



**SEMh**  
Sociedad Española de Malherbología



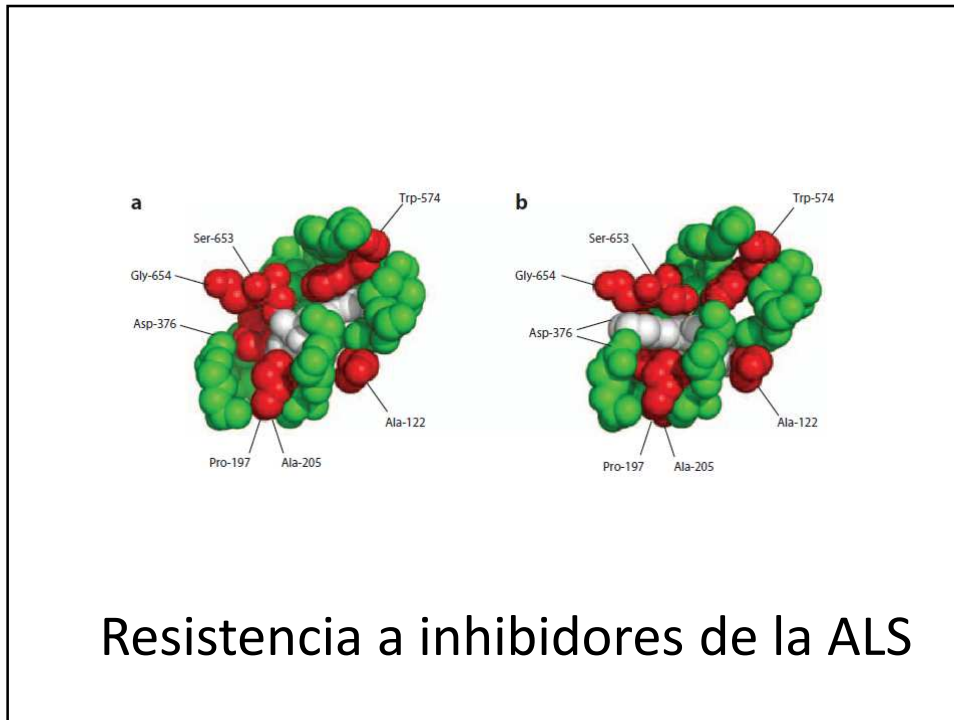
Malas hierbas emergentes en el cultivo del maíz :  
*Sorghum halepense* y *Echinochloa crus-galli*  
resistentes a inhibidores de la ALS

JM Montull  
A Taberner

Huesca, 20 de marzo de 2017

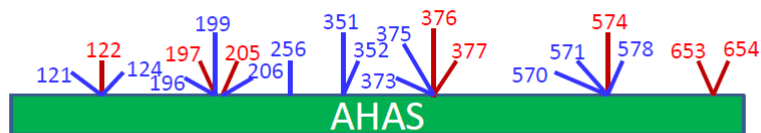
- Resistencia a inhibidores de la ALS
- Determinación de resistencias en *Sorghum halepense*
- Determinación de resistencias en *Echinochloa crus-galli*
- Estrategias de manejo

Índice



## Target-site AHAS resistance mutations

- First identified in *Kochia scoparia* and *Lactuca serriola* (Guttieri et al. 1992)
- Now 26 resistance-endowing amino acid substitutions, at 8 positions of AHAS gene



More new mutations?

Yu. 2012; ALS Inhibitor resistance: Current understanding

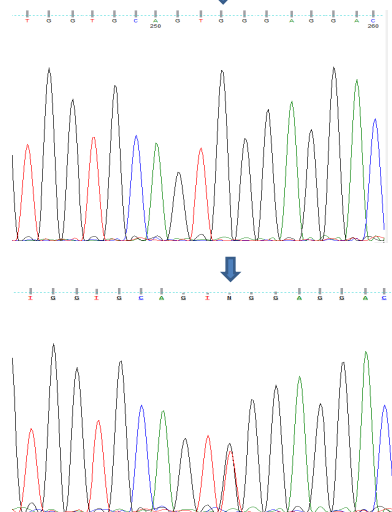


## Estudios en *Sorghum halepense* y *Echinochloa crus-galli*

- Se parte de hojas de plantas que han sobrevivido a tratamientos de nicosulfurón y donde se tenía constancia de fallos de tratamiento en años anteriores
- Extracción del ADN con protocolo EZNA plant DNA kit, utilizado de forma estándar para todas las muestras de planta que se procesan por PCR: Sharka, Fuego bacteriano, etc
- Inicialmente, se utilizaron primers para estudiar desde Pro197 a Asp376. Amplicon de 700bp
- En segundo lugar, se diseñaron primers para estudiar desde Pro197 a Trp 574. Amplicon de 1.5Kbp

