

In 2005, the existence of glyphosate-resistance in Palmer amaranth was confirmed at a single 250 ha field site in Macon County, Georgia. Currently, all cotton producing counties in Georgia are infested, to some degree, with glyphosate-resistant Palmer amaranth. In 2010 and 2011, surveys were administered to Georgia growers and extension agents to determine how the development of glyphosate-resistance has affected weed management in cotton. According to respondents, the numbers of cotton acres that were treated with paraquat, glufosinate and residual herbicides effective against Palmer amaranth more than doubled between 2000 to 2005 and 2006 to 2010. Glyphosate use declined between 2000 to 2005 and 2006 to 2010 although, on average, the active ingredient was still applied to a majority of cotton acres. Although grower herbicide input costs have more than doubled following the evolution and spread of glyphosate resistance, chemically-based control of Palmer amaranth is still not adequate. As a consequence, Georgia cotton growers hand weeded 52% of the crop at an average cost of \$57 per hand-weeded ha; this represents a cost increase of at least 475% as compared to the years prior to resistance. In addition to increased herbicide use and hand weeding, growers in Georgia are also using mechanical, in-crop cultivation (44% of acres), tillage for the incorporation of preplant herbicides (20% of the acres), and post-harvest deep-turning (19% of the acres every three years) for weed control. Current weed management systems are more diverse, complex and expensive than those employed only a decade ago, but are effective at controlling glyphosate-resistant Palmer amaranth in glyphosate-resistant cotton. The success of these programs may be related to producers improved knowledge about herbicide resistance, and the biological attributes that make Palmer amaranth so challenging, as well as their ability to implement their management programs in a timely manner.

Nomenclature: 2,4-D; diuron; fomesafen; flumioxazin; fluometuron; glyphosate; glufosinate; MSMA; paraquat; pendimethalin; pyriithiobac; S-metolachlor; trifluralin; Palmer amaranth, *Amaranthus palmeri* (S. Wats); cotton, *Gossypium hirsutum* L.

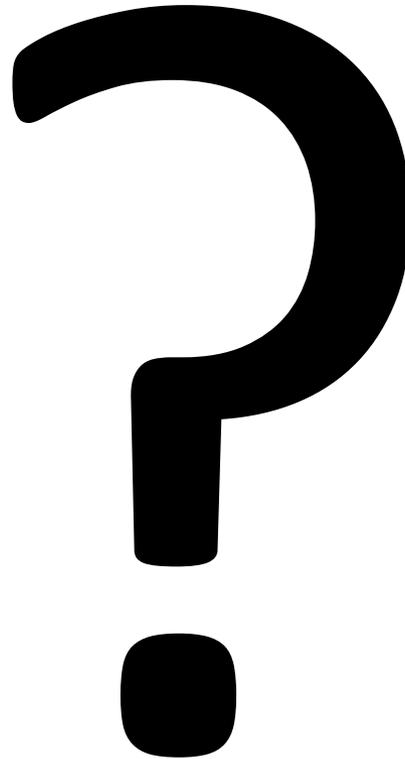
Key words: Extension, glyphosate-resistance, resistance management, survey.

Las barbas de los vecinos...

- **Brasil (HRAC-BR – ISHRW)**
 - **41 casos reportados de resistencia**
 - **9 casos de resistencia múltiple**
 - *Amaranthus, Avena, Conyza, Cyperus, Digitaria, Echinochloa, Echium, Lolium, Raphanus*
- **Argentina (REM)**
 - **27 casos reportados**
 - **6 caso de resistencia múltiple**
 - *Amaranthus, Digitaria, Avena, Echinochloa, Sorghum, Lolium, Raphanus*

