



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Respuesta de diferentes biotipos de  
*Echinochloa* spp. a los herbicidas  
clomazona, pendimentalina y  
penoxsulam

TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN SANIDAD Y PRODUCCIÓN VEGETAL

AUTOR: Sebastián Coria

TUTOR: José María Osca Lluch

COTUTOR: Verónica De Luca

Curso Académico 2016/2017

VALENCIA, Septiembre de 2017

# TÍTULO

**Respuesta de diferentes biotipos de *Echinochloa* spp. a los herbicidas clomazona, pendimentalina y penoxsulam.**

## RESUMEN

Las malas hierbas compiten con el arroz ocasionando pérdidas importantes de rendimiento a nivel mundial. En Valencia (España) los problemas más importantes y frecuentes están asociados a *Echinochloa* spp., *Leptochloa fusca* (subespecies fascicularis y uninervia) y arroz salvaje (*Oryza sativa* var.). Las especies de *Echinochloa* spp. consideradas malas hierbas tradicionales del cultivo son *E. crus-galli*, *E. hispidula*, *E. oryzicola* (*E. phyllopogon*) y *E. oryzoides*, variando la sensibilidad a los herbicidas según la especie, incluso dentro de una misma especie.

En España, el arroz es un cultivo que posee escasas materias activas registradas para el control químico, siendo en la práctica el tratamiento de postemergencia con penoxsulam el más generalizado en los últimos diez años.

En este trabajo se evaluó la eficacia de herbicidas de preemergencia y postemergencia en diferentes biotipos de *Echinochloa* spp. de la zona arroceras valenciana. De este modo, se buscó encontrar alternativas químicas con herbicidas preemergentes que difieren en los mecanismos de acción a los herbicidas predominantes en el arroz; favoreciendo de esta manera a la prevención de resistencias.

El trabajo constó de tres ensayos, dos realizados en invernadero y uno a campo. Se evaluaron tres herbicidas para tratamientos de preemergencia (clomazona, pendimentalina y clomazona + pendimentalina) y uno de postemergencia (penoxsulam). Los resultados en invernadero mostraron que los herbicidas clomazona y pendimentalina tuvieron un control muy eficaz en la mayoría de los biotipos. Con respecto al penoxsulam, solo mostró eficacia de control en los biotipos pertenecientes al grupo *Echinochloa crus galli* – *hispidula*. En cuanto a los resultados a campo, las eficacias de control fueron muy bajas en todos los tratamientos. De todos modos, la pendimentalina y clomazona + pendimentalina manifestaron un buen comportamiento en la reducción de densidad de plantas durante los 27 días posteriores a la aplicación.

Palabras claves: Arroz, *Echinochloa*, clomazona, pendimentalina, penoxsulam.

## ABSTRACT

The weeds compete with rice causing important yield losses worldwide. In Valencia (Spain) the most important and frequent problems are associated with *Echinochloa* spp., *Leptochloa fusca* (subspecies *fascicularis* and *uninervia*) and wild rice (*Oryza sativa* var.). The species of *Echinochloa* spp. considered traditional weeds of the crop are *E. crus-galli*, *E. hispidula*, *E. oryzicola* (*E. phyllopogon*) and *E. oryzoides*, varying the sensitivity to the herbicides depending on the species, even within the same species.

In Spain, rice is a crop that has few active substances registered for chemical control, being in practice the treatment of post-emergence with penoxsulam the commonly used in the last ten years.

In this work was evaluated the efficacy of pre-emergence and post-emergence herbicides in different biotypes of *Echinochloa* spp. of the Valencian rice area. In this way, we sought to find chemical alternatives with pre-emergence herbicides that differ in the mechanisms of action to the predominant herbicides in rice; favoring in this way the prevention of resistance.

The work consisted of three trials, two in greenhouse and one in the field. Three herbicides were evaluated for pre-emergence treatments (clomazone, pendimethalin and clomazone + pendimethalin) and one of post-emergence (penoxsulam). The results in greenhouse showed that the herbicides clomazone and pendimethalin had an effective control in most of the biotypes. With respect to penoxsulam, only showed control efficiency in the biotypes belonging to the group *Echinochloa crus galli* - *hispidula*. Regarding to the field results, the control efficacies were very low in all treatments. However, pendimethalin and clomazone + pendimethalin showed a good behavior in the reduction of plant density on the 27 days after the application.

Key words: Rice, *Echinochloa*, clomazone, pendimethalin, penoxsulam.

## RESUM

Les males herbes competeixen amb l'arròs ocasionant pèrdues importants de rendiment a nivell mundial. Al País Valencià (Espanya) els problemes més importants i freqüents estan associats a *Echinochloa* spp., *Leptochloa fusca* (subespècies *fascicularis* i *uninervia*) i a l'arròs salvatge (*Oryza sativa* var.). Les espècies de *Echinochloa* spp. considerades males herbes tradicionals del cultiu són *E. crus-galli*, *E. hispidula*, *E.*

*oryzicola* (*E. phyllopogon*) i *E. oryzoides*, variant la sensibilitat dels herbicides segons l'espècie i fins i tot inclús dins d'una mateixa espècie.

En Espanya, l'arròs és un cultiu que posseeix escasses matèries actives registrades per al control químic, sent, en la pràctica, el tractament post-emergència amb penoxsulam el més generalitzat en els últims deu anys.

En el present treball s'avalua l'eficàcia d'herbicides de pre-emergència i post-emergència amb diferents biotips d' *Echinochloa* spp. de la zona arrossera valenciana. D'aquest mode es persegueix trobar alternatives químiques amb herbicides pre-emergents que difereixen en els mecanismes d'acció als herbicides predominant en l'arròs, afavorint d'aquesta forma la prevenció de resistències.

El treball consta de tres assajos, dos es realitzaren en hivernacle i un es va dur a terme en camp. S'avaluaren tres herbicides per a tractaments de pre-emergència (clomazona, pendimentalina i clomazona + pendimentalina) i un de post-emergència (penoxsulam). Els resultats en hivernacle mostren que els herbicides clomazona i pendimentalina presenten un control molt eficaç en la majoria de biotips. Respecte al penoxsulam, sols va mostrar eficàcia en el control dels biotips del grup *Echinochloa crus galli* – *hispidula*. En quant als resultats en camp, les eficàcies foren molt baixes en tots els tractaments. No obstant, la pendimentalina i la clomazona + pendimentalina manifestaren un bon comportament en la reducció de plantes durant els 27 dies posteriors a l'aplicació.

Paraules clau: Arròs, *Echinochloa*, clomazona, pendimentalina, penoxsulam.

Este trabajo final de master se realizó dentro del proyecto INIA de Investigación Fundamental Orientada titulado 'Manejo integrado de infestaciones de *Echinochloa* spp. y *Leptochloa* spp. en arroz cultivado en inundación' (ref. RTA2014-00033-C03-02).

Mis agradecimientos para Verónica De Luca y José María Osa Lluch por brindarme las herramientas necesarias para llevar a cabo este trabajo y por su apoyo constante para concluir con el mismo, muchas gracias.

# Índice

1	Introducción .....	1
1.1.	Las malas hierbas en el cultivo de arroz .....	1
1.2.	<i>Echinochloa</i> spp .....	2
1.3.	Métodos de manejo y control de <i>Echinochloa</i> spp. ....	2
1.4.	Problemas de resistencia en el cultivo de arroz .....	4
1.5.	Herbicidas de preemergencia .....	4
1.5.1	Clomazona .....	4
1.5.2.	Pendimentalina.....	5
1.5.3.	Pendimentalina + Clomazona .....	5
2	Objetivos.....	7
3	Materiales y Métodos.....	8
3.1.	Material vegetal .....	8
3.2.	Herbicidas .....	8
3.3.	Ensayos en Invernadero .....	9
3.3.1.	Diseño del ensayo .....	9
3.3.2.	Equipo de tratamiento.....	9
3.3.3.	Macetas y sustratos.....	9
3.3.4.	Siembra .....	9
3.3.5.	Realización de los tratamientos .....	10
3.3.6.	Evaluación .....	10
3.3.7.	Análisis de resultados.....	11
3.4.	Ensayo en Campo .....	11
3.4.1.	Diseño del ensayo .....	11
3.4.2.	Maquinaria utilizada.....	11
3.4.3.	Siembra .....	11
3.4.4.	Realización de los tratamientos .....	12
3.4.5.	Evaluación .....	12
3.4.6.	Análisis de resultados.....	12

4	Resultados y Discusión.....	13
4.1.	Ensayos en Invernadero.....	13
4.1.1.	Ensayo 1 .....	13
4.1.2.	Ensayo 2 .....	15
4.1.3.	Ensayo 1 y 2.....	16
4.2.	Ensayo en campo.....	18
4.2.1.	<i>Echinochloa</i> spp. ....	18
4.2.2.	Biotipos ECH 14-29, ECH 15-30 y ECH 15-56.....	21
5	Conclusión.....	22
6	Bibliografía.....	23