## Material vegetal

## Resultados *Sorghum halepense*



En las posiciones 197 y 376 no se han encontrado mutaciones

Biotype	Code	Sequence around Trp574
Susceptible Chile		ACCTGGGGATGGTGGTGCAG <b>TGG</b> GAGGACAGGTT
Susceptible	S1	ACCTGGGGATGGTGGTGCAG <b>TGG</b> GAGGACAGGTT
	S2	ACCTGGGGATGGTGGTGCAG <b>TGG</b> GAGGACAGGTT
Resistant	R1	ACCTGGGGATGGTGGTGCAG <b>T<sub>6</sub>G</b> GAGGACAGGTT
	R2	ACCTGGGGATGGTGGTGCAG <b>T<sub>6</sub>G</b> GAGGACAGGTT
	R5	ACCTGGGGATGGTGGTGCAG <b>T<sub>6</sub>G</b> GAGGACAGGTT

Nº orden	Codigo	Localidad	Provincia	Mutacion Trp 574	Mutacion Pro197
1	1/15	Sena-JN	Huesca	*	
2	2/15	Sena- PC	Huesca	*	
3	3/15	Pallaruelo de Monegros	Huesca	*	
4	12/15	Tordesillas	Valladolid		
5	13/15	Borox	Toledo		
6	20/15	Casa del Olmo	Albacete		
7	23/15	Belcaire d'Urgell	Lleida		
8	24/15	El Salobral	Albacete		
9	25/15	Fontanar	Guadalajara		
10		Els Arcs	Lleida	*	
11	26/15	Bellvis	Lleida	*	
12	27/15	Bellvis	Lleida	*	
13	28/15	El Poal	Lleida		
14	29/15	Bellvis	Lleida	*	
15	30/15	Bellvis	Lleida	*	
16	31/15	Bellvis	Lleida		
17	38/15	Ilche	Huesca		
18	39/15	Torrijos	Toledo	*	
19	40/15	Torrijos	Toledo	*	
20	41/15	Ventallo	Girona		
21	42/15	San Juan de Flumen	Huesca		
22	43/15	Pallaruelo de Monegros	Huesca	*	
23	44/15	Tamarite de Litera	Huesca		
24	45/15	Tornabous	Lleida		
25	46/15	Fruia	Huesca		

## Resultados *Sorghum halepense*

Table 2 Resistance-endowing acetohydroxyacid synthase amino acid substitutions in field-evolved resistant weed species

Amino acid and position <sup>a</sup>	Resistance substitution	Resistance spectrum <sup>b</sup>		Number of species in which mutation detected	References <sup>c</sup>
		SU	IMI		
Ala-122	Thr	S	R	5	S. Friesen & S. Powles, unpublished data
	Tyr	r	R	1	
Pro-197	His	R	S/r	4	180 180 180
	Thr	R	S/r	6	
	Arg	R	S	3	
	Leu	R	R/r/S	8	
	Gln	R	S	4	
	Ser	R	S	14	
	Ala	R	S	6	
	Ile	R	r	1	
	Met	R	—	1	
	Lys	R	—	1	
	Trp	R	—	1	
Ala-205	Val	r/S	R/r	4	
Asp-376	Glu	R/r	R	4	Also see 71
Trp-574	Leu	R	R	16	180
	Arg <sup>d</sup>	R	R	1	
Ser-653	Thr	S/r	R	3	80
	Asn	S/r	R	2	
	Ile	r	R	1	
Gly-654	Glu	—	R	1	154
	Asp	S	R	1	80

Powles et al. 2012

<http://semh.net/wp-content/uploads/2015/09/Diptico-Sorghum-halepense.pdf>

2017 RESISTENCIA A LOS HERBICIDAS

**Sorghum halepense**  
¿Cómo prevenir y manejar una población de *Sorghum halepense* resistente a los herbicidas en el cultivo del maíz?

