

Seminario  
**Actualización sobre  
Manejo de Malezas**

## **Resistencia de malezas a herbicidas: Evolución, importancia y principios de manejo**

**Bernal E. Valverde**

**Investigador / Consultor Principal**



Investigación y Desarrollo en Agricultura Tropical, S.A.  
Alajuela, Costa Rica, [www.ideatropical.com](http://www.ideatropical.com)

**Franklin Herrera**

**Catedrático**



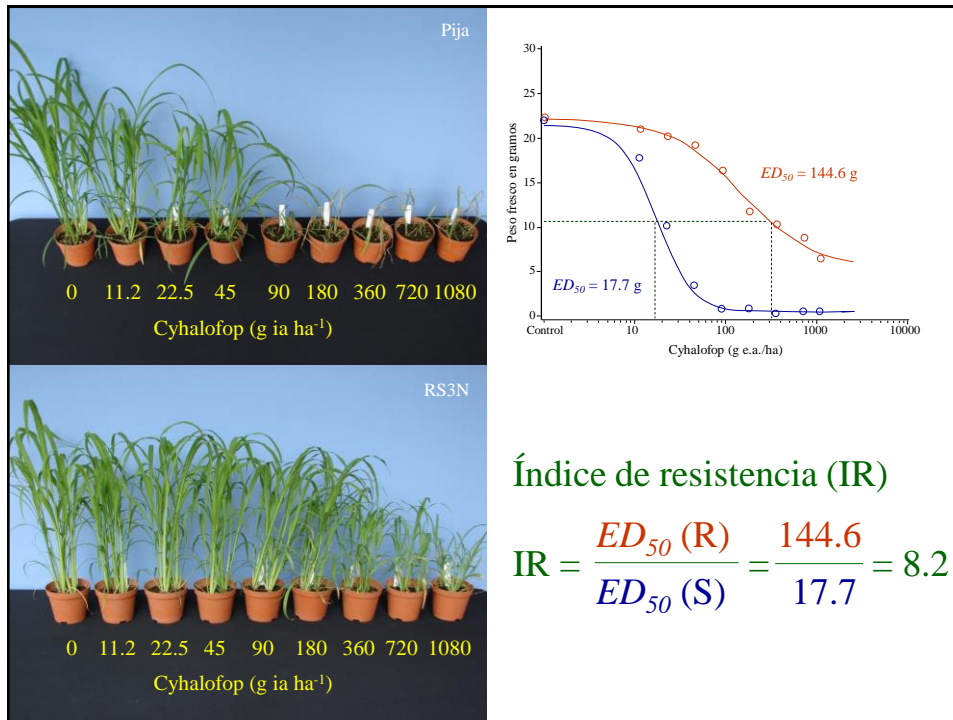
Universidad de Costa Rica



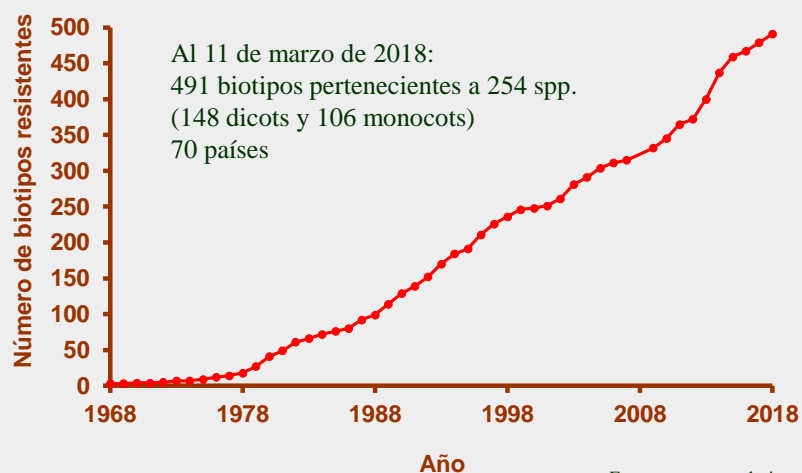
## **Resistencia**

Capacidad evolucionada de una población de una maleza anteriormente susceptible a un herbicida de soportarlo y completar su ciclo de vida cuando el herbicida se emplea a su dosis normal en una situación agrícola (Heap & LeBaron 2001)



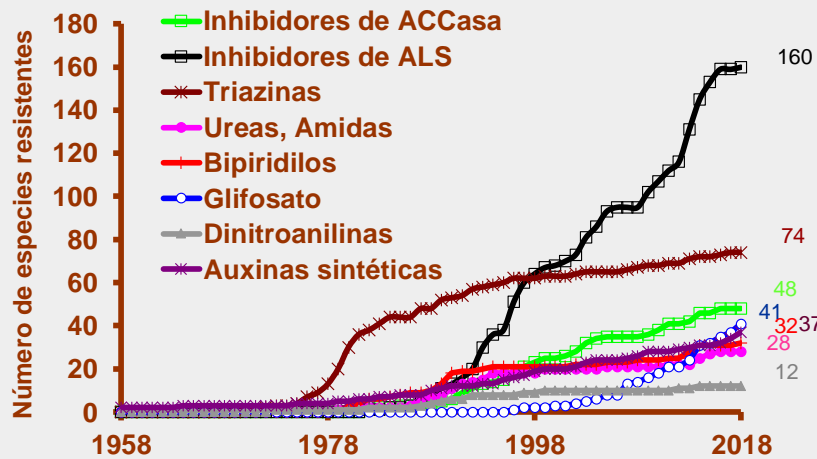


## Aumento cronológico de casos singulares de malezas resistentes a herbicidas en el mundo



Fuente: [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)

## Casos de resistencia según modo de acción



## Especies resistentes más importantes

Especies	Total v	ACCasa	ALS	FSII	Ureas Amidas	FSI	EPSPS	Inh. MTs	Auxínicos	HPPD	Otros
<i>Lolium rigidum</i>	11										4
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>	9										3
<i>Poa annua</i>	9										3
<i>Avena fatua</i>	8										5
<i>Alopecurus myosuroides</i>	7										2
<i>Echinochloa colona</i>	7										1
<i>Eleusine indica</i>	7										1
<i>Lolium perenne</i> ssp. <i>multiflorum</i>	7										3
<i>Amaranthus palmeri</i>	6										1
<i>Amaranthus tuberculatus</i> (= <i>A. rudis</i> )	6										1
<i>Amaranthus hybridus</i> (syn: <i>quitensis</i> )	5										2
<i>Amaranthus retroflexus</i>	5										2



Fuente: www.weedscience.org

## Países que contribuyen más casos de malezas resistentes a herbicidas

	Estados Unidos	161
	Australia	90
	Canadá	67
	Francia	50
	Brasil	46
	China	43
	España	38
	Japón	36
	Israel	36



## Casos confirmados en Costa Rica

<i>Echinochloa colona</i>	Propanil, ACCasa Múltiple
<i>Ixophorus unisetus</i>	ALS
<i>Oryza sativa</i> (arroz maleza)	ALS
<i>Eleusine indica</i>	ALS, Glifosato
<i>Poa annua</i>	ACCasa
<i>Paspalum paniculatum</i>	Glifosato
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	ACCasa
<i>Ischaemum rugosum</i>	ALS y ACCasa



## Cultivos que contribuyen más casos de malezas resistentes a herbicidas

Cultivo	Casos	Especies
Trigo	320	75
Maíz	309	61
Arroz	158	51
Soya	304	48
No agrícola*	66	34
Trigo invierno	70	32
Cebada primaveral	75	30
Huertos	77	27

\*Borde de carretera



Actualizado 11 de marzo de 2018

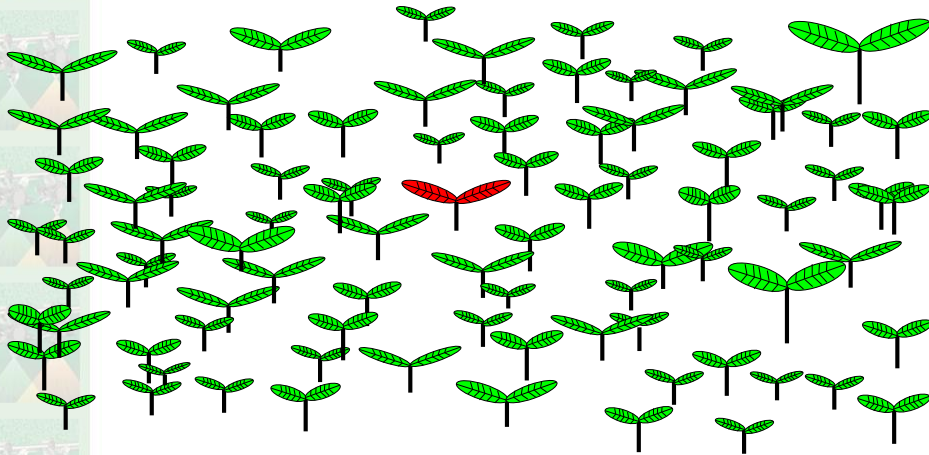
## Por qué evoluciona la resistencia?