## Índice de figuras

Figura 1. Eficacia de los herbicidas del arroz en los diferentes biotipos de <i>Echinochloa</i> spp. a los 21 días de aplicación. Expresado con la escala EWRC (1 es excelente y 9 es nulo). Ensayo 1 .....	14
Figura 2. Eficacia de los herbicidas del arroz en los diferentes biotipos de <i>Echinochloa</i> spp. a los 21 días de la aplicación. Expresado con la escala EWRC (1 es excelente y 9 es nulo). Ensayo 2 .....	15
Figura 3. Eficacia de los herbicidas del arroz en los diferentes biotipos de <i>Echinochloa</i> spp. a los 21 días de la aplicación. Expresados con la escala EWRC (1 es excelente y 9 es nulo). Ensayo 1 y 2 .....	17
Figura 4. Eficacia de los herbicidas del arroz en las diferentes especies de <i>Echinochloa</i> ( <i>Echinochloa crus galli</i> - <i>hispidula</i> y <i>Echinochloa oryzicola</i> - <i>oryzoides</i> ). Expresado con la escala EWRC (1 es excelente y 9 es nulo). Ensayo 1 y 2 .....	18
Figura 5. Efecto de diferentes tratamientos de herbicidas del arroz expresado en grado de recubrimiento y vigor sobre <i>Echinochloa</i> spp. Los valores de la escala vigor corresponden a: 0 (muy vigorosas), 1 (vigorosas), 2 (moderadamente vigorosas) y 3 (poco vigorosas). .....	19
Figura 6. Densidad de plantas de <i>Echinochloa</i> spp. en los tratamientos con herbicidas de preemergencia. Evaluación a los 27 días posteriores a la aplicación. ....	20
Figura 7. Porcentaje de recubrimiento de arroz y <i>Echinochloa</i> spp. en los tratamientos con herbicidas de preemergencia. Evaluación a los 27 días posteriores a la aplicación. ....	21

## Índice de tablas

Tabla 1. Herbicidas autorizados para el cultivo de arroz en España y sus mecanismos de acción. ....	3
Tabla 2. Caracterización del material vegetal y su código de identificación. ....	8
Tabla 3. Materias activas, productos comerciales y momento de aplicación de los tratamientos. ....	9
Tabla 4. Descripción del sistema de puntuación de la escala EWRC. ....	11
Tabla 5. Efecto de diferentes tratamientos de herbicidas del arroz sobre la altura de plantas en diferentes biotipos de <i>Echinochloa</i> spp. Ensayo 1. ....	14
Tabla 6. Efecto de diferentes tratamientos de herbicidas del arroz sobre la altura de plantas de diferentes biotipos de <i>Echinochloa</i> spp. Ensayo 2. ....	16
Tabla 7. Porcentaje de recubrimiento de <i>Echinochloa</i> spp. y eficacia de los diferentes tratamientos para cada repetición y la mediana del tratamiento. Expresados con la escala EWRC (1 es excelente y 9 es nulo). ....	20

# 1 Introducción

## 1.1. Las malas hierbas en el cultivo de arroz

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los principales cultivos del mundo, siendo la principal fuente de alimento de más de la mitad de la población mundial. España ocupa el segundo lugar como productor de arroz en la Unión Europea, la superficie sembrada en el año 2015 fue de 109.290 ha con un rendimiento medio de 7,75 t/ha. La Comunidad Valenciana se ubica detrás de Andalucía, Extremadura y Cataluña con una superficie total de 15.059 ha (MAPAMA, 2017).

Las malas hierbas compiten con el arroz por el espacio, la luz y los nutrientes, principalmente durante las etapas de plántula y ahijamiento del arroz. A nivel mundial se estima que las pérdidas de rendimiento en arroz debido a las malas hierbas corresponden a un 37% (Oerke, 2006). Además, ocasionan una disminución en la calidad del grano y un incremento en los costes de producción. Entre las prácticas agronómicas que ayudan a controlar las malas hierbas en el cultivo del arroz se encuentran el laboreo (profundidad y época de realización), el riego (depende de una nivelación precisa del terreno y del control del agua), las rotaciones y la siembra (época, tipo y densidad) (Osuna *et al.*, 2012).

En Valencia el arroz es un cultivo tradicional asociado a zonas de humedales naturales como es La Albufera. Antiguamente la modalidad del cultivo que se practicaba era mediante trasplante y con inundación controlada durante la mayor parte del ciclo. De este modo, se lograba suprimir de manera importante las malas hierbas. En la actualidad debido a la implementación de la siembra directa, y a la proliferación de muchas especies acuáticas adaptadas a condiciones de saturación hacen de las malas hierbas el principal problema del cultivo, dependiendo fuertemente del uso de herbicidas para su control. (Osca, 2009 y Osuna *et al.*, 2012). A su vez, se practica bajo la modalidad de monocultivo, sin realizar una adecuada rotación de cultivos que favorezca al manejo de malas hierbas (Anderson, 2007).

En la Comunidad Valenciana las malas hierbas más importantes y frecuentes en el cultivo de arroz son plantas del género *Echinochloa* y el arroz salvaje (*Oryza sativa* var.). Otras malas hierbas de envergadura en los arrozales valencianos son el *Cyperus difformis* y la *Leptochloa fusca* ssp. *uninervis* y *fascicularis*, estas últimas han comenzado a ocasionar graves problemas en los últimos años (Osca, 2009).

## 1.2. *Echinochloa* spp

El género *Echinochloa* presenta alrededor de 50 especies en todo el mundo (Michael, 1983), considerado como el género más importante asociado al arroz debido a su adaptabilidad al ecosistema del cultivo. En la flora arvense española, Carretero (1981) identifica a 5 variedades, *E. colonum*, *E. crus-galli*, *E. hispidula*, *E. oryzicola* (*E. phyllopogon*) y *E. oryzoides*, de las cuales las últimas cuatro son consideradas malas hierbas tradicionales del cultivo de arroz en España (Osuna *et al.*, 2012).

La identificación taxonómica de las especies es dificultosa debido a una frecuente hibridación entre ellas y la existencia de numerosos complejos polimórficos. En la actualidad, existen técnicas moleculares que permiten en conjunto con la taxonomía la identificación de las especies en estadios tempranos. La identificación es muy importante teniendo en cuenta que la sensibilidad de los herbicidas varía según la especie (incluso dentro de una misma especie). A su vez, hacerlo en estadios tempranos de desarrollo permite obtener los mejores resultados de control para el herbicida indicado (Salguero *et al.*, 2015; Tabacchi *et al.*, 2006).

## 1.3. Métodos de manejo y control de *Echinochloa* spp.

Además del control químico existen numerosas prácticas culturales que favorecen al manejo y control de *Echinochloa* spp. Entre ellas están:

- Uso de semilla certificada: semillas de calidad libres de malas hierbas.
- Aumento de la densidad de siembra: mejora la competitividad del cultivo frente a las malas hierbas.
- Preparación del terreno: la labor denominada fanguero contribuye a la eliminación de las malas hierbas.
- Control manual: generalmente se realiza sobre las fallas del control químico.
- Manejo de agua: mantener niveles adecuados de agua (entre 10-20 cm de profundidad) reduce la competencia de las malas hierbas y mejora la eficacia de los herbicidas, siendo un muy buen método de control.
- Limpieza de maquinaria: evita la diseminación de semillas.
- Rotación de cultivos: técnica muy importante debido a que la mayoría de las *Echinochloa* spp son específicas del cultivo de arroz (cultivo inundado).

En cuanto al control químico, los herbicidas constituyen una herramienta fundamental en el manejo de las malas hierbas del cultivo en conjunto con las prácticas agronómicas. En España, el arroz es un cultivo que posee escasas materias activas registradas para el control de malas hierbas, perteneciendo la mayoría de los herbicidas a dos

mecanismos de acción diferentes: inhibidores de las enzimas acetolactato sintetasa (ALS) e inhibidores de la acetil coenzima-A carboxilasa (ACCasa). En la Tabla 1 se muestran las materias activas autorizadas en la actualidad, indicando las que tienen registro para el control de *Echinochloa* spp (MAPAMA, 2017).

Tabla 1. Herbicidas autorizados para el cultivo de arroz en España y sus mecanismos de acción.

Materia activa	Registro en <i>Echinochloa</i> spp.	Grupo (según mecanismo de Acción)
Azimsulfuron	x	Inhibidor ALS
Bensulfuron-metil		Inhibidor ALS
Bentazona		Inhibidor del PSII
Bispiridac-sodio	x	Inhibidor ALS
Cicloxdim	x	Inhibidor ACCasa
Cihalofop-butil	x	Inhibidor ACCasa
Cletodim		Inhibidor ACCasa
Clomazona	x	Inhibidor de la biosíntesis de carotenoides
Halosulfuron-metil		Inhibidor ALS
Imazamox		Inhibidor ALS
Imazosulfuron		Inhibidor ALS
MCPA		Auxinas sintéticas
Pendimentalina + Clomazona		Inhibidor de la división celular/biosíntesis de carotenoides
Penoxsulam + Cyhalofop-butil	x	Inhibidor ALS-Inhibidor ACCasa
Penoxsulam	x	Inhibidor ALS
Profoxidim	x	Inhibidor ACCasa
Propaquizafop	x	Inhibidor ACCasa

En la práctica, la lucha química contra *Echinochloa* spp se basa en tratamientos de postemergencia y con muy pocos herbicidas. En España, el penoxsulam es el herbicida más utilizado en los últimos 10 años. Pertenece al grupo de las triazolopirimidina, es un herbicida sistémico y selectivo, de aplicación postemergente que controla malas hierbas gramíneas, latifoliadas y ciperáceas del cultivo de arroz. Es absorbido por hojas, tallos y raíces, y en *Echinochloa* spp. se recomienda su aplicación desde 2 hojas hasta el primer hijo (MAPAMA, 2017). Su uso en los arrozales valencianos está muy generalizado, la cual conlleva a una alta presión de selección (Osca, 2009).