¿Qué es el *Sorghum halepense*?

¿Qué planta es?  
Es una planta de la familia de las Gramíneas (Poaceae). Por ser muy común tiene varios nombres populares, como juncal, samachón, m. boca o catalán.

Por su ciclo de vida es una planta anual en maíz. En primavera tiene lugar tanto la germinación de las semillas como la emergencia de las venas de las raíces secundarias. Estas raíces sobreviven varios años bajo el suelo. La planta florece a lo largo del verano y fructifica en otoño.

¿Cómo se reconoce?

¿Qué cultivos afecta y en qué zonas de España?

Se presenta en todos los cultivos que se desarrollan en verano: maíz, girasol, cultivos hortícolas y frutales entre los de mayor importancia.

¿Qué daños produce?

La especie es muy competitiva con el maíz. Se estima que en un sprayed burndown a un 5% de superficie del suelo cubierto por el juncal se justifica la intervención para controlarlo. *Sorghum halepense* puede irritar la germinación y el crecimiento de otras especies e invasoras. Es huésped de parásitos y diversos virus del maíz. En grandes cantidades y bajo ciertas condiciones ambientales puede ser tóxica para el ganado.

¿Cómo se controla?

Como medida preventiva, se debe evitar la intoducción por riego proveniente del agua de riego, mediante el empleo de mallas y filtros, canales y acequias. Es importante evitar la dispersión de las semillas y el desarrollo de las raíces secundarias.

Es importante controlar esta mala hierba cuando la intoducción se mantiene en niveles altos de su capacidad por la parcela. En este caso puede hacerse a base de tratamientos herbicidas no selectivos. Para su control no son recomendables los países de cultivo, entre los que se encuentran el maíz, ya que esta práctica favorece la dispersión de las semillas.

Si la intoducción llega a ser abundante del cultivo, hay que recurrir al barbecho y a una buena trilogía, combinando labores mecánicas, tratamientos herbicidas y rotaciones de cultivo.

La tacha mecánica, en barbecho, consiste en pasar de verano al menos hasta 70 cm de profundidad, para llevar a la superficie el mayor número de rizomas y proporcionar al riego para que los rizomas de invierno o su dispersión en verano favorezca su difusión. En verano el riego favorece la brotación de los rizomas y tras ello puede pasarse al cultivo o a la siembra para comenzar el ciclo de invierno y aplicar sus reservas. Para ello es necesario repetir varias veces este procedimiento.

Esquema de su ciclo de vida

<http://semh.net/wp-content/uploads/2015/09/Diptico-Sorghum-halepense.pdf>



Si se empujan herbicidas se dispone de las siguientes materias activas:

Momento	Grupo HRAC	Materia activa	
En el cultivo del maíz	Hérbicos preemergentes de acción en postemergencia del cultivo	K3 cimetanamina	
		F2 imazamox	
		K1 bentazaflo	
		K3 piclorama	
		K3 imazetolapir	
Hérbicos con 2 hojas posteriores	F2	terbuthión	
	Hérbicos con 0-7 hojas posteriores de acción	G	florasulfuron
		florasulfuron	
florasulfuron + foramsulfuron			
En otro cultivos en post-emergencia del Sorghum	Materia activa	A propaquizafop	
		A glifosato	
		A glifosato	
		A glifosato	
		A glifosato	



**¿Qué hacer, en un campo de maíz, ante una población de Sorghum halepense resistente a los herbicidas que usualmente la controlan?**