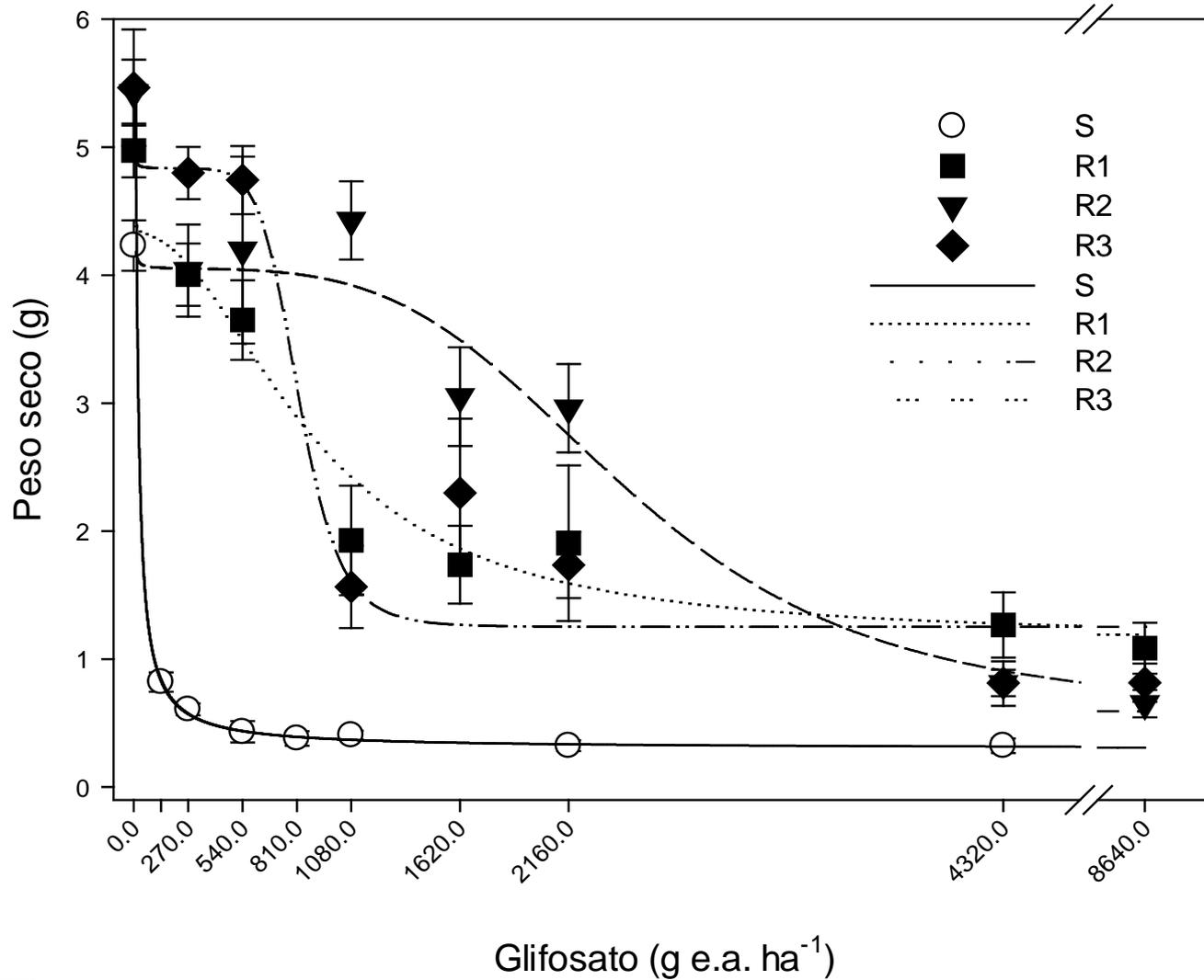


Situación Nacional





Lolium multiflorum



S



R1

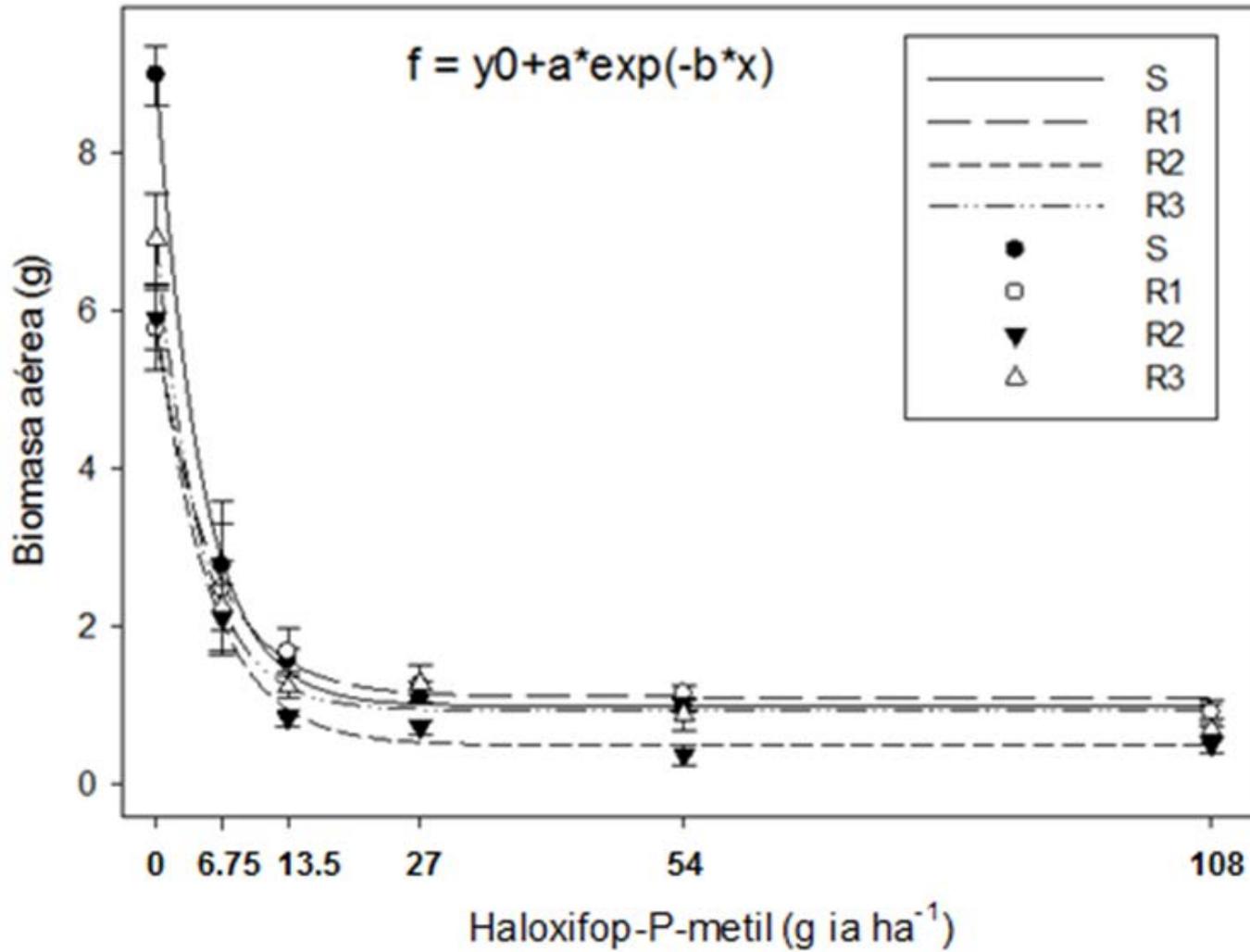


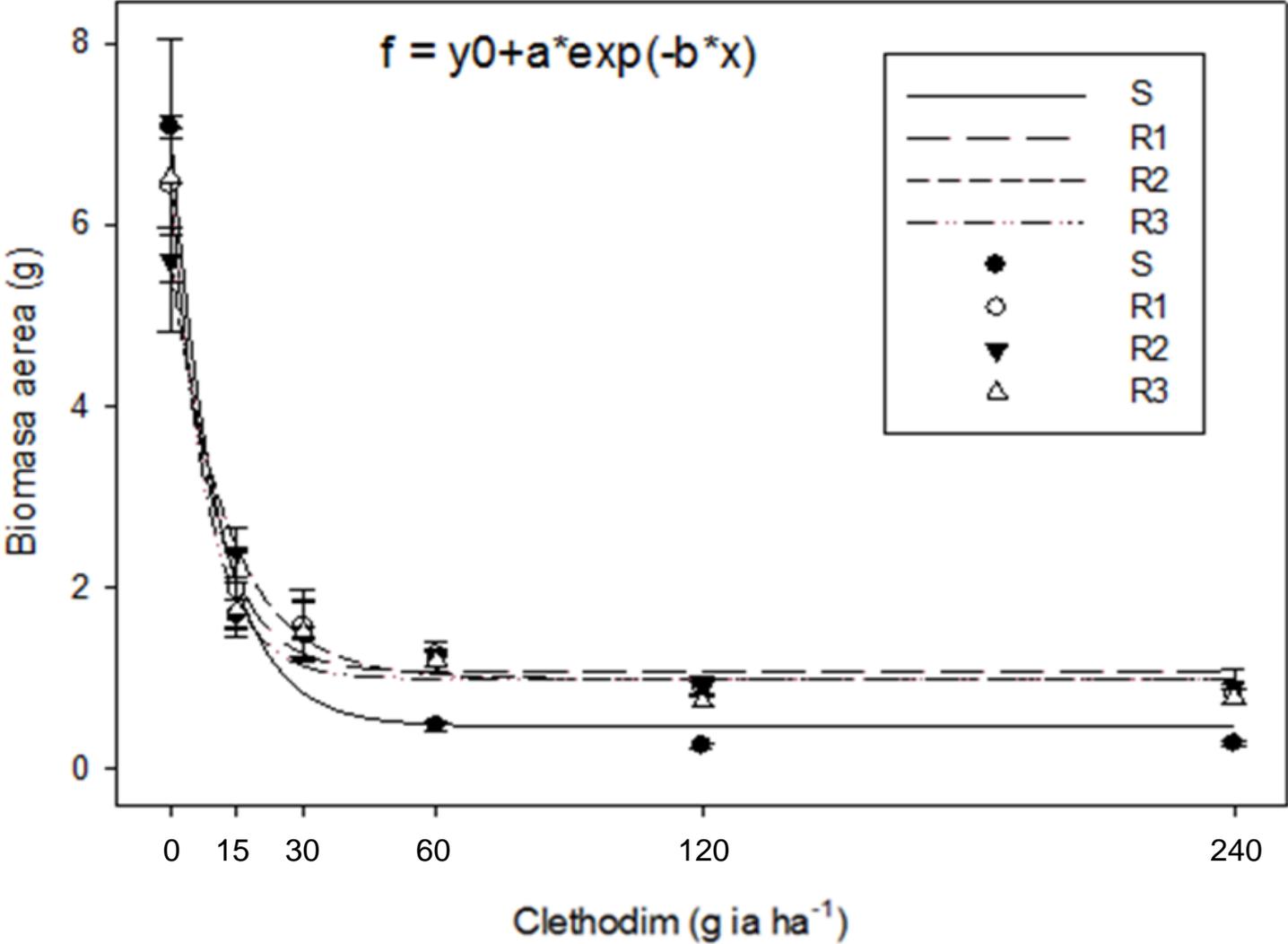
R2



R3









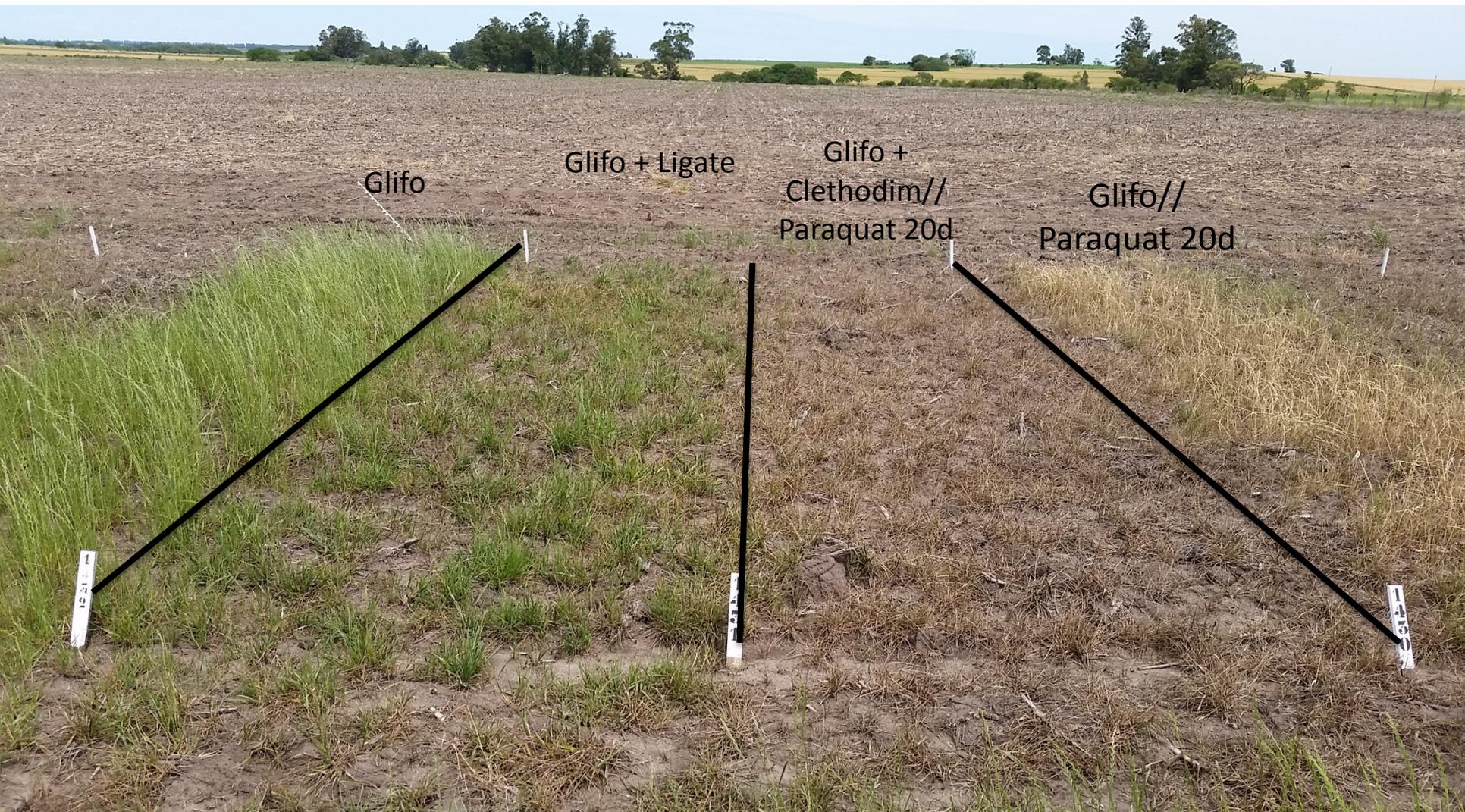
Aplicación 12/10/2015

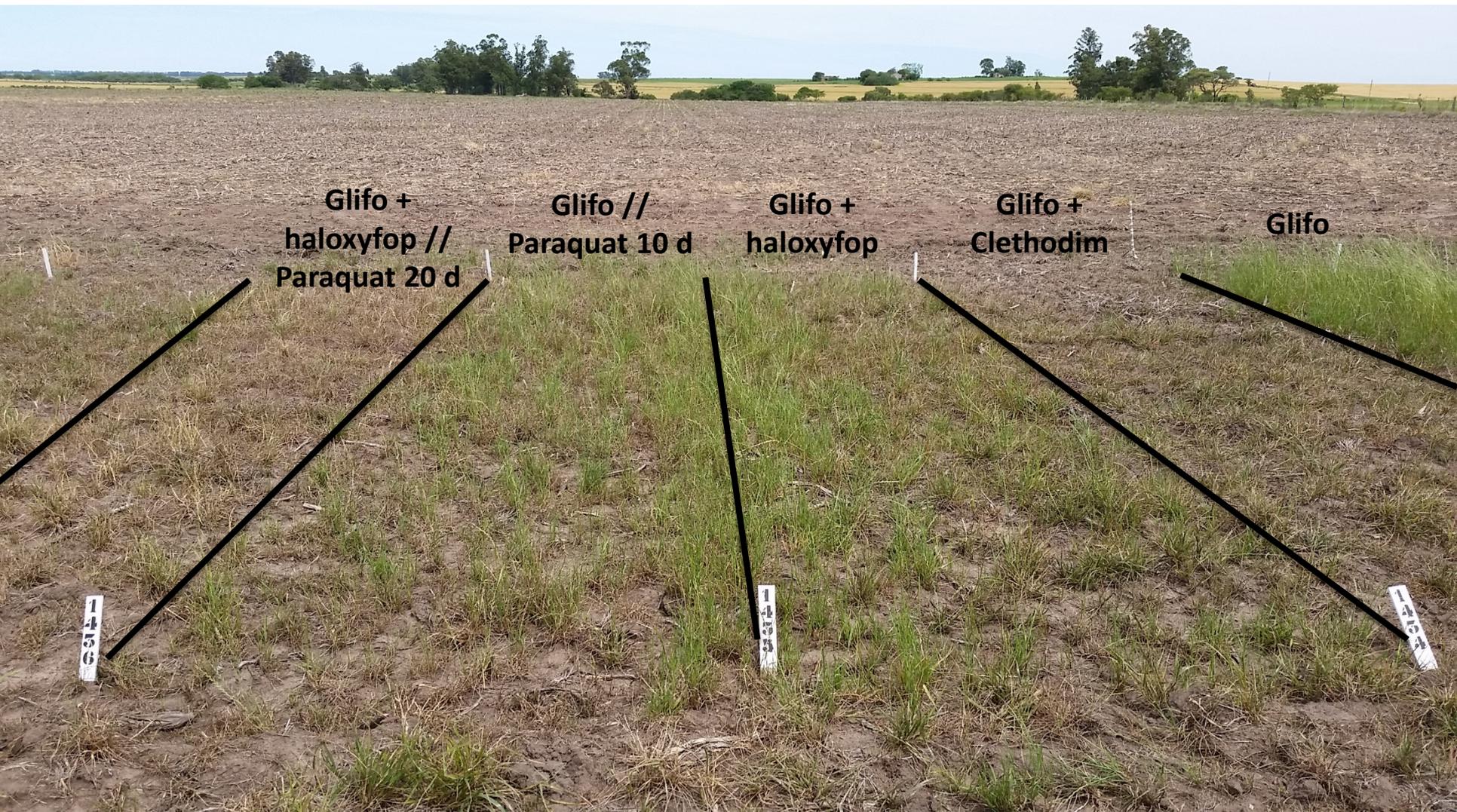