El mecanismo de acción del penoxsulam consiste en inhibir la enzima acetolactato sintetasa ALS (HRAC Grupo B, WSSA Grupo 2). La inhibición de esta enzima evita la síntesis de los aminoácidos valina, leucina e isoleucina, que son componentes de las proteínas. El desarrollo de síntomas es lento y se presenta principalmente en los tejidos meristemáticos donde se lleva a cabo la biosíntesis de aminoácidos (AAPRESID, 2017).

El penoxsulam pertenece al grupo de herbicidas cuyo modo de acción es el más propenso a generar resistencia (B/2). En la actualidad se han reportado casos de

resistencia en *Echinochloa* spp. en diversos países: Italia (2005 y 2009), Turquía (2009), Brasil (2009 y 2015), Grecia (2009), Japón (2010), China (2011) y Francia (2013) (Heap, 2017).

#### **1.4. Problemas de resistencia en el cultivo de arroz**

A nivel mundial se han reportado en 29 países numerosos problemas de resistencia en el cultivo de arroz, siendo el género *Echinochloa* el de mayor importancia (Heap, 2017). La evolución de la resistencia depende de las características de la mala hierba y del herbicida, siendo el factor principal para el desarrollo de la misma la presión de selección impuesta por el herbicida (Valverde *et al.*, 2000). El arroz, es un cultivo que presenta características que favorecen a la evolución de resistencia entre las cuales se destacan las siguientes:

- En general, se realiza como monocultivo.
- La mayoría de los herbicidas registrados pertenecen solo a 2 grupos según su mecanismo de acción (inhibidores de la ALS e inhibidores ACCasa), considerados de alto riesgo para la evolución de resistencia (Valverde *et al.*, 2000).
- Problemas de eficacia en los tratamientos (Osca, 2009).
- Alta frecuencia de aplicación.

En España, se han reportado casos de malas hierbas resistentes a inhibidores de ALS en el cultivo de arroz en el año 2000 (*Alisma plantago-aquatica* y *Cyperus difformis*) (Heap, 2017). En cuanto a *Echinochloa* spp., más recientemente se ha descrito en Extremadura una población con resistencia a herbicidas inhibidores de la ACCasa debido a una mutación en el sitio de acción del herbicida (Osuna *et al.*, 2014).

Para la prevención de resistencias se recomienda combinar diferentes métodos de control. Un aspecto clave para evitar la aparición es la alternancia de herbicidas pertenecientes a diferentes grupos según su mecanismo de acción. Entre las alternativas disponibles se encuentran los herbicidas de preemergencia (SEMh, 2017)

#### **1.5. Herbicidas de preemergencia**

##### **1.5.1 Clomazona**

La clomazona se encuentra dentro de la familia de las isoxazolidinonas, tiene un excelente control en malas hierbas gramíneas y algunas especies de hoja ancha. En arroz es recomendado solo una vez por campaña, únicamente en siembra directa y con suelo seco. Se debe aplicar en postemergencia del cultivo (1-2 hojas) y en pre o

postemergencia precoz (1-2 hojas) de la *Echinochloa* spp. (MAPAMA, 2017). Este herbicida puede generar fitotoxicidad en arroz, por lo cual se recomienda el uso de técnicas seguras (Patti, 2005).

Pertenece al grupo de herbicidas que inhiben la síntesis de carotenoides (HRAC Grupo F4, WSSA Grupo 13)<sup>1</sup>, disminuyendo el contenido de carotenoides y clorofila en las plantas tratadas. Es el único herbicida con este modo de acción que está registrado en el cultivo de arroz.

En 2008 se ha documentado un caso de resistencia a *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* en los Estados Unidos de América (Heap, 2017).

### **1.5.2. Pendimentalina**

La pendimentalina pertenece a las dinitroanilinas, controlando principalmente gramíneas y algunas hojas anchas anuales. Este herbicida es absorbido por radículas y/o coleóptilos, teniendo control sobre malas hierbas en preemergencia o postemergencia precoz. Su uso en arroz se recomienda en preemergencia del cultivo, pero en España solo está registrada en mezcla con clomazona para este cultivo (MAPAMA, 2017).

La pendimentalina tiene como mecanismo de acción la inhibición de la división celular (HRAC Grupo K1, WSSA Grupo 3). Las células de las plantas tratadas no logran formar el huso acromático y la mitosis no puede completarse. Se observa un engrosamiento en los ápices radiculares, y menor desarrollo de raíces secundarias; el crecimiento de las raíces se detiene y las plántulas mueren antes de emerger por no poder absorber agua y nutrientes (AAPRESID, 2017).

En la actualidad se han registrado 5 especies con resistencia a pendimentalina, entre ellas se encuentra *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* en Bulgaria (1992), pero ningún caso ha sido reportado en cultivo de arroz. En cuanto a España, aún no hay evidencia de malas hierbas resistentes a este mecanismo de acción (K1/3) (Heap, 2017).

### **1.5.3. Pendimentalina + Clomazona**

El herbicida formulado con pendimentalina y clomazona combina dos modos de acción diferentes, como inhibidor de la división celular (HRAC Grupo K1, WSSA Grupo 3) y de la síntesis de carotenoides (HRAC Grupo F4, WSSA Grupo 13) respectivamente.

---

<sup>1</sup> Clasificación basada en el modo de acción de los herbicidas por el Comité de acción de resistencia a herbicidas (Herbicide Resistance Action Committee –HRAC-) y la Sociedad Americana de malezas (Weed Science Society of America –WSSA-).

Presenta las características de las dos materias activas descritas anteriormente, recomendada su aplicación en preemergencia del arroz (MAPAMA, 2017).

Este herbicida se registró en España para el cultivo de arroz en el 2016, aunque en Italia se viene comercializando en arroz desde el 2015 (MAPAMA, 2017).

## 2 Objetivos

Los objetivos de este trabajo son:

- Evaluar la eficacia de los herbicidas en diferentes biotipos de *Echinochloa* spp. de la zona arroceras valenciana y de este modo identificar las mejores alternativas químicas según el biotipo.
- Encontrar alternativas químicas en herbicidas preemergentes para el control de *Echinochloa* spp., cuyos mecanismos de acción son diferentes a los predominantes en el cultivo de arroz.

### 3 Materiales y Métodos

Los ensayos se realizaron en invernadero (dos) con condiciones controladas y en campo entre los meses de marzo y junio del 2017. El invernadero está ubicado en las instalaciones de la Universidad Politécnica de Valencia (Invernadero N° 8, edificio 5P) y el campo experimental utilizado está ubicado en el término municipal de Catarroja (Valencia) dentro del parque La Albufera.

#### 3.1. Material vegetal

Se utilizaron semillas de 7 biotipos diferentes de *Echinochloa* spp., la elección de las mismas fue a partir de la dificultad que manifestaron en campo para su control. El material fue obtenido durante la campaña 2014 y 2015 en diferentes arrozales ubicados dentro del parque La Albufera (Valencia). La caracterización del material vegetal se realizó mediante técnicas moleculares. A continuación, se detallan los biotipos utilizados y su código asignado (Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización del material vegetal y su código de identificación.

Código	Grupo	Año	Procedencia
ECH 14-29	<i>Echinochloa crus galli - hispidula</i>	2014	Silla
ECH 15-51	<i>Echinochloa crus galli - hispidula</i>	2015	Silla
ECH 14-36	<i>Echinochloa crus galli - hispidula</i>	2014	Sueca
ECH 15-30	<i>Echinochloa oryzicola - oryzoides</i>	2015	Sueca
ECH 15-48	<i>Echinochloa oryzicola - oryzoides</i>	2015	Silla
ECH 15-53	<i>Echinochloa crus galli - hispidula</i>	2015	Sueca
ECH 15-56	<i>Echinochloa crus galli - hispidula</i>	2015	Silla

La caracterización se realizó en el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX).

#### 3.2. Herbicidas

Los herbicidas utilizados fueron:

Clomazona: suspensión de cápsulas (CS) con una composición de 360 g/l de materia activa.

Pendimetalina: concentrado emulsionable (EC) formulado al 33% p/v.

Pendimetalina + clomazona: suspensión de cápsulas (CS) con una composición de 27,5% y 5,5% de p/v respectivamente.

