

Resistencia de *Echinochloa colona* (L.) Link al herbicida cyhalofop-butilo en arrozales de Venezuela

Aída Ortiz* y Alfredis López

Laboratorio de Malezas. Instituto de Agronomía. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua, Venezuela

RESUMEN

La paja americana [*Echinochloa colona* (L.) Link] es una de las malezas de la familia Poaceae de mayor importancia económica en Venezuela. El objetivo de este trabajo fue determinar la resistencia de 48 accesiones de *E. colona* a cyhalofop-butilo (inhibidor de la enzima acetil coenzima A carboxilasa, ACCasa). Se establecieron dos experimentos, un bioensayo de detección y otro de respuesta a dosis; en el primero se evaluaron accesiones provenientes de arrozales de los estados productores de Venezuela (Portuguesa, Guárico y Cojedes) y de otras zonas sin este cultivo (Aragua y Carabobo), con la dosis recomendada de cyhalofop-butilo (234 g/ha), comparado con un testigo susceptible ('EC114A'). Se estimó el porcentaje de peso fresco a los 21 días después de la aplicación. Para cuantificar la resistencia, se utilizaron las accesiones 'EC33P' resistente y 'EC114A' como testigo susceptible. Dos accesiones de Portuguesa y cinco de Guárico resultaron resistentes a cyhalofop-butilo (14,58%). La accesión 'EC33P' mostró un índice de resistencia de 20,78, demostrando la resistencia de *E. colona* al herbicida cyhalofop-butilo.

Palabras clave: inhibidores de ACCasa, maleza, resistente.

Resistance of *Echinochloa colona* (L.) Link to cyhalofop-butyl herbicide in rice paddy of Venezuela

ABSTRACT

Jungle rice [*Echinochloa colona* (L.) Link] is a grass weed of major economic importance in Venezuela. The present investigation was undertaken to determine the resistance of 48 accessions of *E. colona* to cyhalofop-butyl (ACCCase inhibitor). Two experiments were established, a detection bioassay and another of doses response; in the first essay, all accessions coming from farms rice of three states in Venezuela (Portuguesa, Guárico, and Cojedes) and other states without this crop (Aragua and Carabobo) were evaluated, with the recommended dose of cyhalofop-butyl (234 g/ha), compared to a susceptible accession ('EC114A'). The percentage of fresh weight at 21 days after application was calculated. To quantify the resistance, the resistant accession 'EC33P' (R) and the susceptible 'EC114A' (S) as a control were used. Two accessions from Portuguesa and five from Guárico were resistant to cyhalofop-butyl (14.58%). The accession 'EC33P' showed a resistance index of 20.78, which demonstrates that *E. colona* is resistant to cyhalofop-butyl herbicide.

Keywords: ACCCase inhibitor, weed, resistant.

*Autor de correspondencia: Aida Ortiz

E-mail: aidaortizd@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La paja americana, *Echinochloa colona* (L.) Link, es una planta con metabolismo C_4 (Ibrahim *et al.*, 2009) y originaria de Eurasia (Rzedowski y Rzedowski, 2004). Se señala como maleza en 36 cultivos incluyendo el arroz (Villaseñor y Espinosa, 1998). En Venezuela esta especie es una de las más importantes del cultivo del arroz y su control se hace combinando métodos culturales como la preparación del suelo (batido del suelo) y químicos (Cásares y Ortiz, 2009).

Entre los herbicidas postemergentes usados en Venezuela para el control de *E. colona* se encuentra cyhalofop-butilo (ampliamente comercializado desde hace más de 10 años), propanil, bispiribac-sodio, piribenzoxim y fenoxaprop-p-etilo. En preemergencia se usan butacloro, bentiocarbe, oxadiazón, pendimetalin y oxifluorfen. En presiembra, glifosato, paraquat o glufosinato de amonio (Ortiz, 2008).

El cyhalofop-butilo es un herbicida perteneciente a la familia química de los ariloxifenoxipropianoato (FOP) producido por Dow Elanco, que controla un amplio espectro de malezas gramíneas, dentro las que se incluye *E. colona* y cuyo mecanismo de acción es inhibir a la enzima acetil coenzima A carboxilasa conocida como ACCasa (EC6.4.1.2) según lo señalado por Ray *et al.* (1993). La ACCasa es la primera enzima común en la ruta de la biosíntesis de ácidos grasos (Walter, 2001; Délye, 2005), considerándose el sitio primario de acción de un grupo importante de herbicidas gramínicidas (Shaner, 2003) agrupados en tres familias químicas según Secor *et al.* (1989) y Plaza *et al.* (2010): FOP, ciclohexanodionas (DIM) y fenilpirazolininas (FEN). El registro del profoxidim como herbicida en arroz se realizó en 1993 (Ray *et al.*, 1993).