### ➤ Presión de selección impuesta por herbicida

- ❖ Dosis y naturaleza química del herbicida
- ❖ Eficacia del herbicida
- ❖ Frecuencia de uso

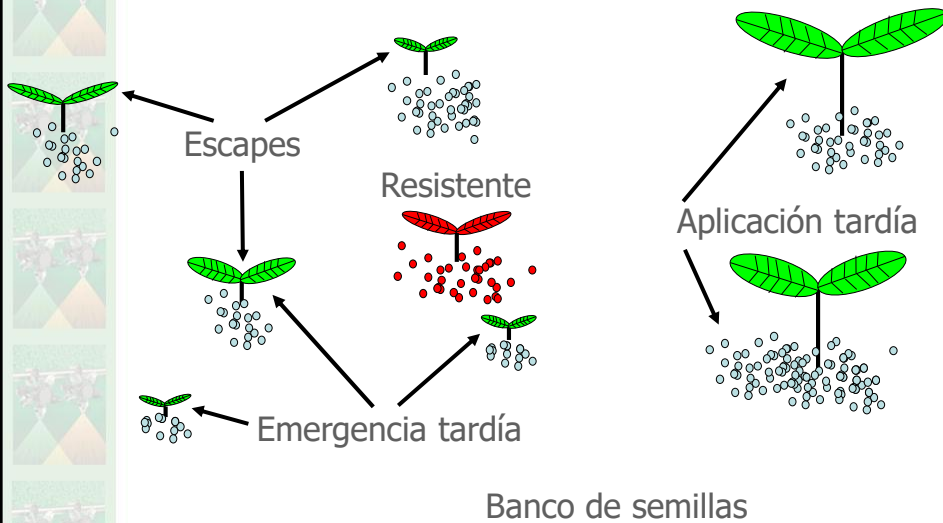


*Presión de selección*



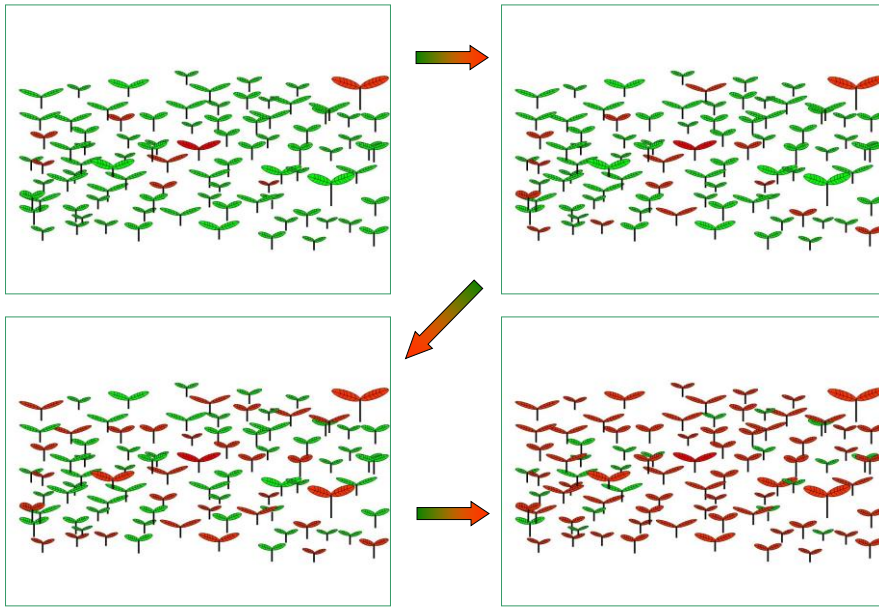
Provisto por Ian Heap

*Plantas sobrevivientes producen semilla*



Provisto por Ian Heap

### *Ineficacia del herbicida debida a resistencia*



## Por qué evoluciona la resistencia?

- **Presión de selección impuesta por herbicida**
- **Variabilidad y adaptabilidad de la maleza**
  - ❖ Frecuencia inicial y herencia del gene (o los genes) de resistencia
  - ❖ Características de reproducción, diseminación y adaptabilidad de la especie de maleza

## Por qué evoluciona la resistencia?

- **Presión de selección impuesta por herbicida**
- **Variabilidad y adaptabilidad de la maleza**
- **Flujo de genes e introgresión**
  - ❖ Flujo de genes de malezas resistentes a malezas susceptibles compatibles
  - ❖ Flujo de genes de cultivos resistentes a herbicidas hacia malezas emparentadas compatibles



## Posibles mecanismos de resistencia

### Sitio activo

- Mutación específica en el sitio activo
- Mutación en un promotor
- Amplificación de genes (increased copy number)

### Fuera del sitio activo

- Absorción y transporte reducidos
- Secuestro a la vacuola o tejidos inertes
- Metabolismo diferencial
- Necrosis rápida de hojas tratadas

Varios mecanismos pueden evolucionar conjuntamente



## Resistencia por mutación del sitio activo

➡ *Alta propensión a mutación*

### Inhibidores de ALS

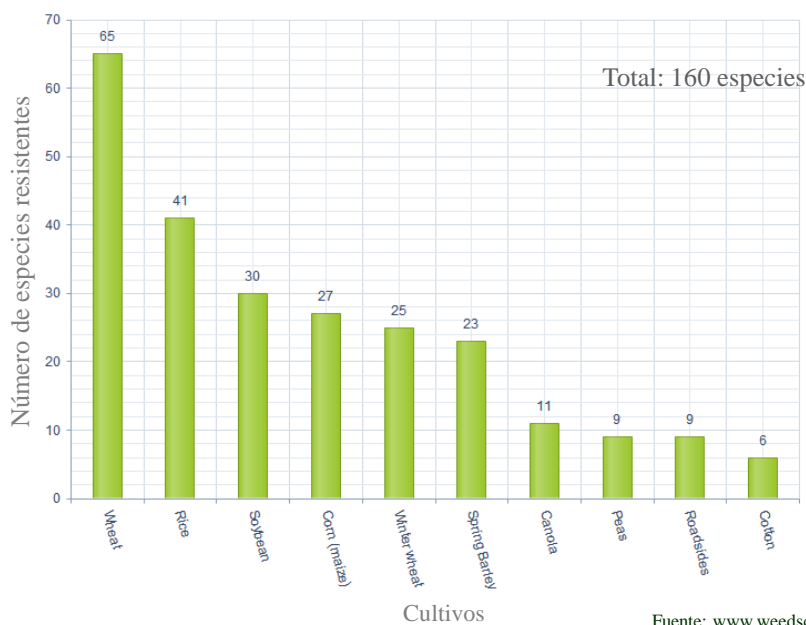
- Sulfonilúreas
- Imidazolinonas
- Triazolopirimidinas
- Pirimidinil (oxi/tio) benzoatos
- Sulfonylaminocarbonil-triazolinona

### Inhibidores de ACCasa

- Ariloxifenoxi propanoatos (fops)
- Ciclohexanodionas (dims)
- Aril-1,3-dionas (den) - Pinoxaden

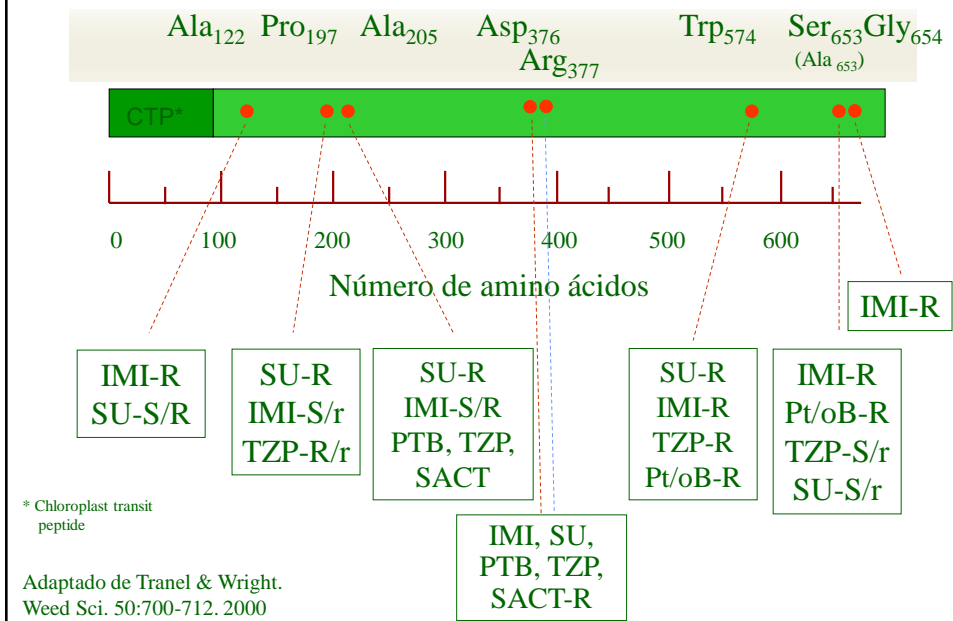


## Resistencia a inhibidores de ALS

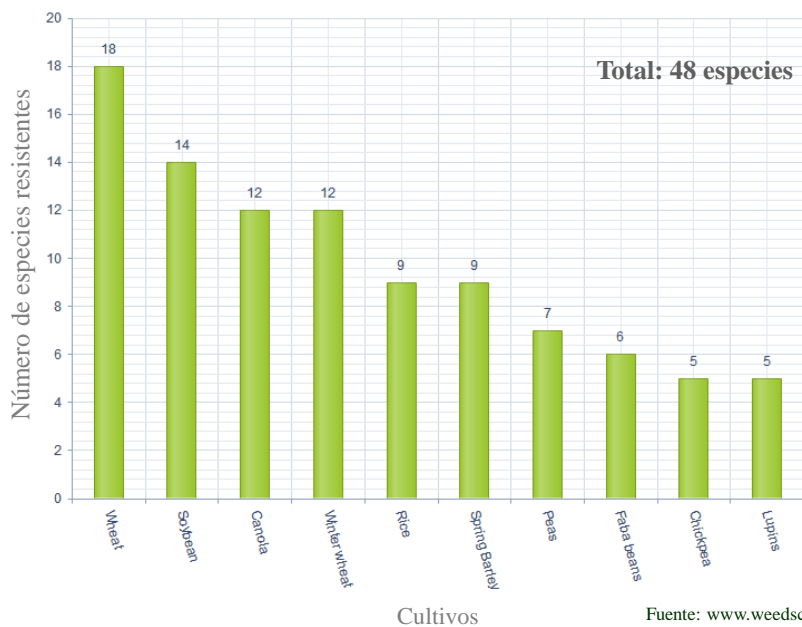


Fuente: [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)