Penoxsulam: dispersión oleosa (OD) al 2,04% del p/v.

### 3.3. Ensayos en Invernadero

Se realizó un experimento en invernadero con condiciones controladas. El mismo se repitió dos veces, nombrándose Ensayo 1 (primero) y Ensayo 2 (segundo).

#### 3.3.1. Diseño del ensayo

Se utilizaron 7 biotipos de *Echinochloa* spp. (ver Tabla 2) con 5 repeticiones por tratamiento estando constituida cada repetición por una maceta. Los tratamientos fueron cinco en total, siendo uno control (Tratamiento 1), tres en aplicación de preemergencia (Tratamientos 2, 3 y 4) y uno en postemergencia (Tratamiento 5), (Tabla 3).

Tabla 3. Materias activas, productos comerciales y momento de aplicación de los tratamientos.

Nº	Tratamientos				Aplicación
	Materia activa	Producto Comercial			
		Nombre	Dosis l/ha	Dosis g i.a./ha	
1	Testigo	-	-	-	-
2	Clomazona	Sirtaki	0,7	252	Preemergente
3	Pendimentalina	Stomp LE	5	1650	Preemergente
4	Pendimentalina + Clomazona	Bismark	2,5	687,5 - 137,5	Preemergente
5	Penoxsulam	Viper	2	40	Postemergente

Para facilitar la aplicación y la evaluación cada tratamiento se agrupó en una bandeja, donde se ubicaban los 7 biotipos de *Echinochloa* spp. con sus 5 repeticiones (Total 35 macetas).

#### 3.3.2. Equipo de tratamiento

Las aplicaciones se realizaron en Invernadero con mochila de aire comprimido, con una boquilla de abanico (Teejet Spraying Systems 9504 EVS), calibrándose para trabajar con un volumen de caldo de 300 l/ha y una presión constante de 30 PSI.

#### 3.3.3. Macetas y sustratos

Se utilizaron macetas individuales de plástico de 8 cm x 8 cm x 7 cm con orificios de drenaje. Se utilizó un suelo franco-arenoso como sustrato, a excepción del tratamiento 5 que era una mezcla compuesta por turba y tierra al 50% v/v.

#### 3.3.4. Siembra

Para la siembra de la *Echinochloa*, se utilizaron semillas pregerminadas de las diferentes líneas de *Echinochloa*, que previamente fueron desinfectadas mediante sumersión en mezcla de hipoclorito de sodio (50%) y agua (50%), luego en placas de Petri se introdujeron en una cámara durante dos días en condiciones controladas (Luz

12 h a 30°C, oscuridad 12 h a 20°C. Humedad relativa 60%) para estimular la germinación. La siembra se realizó a razón de una semilla por maceta, depositándola de manera superficial y recubriendo con tierra para lograr un adecuado contacto semilla-suelo. Se le proporcionó un riego para alcanzar una humedad de capacidad de campo.

### 3.3.5. Realización de los tratamientos

Los tratamientos de preemergencia (T2, T3 y T4) se realizaron al día siguiente de la siembra. En el tratamiento de postemergencia la aplicación se realizó cuando las plantas alcanzaron el estadio fenológico BBCH 13-14, entre 2-3 semanas después de la siembra.

En el momento de las aplicaciones en preemergencia el suelo se encontraba con humedad de capacidad de campo y a los 4 días, se inundó simulando las condiciones de campo. El tratamiento 3 recibió un riego por aspersión en las horas posteriores a su aplicación para la incorporación de la pendimetalina. El tratamiento en postemergencia se realizó con suelo saturado. Las bandejas donde se agruparon las macetas no tenían orificio de drenaje con el fin de mantener la humedad.

### 3.3.6. Evaluación

Se evaluaron los siguientes parámetros:

Fitotoxicidad: se evaluó mediante observación visual el daño producido por los herbicidas a las plantas. La observación se realizó a los 7, 14 y 21 días después del tratamiento.

Altura de plantas: A los 21 días posteriores a los tratamientos se midió la altura de las plantas desde la base hasta el último nudo.

Eficacia (%): Para determinar la eficacia de los tratamientos se utilizó la fórmula propuesta por Abbott, siendo calculada de esta manera con los valores obtenidos de altura de planta:

$$Eficacia (\%) = 100 \times \frac{(A - B)}{A}$$

*A = Valor de la variable altura (cm) en el testigo..*

*B = Valor de la variable altura (cm) en el tratamiento.*

Con los valores de eficacia se obtuvo la puntuación de cada tratamiento mediante la escala de fitotoxicidad propuesta por el Consejo Europeo de Investigación en Malezas (E.W.R.C) (Tabla 4).

Tabla 4. Descripción del sistema de puntuación de la escala EWRC.

Puntuación	Eficacia sobre las malas hierbas (%)	Juicio del efecto sobre las malas hierbas
1	100	EXCELENTE
2	99,9-97,5	MUY BUENO
3	97,4-95	BUENO
4	94,9-90	SATISFACTORIO
5	89,9-85	SUFICIENTE
6	84,9-75	ESCASO
7	74,9-65	INSUFICIENTE
8	64,9-32,5	MALO
9	32,4-0	NULO

### 3.3.7. Análisis de resultados

La variable analizada fue la altura de las plantas (cm) a los 21 días de la aplicación. Los resultados se analizaron con el programa estadístico STATGRAPHICS centurión XVI. Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95%.

## 3.4. Ensayo en Campo

El experimento se llevó a cabo en un campo de producción de arroz (39° 23' 10" N, 0° 22' 51" S). Previo al ensayo se realizaron dos labores de preparación.

### 3.4.1. Diseño del ensayo

En este caso el ensayo consistió en bloques completamente al azar, con 4 repeticiones y 5 tratamientos (los mismos tratamientos del experimento en invernadero, ver Tabla 3). Cada subparcela contenía tres macetas con los biotipos ECH 14-29, ECH 15-30 y ECH 15-56 (ver Tabla 2) elegidos en función de la sensibilidad que mostraron previamente en invernadero; y *Echinochloa* spp. que apareció de forma espontánea en el campo.

Las dimensiones de cada subparcela eran de 1,9 m x 9 m. Se separaron entre sí por caballones realizados con un apero arrastrado por caballo. Las mismas estaban comunicadas con pasillos externos que permitían la entrada y salida del agua.

### 3.4.2. Maquinaria utilizada

Para la realización de los tratamientos se utilizó una mochila a motor marca Maruyama, a la cual se le acopló una barra porta boquillas para abarcar el ancho de las subparcelas.

### 3.4.3. Siembra

Las semillas de *Echinochloa* spp. fueron desinfectadas mediante sumersión en mezcla de hipoclorito de sodio (50%) y agua (50%) y depositadas sobre macetas individuales

(fibra de coco biodegradable) con suelo seco. Posteriormente, fueron depositadas en campo (semienterradas) para que la altura de la lámina de agua fuese igual que la del resto de la subparcela.

#### **3.4.4. Realización de los tratamientos**

Los tratamientos de preemergencia se aplicaron cuatro días antes de la siembra de arroz sobre suelo seco (T2, T3 y T4. Fecha 19/05/2017). La aplicación del tratamiento de postemergencia se realizó 18 días después de la siembra del arroz (09/06/2017).

#### **3.4.5. Evaluación**

La evaluación de los tratamientos se realizó a dos niveles, a nivel de parcela elemental y a nivel de contenedores en donde se habían sembrado las diferentes líneas.

A nivel de parcela se evaluaron los siguientes parámetros:

Densidad de plantas: mediante el uso de una estructura de 0,25 metros cuadrados se cuantificó el número de plantas de *Echinochloa* spp emergidas a los 27 días posteriores a la aplicación de los herbicidas de preemergencia.

Recubrimiento y vigor: A los 27, 34 y 41 días posteriores a la aplicación de los tratamientos de preemergencia se evaluó mediante observación visual el grado de recubrimiento y vigor de *Echinochloa* spp. Además, en la primera medición también se determinó el grado de recubrimiento en el arroz. La evaluación se realizó sobre la parte central de las subparcelas y se estimó la presencia de otras malas hierbas.

Eficacia (%): Para determinar la eficacia de los tratamientos se utilizó la fórmula propuesta por Abbott (ver apartado 3.3.6), utilizando el valor de la variable porcentaje de recubrimiento.

A nivel de macetas se determinó la presencia de plantas (ECH 14–29, ECH 15-30 y ECH 15-56) y la fitotoxicidad de la misma.

#### **3.4.6. Análisis de resultados**

La variable analizada fue el grado de recubrimiento (%) a los 41 días posteriores a la aplicación de los herbicidas preemergentes. Los datos fueron transformados al arcoseno y se les realizó un análisis de la varianza (ANOVA) con un intervalo de confianza del 95%. El programa estadístico que se utilizó fue el STATGRAPHICS centurión XVI.

## 4 Resultados y Discusión

### 4.1. Ensayos en Invernadero

Se realizó un análisis de datos en conjunto para el ensayo 1 y 2. Debido a que se encontró diferencia significativa entre un ensayo y otro se procedió al análisis de resultados de los ensayos por separado.