La paja americana ha mostrado resistencia a 11 herbicidas agrupados en cuatro mecanismos de acción hallados en 13 países (Heap, 2013). La resistencia de *E. colona* a herbicidas por mecanismos de acción se agrupan en cuatro grupos de acuerdo a Heap, (2013) y Pérez *et al.*, (2009): inhibidores del transporte de electrones en el fotosistema II (atrazina, metribuzin, quinclo rac y propanil), inhibidores de ACCasa (cyhalofop-butilo, fenoxaprop-etilo, fluazifop-butilo, haloxyfop-metilo y profoxidim, inhibidores de ALS (bispiribac-sodio y azimsulfuron) y glicinas (glifosato).

Recientemente se ha señalado por primera vez en *E. colona* (Alarcón-Reverte *et al.*, 2013) que el mecanismo de resistencia a glifosato es por alteración del sitio de acción producto de una mutación causada por una sustitución en la posición 106 de prolina a serina en la enzima 5-enolpiruvil shinkimato 3-fosfato sintasa

(EPSPS). Igualmente, la resistencia a ametrina se debe a una sustitución de serina a glicina en la posición 264 en los biotipos R (Elahifard *et al.*, 2013). La resistencia de *E. colona* a cyhalofop-butilo pudiera deberse a la aceleración de la desintoxicación del herbicida en la maleza ya que has mostrado reducción del crecimiento del biotipo resistente cuando fue tratado con malatión (inhibidor del complejo enzimático citocromo monooxigenasa) y cyhalofop-butilo (Pérez *et al.*, 2009). En una especie afín, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., se ha evidenciado que el mecanismo de resistencia a quinclo rac es debido al metabolismo acelerado por glutatona-S transferasa (Li *et al.*, 2013).

El objetivo de este trabajo de investigación fue determinar la resistencia de algunas accesiones de *Echinochloa colona* (L.) Link, provenientes de tres zonas productoras de arroz y dos sin este cultivo en Venezuela, al herbicida cyhalofop-butilo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron 500 g de panículas con semillas de 48 accesiones de *E. colona*, durante los años 2008 a 2013, provenientes de arrozales en los principales estados productores de Venezuela, donde los agricultores expresaron dificultad para el control de esta maleza. Con fines de comparación, también se cosecharon semillas en otros estados del país, sin cultivo de arroz (Carabobo y Aragua) en los cuales este herbicida nunca había sido usado (Cuadro 1).

Las panículas se desgranaron y las semillas maduras se almacenaron a una temperatura de 4°C y 65% de humedad relativa para preservar su viabilidad. Se realizaron dos tipos de experimentos: uno preliminar de detección para identificar accesiones resistentes y un segundo de respuesta a dosis para confirmar la resistencia a cyhalofop-butilo y cuantificar su nivel.

Experimento preliminar de detección

Las plántulas de las 48 accesiones recolectadas en los estados Portuguesa (25), Guárico (18), Carabobo (2), Cojedes (2) y Aragua (1) fueron tratadas cuando tenían entre tres a cuatro hojas, con 234 g/ha de cyhalofop-butilo, dosis comercial recomendada en la etiqueta del herbicida y se contó con un tratamiento testigo sin aplicación de herbicida, bajo un diseño experimental completamente aleatorizado con cinco repeticiones. El herbicida se aplicó utilizando una cámara de aspersion (Devries Manufacturing, EUA) con una descarga de 180 L/ha, bajo una presión de 250 kPa y empleando una boquilla de abanico plano 8002E (Bellspray, Inc., EUA).

Cuadro 1. Peso fresco como porcentaje del testigo sin tratar (media \pm EE) y condición de resistencia de accesiones de *E. colona* provenientes de los estados Guárico (G), Portuguesa (P), Aragua (A), Cojedes (CO) y Carabobo (C).