- De forma inmediata después del tratamiento con herbicida si la infestación no compromete a la cosecha del año no repetir el tratamiento ni buscar que otros herbicidas del mismo Grupo HRAC.
- Si la infestación es muy alta el cultivo del año siguiente se deben seguir las recomendaciones siguientes:
  - Medidas preventivas y control con métodos no químicos:
    - Eliminar el maíz con cultivos de invierno o con otros cultivos como alfalfa, coque de granito, etc. que permita tratar con herbicidas del Grupo A.
    - Tener siempre con la limpieza de la maquinaria cosechadora, empacadora y el resto de herramientas que entren en contacto con el cultivo.
    - Si se puede hacer barbecho cultivo de forma que se agocie en invierno y al inicio de sembrar de Sorghum halepense.
  - Control con herbicidas:
    - Si se quiere continuar el cultivo de maíz se trata de tener el verano o el otoño libre de cultivo o con posibilidades de tratamiento. Así, se puede hacer maíz riego en verano o invierno en primavera con glifosato bien mal de cada cinco sembrados y cosechado como pastoreo de manera que se pueda trazar con glifosato en post cosecha.

**¿Cómo sé que tengo una población resistente a herbicidas?**

Hay indicios concretos que ayudan a suponer que los individuos de *S. halepense* que se encuentran en un campo de maíz son resistentes a herbicidas empleados para su control:

- Hay más años que se cultiva maíz en el mismo campo.
- Siempre se ha usado herbicidas bien empujando el herbicida del Grupo II.
- La eficacia ha decrecido de forma súbita. Las plantas muestran en sus hojas síntomas de haber sido tratadas pero muestran su crecimiento prácticamente de forma normal.

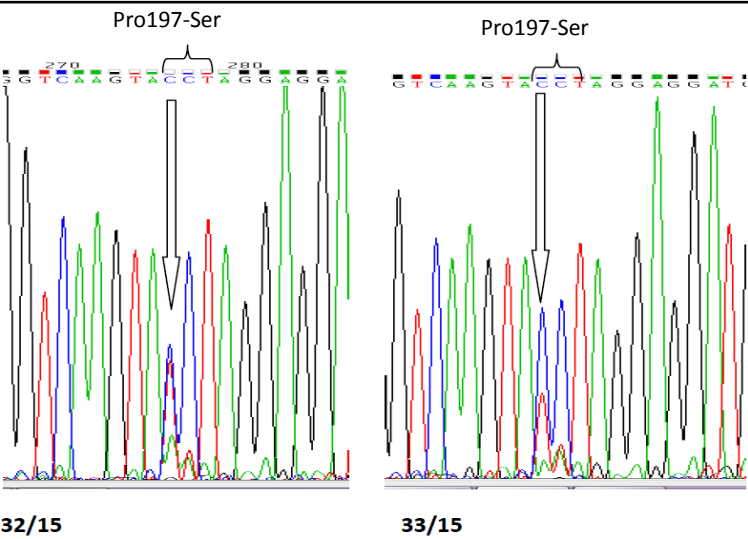
Ante estas sospechas, cabe comprobarlo. Verificar que no se comete el malentendido al tratamiento con el mismo herbicida a dosis más altas ni tampoco con otros del mismo Grupo HRAC.

Finalmente, para una verificación de resistencia, ésta debe comprarse mediante un análisis en laboratorios especializados. Para ello se aconseja contactar con el Centro especializado con las Servicios Oficiales para la certificación en el laboratorio, mediante técnicas de biología molecular e con tratamientos en condiciones controladas de plantas enteras desmenuzadas a partir de los semillas.

**Para saber más sobre Sorghum halepense**

- Folleto sobre Sorghum halepense elaborado por el Grupo de Trabajo Maíz, Hierbas y Malezas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en Internet: <http://www.magrama.gob.es/informacion/informacion/plantas-malezas/maiz-hierbas-y-malezas/sorghum-halepense/>
- Análisis de la diversidad genética de Sorghum halepense en España. Disponible en Internet: <http://www.magrama.gob.es/informacion/informacion/plantas-malezas/maiz-hierbas-y-malezas/sorghum-halepense/>
- Análisis de la diversidad genética de Sorghum halepense en España. Disponible en Internet: <http://www.magrama.gob.es/informacion/informacion/plantas-malezas/maiz-hierbas-y-malezas/sorghum-halepense/>
- Análisis de la diversidad genética de Sorghum halepense en España. Disponible en Internet: <http://www.magrama.gob.es/informacion/informacion/plantas-malezas/maiz-hierbas-y-malezas/sorghum-halepense/>
- Análisis de la diversidad genética de Sorghum halepense en España. Disponible en Internet: <http://www.magrama.gob.es/informacion/informacion/plantas-malezas/maiz-hierbas-y-malezas/sorghum-halepense/>