## Inhibidores de ALS



## Resistencia a inhibidores de ACCasa



Sustitución de amino ácido	Especie de maleza gramínea	Espectro de resistencia		
		FOPs	DIMs	DEN
Ile-1781-Leu <b>I1781L/V/A/T</b>	<i>Alopecurus myosuroides</i>	R	R	R
	<i>Avena fatua</i>	R	R	r
	<i>A. sterilis</i>	R	R	—
	<i>Lolium multiflorum</i>	—	R	—
	<i>L. rigidum</i>	R	R	R
	<i>Setaria viridis</i>	R	R	—
Trp-1999-Cys <b>W1999C/L/S</b>	<i>A. sterilis</i>	R <sup>d</sup> /S	S	—
Trp-2027-Cys	<i>A. myosuroides</i>	R	S	R
	<i>A. sterilis</i>	R/r	r	—
	<i>L. rigidum</i>	—	r	—
Ile-2041-Asn	<i>A. myosuroides</i>	R	S	r
	<i>A. sterilis</i>	R	r	—
	<i>Pbalaris paradoxa</i>	—	—	—
	<i>L. rigidum</i>	R	r/S	—
Ile-2041-Val	<i>L. rigidum</i>	S/R	S	—
Asp-2078-Gly	<i>A. myosuroides</i>	R	R	R
	<i>A. sterilis</i>	R	R	—
	<i>L. multiflorum</i>	R	R	R
	<i>L. rigidum</i>	R	R	R
	<i>P. paradoxa</i>	R	R	R
Cys-2088-Arg	<i>L. rigidum</i>	R	R	R
Gly-2096-Ala <b>G2096A/S</b>	<i>A. myosuroides</i>	R	r/S	S

Powles &amp; Yu 2010

## Resistencia por mutación del sitio activo

➡ **Alta propensión a mutación**

### Inhibidores de transporte de electrones

#### C1

- Triazinas
- Triazinonas
- Uracilos

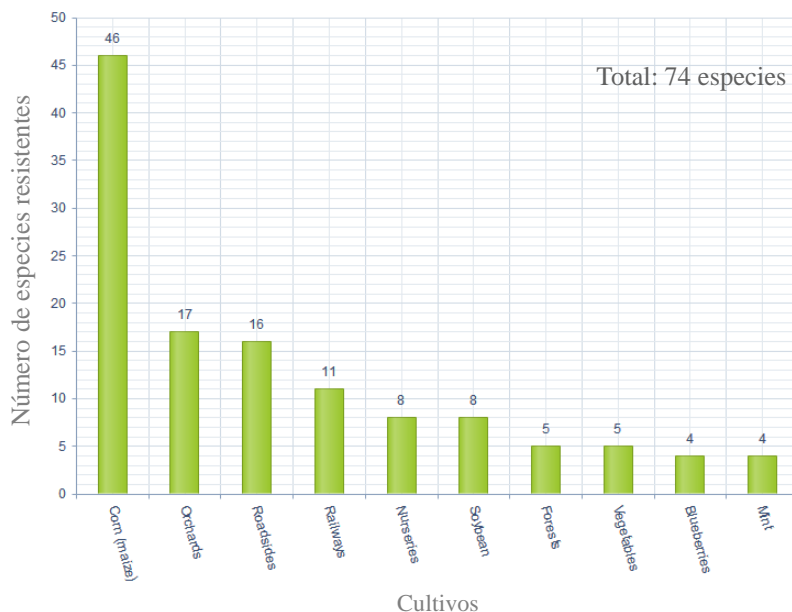
#### C2

- Ureas
- Amidas

#### C3

- Nitrilos
- Benzotiadiazinona

## Resistencia a inhibidores de fotosíntesis

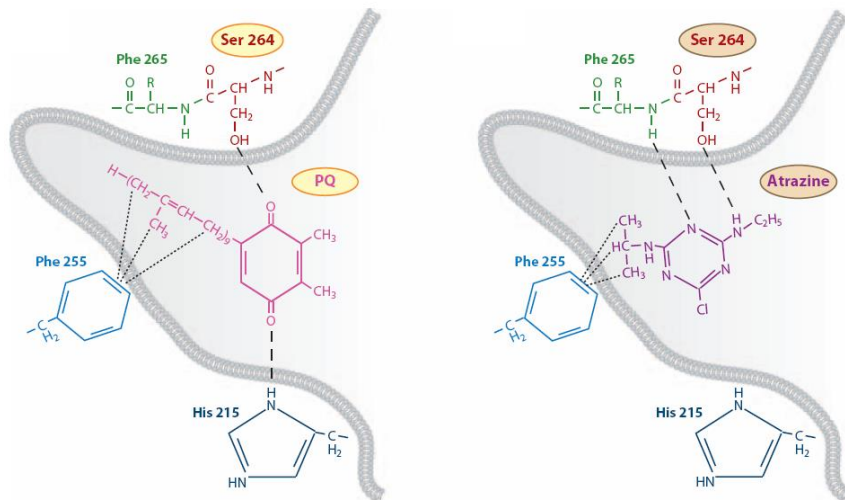


## Inhibidores de fotosíntesis (FSII)

- Inhibidores del FSII compiten con la plastoquinona (PQ) por su sitio de acople en la proteína D1
- La inhibición del transporte de electrones en el FSII detiene la producción de NADPH y ATP y el ciclo de reducción del carbono, lo que conduce a inanición por carbohidratos y a estrés oxidativo
- La resistencia de sitio activo a las triazinas la confiere una mutación (Ser-264-Gly) en el gene cloroplástico *psbA* (de herencia materna) que codifica a D1
- La mutación Ser-264-Gly evita el acople de la triazina pero mantiene el de la PQ



## Interacción de la plastoquinona (PQ) y atrazina con amino ácidos dentro del sitio de acople de PQ en D1



Annu. Rev. Plant Biol. 2010. 61:317–47



*Abutilon theophrasti*



*Amaranthus palmeri*

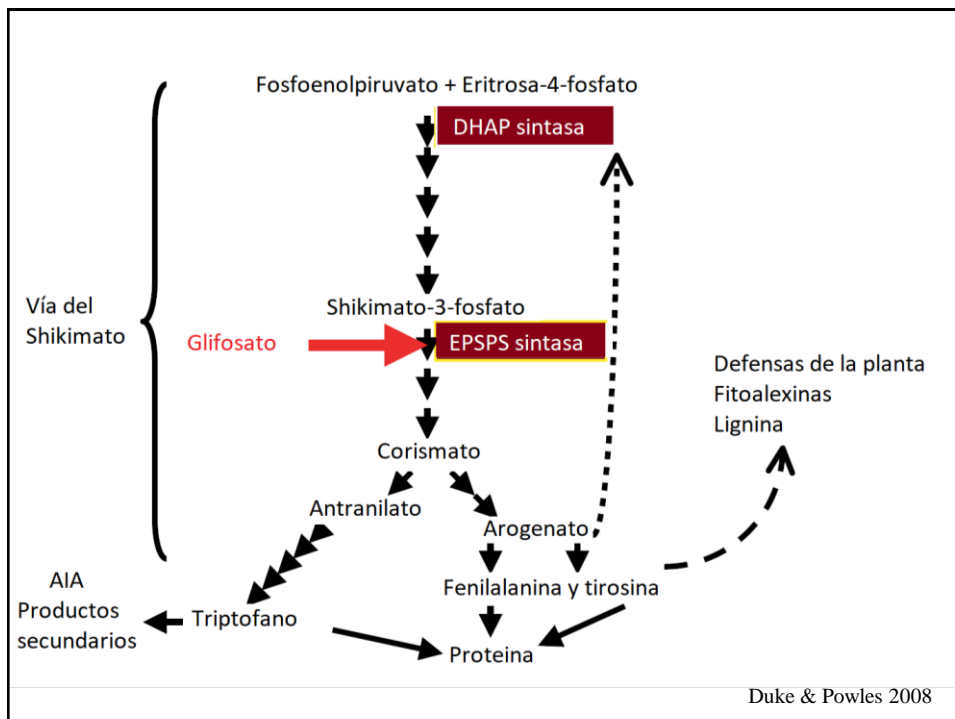
Elevada actividad de las GST confiere resistencia a atrazina en estas dos especies

## Resistencia por mutación del sitio activo

➡ *Baja propensión a mutación*

### Glifosato: Inhibidor de la EPSPS en la vía de síntesis de amino ácidos aromáticos

- El glifosato es el herbicida más usado en el mundo
- Resistencia documentada en 1996 en *L. rigidum* en Australia (población tratada por 15 años) y poco después en *E. indica* en Malasia