Accesión	Peso fresco %	Condición†	Accesión	Peso fresco %	Condición
'EC135P'	85,66 \pm 12,59a	R	'EC133P'	4,71 \pm 1,16a	S
'EC33P'	51,15 \pm 9,48a	R	'EC132P'	4,61 \pm 1,00a	S
'EC101G'	25,38 \pm 1,83a	R	'EC124P'	4,60 \pm 0,92a	S
'EC92G'	25,23 \pm 1,25a	R	'EC129P'	3,94 \pm 0,63a	S
'EC138G'	25,71 \pm 1,06a	R	'EC48P'	3,73 \pm 0,62a	S
'EC61G'	21,75 \pm 2,22a	R	'EC3P'	3,71 \pm 0,71a	S
'EC136G'	19,88 \pm 1,45a	R	'EC59G'	3,56 \pm 0,44a	S
'EC67G'	19,07 \pm 0,92a	S	'EC267P'	3,11 \pm 0,73a	S
'EC63G'	17,68 \pm 1,94a	S	'EC130P'	3,03 \pm 0,85a	S
'EC104G'	16,67 \pm 2,66a	S	'EC127P'	2,94 \pm 0,38a	S
'EC107G'	15,61 \pm 1,74a	S	'EC125P'	2,92 \pm 0,47a	S
'EC103G'	15,25 \pm 2,69a	S	'EC49P'	2,35 \pm 0,68a	S
'EC100G'	14,52 \pm 0,36a	S	'EC146CO'	2,21 \pm 0,27a	S
'EC115C'	13,85 \pm 2,34a	S	'EC114A'	1,69 \pm 0,54a	S
'EC137'	13,79 \pm 0,90a	S	'EC229P'	1,52 \pm 0,50a	S
'EC87G'	11,79 \pm 0,68a	S	'EC126P'	1,50 \pm 0,08a	S
'EC65G'	9,56 \pm 0,53a	S	'EC102G'	1,12 \pm 0,24a	S
'EC53CO'	9,36 \pm 1,89a	S	'EC266P'	1,66 \pm 0,54a	S
'EC89G'	8,23 \pm 0,74a	S	'EC116C'	0,96 \pm 0,17a	S
'EC270P'	7,30 \pm 1,51a	S	'EC272P'	0,86 \pm 0,55a	S
'EC260P'	6,69 \pm 1,13a	S	'EC47P'	0,72 \pm 0,46a	S
'EC131P'	5,96 \pm 0,58a	S	'EC134P'	0,61 \pm 0,16a	S
'EC274P'	5,88 \pm 0,81a	S	'EC56G'	0,40 \pm 0,25a	S
'EC128P'	4,96 \pm 0,72a	S	'EC233P'	0	S

† R: resistente. S: susceptible

Las condiciones promedios diarios de crecimiento medidas en el invernadero durante el desarrollo de los experimentos fueron: 30 a 35°C, 80% humedad relativa y fotoperíodo de 12 h bajo irradiación natural de 1600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. A las semillas se les rompió latencia colocándolas en matraces con una solución de nitrato de potasio al 0,25% e inyección de aire a través de una bomba para peceras; luego de cinco días, las semillas germinadas se trasplantaron sobre la superficie de 500 g de suelo húmedo (serie Maracay, Fluventic haplustolls, Francosa gruesa isohipertérmico, formación Mercedes; textura franca y pH = 6,54) contenido en potes de 638,39 cm^3 .

Después de la emergencia y antes de la aplicación del herbicida, se raleó a tres plántulas en cada pote y espaciadas equidistantemente. Los potes se ubicaron en una piscina con una lámina de agua constante de 10 cm de profundidad, la cual no sobrepasaba la superficie del suelo en los potes, manteniendo el suelo saturado. Los experimentos se fertilizaron 72 h después de la aplicación del herbicida con fórmula completa (Energy®), cuyo contenido fue de 180; 100; 40; 12,20; 16,50; 0,21; 0,32; 2,30; 1,35; 2,70; 7,80; 0,09 y 0,03 g/L de N, P₂O₅, K₂O, MgO, S, CaO, Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo y Co, respectivamente. La dosis utilizada fue de 50 mL en 10 L de agua.