#### 4.1.1. Ensayo 1

Los tratamientos en preemergencia en general han tenido un buen control (Figura 1 y Tabla 5). La pendimentalina es el herbicida preemergente que mejor resultado ofreció, teniendo un contundente control en todos los biotipos evaluados como se observa en la Figura 1. En cuanto a la clomazona, también mostró un control muy bueno en la mayoría de los biotipos evaluados. Solo manifestó una baja eficacia de control en el biotipo ECH 15-30. Si bien estos dos herbicidas desempeñaron un buen papel en sus respectivos tratamientos, la mezcla de los dos herbicidas (clomazona + pendimentalina) exhibió resultados dispares. En el biotipo ECH 14-29 resultó muy eficaz y en ECH 14-36 una moderada eficacia. En el resto de los biotipos (ECH 15-51, ECH 15-30, ECH 15-48, ECH 15-53 y ECH 15-56) el tratamiento resultó ineficaz para controlar estas líneas. (Figura 1).

En cuanto al tratamiento postemergente (penoxsulam) tuvo una alta eficacia en los biotipos ECH 14-29, ECH 15-51, ECH 14-36 y ECH 15-56; e ineficacia en los biotipos ECH 15-30, ECH 15-48 y ECH 15-53. Debido a que los biotipos utilizados fueron recolectados en arrozales valencianos y que los mismos tienen al penoxsulam como principal herbicida para el control de malas hierbas (Osca, 2009), estos resultados están en línea con la baja eficacia que obtuvieron Vidotto *et al.* (2015) en Italia para controlar algunas *Echinochloa* spp. con penoxsulam cuando el mismo se utilizó de manera repetitiva durante años.

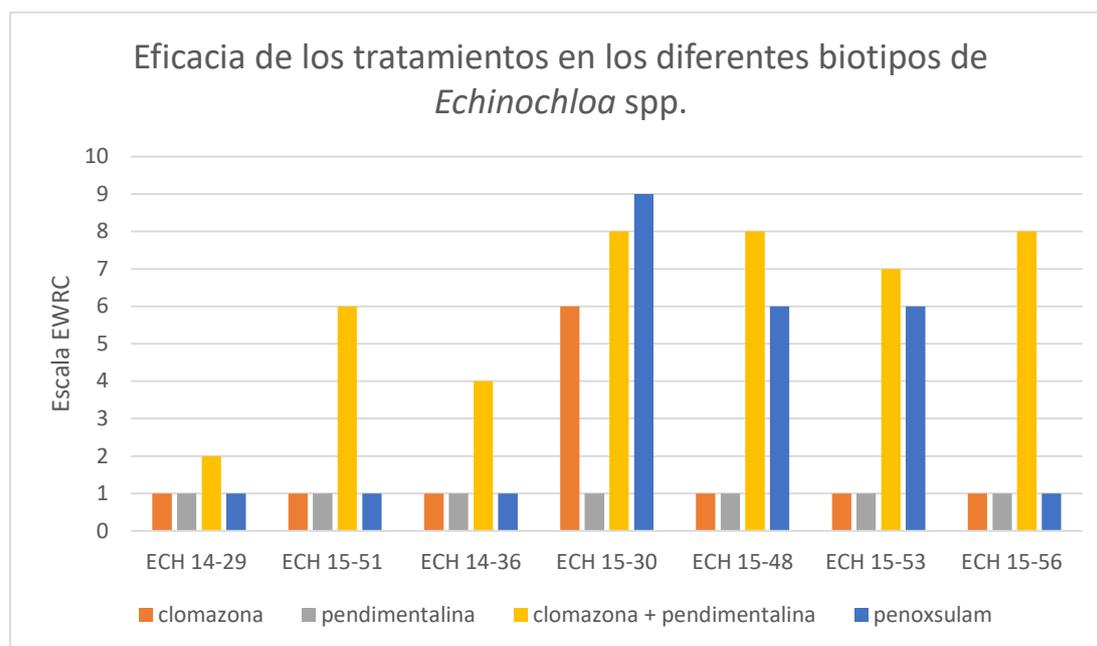


Figura 1. Eficacia de los herbicidas del arroz en los diferentes biotipos de *Echinochloa* spp. a los 21 días de aplicación. Expresado con la escala EWRC (1 es excelente y 9 es nulo). Ensayo 1

En la Tabla 5 se muestran los resultados de los tratamientos sobre la altura de las plantas de los diferentes biotipos. En correlación con los resultados de eficacia, en los tratamientos de preemergencia se observa a la clomazona y pendimentalina con diferencia significativa en todos los biotipos en comparación con el tratamiento testigo. En tanto que en la mezcla de clomazona con pedimentalina, solo el biotipo ECH 15-53 no evidenció una diferencia significativa de altura.

En el tratamiento postemergente (penoxsulam) la mayoría de los biotipos manifestaron diferencias significativas sobre la altura de las plantas en comparación con el tratamiento testigo, solo ECH 15-30 y ECH 15-53 no la tuvieron (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto de diferentes tratamientos de herbicidas del arroz sobre la altura de plantas en diferentes biotipos de *Echinochloa* spp. Ensayo 1.

	Dosis L/ha	Altura (cm)						
		ECH 14-29	ECH 15-51	ECH 14-36	ECH 15-30	ECH 15-48	ECH 15-53	ECH 15-56
<b>Preemergentes</b>								
Testigo sin tratar	-	4,76a	4,48a	5,42a	6,1a	5,1a	4,8a	4,88a
Clomazona	0,7	0b	0b	0b	1,02c	0c	0b	0b
Pendimentalina	5	0b	0b	0b	0c	0c	0b	0b
Clomazona + Pendimentalina	2,5	0,12b	1,25b	0,35b	3,56b	1,9b	1,58ab	1,2b
<b>Postemergentes</b>								
Testigo sin tratar	-	9,2a	9a	11,1a	8,82a	9,35a	8a	9,62a
Penoxsulam	2	0b	0b	0b	8,58a	1,82b	2,3a	0b

Letras iguales en la misma columna indican diferencias no significativas

#### 4.1.2. Ensayo 2

Los resultados obtenidos en el ensayo 2 en invernadero mantienen estrecha relación con el ensayo 1 en cuanto a los herbicidas clomazona y pendimentalina (Figura 2). De igual forma se observó una alta eficacia de la pendimentalina en todos los biotipos, mientras que en clomazona solo el biotipo ECH 15-30 expresó baja eficacia al tratamiento. Por otra parte, la mezcla de clomazona con pendimentalina obtuvo una contundente eficacia en todos los biotipos, contrastando con los resultados obtenidos en el ensayo 1.

La eficacia del penoxsulam (postemergente) en el ensayo 2 se obtuvo en los biotipos ECH 14-29, ECH 15-51, ECH 14-36, ECH 15-53 y ECH 15-56, en tanto que en ECH 15-30 y ECH 15-48 resultó ineficaz el tratamiento. La única diferencia con el ensayo 1 se halla en la eficacia ofrecida en el biotipo ECH 15-53.

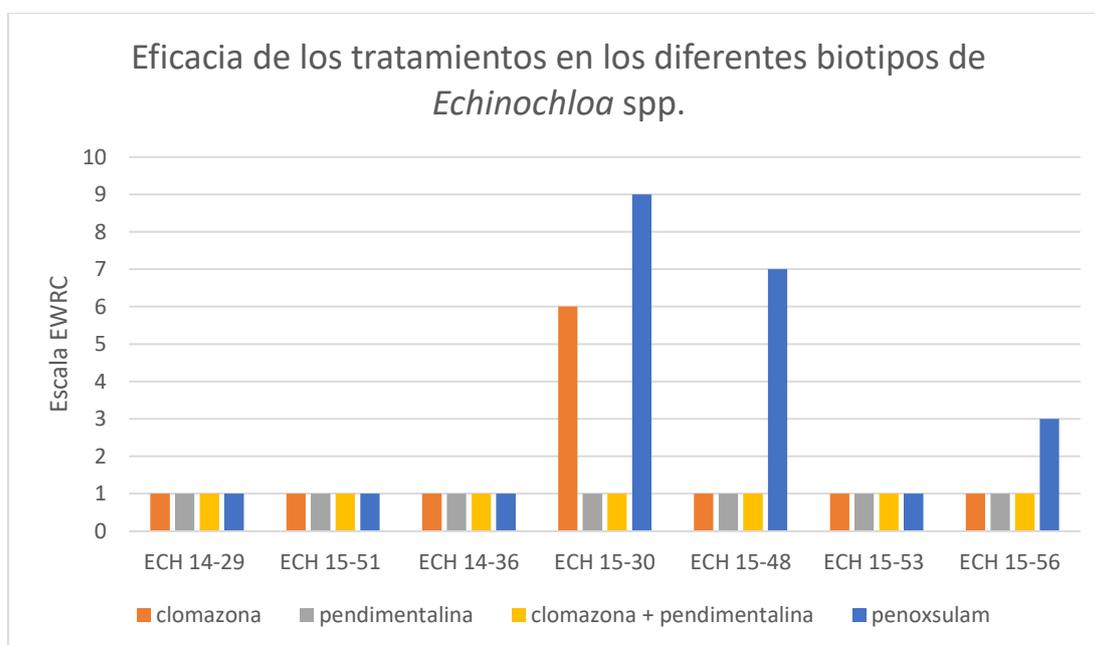


Figura 2. Eficacia de los herbicidas del arroz en los diferentes biotipos de *Echinochloa* spp. a los 21 días de la aplicación. Expresado con la escala EWRC (1 es excelente y 9 es nulo). Ensayo 2

Por otra parte, analizando los resultados de altura (Tabla 6) con los preemergentes se observó que todos los tratamientos fueron muy contundentes, existiendo diferencia significativa de altura con el testigo en todos los biotipos evaluados. Estos resultados coinciden con los obtenidos en el ensayo 1, solo encontrando resultado dispar en el biotipo ECH 15-53 del tratamiento 3 (clomazona + pendimentalina).