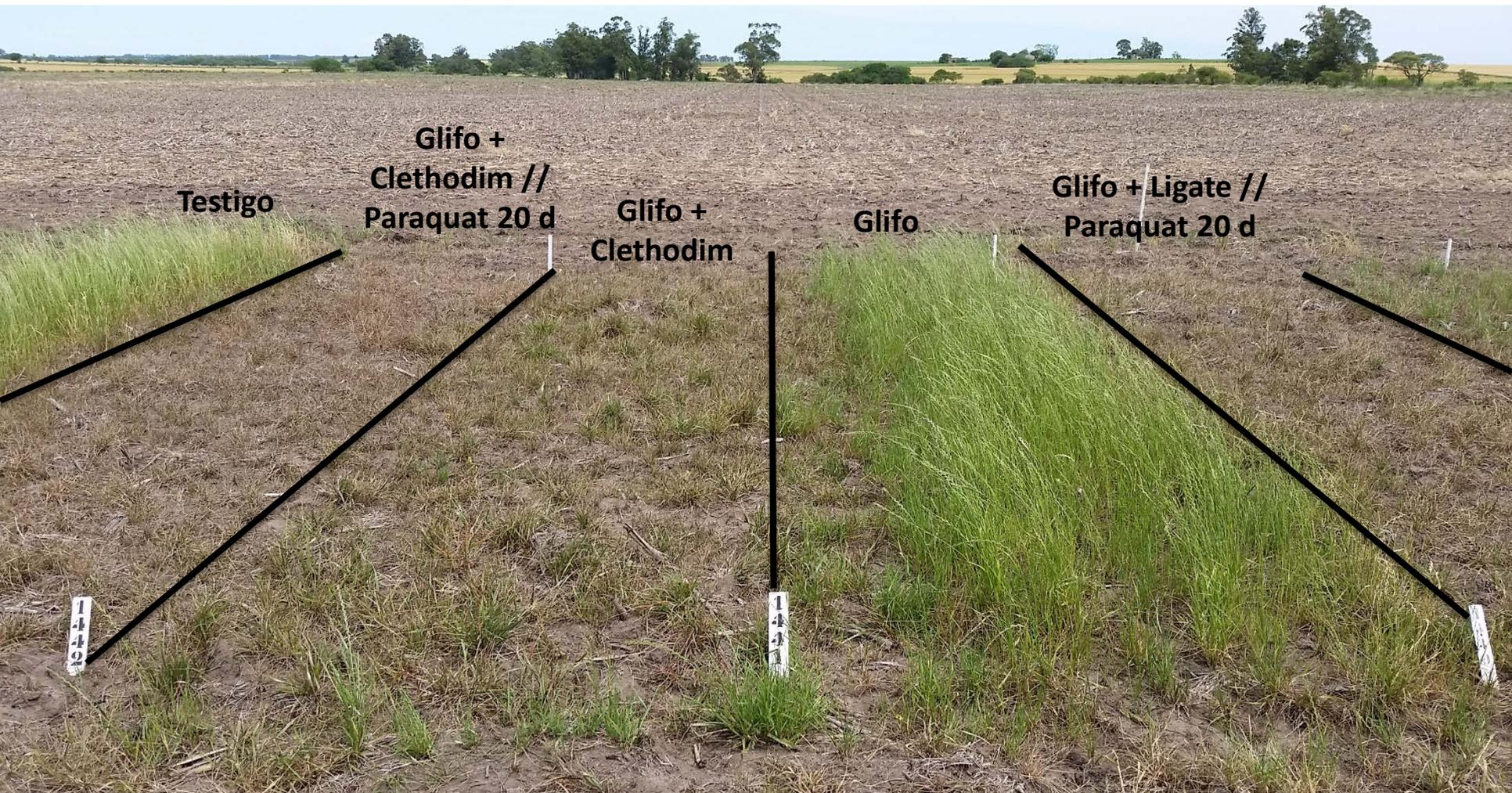
Tratamientos*		Dosis (i.a. ha⁻¹)			
1	Glifosato	3240			
2	Glifosato + Haloxyfop	1620	81		
3	Glifosato + Clethodim	1620	156		
4	Glifosato + Sulfometuron + Clorimuron	1620	15	20	
5	Glifosato // Paraquat (7DDA)	3240			552
6	Glifosato + Haloxyfop // Paraquat (7DDA)	1620	81		552
7	Glifosato + Clethodim // Paraquat (7DDA)	1620	156		552
8	Glifosato + Sulfometuron + Clorimuron // Paraquat (7DDA)	1620	15	20	552
9	Glifosato // Paraquat (20DDA)	3240			552
10	Glifosato + Haloxyfop // Paraquat (20DDA)	1620	81		552
11	Glifosato + Clethodim // Paraquat (20DDA)	1620	156		552
12	Glifosato + Sulfometuron + Clorimuron // Paraquat (20DDA)	1620	15	20	552
13	TESTIGO	-	-	-	-

*Productos comerciales: Roundup Full II (glifosato sal potásica 540 g/L); Verdict HL (Haloxifop 540 g/L); Clethomax (240 g/L); Oust®PX (Sulfometuron metil 75%); Clorimex 75% WDG (Clorimuron etil 75%); Gramoxone Super (Paraquat 226 g/L).