A los 21 d después de la aplicación (DDA), se cosechó la parte aérea de las plantas en cada pote y se midió el peso fresco inmediatamente después de cortar cada planta. Los datos de peso fresco se expresaron como porcentaje de crecimiento (peso fresco del tratamiento con herbicida/peso fresco promedio del tratamiento control sin herbicida $\times 100$). En este experimento, se consideraron como resistentes a aquellas accesiones que presentaron un peso fresco mayor al 20% del tratamiento testigo sin herbicida cuando fueron tratadas con la dosis comercial recomendada de cyhalofop-butilo (234 g/ha) debido a que con esta biomasa *E. colona* es capaz de completar su ciclo de crecimiento y producir semillas viables (datos no publicados).

Experimento de respuesta a dosis

Sobre la base del experimento anterior, se seleccionaron una accesión resistente (R) y otra susceptible (S) para esta fase de evaluación. Las dosis crecientes de cyhalofop-butilo utilizadas para la accesión resistente fueron 0; 14,63; 29,25; 58,50; 117; 234; 468 y 936 g/ha, mientras que para la susceptible se usaron 0; 1,83; 3,66; 7,31; 14,63; 29,25; 58,50 y 117 g/ha. Los tratamientos se ubicaron bajo un diseño completamente aleatorizado y se replicaron seis veces; el experimento se repitió para su validación. Las aplicaciones se efectuaron sobre plantas al estado de tres a cuatro hojas. Tanto las condiciones de crecimiento, la aplicación del herbicida, como la cosecha fueron similares al experimento anterior. Con los datos de peso fresco expresados como porcentaje de crecimiento respecto al promedio del testigo sin herbicida, se calculó la dosis de efecto medio (ED_{50}), dosis para la cual se reduce el crecimiento de plantas tratadas a un 50% del de plantas no tratadas) para cada accesión y el correspondiente índice de resistencia ($IR = ED_{50}R/ED_{50}S$).

Análisis estadístico

Los datos de respuesta a dosis provenientes de experimentos repetidos se juntaron para su análisis al no detectarse interacción ($P > 0,05$) entre experimentos y tratamientos y se sometieron al análisis de regresión ajustando modelos que describían adecuadamente las tendencias y minimizaban el cuadrado medio del error. A los datos de peso fresco de las accesiones 'EC33P' y 'EC114A' se les ajustó un modelo de regresión no lineal log-logístico de cuatro parámetros [ec. 1] de acuerdo a lo sugerido por Streibig *et al.* (1993):

$$Y = c + (d-c) / 1 + (x/ED_{50})^b \text{ [ec. 1]}$$

donde Y es el porcentaje de crecimiento, c es la respuesta media cuando la dosis de herbicida tiende a valores muy elevados, d es la respuesta media cuando

la dosis de herbicida tiende a cero, b es la pendiente de la curva, ED_{50} es la dosis de herbicida en el punto de inflexión y x es la dosis de herbicida. El análisis de regresión se realizó utilizando el programa Sigma Plot Systat, (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 18 accesiones de *E. colona* recolectadas en el estado Guárico, cinco mostraron un peso fresco igual o superior al 20% de las plantas no tratadas ('EC61G', 'EC92G', 'EC101G', 'EC136G' y 'EC138G'), por lo que se consideraron como resistentes. De la misma manera se consideraron resistentes dos accesiones de Portuguesa, la EC135P y EC33P. Las demás accesiones se comportaron como susceptibles a cyhalofop-butilo (Cuadro 1).

La dosis de cyhalofop-butilo requerida para inhibir el 50% del crecimiento (ED_{50}) de la accesión 'EC33P' de *E. colona* en el experimento de respuesta a dosis en plantas completas y los parámetros de las ecuaciones usados para estimar esta dosis se presentan en el Cuadro 2. Se comprueba así que la accesión 'EC33P' recolectada en Portuguesa es resistente a cyhalofop-butilo (Figura 1). La relación de dosis, para efecto medio (ED_{50}) reveló que la 'EC33P' mostró un IR de 20,68 (Cuadro 2). Por otra parte, con una dosis de tan sólo 58,50 g/ha, se suprimió completamente el crecimiento de plantas de la accesión EC114A, confirmando su susceptibilidad (Figura 1).