## Resistencia a glifosato

- 41 especies (19 monocotiledóneas y 22 dicotiledóneas) incluidas en el Recuento
- Se ha presentado en cultivos de plantación, en sistemas de producción de labranza mínima y en cultivos transgénicos Roundup Ready®
- Niveles de resistencia de bajos a intermedios frecuentemente conferidos por mecanismos múltiples



## Mutaciones en EPSPS

Especie	Mutación	IR	País
ELEIN	Pro106Ser	5/2.8	MY/FIL
	Pro106Thr		MY
	Thr102Ile + P106T	>30	Au, CN
LOLRI	Pro106Thr	3.4	Au
	Pro106Thr (+ trans)		S. África
LOLMU	Pro106Thr		Chile
	Pro106Ala	15	EE.UU.-CA
	Pro106Leu		S. África
ECHCO	P106T o/+ P106L	4-9/2	EE.UU./Au



## Resistencia fuera del sitio activo

### *Metabolismo diferencial*

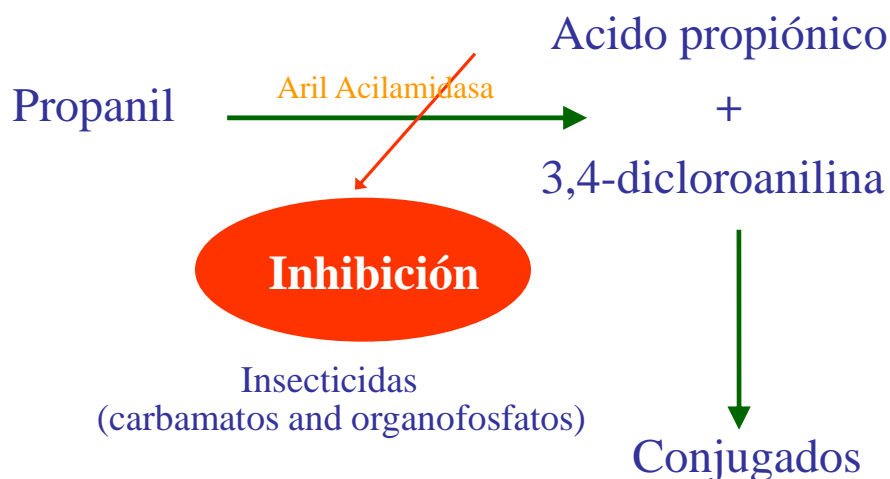
#### Propanil: Inhibidor de fotosíntesis (FSII)

- *E. colona* en Costa Rica y resto de CA, Colombia, México, Venezuela, Italia (*E. erecta*) y EE.UU.
- *E. crus-galli* en EE.UU., Grecia, Sri Lanka, Italia, Filipinas
- *Leptochloa chinensis* en Malasia
- *Ischaemum rugosum*\* y *L. scabra* (Venezuela)
- *Cyperus difformis* y *Schoenoplectus mucronatus* (EE.UU.)



\*R-múltiple

## Hidrólisis de propanil



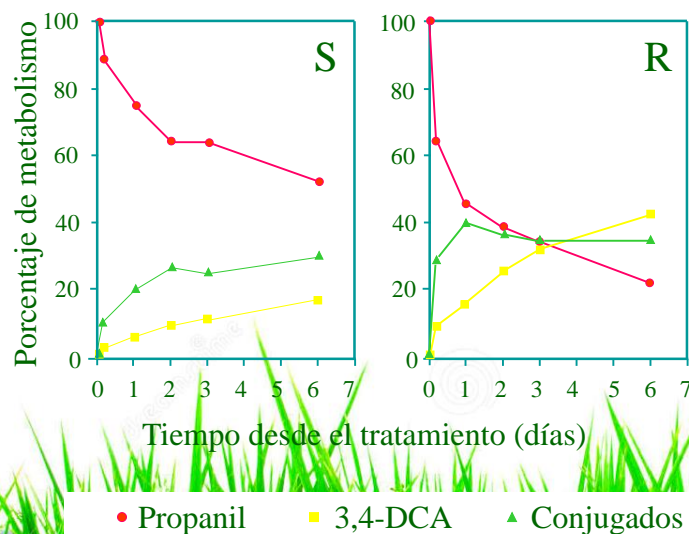


## Resistencia a propanil

- Mecanismo de resistencia primario es el metabolismo acelerado por actividad acrecentada de arilacil amidasas (en *Echinochloa* spp y *L. chinensis*)
- Mimetismo bioquímico del mecanismo de selectividad del propanil en arroz



### Metabolismo de propanil en *E. colona* de Costa Rica



Leah et al. 1995



## *Cyperus difformis* evolves resistance to propanil

Bernal E. Valverde<sup>a,b</sup>, Louis G. Boddy<sup>c</sup>, Rafael M. Pedroso<sup>d</sup>, James W. Eckert<sup>d</sup>,  
Albert J. Fischer<sup>d,\*</sup>

<sup>a</sup> Investigación y Desarrollo en Agricultura Tropical (Idea Tropical), PO Box 2191, Alajuela 4050, Costa Rica

<sup>b</sup> Faculty of Life Sciences, The University of Copenhagen, Højebakkegaard Allé, 13, Taastrup DK-2630, Denmark

<sup>c</sup> Marrone Bio Innovations, 2121 Second Street, Ste. B-107, Davis, CA 95618, USA

<sup>d</sup> Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA, USA

Poblaciones también son resistentes a inhibidores de ALS: bensulfurón-metilo, imazosulfurón, halosulfurón-metilo y penoxsulam

Mutación Val 219 Ile en gene *psbA* confiere resistencia a propanil y resistencia cruzada a metribuzina, bromoxinil y diuron, pero no a atrazina

Esta mutación también confiere resistencia en *Schoenoplectus mucronatus* (Pedroso et al. 2016)

## Resistencia fuera del sitio activo

### *Metabolismo diferencial*

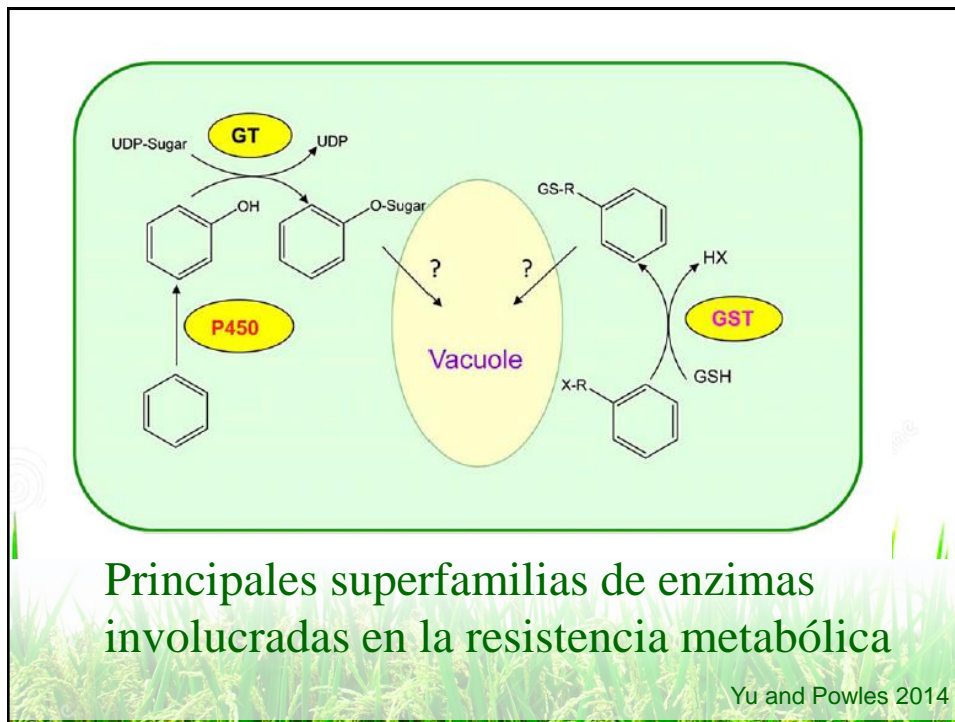
#### Inhibidores de ALS

- Casos en aumento
- Puede conferir niveles de resistencia elevados
- Involucra citocromos P<sub>450</sub>
- Citocromos pueden ser inducidos por el herbicida

#### Inhibidores de ACCasa

- Mecanismo predominante
- Puede conferir niveles de resistencia elevados
- Metabolismo y neutralización de radicales libres mediante actividad peroxidasa de enzimas  $\phi$ - y  $\lambda$ -GST y la producción de flavonoides protectores





### Resistencia metabólica a inhibidores de ALS

- *CYP71AK2* y *CYP72A254* son inducidos por bispyribac (BPB) y se expresan más en un biotipo de *Echinochloa phyllopogon* resistente a BPB que en el susceptible (Iwakami et al. 2013)
- *CYP81A12* y *CYP81A21* confieren resistencia a bensulfuron in *E. phyllopogon* (Iwakami et al. 2014)
- *CYP81A12* y *CYP81A21* también confieren resistencia a diclofop, tralkoxidim y pinoxaden pero no a fenoxaprop (Iwakami et al. 2017, GHRC-Denver)

## Resistencia fuera de sitio activo a herbicidas ALS en *Lolium* spp.



Duhoux et al. 2017. Plant Science 257:22–36

Se identificaron y validaron 19 genes marcadores asociados con RFSa a inhibidores de ALS en *Lolium* spp.