En este ensayo el penoxsulam solo indicó diferencia no significativa de altura en comparación con el testigo en los biotipos ECH 15-30 y ECH 15-48. En este último biotipo sí se encontró diferencia en el ensayo 1, difiriendo los resultados de un

experimento a otro al igual que el biotipo ECH 15-53 que presentó diferencia no significativa para el ensayo 1 (Tabla 5 y 6).

Tabla 6. Efecto de diferentes tratamientos de herbicidas del arroz sobre la altura de plantas de diferentes biotipos de *Echinochloa* spp. Ensayo 2.

	Dosis L/ha	Altura (cm)						
		ECH 14-29	ECH 15-51	ECH 14-36	ECH 15-30	ECH 15-48	ECH 15-53	ECH 15-56
<b>Preemergentes</b>								
Testigo sin tratar	-	6,8a	9,5a	7,84a	8,86a	7,25a	8,42a	7,92a
Clomazona	0,7	0b	0b	0b	3,86b	0b	0b	0b
Pendimentalina	5	0b	0b	0b	0c	0b	0b	0b
Clomazona + Pendimentalina	2,5	0b	0b	0b	0c	0b	0b	0b
<b>Postemergentes</b>								
Testigo sin tratar	-	9,86a	14,82a	11,84a	13,4a	12a	11,8a	12,75a
Penoxsulam	2	0b	0b	0b	10,23a	3,45a	0b	0,5b

Letras iguales en la misma columna indican diferencia no significativa.

#### 4.1.3. Ensayo 1 y 2

Analizando la eficacia de los tratamientos en conjunto (ensayo 1 y 2) se observa en la Figura 3 que la pendimentalina fue el tratamiento más eficaz logrando excelentes resultados en todos los biotipos. En clomazona se observó algo similar, siendo solo ineficaz para un biotipo (ECH 15-30). El tratamiento clomazona con pendimentalina no ofreció buenos resultados, solo logró una alta eficacia de control en dos biotipos (ECH 14-29 y ECH 14-36). De este mismo modo, el penoxsulam también obtuvo eficacia solo en algunos biotipos (ECH 14-29, ECH 15-51, ECH 14-36 y ECH 15-56).

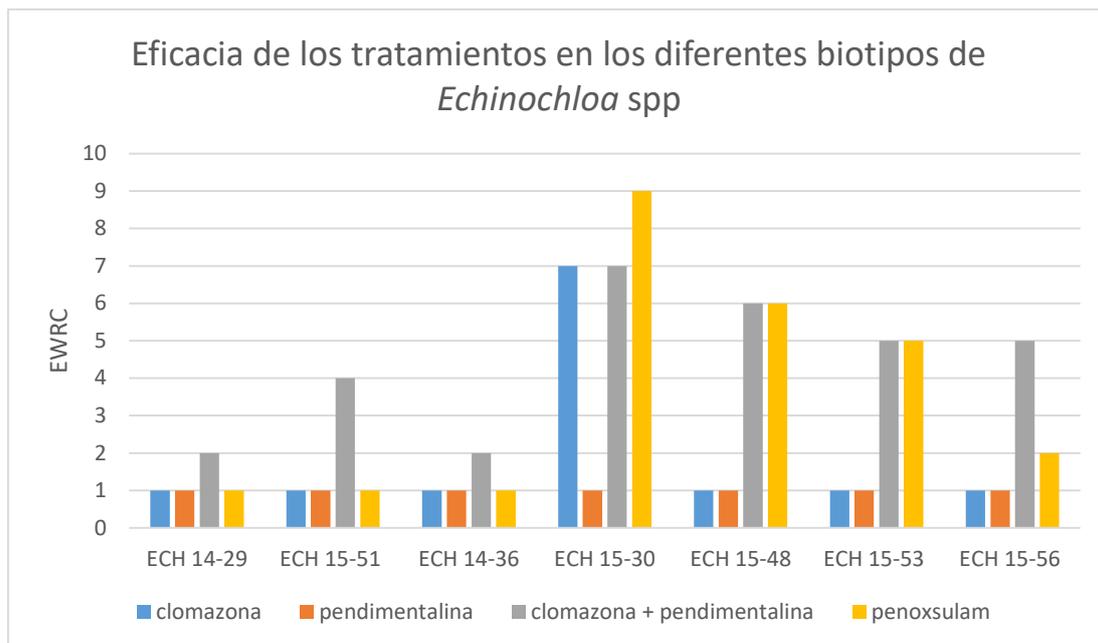


Figura 3. Eficacia de los herbicidas del arroz en los diferentes biotipos de *Echinochloa* spp. a los 21 días de la aplicación. Expresados con la escala EWRC (1 es excelente y 9 es nulo). Ensayo 1 y 2

Además, se analizó la eficacia de los tratamientos para el control de *Echinochloa* en función de la especie. Se evaluó para el grupo de *Echinochloa crus galli* – *hispidula* (ECH 14-29, ECH 15-51, ECH 14-36, ECH 15-53 y ECH 15-56) y *Echinochloa oryzicola* – *oryzoides* (ECH 15-30 y ECH 15-48). Como se observa en la Figura 4 el grupo perteneciente a *Echinochloa crus galli* – *hispidula* en general tiene mayor sensibilidad a los herbicidas evaluados. Este grupo mostró la misma sensibilidad al herbicida pendimentalina que el grupo *Echinochloa oryzicola* – *oryzoides*.

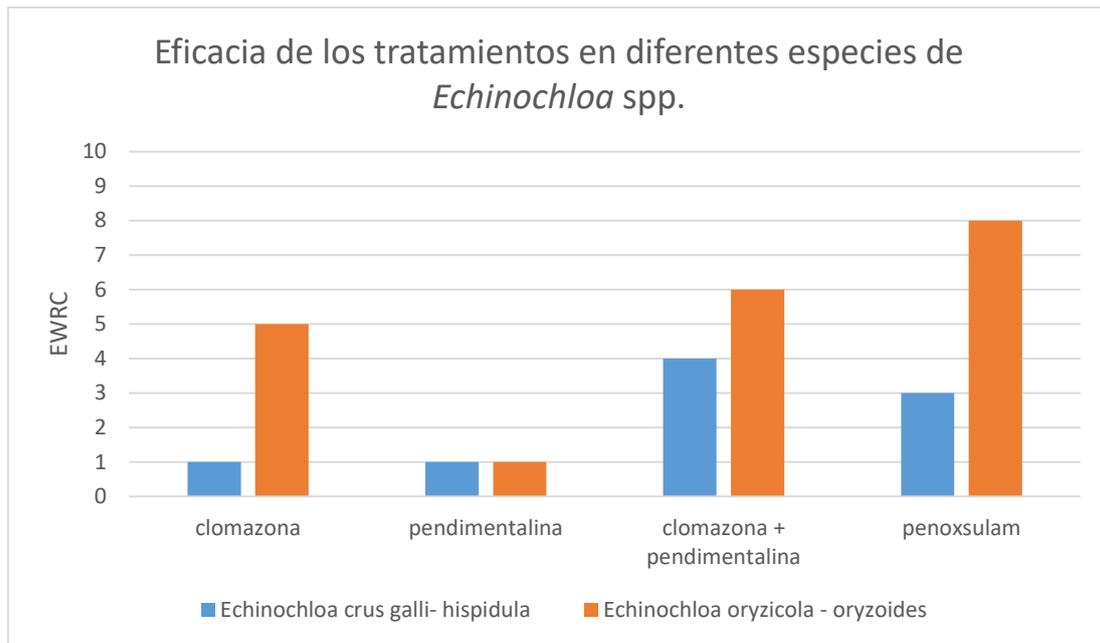


Figura 4. Eficacia de los herbicidas del arroz en las diferentes especies de *Echinochloa* (*Echinochloa crus galli* - *hispidula* y *Echinochloa oryzicola* - *oryzoides*). Expresado con la escala EWRC (1 es excelente y 9 es nulo). Ensayo 1 y 2

Diversos autores (Salguero *et al.*, 2015; Vidotto *et al.*, 2007) indicaron que diferentes especies de *Echinochloa* muestran desigual sensibilidad a los herbicidas. Estos resultados (Figura 4) coinciden con lo expresado anteriormente, encontrándose mayor sensibilidad para el grupo *Echinochloa crus galli* – *hispidula* en los herbicidas clomazona, clomazona con pendimentalina y penoxsulam, en comparación con el grupo *Echinochloa oryzicola* – *oryzoides*.