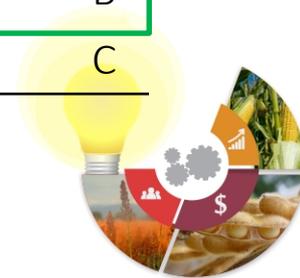






Evolución del control de raigrás a los 10 y 40 días después de la aplicación (DDA) secuencial, por herbicida y momento de aplicación del doble golpe con paraquat.

Herbicidas	Días al Doble Golpe	Control de raigrás (%)			
		10 DDA		40 DDA	
Glifosato	0	0	G	0	G
Clethodim	0	54	D	87	B
Haloxyfop metil	0	39	E	58	D
Clorimuron etil+Sulfometuron metil	0	43	E	53	D
Glifosato	10	68	C	43	E
Clethodim	10	80	B	94	A
Haloxyfop metil	10	80	B	73	C
Clorimuron etil+Sulfometuron metil	10	76	B	65	C
Glifosato	20	50	D	69	C
Clethodim	20	84	B	100	A
Haloxyfop metil	20	78	B	89	B
Clorimuron etil+Sulfometuron metil	20	80	B	73	C



Amaranthus palmeri

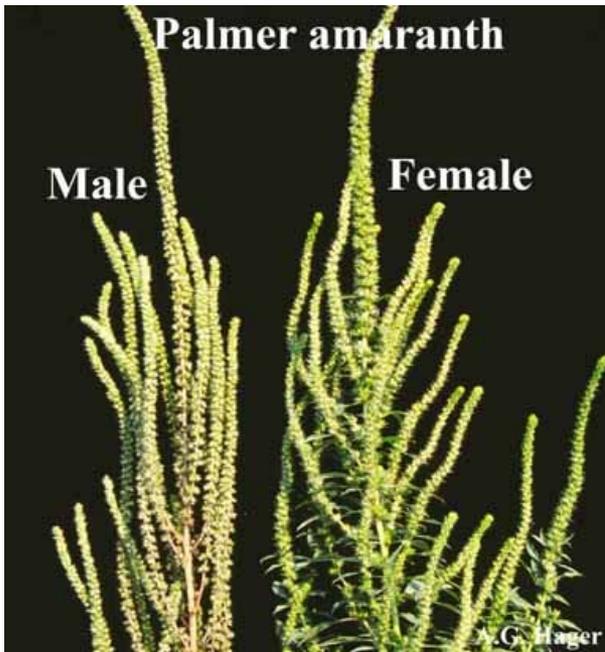




Amaranthus palmeri



Legleiter y Johnson_2013



- Sin pelos
- Longitud del peciolo
- Disposición de las hojas
- Inflorescencias masculina y femenina (mas larga y espinosa)

Herbicidas para el barbecho químico de maíz.

Sitio de acción	Ingrediente activo
Inhibidor de fotosistema II	Atrazina
Inhibidor de la PPO	Flumioxazin Saflufenacil
Inhibidores de la ALS	Flumetsulam Iodosulfuron Thiencarbazone
Inhibidores de ácidos grasos de cadena larga (cloroacetamidas)	Acetoclor S-metolacloro Metolacloro
Inhibidores de la HPPD	Biciclopirona Isoxaflutole

Herbicidas para post-emergencia de maíz.

Sitio de acción	Ingrediente activo
Inhibidor de fotosistema II	Atrazina
Reguladores de crecimiento	Picloram 2,4 D Dicamba
Inhibidores de la ALS	Iodosulfuron Foramsulfuron Nicosulfuron Imazetapir Thiencarbazone
Inhibidores de la HPPD	Topramezone Mesotrione Isoxaflutole



Herbicidas para barbecho químico de soja

Sitio de acción	Ingrediente activo
Inhibidor de fotosistema II	Metribuzin
	Flumioxazin
Inhibidor de la PPO	Saflufenacil
	Sulfentrazone
	Pyraflufen
	Oxifluorfen
Reguladores de crecimiento	Carfentrazone
	Fluroxipir
	2,4 D Dicamba
Inhibidores de la ALS	Flumetsulam
	Clorimuron
	Iodosulfuron
	Thiencarbazone
	Diclosulam Imazetapir
Inhibidores de ácidos grasos de cadena larga (cloroacetamidas)	Acetoclor S-metolacloro
Inhibidores de la HPPD	Clomazone

Seguido por Flumioxazin o sulfentrazone (ambos + S-metolacloro) 16 DPA

Herbicidas para post-emergencia de soja.