La accesión 'EC33P' presenta resistencia a otros herbicidas, tales como inhibidores de ALS: bispiribac-sodio (pirimidiniltiobenoato, PTB) según Fernández (2012), inhibidores de ACCasa: fenoxaprop-p-etilo (FOP) según Peraza (2013) e inhibidor del transporte de electrones en el fotosistema II (propanil) de acuerdo a Fumero (2012), por lo que se infiere que a nivel poblacional existe resistencia cruzada involucrando a varios herbicidas (Ortiz *et al.*, 2013). Otros autores en el país han encontrado resistencia de *E. colona* a inhibidores de ACCasa; accesiones de Portuguesa resistentes a cyhalofop-butilo y profoxidim (Pérez *et al.*, 2009) y fenoxaprop-etil (Zambrano y Espinoza, 2004) y en Cojedes a fluazifop-butilo y glifosato (Anzalone *et al.*, 2008). No obstante, 'EC33P' es susceptible a oxadiazón (Romano, 2012), imazapir+imazetapir (Guevara, 2010) y profoxidim (Machado, 2011).

Es importante resaltar que sólo siete accesiones de 48 evaluadas tienen resistencia a cyhalofop-butilo, lo cual sugiere que aparte de la resistencia observada, pudieran existir también fallas en el control de *E. colona* en las fincas ubicadas en el área de influencia del sistema de riego del río Guárico, Portuguesa y Cojedes.

Cuadro 2. Parámetros de las ecuaciones de regresión utilizadas para estimar la dosis de cyhalofop-butilo para reducir al 50% (ED_{50}) la biomasa de plantas de *E. colona* susceptible y resistente a este herbicida, coeficiente de regresión e índice de resistencia.

Accesión	Ecuación	Parámetros de regresión ¹					ED_{50} ²	IR ³
		b	c	D	R ²	P		
'EC114A' (S)	$Y = 100/[1 + (x/32,46)^{-5,63}]$	-5,63(6,22)	0 (9,64)	100 (4,41)	0,83	<0,0001	32,46 (5,02)	
'EC33P' (R)	$Y = 100/[1 + (x/674,52)^{-0,6}]$	-0,60(0,58)	0 (276,45)	100 (14,97)	0,57	<0,0001	674,52 (3536)	20,78

¹ Valores entre paréntesis son intervalos de confianza al 95%

² ED_{50} es la dosis de herbicida que se requiere para reducir el 50% del crecimiento.