## 4.2. Ensayo en campo

### 4.2.1. *Echinochloa* spp.

En el ensayo a campo los tratamientos manifestaron muy baja eficacia en el control de *Echinochloa* spp. (Figura 5). La cobertura más baja la obtuvo la mezcla de clomazona con pendimentalina. De todos modos, la diferencia de cobertura en comparación con el testigo no fue significativa al igual que en el resto de los tratamientos. Los herbicidas clomazona (T2) y clomazona con pendimentalina (T4) tuvieron una desviación estándar alta (39,2 y 29,2 respectivamente). Estos tratamientos exhibieron buenos resultados en una sola repetición (subparcela) con porcentajes de cobertura muy bajos (T2 20% y T4 15%). Es importante destacar que estas dos subparcelas se encontraban en un extremo del ensayo, y la altura de lámina de agua fue menor que en el resto del experimento. Si bien la presencia de *Echinochloa* spp. fue baja, se evidenció una importante presencia

de *Cyperus difformis* y *Ammannia coccínea*. Lo cual puede ser atribuida esta variabilidad con el resto de las subparcelas a la altura de la lámina de agua.

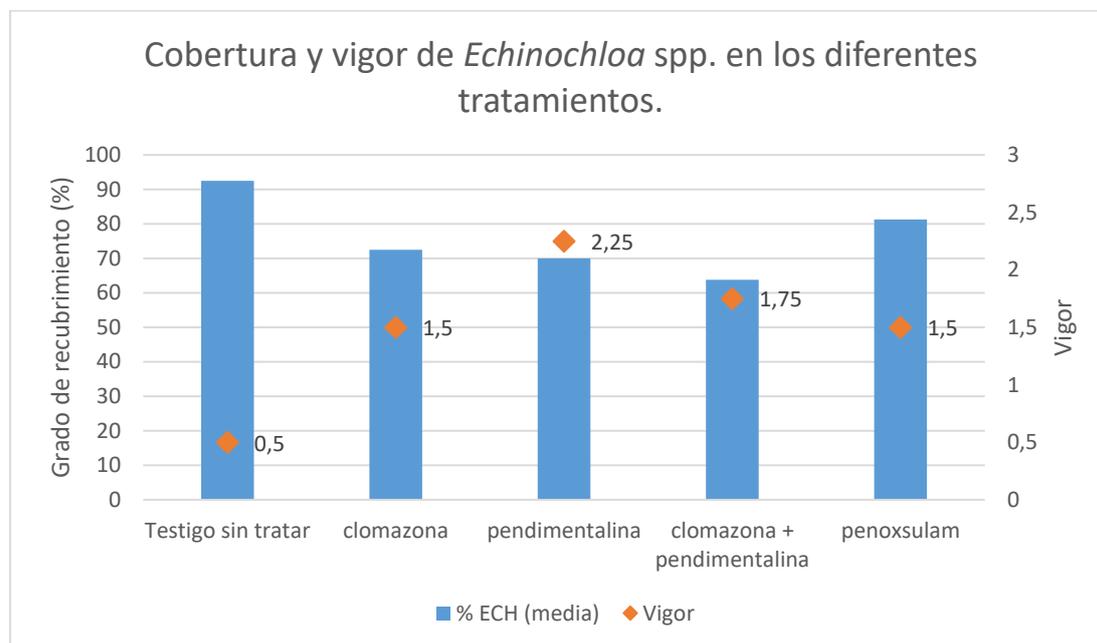


Figura 5. Efecto de diferentes tratamientos de herbicidas del arroz expresado en grado de recubrimiento y vigor sobre *Echinochloa* spp. Los valores de la escala vigor corresponden a: 0 (muy vigorosas), 1 (vigorosas), 2 (moderadamente vigorosas) y 3 (poco vigorosas).

Además del grado de recubrimiento, se evaluó el vigor de las *Echinochloa* spp. presentes en cada tratamiento (Figura 5). Se observó que las *Echinochloa* spp. tratadas con pendimentalina tuvieron el vigor más bajo, seguido por el tratamiento de clomazona con pendimentalina. Los tratamientos clomazona y penoxsulam manifestaron un vigor similar en sus *Echinochloa* spp. Por último, como era de esperar el tratamiento testigo evidenció el vigor más alto.

Con el grado de recubrimiento de *Echinochloa* spp. se obtuvo la eficacia de los diferentes tratamientos (Tabla 7). Como se observa a continuación, todos los tratamientos resultaron ineficaces en el control de *Echinochloa* spp. Estos resultados conseguidos a campo contrastan con los obtenidos en el ensayo 1 y 2 ya que en este experimento ningún tratamiento ofreció la eficacia que se obtuvo en invernadero (ver figura 1 y 2).

Tabla 7. Porcentaje de recubrimiento de *Echinochloa* spp. y eficacia de los diferentes tratamientos para cada repetición y la mediana del tratamiento. Expresados con la escala EWRC (1 es excelente y 9 es nulo).

Tratamiento	Grado de recubrimiento %				Eficacia - EWRC				Puntuación
	Repetición				Repetición				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Clomazona	80	100	15	95	9	9	5	9	9 (5-9)
Pendimentalina	70	55	70	85	9	8	9	9	9
Clomazona + Pendimentalina	20	80	80	75	6	9	9	9	9 (6-9)
Penoxsulam	70	95	70	90	9	9	9	9	9

En los tratamientos con herbicidas de preemergencia además se cuantificó el número de plantas de *Echinochloa* spp. emergidas a los 27 días de la aplicación. Como se observa en la figura 6, los tratamientos con pendimentalina y clomazona con pendimentalina exhibieron los valores más bajos (16,5 y 29 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente). En tanto que la clomazona (85,5 plantas/m<sup>2</sup>) y el tratamiento testigo sin tratar (121 plantas/m<sup>2</sup>) manifestaron valores muy superiores. Los buenos resultados que manifestaron algunos tratamientos preemergentes (pendimentalina y clomazona con pendimentalina) en esta evaluación, no se obtuvieron en la evaluación final (ver tabla 7). La combinación de un tratamiento de preemergencia con un control postemergente sería una estrategia interesante para el control de *Echinochloa* spp.

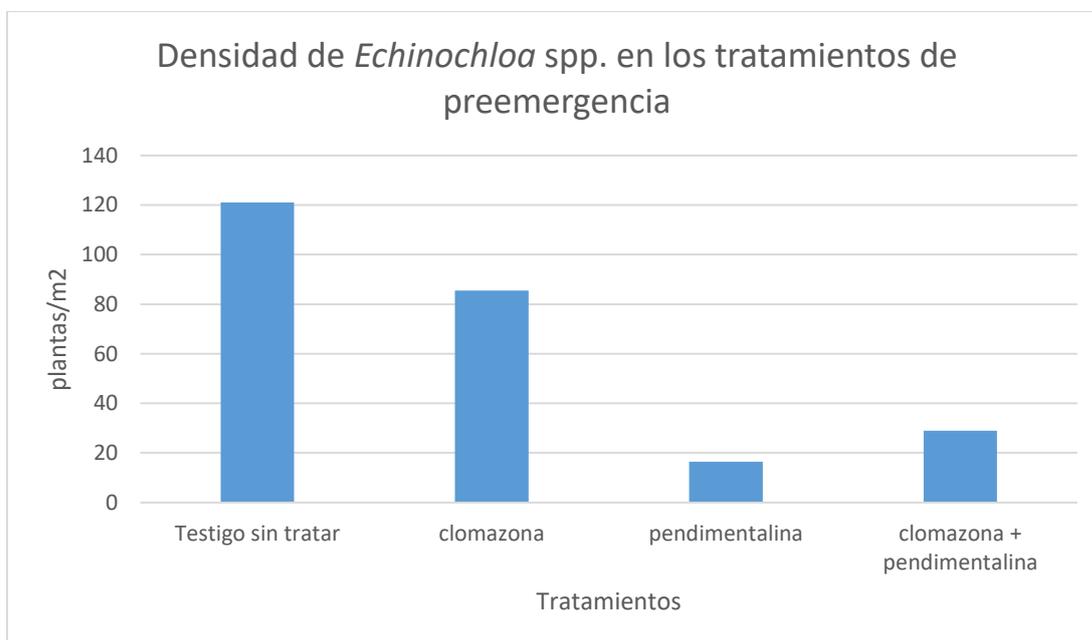


Figura 6. Densidad de plantas de *Echinochloa* spp. en los tratamientos con herbicidas de preemergencia. Evaluación a los 27 días posteriores a la aplicación.

El tratamiento con pendimentalina, quien tuvo la menor densidad de *Echinochloa* spp. a los 27 días de la aplicación, fue además el tratamiento que menor cobertura de arroz presentó en el momento de la evaluación (Figura 7). Posiblemente el herbicida genero

cierta fitotoxicidad en el arroz, aunque es de destacar que esta tendencia no se mantuvo con el tiempo, ya que en la última evaluación no existía diferencia importante en el grado de recubrimiento del cultivo de arroz.