Estos marcadores codifican proteínas de familias involucradas en distintas fases del metabolismo de herbicidas

## Resistencia fuera de sitio activo a herbicidas ALS en *Lolium* spp.

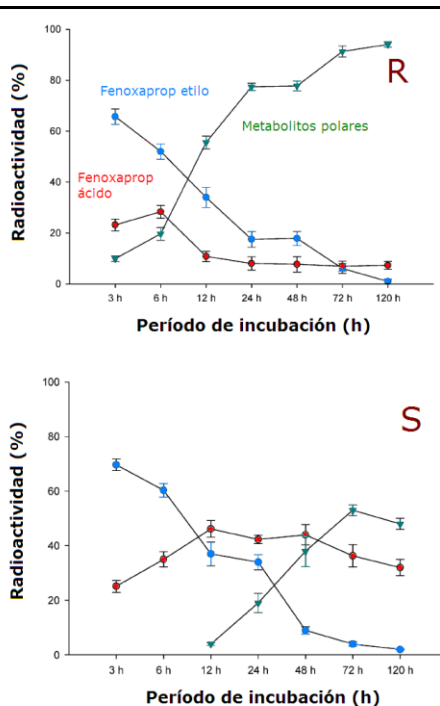
- Fase I, Enzimas de escisión y oxidativas: citocromos P450, hidrolasas o esterasas  
*CYP72A, CYP72A2, CYP81B1\**, *CYP81B2, HYDROL-A, HYDROL-B, ESTERA*
- Fase II, Enzimas conjugativas: transferasas, glicosil-transferasas, glutatión-S-transferasas  
*GST-phi-A, GST-tau-I, GST-tau-J, GST-tau-K, GT-A, GT-C, GT-D, TRANF*
- Fase III, Transportadores de metabolitos conjugados: Transportadores ABC  
*ABC-A, ABC-B*
- Fase IV, Enzimas catalizadoras de la degradación de metabolitos conjugados: peptidasas  
*PEPTIDA*

*CYP81B1* probablemente sea un homólogo de los genes *CYP81A12* y *CYP81A21* de *E. phyllopoëon*

Duhoux et al. 2017. Plant Science 257:22–36

### *E. phyllopogon* resistente a fenoxaprop

- ED<sub>50</sub> (R): 110 g ia ha<sup>-1</sup>, ED<sub>50</sub> (S): 11 g ia ha<sup>-1</sup>
- También resistente a bispiribac, molinate y tiobencarbo
- ACCasa no alterada ni sobre-expresada
- Transporte diferencial no contribuye a la resistencia
- Metabolismo más eficiente en el biotipo resistente



Porcentaje del fenoxaprop absorbido encontrado como éster etílico, ácido y metabolitos polares (CDHB-GSH, CDHB-GlyCys, y CDHB-Cys) en extractos foliares de *E. phyllopogon*

Bakkali et al. 2007

## Mecanismos múltiples para resistencia aumentada a un herbicida

### Posibles mecanismos de resistencia a glifosato

#### Sitio activo

- Mutación en el gene *EPSPS*
- Mutación de un promotor
- Amplificación del gene *EPSPS* (mayor número de copias)

#### Fuera del sitio activo

- Reducción de absorción y transporte
- Secuestro en la vacuola
- Degradación diferencial en la planta
- Necrosis rápida de hojas tratadas

**Combinación de mecanismos aumenta el nivel de resistencia**



[Planta](#)

February 2016, Volume 243, [Issue 2](#), pp 321–335

Multiple mechanism confers natural tolerance of three lilyturf species to glyphosate

Chanjuan Mao, Hongjie Xie, Shiguo Chen, Bernal E. Valverde, Sheng Qiang

*Ophiopogon japonicus* (OJ), *Liriope spicata* (LS), y *L. platyphylla* (LP)

- Poseen tres amino ácidos únicos (Asp71Met, Ala112Ile, y Val201Met) en su *EPSPS*, que disminuyen el acople del glifosato, y perdieron el Glu91
- El glifosato aumenta la expresión del gene *EPSPS*
- OJ y LS tienen dos copias del gene *EPSPS*, LP tiene tres copias







Necrosis rápida de  
hojas tratadas  
en *Ambrosia trifida*

Foto: Peter Sekkema

## Respuesta de *Ambrosia trifida* a glifosato



Testigo

900 g ae ha<sup>-1</sup>



Hojas tratadas  
todavía verdes

Nuevo crecimiento  
clorótico



Hojas tratadas  
neuróticas

Nuevo crecimiento  
en desarrollo

44 h; 900 g ae ha<sup>-1</sup>; S vs R

P. Sekkema

## Resistencia múltiple a herbicidas

- Afecta a una variedad de herbicidas con diferentes modos de acción
- Problema en crecimiento mundialmente
- De importancia económica en trigo y arroz; hace el control químico sumamente difícil
- Debida a mecanismos de sitio activo o de fuera del sitio activo, o ambos, en un mismo individuo o población
- Puede conferir resistencia a herbicidas nunca usados anteriormente



### *Echinochloa phyllopogon* en California

<b>Inh. síntesis lípidos:</b>	molinate, tiobencarbo
<b>ACCasa:</b>	fenoxaprop, cyhalofop
<b>ALS:</b>	bispyribac, penoxsulam, halosulfuron, orthosulfamuron
<b>Carotenoides:</b>	clomazone
<b>Auxínico:</b>	quinclorac
<b>FSI:</b>	paraquat





## *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* de Anhui, CN

<b>Síntesis AGCML:</b>	Butachlor
<b>ACCasa:</b>	Cyhalofop
<b>ALS:</b>	Penoxsulam
<b>Pared celular:</b>	Oxaziclomefone
<b>Tubulina:</b>	Pendimetalina

南京农业大学学报 2015,38(5):804-809  
Journal of Nanjing Agricultural University

水稻田稗属 (*Echinochloa* spp.) 杂草  
对稻田常用除草剂的敏感性



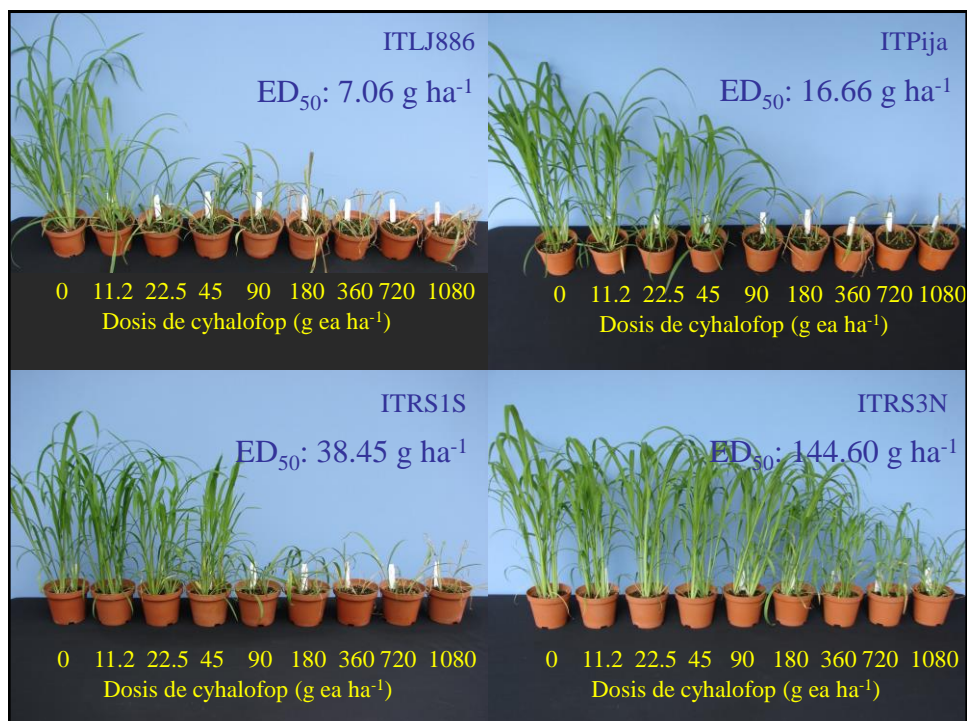
## Casos confirmados en Costa Rica

<i>Echinochloa colona</i>	Propanil, ACCasa Múltiple
<i>Ixophorus unisetus</i>	ALS
<i>Oryza sativa</i> (arroz maleza)	ALS
<i>Eleusine indica</i>	ALS, Glifosato
<i>Poa annua</i>	ACCasa
<i>Paspalum paniculatum</i>	Glifosato
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	ACCasa
<i>Ischaemum rugosum</i>	ALS y ACCasa



## *Echinochloa colona* en Costa Rica

<b>FSII:</b>	propanil
<b>ACCasa:</b>	fenoxaprop, cyhalofop
<b>ALS:</b>	bispyribac, penoxsulam, imazapir + imazapic
<b>DOXP:</b>	clomazone
<b>Auxínico:</b>	quinclorac
<b>EPSPS:</b>	glifosato (en studio)