**CPRH**  
Comité para la Prevención de Resistencias a Herbicidas  
Grupo de Trabajo de la SEMA  
Unidad de Microbiología Servicio de Sanidad Vegetal DAAAM  
Alcalá de Henares (Madrid) - Tlf: 91 629 1818 - Email: [sema@cprrh.com](mailto:sema@cprrh.com)



**Resultados Echinochloa crus-galli**

Table 2 Resistance-endowing acetohydroxyacid synthase amino acid substitutions in field-evolved resistant weed species

Amino acid and position <sup>a</sup>	Resistance substitution	Resistance spectrum <sup>b</sup>		Number of species in which mutation detected	References <sup>c</sup>
		SU	IMI		
Ala-122	Thr	S	R	5	S. Friesen & S. Powles, unpublished data
	Tyr	r	R	1	
Pro-197	His	R	S/r	4	180 180 180
	Thr	R	S/r	6	
	Arg	R	S	3	
	Leu	R	R/r/S	8	
	Gln	R	S	4	
	Ser	R	S	14	
	Ala	R	S	6	
	Ile	R	r	1	
	Met	R	–	1	
	Lys	R	–	1	
Trp	R	–	1		
Ala-205	Val	r/S	R/r	4	
Asp-376	Glu	R/r	R	4	Also see 71
Trp-574	Leu	R	R	16	180
	Arg <sup>d</sup>	R	R	1	
Ser-653	Thr	S/r	R	3	80
	Asn	S/r	R	2	
	Ile	r	R	1	
Gly-654	Glu	–	R	1	154
	Asp	S	R	1	80

Powles *et al.* 2012

- Esta mutación no afecta a herbicidas de otras familias como:
  - Inhibidores de la ACCasa: Fop's, dim's;
  - Inhibidores de la división celular: S-metolaclo, petoxamida, dimentenamida, etc.
  - Triketonas: Sulcotriona, mesotriona, tembotriona, etc.
- ¿Cómo podemos facilitar el trabajo? → Sistemas de ayuda a la decisión

<http://ipmwrce.azurewebsites.net/>

## Estrategias de manejo

IPMwise, España									
Consulta		Perfil		Mezcla		Visión general		Mis herbicidas	
Versión (eficacia):		Estado fenológico del cultivo:		Estado fenológico:					
IPM		4th leaf enfolded. 5th leaf tip visible		3-4 hojas					
Estrés hídrico:		Temperatura:							
Ninguno		8 °C - 14 °C							
Especie de mala hierba				Mezcla		Nicosulfuron 4%		Sulcotriona	
Abutilon theophrasti			97		57		95		
Amaranthus blitoides			97		92		88		
Amaranthus spp.			97		92		88		
Chenopodium album			98		29		97		
Cyperus rotundus			82		0		82		
Datura stramonium			98		38		97		
Digitaria sanguinalis			98		78		97		
Echinochloa crus-galli			99		97		95		
Echinochloa crus-galli, B-r			95		0		95		
Polygonum aviculare			96		29		95		
Polygonum convolvulus L.			93		29		91		
Polygonum laphatfolia			93		29		91		
Polygonum persicaria L.			93		29		91		
Portulaca oleracea			29		0		29		
Setaria glauca			95		92		29		
Setaria verticillata			95		92		29		
Setaria viridis L.			95		92		29		
Solanum nigrum			98		62		97		
Sonchus spp.			85		62		49		
Sorghum halepense (rhizomas)			90		90		0		
Sorghum halepense, B-r (rhizomas)			1		0		0		
Sorghum halepense, B-r (semillas)			52		0		49		
Sorghum halepense (semillas)			97		95		49		
Xanthium spinosum			93		0		93		
Xanthium strumarium			95		0		95		

IPMwise, España Consulta Perfil Mezcla Visión general Mis herbicidas jose maria

### Consulta [Ayuda](#)

Parámetros personales JM 1 [Editar](#)