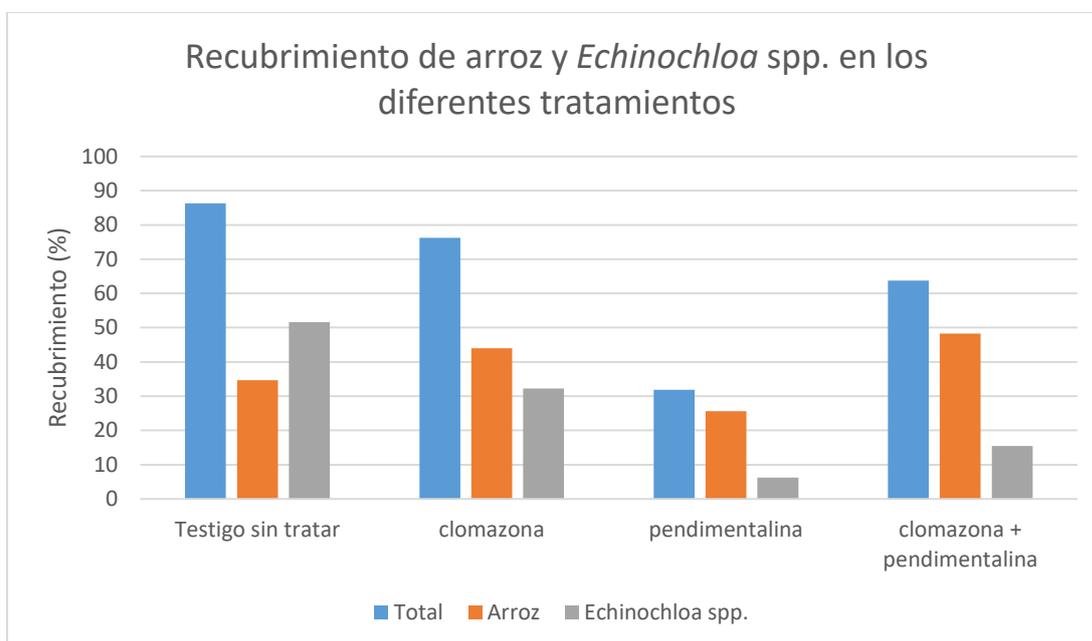


Figura 7. Porcentaje de recubrimiento de arroz y *Echinochloa* spp. en los tratamientos con herbicidas de preemergencia. Evaluación a los 27 días posteriores a la aplicación.

#### 4.2.2. Biotipos ECH 14-29, ECH 15-30 y ECH 15-56

La evaluación de los biotipos solo se realizó sobre el biotipo ECH 15-56. El resto (ECH 14-29 y ECH 15-30) no se pudo evaluar debido a que la falta de eficacia de los tratamientos permitió un gran desarrollo y densidad de las *Echinochloa* spp presentes en las parcelas, que impidieron la evaluación de las líneas 14-29 y 15-30.

De las 4 repeticiones por tratamiento (4 subparcelas) se encontró ECH 15-56 en 3 macetas para el tratamiento control, para el herbicida clomazona y para la clomazona con pendimentalina. En tanto que los tratamientos pendimentalina y penoxsulam solo se encontró en 2 macetas por tratamiento.

Si bien este biotipo había sido controlado eficazmente en la mayoría de los tratamientos en invernadero (solo fue ineficaz el tratamiento de clomazona con pendimentalina en el ensayo 1), aquí los controles fueron ineficientes al igual que en la *Echinochloa* spp (ver Figura 5).

## 5 Conclusión

Los resultados obtenidos en invernadero indican que los tratamientos realizados con herbicidas preemergentes en general tuvieron muy buena eficacia. La clomazona y pendimentalina por separado son los herbicidas que mayor eficacia ofrecieron. En cuanto a la mezcla de estos herbicidas los resultados obtenidos no son muy satisfactorios ya que se obtuvo un notable control en todos los biotipos evaluados en el segundo ensayo y mucha variabilidad de un biotipo a otro en el primer ensayo. Sería recomendable repetir el experimento para sacar conclusiones más precisas. En cuanto al penoxsulam, la eficacia se ve muy reducida en las especies *Echinochloa oryzicola* – *oryzoides*, solo logrando buen control en *Echinochloa crus galli* – *hispidula*. Por esto es que la identificación de las especies presentes en los campos es importante para realizar una correcta elección del herbicida en función de la sensibilidad.

Conforme los resultados obtenidos a campo, se concluyó que a pesar de que algunos herbicidas ejercen buen control sobre algunas especies de *Echinochloa* spp, los resultados a campo pueden verse alterados por factores externos que hacen disminuir la eficacia de los mismos. Factores como el estadio de las malas hierbas al momento de la aplicación, el correcto manejo del agua, las condiciones ambientales y la calidad de la aplicación entre otros, son de suma importancia para el correcto desempeño de los herbicidas.

De los resultados obtenidos en laboratorio y a campo se puede indicar que la realización de un tratamiento en preemergencia puede ser un buen complemento a un posterior tratamiento en postemergencia para el control de *Echinochloa* spp.

## 6 Bibliografía

Aapresid, (2017). Modos de acción herbicidas. Manejo de malezas problema. ISSN Nº: 2250-5350 (versión on-line). <http://www.aapresid.org.ar>.

Anderson, R.L. (2007). Managing weeds with a dualistic approach of prevention and control. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 27: 13-18.

Carretero, J.L. (2004). Flora Arvense española: las malas hierbas de los cultivos españoles. Valencia: Phytoma España, D.L.

Heap, I. (2017). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://www.weedscience.org>.

MAPAMA, (2017). <http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/menu.asp>.

Michael, P.W. (1983). Taxonomy and distribution of *Echinochloa* species with special reference to their occurrence as weeds of rice. Proceeding of the Conference on Weed Control in Rice, 31 August-4 September 1981, Philippines. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, pp. 291-306.

OERKE, E. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), pp. 31-43. doi:10.1017/S0021859605005708.

Osca, J.M. (2009). Estudio de las malas hierbas más problemáticas de los arrozales valencianos. *Herbología e Biodiversidade numa Agricultura sustentável*, pp. 287-290. XII Congreso SEMh, XIX Congreso ALAM y II Congreso IBCM. Lisboa (Portugal), 2009.

Osuna, M.D., Romano Y., Gonzáles J., Palmerin, J.A. y Quiles, J.M. (2012). Principales malas hierbas y métodos de control en el cultivo del arroz en España. *Vida Rural*, 339: 74-77.

Osuna, M.D., Romano Y., Palmerin, J.A. y Quiles, J.M. (2014). Estrategias de control de *Echinochloa* en el cultivo del arroz. *Vida Rural*, 377: 37-40

Pardo G., Marí A., Fernández-Cavada S., García-Floria C., Hernández S., Zaragoza C y Cirujeda A. (2015). Alternativas al penoxsulam para control de *Echinochloa* spp. y ciperáceas en cultivo de arroz en el nordeste de España. *ITEA*, vol. 111 (4), pp. 295-309.

Patti, L.T. (2005). Clomazone: Toxicity, Biotransformation, Resistance and Interaction with P450 Inhibitors in Rice (*Oryza sativa*) and Watergrasses (*Echinochloa* spp.). University of California, Davis. <http://escholarship.org/uc/item/8m1846vf>.

Salguero J., Romano Y., Álvarez-Barrientos A., Torralbo P., Alarcón, M.V., Amaro-Blanco I. y Osuna, M.D. 2015. Identificación de especies de *Echinochloa* spp. en arrozales de Extremadura mediante citometría de flujo. XV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. pp. 451-457.

SEMh, (2017). Sociedad Española de Malherbología. Díptico “La resistencia de las malas hierbas a los herbicidas”. Comité para la prevención de resistencias a herbicidas (CPRH). Divulgación. [http://www.semh.net/resistencia\\_herbicidas.html](http://www.semh.net/resistencia_herbicidas.html)

Tabacchi M., Mantegazza R., Spada A. y Ferrero A. (2006). Morphological traits and molecular markers for classification of *Echinochloa* species from Italian rice fields. Weed Science Society of America, 54: 1086-1093.

Valverde, B.E., Riches, C.R y Caseley, J.C. (2000). Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: experiencias en América Central con *Echinochloa colona*. 1ª ed. San José, Costa Rica. Cámara de Insumos Agropecuarios.

Vidotto F., Tesio F., Tabacchi M y Ferrero A. (2007). Herbicide sensitivity of *Echinochloa* spp. accessions in Italian rice fields. Crop Protection, 26: 285-293.

Vidotto F., Fogliatto S., Dalla Valle N., Tabacchi M. y Ferrero A. (2015). Efficacy of rice herbicides on *Echinochloa* spp. as affected by repeated use. pp 50. 17th European Weed Research Society Symposium “Weed management in changing environments”. Montpellier, Francia.