## *Ixophorus unisetus* y *Eleusine indica* resistentes a imazapir

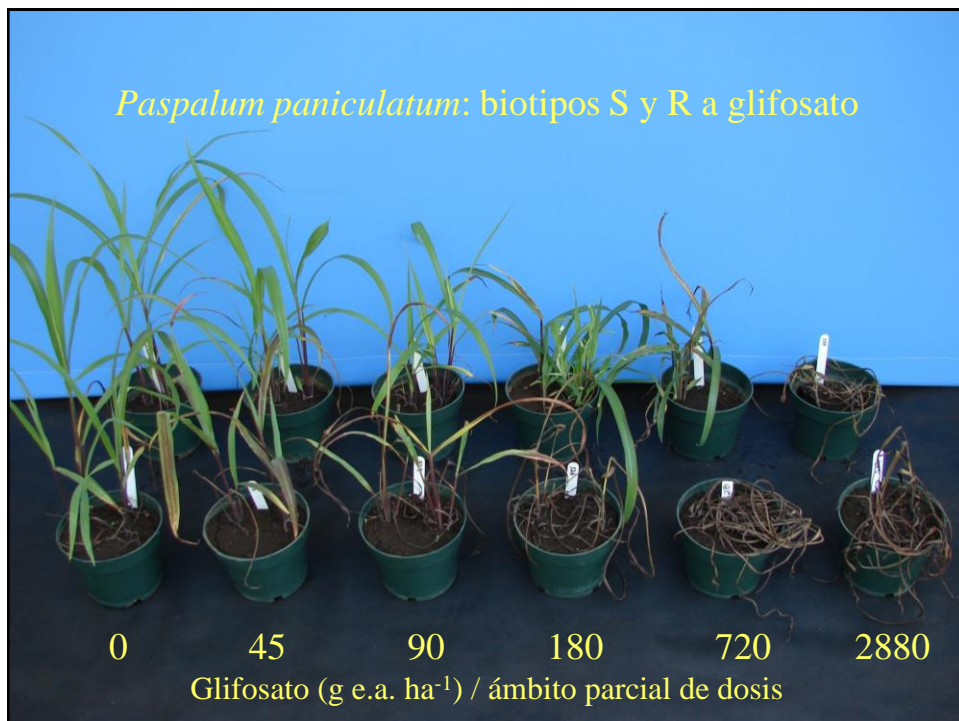
- Descubiertas en Costa Rica en 1989: SETUN en canales de riego y drenaje en caña y arroz; ELEIN en operación avícola
- También resistentes a imazaquin e imazetapir
- Sin resistencia cruzada a sulfometuron-metilo o clorsulfuron
- Sin importancia económica



Valverde et al. 1993



Flujo e introgresión de genes  
de resistencia del arroz Clearfield  
al arroz maleza  
ha puesto en entredicho esta tecnología





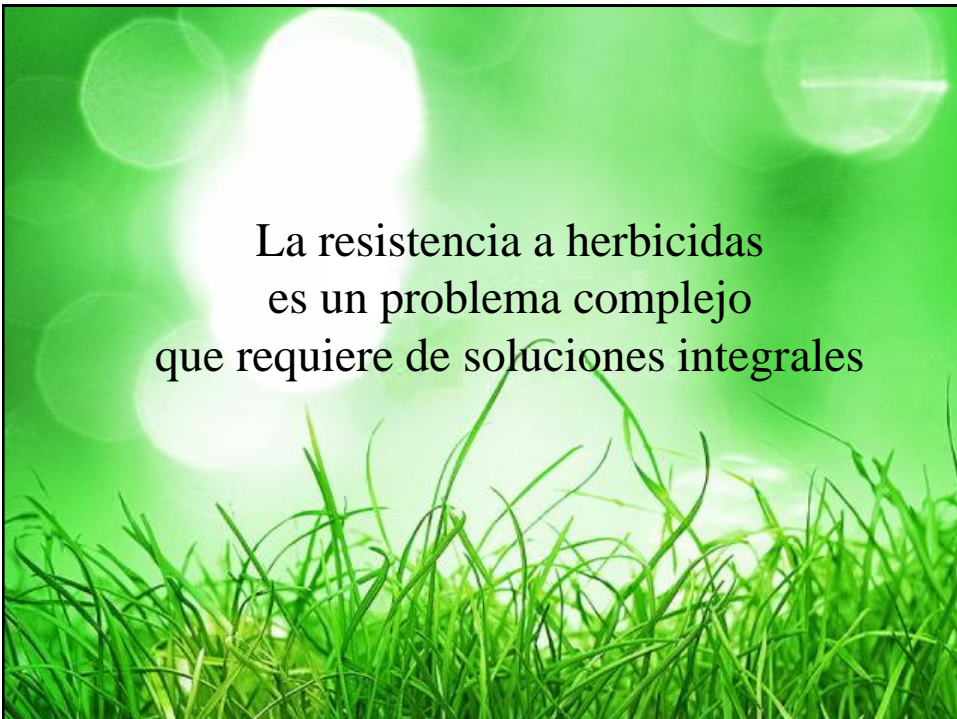
## Otros casos recientes estudiados por el grupo del Dr. Franklin Herrera

*Ischaemum rugosum*



*Rottboellia cochinchinensis*

La resistencia a herbicidas  
es un problema complejo  
que requiere de soluciones integrales



## Prevención de la resistencia

Riesgo de resistencia es mayor en monocultivos altamente dependientes de los herbicidas

Prevención depende de buenas prácticas agronómicas

Estrategia “proactiva” que procura evitar la introducción de malezas resistentes o su selección en el campo

Tácticas preventivas también son útiles en el manejo de las poblaciones resistentes



## *Prácticas preventivas*



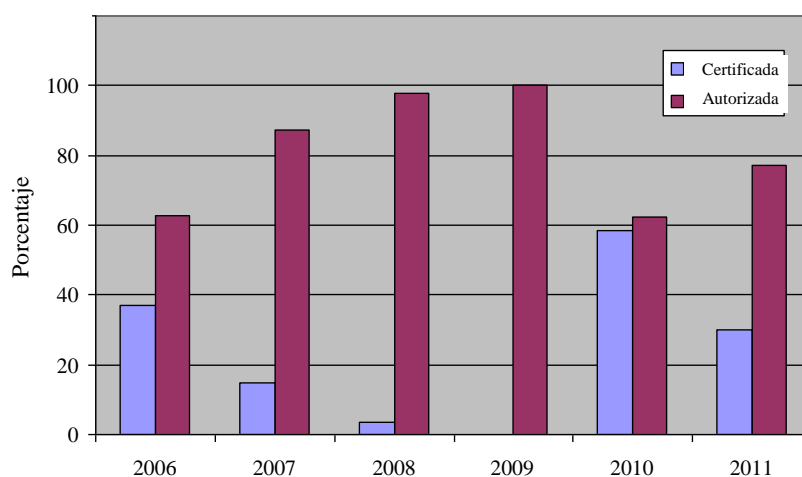
La prevención empieza con la siembra de semilla certificada, libre de contaminación con semillas de malezas resistentes





Se sospecha que *Amaranthus palmeri* resistente a glifosato y a herbicidas ALS fue introducida a Argentina como contaminante de semilla desde los EE.UU.

### Proporción de semilla certificada y “autorizada” de arroz Clearfield sembrada en Costa Rica



Adaptado de informes anuales de la Oficina Nacional de Semillas

### *Prácticas preventivas*

Preparación y cosecha de los campos con equipos limpios

Evitar el ingreso de semillas de malezas con el agua de riego

Monitoreo de los campos para detectar posibles individuos resistentes

Empleo adecuado de los herbicidas (producto, dosis, momento de aplicación, mezclas, etc.)

Evitar o limitar el flujo de genes de resistencia

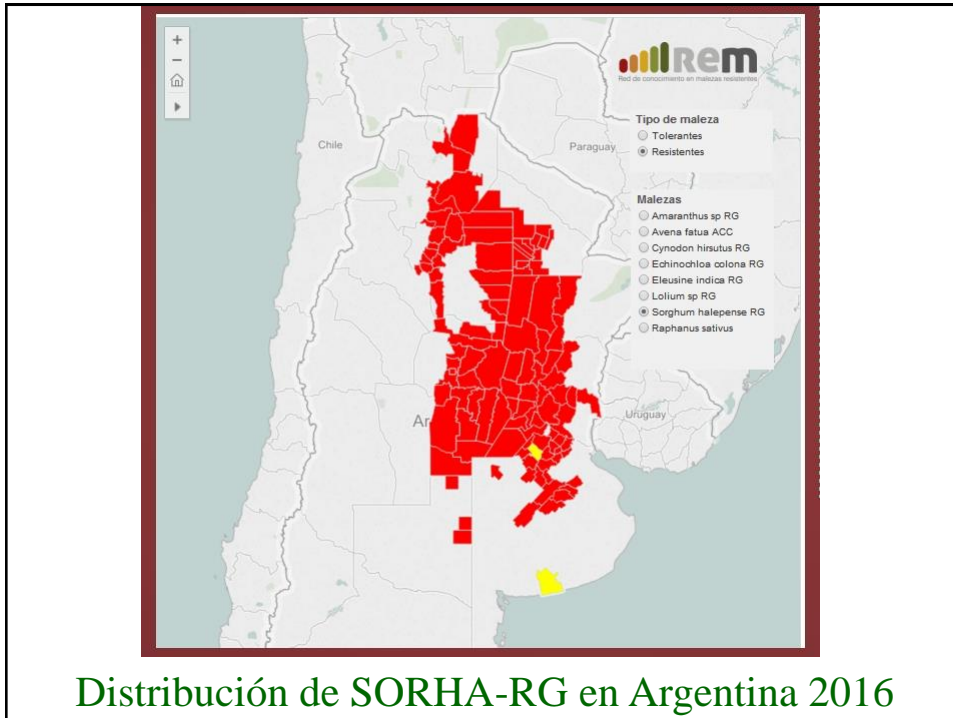
Capacitación y divulgación de información y recomendaciones de manejo