Sitio de acción	Ingrediente activo
Inhibidores de ácidos grasos de cadena larga (cloroacetamidas)	Acetoclor S-metolacloro
Inhibidores de PPO	Lactofén Fomesafen
Inhibidores de la ALS	Clorimuron Imazetapir Cloransulam Diclosulam

Pre-siembra: Metribuzin + Paraquat
Pre-emergencia: S-metolacloro
Post-emergencia (V4-5): Lactofen y Fomesafen + S-metolacloro





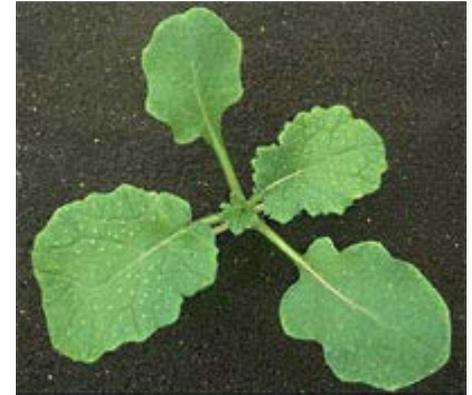
35 DPA



7 DPA



Raphanus spp., *Brassica* spp. - Nabo, rábanos



<https://plantevaernonline.dlbr.dk/cp/graphics/Name.asp?Language=en-la&TaskID=1&NameID=21>



<http://asb.com.ar/malezas/dicotiledoneas/raphanus-sativus/>



Echinochloa colona - Capin



<http://asb.com.ar/malezas/monocotiledoneas/echinochloa-colonum/>

<http://www.aapresid.org.ar/rem/echinochloa-colona-echinocloa/>

Amaranthus spp. – “Yuyo colorado”



By Mark Renz. Copyright © 2015 Mark Renz. Robert W. Freckmann Herbarium, U. of Wisconsin-Stevens Point



https://en.wikipedia.org/wiki/Amaranthus_palmeri



<http://oak.ppws.vt.edu/~flessner/weedguide/amapa.htm>



<http://asb.com.ar/malezas/dicotiledoneas/amaranthus-quitensis/attachment/aaaa7208r/>

Tácticas de Manejo Proactivo

Las estrategias para retrasar **proactivamente** la resistencia a herbicidas pueden incluir una o más de las siguientes tácticas:

Herbicidas



- Varios herbicidas con diferente mecanismo de acción
 - Mezclas
 - Secuencias
 - A través de ciclos

Culturales



- Rotación de cultivos
- Densidad de población
- Distancia entre surcos
- Fecha de siembra
- Ubicación del fertilizante
- **Cultivos de cobertura**

Mecánicas



- Labranza
 - Pre-siembra
 - Labores durante el cultivo
 - Post cosecha





Necesidad de aplicar la Dosis Total de Etiqueta

Definiciones (WSSA):

- **“Dosis de etiqueta”** = Una dosis o rango de dosis establecida por los fabricantes de herbicidas para proveer consistentemente un control efectivo de especies de maleza en diferentes estados de desarrollo y condiciones de sitios.
- **“Dosis baja”** = Una dosis aplicada por debajo de la dosis de etiqueta que puede proveer un control efectivo en una condición específica, pero que no proveerá un control consistente en un rango amplio de condiciones.

La exposición rutinaria a dosis bajas de herbicidas puede permitir que sobreviva una porción de la población de la maleza , llevando a la evolución de poblaciones resistentes a herbicidas.

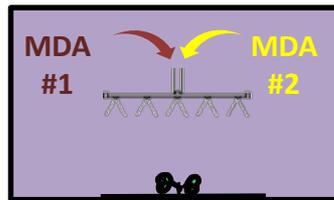
La malezas pueden ser expuestas a “dosis bajas” debido a:

- Uso intencional de dosis bajas
- **Aspersión de plantas más grandes que las recomendadas en la etiqueta**
- Cobertura inadecuada de malezas debido a su tamaño, densidad y/o cobertura por el cultivo
- **Calibración inadecuada del aspersor**, equipo inefectivo o con fallas o errores en la mezcla



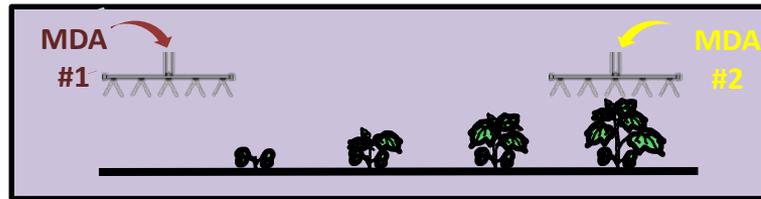
Planificar el uso de herbicidas para para que productos con mecanismo de acción diferente y que tengan actividad sobre las mismas malezas sean combinados entre sí