Cultivo Versión (eficacia) Estado fenológico del cultivo Rendimiento esperado

Maiz IPM 11 1st leaf enfolded. 2nc  Bajo

Mala hierba	Estado fenológico	Densidad de mala hierba	Eficacia objetivo	Olvidado
Echinochloa crus-galli	0-2 hojas	301 - 600 pl/m2	IPM	<input type="checkbox"/>
Cyperus rotundus		301 - 600 pl/m2	IPM	<input type="checkbox"/>
Datura stramonium		151 - 300 pl/m2	IPM	<input type="checkbox"/>
Digitaria sanguinalis		151 - 300 pl/m2	IPM	<input type="checkbox"/>
Echinochloa crus-galli		1/2 - 1 pl/m2	IPM	<input type="checkbox"/>
Echinochloa crus-galli, B-r				<input type="checkbox"/>
Polygonum aviculare				
Polygonum convolvulus L.				
Polygonum laphatfolia				
Polygonum persicaria L.				
Portulaca oleracea				
Setaria glauca				
Setaria verticillata				
Setaria viridis L.				
Solanum nigrum				
Sonchus spp.				
Sorghum halepense (rhizomas)				
Sorghum halepense (semillas)				
Sorghum halepense, B-r (rhizomas)				
Sorghum halepense, B-r (semillas)				
Xanthium spinosum				

Mixtura [Ayuda](#)

**Help**

- Consultation
- Mixture
- Modes of action
- My herbicides
- Overview
- Personal settings
- Profile

**Links**

- Herbicide catalogue
- Herbicide modes of action

News: April 19, 2017

Overview

Profile

Territorial validity



IPMwise, España [Consulta](#) [Perfil](#) [Mezcla](#) [Visión general](#) [Mis herbicidas](#) jose maria [Log off](#)

Parámetros personalizados [JM 1](#) [Editar](#)

Cultivo: [Maíz](#)    Versión (eficacia): [IPM](#)    Estado fenológico del cultivo: [14 4th leaf enfolded, 5th](#)    Rendimiento esperado:  Bajo

Mala hierba	Estado fenológico	Densidad de mala hierba	Eficacia objetivo	Olvidado
<a href="#">Sorghum halepense, B-</a>	<a href="#">3-4 hojas</a>	<a href="#">51 - 150 pl/m2</a>	<a href="#">IPM</a>	<input type="checkbox"/>
<a href="#">---Selecciona---</a>	<a href="#">0-2 hojas</a>	<a href="#">1/2 - 1 pl/m2</a>	<a href="#">IPM</a>	<a href="#">Nuevo / borrar</a>

Muestra las opciones para prevenir resistencias [Ayuda](#)

Mis herbicidas [Ver sugerencias](#) [Imprimir](#) [¿Necesita mas opciones?](#)

Consultas © 2017 - IPM Consult ApS

Cultivo: Maíz	Versión (eficacia): IPM	Estado fenológico del cultivo: 14 4th leaf enfolded, 5th leaf tip visible
Estrés hídrico: Ninguno	Temperatura: 8 °C - 14 °C	Encuentra el más bajo: Coste (Precio)

Sorghum halepense, B+ (hozomas):  
3-4 hojas, 51 - 150 pl/m2, 93%

Al menos una especie requiere > 0% de control pero no se conocen medidas de control que puedan dar esa eficacia. Intente reducir la eficacia requerida. In general, malas hierbas muy desarrolladas y condiciones frías y secas necesitan mayor dosis de herbicida.

Si has excluido algún modo de acción para prevenir resistencias el número de alternativas también se ha reducido.

En caso de usar tu propia lista de herbicidas, intenta también [desactivar la función ¿Necesita mas opciones?](#)

- Se confirma la resistencia a inhibidores de la ALS en biotipos de *Sorghum halepense* y *Echinochloa crus-galli* estudiados
- Por el punto de mutación, se espera que la resistencia afecte a los herbicidas de las 5 subfamilias de inhibidores de la ALS en el caso del SORHA y solo a las sulfonilureas en el caso de ECHCG
- Al ser una mutación, el incremento de dosis aplicada no mejora la eficacia en las plantas resistentes
- Esta mutación no afecta a herbicidas de otros modos de acción, como los inhibidores de la ACCasa: Quizalofop, fluazifop, etc., que se utilizan en cultivos como girasol o soja.

## Conclusiones