## Distribución en lote afectado (Tucumán)











Monitoreo de los predios para verificar eficacia y detección temprana de posibles casos de resistencia



*Prácticas preventivas para reducir la presión de selección*

Uso moderado de herbicidas proclives a seleccionar biotipos resistentes

Uso de herbicidas no persistentes

Dosis de aplicación del herbicida

↑ Resistencia de sitio activo monogénica

↓ Resistencia multifactorial o poligénica



## Algunos herbicidas son poco propensos a la evolución de resistencia

Auxínicos (2,4-D, dicamba)

Inhibidores de la desaturasa del fitoeno  
(norflurazon, diflufenican)

Inhibidores de la PPO o Protox (flumioxazin)

Inhibidores de la síntesis de ácidos grasos de  
cadena muy larga (metolaclor)

Inhibidores de la sintetasa de la glutamina  
(glufosinato)



## *Prácticas preventivas para reducir la presión de selección*

Empleo juicioso de los herbicidas haciendo  
mezclas y rotaciones adecuadas

Selección cuidadosa de herbicidas a usar en  
aplicaciones secuenciales

Rotación de cultivos



- \* Control de las mismas especies de malezas
- \* Con persistencia similar
- \* Con sitio de acción diferente
- \* Degradados por mecanismos diferentes



## Rotación de herbicidas

- \* Los herbicidas en rotación también deben poseer modos de acción y metabolismo diferentes
- \* Mayoría de problemas de resistencia se presentan con herbicidas postemergentes. Incluir preemergentes en las rotaciones.
- \* Cuando se confirma la resistencia a un producto debe valorarse seriamente restringir su uso

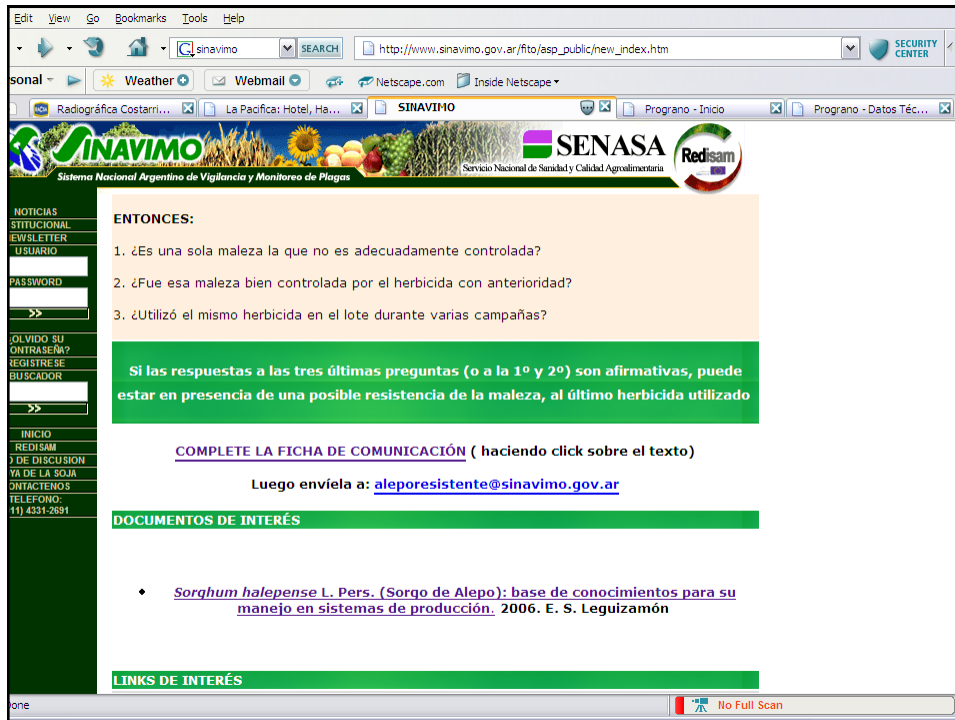


## CAMPAÑA DE PREVENCIÓN



Cortesía I Olea





## Manejo de la resistencia

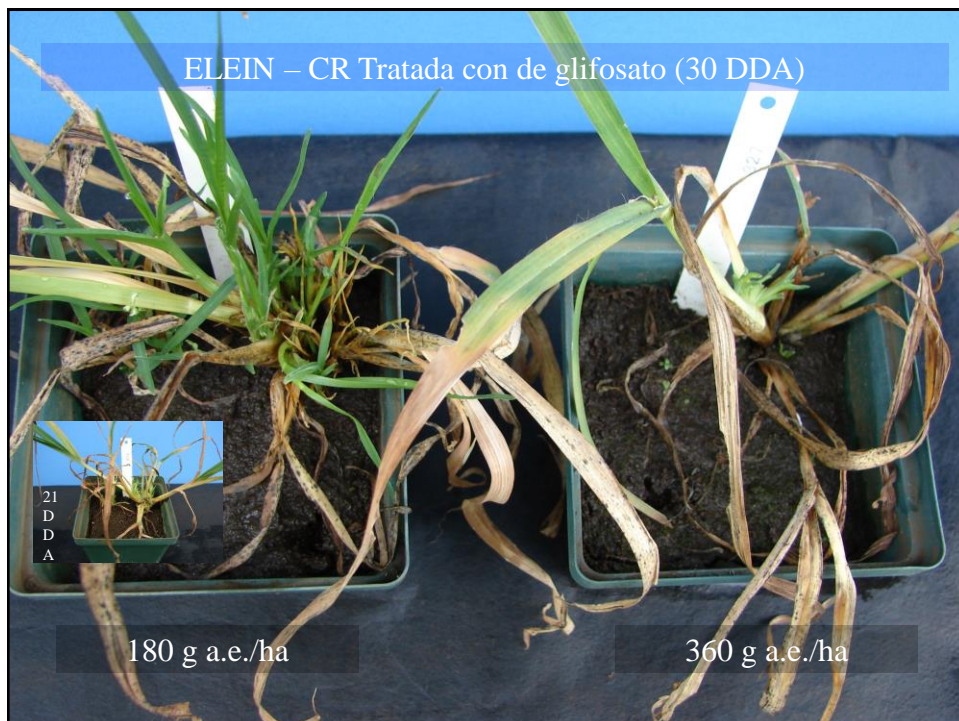
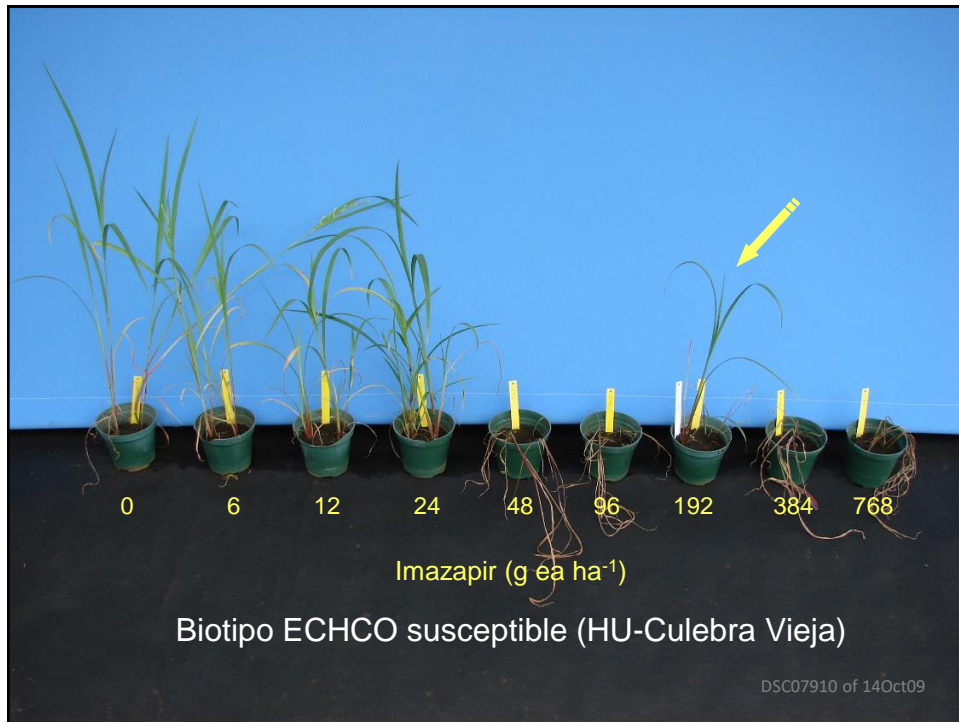


Cortesía del Dr. Bao-Rong Lu

Detección oportuna y confirmación de la resistencia







## El manejo de la resistencia es una estrategia de mediano a largo plazo

- Se requiere implementar tácticas que impacten el banco de semillas en el suelo



## Tácticas para disminuir el banco de semillas

Prácticas de labranza y riego que promuevan la germinación antes de la siembra

Labranza cero o mínimo laboreo – depredación

Uso de herbicidas selectivos o prácticas culturales alternativas

Tratamientos o técnicas para evitar producción de semillas

Recolección o destrucción de semillas para evitar su ingreso en el banco









Foto: Andrew Storrie

Aplicación “selectiva” de un herbicida total a plantas que sobresalen del cultivo



Carretas para remover la paja del cultivo junto con la semilla de *Lolium* y *Raphanus raphanistrum*



Foto: Andrew Thompson

Destructor de semillas de Harrington







## Piperofos y anilofos

- Herbicidas organofosforados
- Absorbidos por las raíces, coleóptilos y hojas de plántulas
- Proveen control selectivo de gramíneas anuales y ciperáceas, especialmente en arroz de riego
- Piperofos comercializado en mezcla con propanil y otros herbicidas. Anilofos usado principalmente como preemergente