Aplicación de mezclas

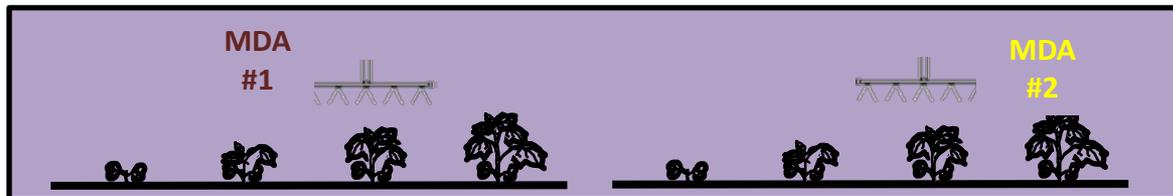


DIVERSIFICAR

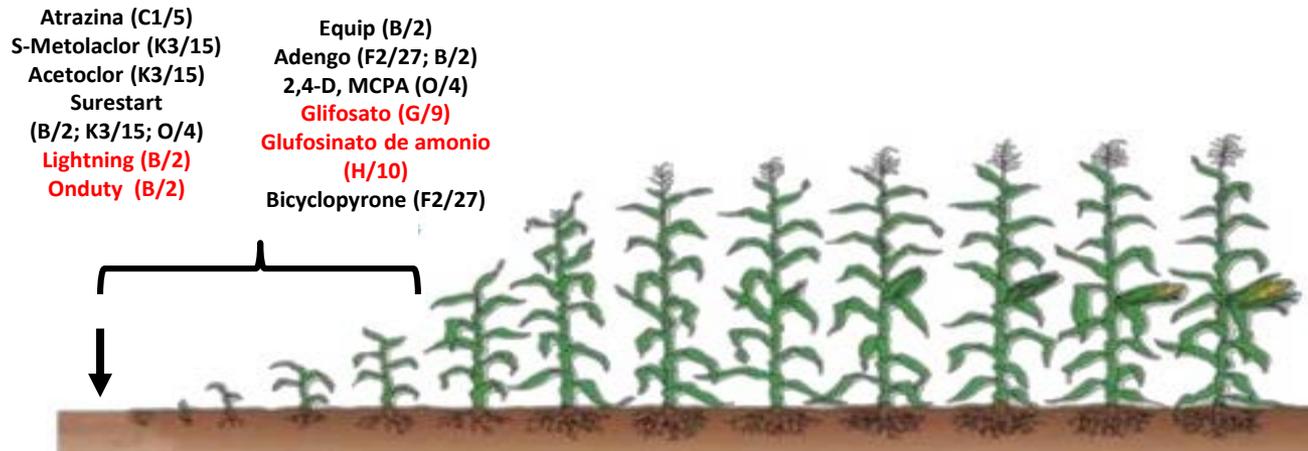
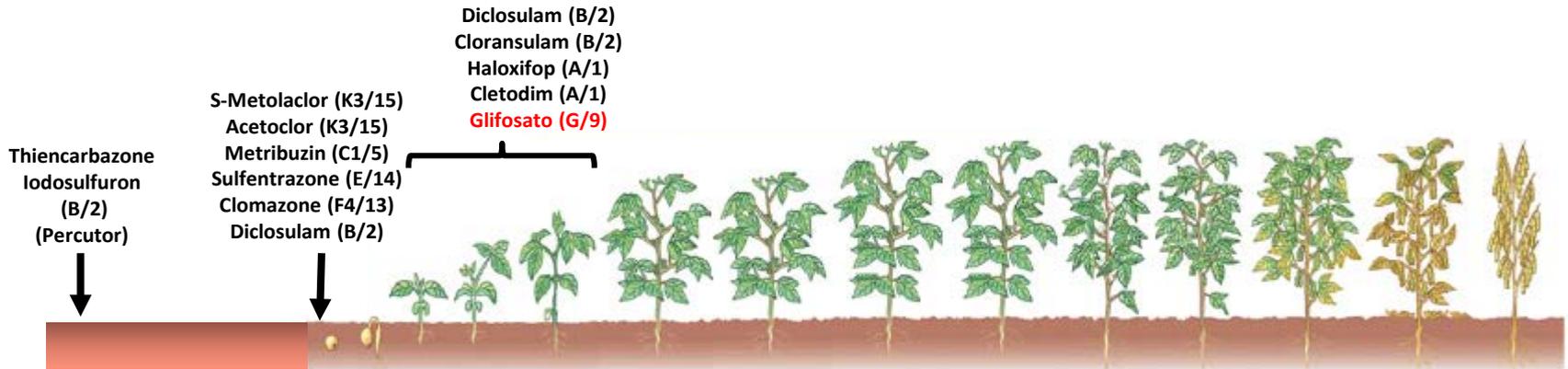
Secuencias durante el ciclo



A través de varios ciclos



Ejemplos:



Manejo Proactivo: Herbidas y Tácticas Culturales

- Nuevos eventos transgénicos:
 - Soja resistente a 2,4-D y Dicamba
 - Maíz resistente a Haloxifop
- Son herramientas muy valiosas si son usadas como **una parte** de la estrategia.
- Pueden agravar los problemas de resistencia si son mal usadas.



<https://www.youtube.com/watch?v=S4oX9calvdw>

Muchas Gracias por su Atención

Equipo de trabajo:

Eduardo Felix (tesis de grado FAGRO)

Santiago Urioste (tesis de grado FAGRO)

Ana Inés Carriquiry (tesis de maestria FAGRO)



**Mauricio
Cabrera (INIA)**



**Evangelina
García (INIA)**



**Carlos
Vazquez (INIA)**



Agro Slide Bank. <http://asb.com.ar/>

Appleby, A. P. 2005. A History of Weed Control in the United States and Canada: A Sequel. Weed Science 53: 762-768.

Duke, S. O., Powles, S. B. 2009. Glyphosate-resistant crops and weeds: Now and in the future. AgBioForum 12: 346-357.

Grain Research and Development Corporation.

<http://www.grdc.com.au/Resources/IWMhub/Section-1-Herbicide-resistance>

Heap, I. 2014. Global perspective of herbicide-resistant weeds. Pest Management Science 70: 1306-1315.

Kassam A., Friedrich T., Derpsch R., Kienzle J. (2014). Worldwide adoption of Conservation Agriculture. 6th World Congress on Conservation Agriculture, 22-25 June 2014, Winnipeg, Canada. Disponible en: <http://www.ctic.org/media/pdf/WCCA/Amir-presentation%20at%20WCCA6-final2.pdf>. Ultimo acceso: 28 de septiembre de 2009.

Monaco, T., J, Weller, S., and Ashton, F., M. 2002. Weed science principles and practices. John Wiley & sons, INC, pp.

Rodríguez N.E. 2004. Malezas nuevas? o viejas que se adaptan a los nuevos sistemas. Malezas con grados de tolerancia a glifosatio. Identificación. Manfredi, Córdoba (AR): INTA – EEA. Boletín – Proyecto Regional de Agricultura Sustentable No. 1, p.1-4