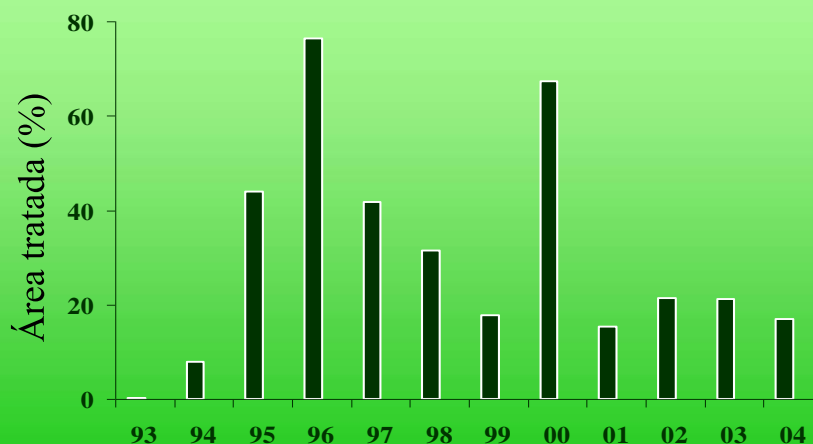
## Efecto del piperofos en la eficacia y selectividad del propanil

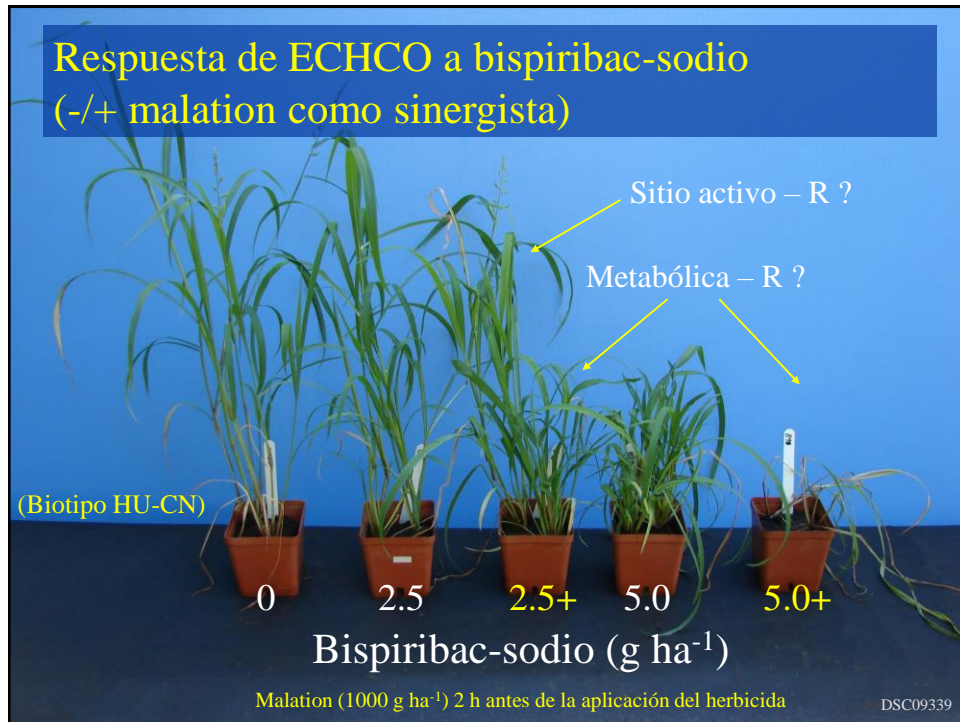
Población	Propanil solo	Propanil + Piperofos <sup>1</sup>
GR <sub>50</sub> (kg propanil ha <sup>-1</sup> )		
<i>E.c.</i> CR-19	5.2	0.6
<i>E.c.</i> CR-24	4.7	1.1
Arroz CR-5272	10.5	9.5
Arroz CR-1821	6.6	7.7

<sup>1</sup> Basado en formulación que contiene 440 g propanil + 40 g piperofos/litro


## Factibilidad del uso de Sinergistas

Uso de propanil más piperofos  
como porcentaje del área de arroz en Costa Rica





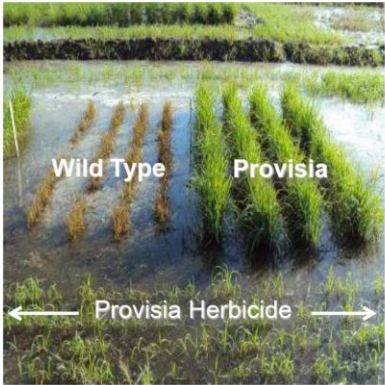




**BASF**  
The Chemical Company

## Provisia™ Rice Production System

### Introduction




**Provisia™ rice:**

- » A new non-GM rice trait under development for red rice and broad spectrum grass control with select ACCase inhibitor herbicides
- » To be used in rotation with Clearfield rice and other crops

**Provisia™ herbicide:**

- » Active ingredient: quizalofop-p-ethyl
- » Registration pending for use in Provisia rice

Basado en la mutación Gly2096Ser, la cual se ha identificado en *A. fatua* en Canadá y en *Phalaris paradoxa* en México resistentes a graminicidas (Beckie 2012, Cruz-Hipolito et al.2012)

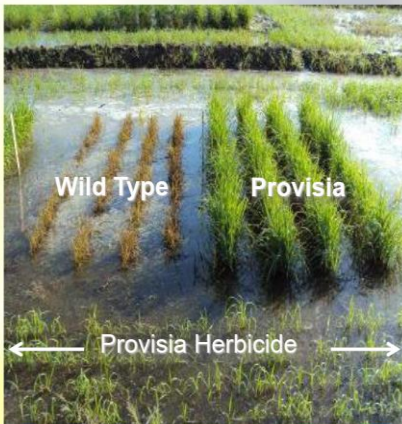


**BASF**  
The Chemical Company

## Provisia™ Rice Production System

### Summary

- The Clearfield® production system is important for red rice control and US rice production.
- The Provisia™ production system will provide an alternative trait and herbicide MOA to complement the Clearfield system.
- A stewardship program including Clearfield and Provisia trait / herbicide rotation, other crop rotations and additional agronomic practices will help ensure system longevity



→ The Provisia™ Rice system will be available in the last half of this decade

## Algunas consideraciones sobre el programa Provisia

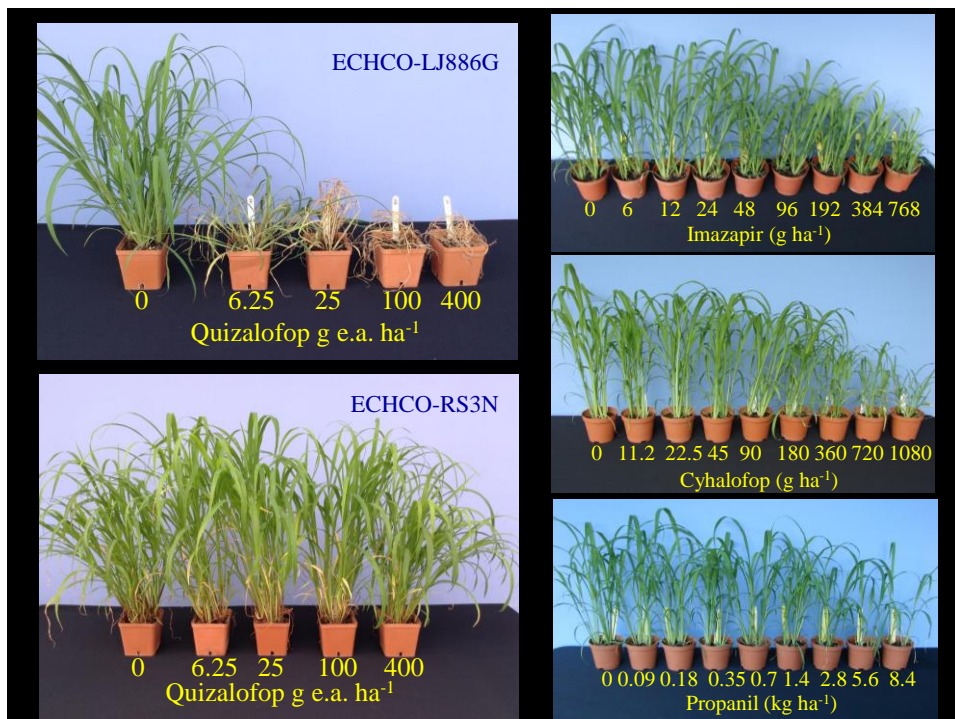
Variedades no son tolerantes a otros graminicidas (fluazifop, cletodim), pero se puede usar cyhalofop y fenoxaprop

Se requieren dos aplicaciones de quizalofop

Posibles problemas de deriva

Posibles antagonismos en mezclas de herbicidas

Resistencia metabólica cruzada







52% del área sembrada sometida a control manual  
a un costo de US\$ 72/ha (máximo US\$ 370/ha)





Dr. Ian Heap

## Agradecimiento

Director  
International Survey  
of Herbicide Resistant Weeds  
Corvallis, Oregon, USA  
[IanHeap@WeedScience.org](mailto:IanHeap@WeedScience.org)



Gracias por su atención



[www.ideatropical.com](http://www.ideatropical.com)