³ IR es el índice de resistencia

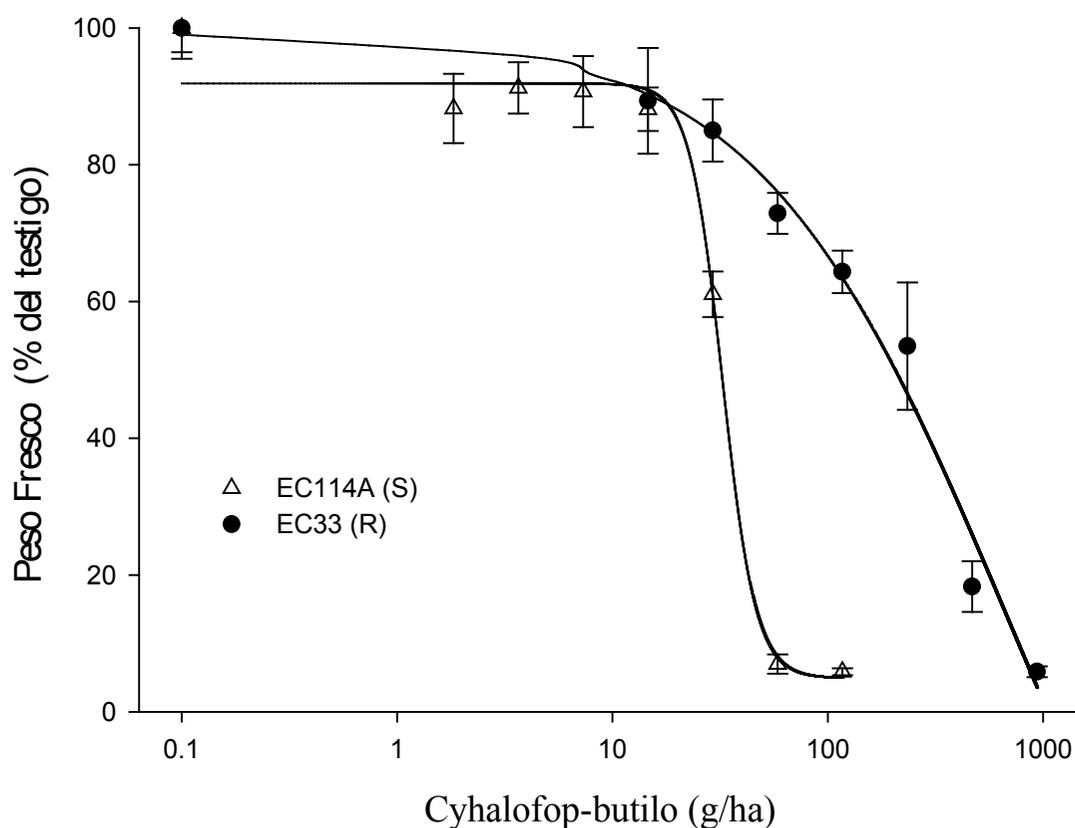


Figura 1. Respuesta de las accesiones de *E. colona* 'EC33P' (R) y 'EC114A' (S) a dosis crecientes de cyhalofop-butilo. Cada punto es la media y la desviación estándar de 12 observaciones provenientes de dos experimentos.

Lo anterior podría deberse a la falta de calibración, uso de aguas inapropiadas, sub-dosificación y mezclas con productos antagonicos, o combinación de ellas. Se ha encontrado que los herbicidas propanil, triclopir y halosulfuron antagonizan al cyhalofop-butilo en mezcla o aplicados hasta tres días después (Scherder *et al.*, 2005).

En la mitigación de la resistencia de malezas a herbicidas se deben incluir estrategias, tales como aplicaciones secuenciales de herbicidas con diferentes mecanismos de acción y forma de aplicación (post y preemergentes) con el fin de optimizar el control de las malezas para reducir la producción de semillas de los sobrevivientes asperjados y para minimizar el riesgo de un mayor desarrollo de la resistencia. Por ejemplo, en la resistencia de *E. colona* a glifosato se ha usado una dosis de 500 g/ha de paraquat en plantas pequeñas después de una aspersión de glifosato, encontrándose una eficacia del control de 96 a 100%; adicionalmente se hizo una aplicación de metolacoloro y metolacoloro+atrazina, reduciendo la emergencia de plántulas de *E. colona* resistentes a glifosato en siembras de maíz (Widderick *et al.*, 2013). En el caso de arroz se pudieran usar tácticas de control, como hacer dos o tres siembras falsas con glifosato seguido de una aplicación de herbicidas preemergentes (oxadiazón, butacloro o pendimetalin) de acuerdo a lo sugerido por Ortiz (2005). En Filipinas se han usado 300 g/ha de pretilacoloro en preemergencia seguido de inundación a los seis días después de la siembra para controlar eficazmente a *E. colona* (Dorji *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

El 85,4% de las accesiones de *E. colona* provenientes de tres zonas productoras de arroz (Portuguesa, Guárico y Cojedes) y de dos estados que no siembran este cultivo (Aragua y Carabobo) son susceptibles a cyhalofop-butilo (herbicida inhibidor de ACCasa) y el 14,6% restante son resistentes.

El bioensayo de respuesta a dosis corroboró que la accesión EC33P proveniente de un cultivo de arroz ubicado en el estado Portuguesa es resistente al cyhalofop-butilo, mostrando un índice de resistencia de 20,78

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Proyecto UCV-Sociedad PSU003-2008: Manejo Integrado de Malezas en Arroz del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH-UCV), así como a las empresas Agroisleña y Agrotebor (Aportes LOCTI) por el financiamiento de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón-Reverte R.; A. García; J. Urzúa; A. Fischer. 2013. Resistance to glyphosate in jungle rice (*Echinochloa colona*) from California. *Weed Sci.* 61: 48-54.
- Anzalone, A.; D. Peña; D. García. 2008. Evaluación de la resistencia de *Echinochloa colona* L. a los herbicidas Glifosato y Fluazifop p-butil. Memorias XXII Congreso Sociedad Venezolana para el Combate de Malezas. Maracay, Venezuela.
- Cásares M.; A. Ortiz, 2009. Evolución en el uso de herbicidas pre y post emergentes en control de malezas en arroz en Venezuela: (1996-2000-2007). *In* Sousa, E.; I. Calha; I. Monteiro; J. Portugal; T. Vasconcelos (Eds.). *Herbologia y biodiversidades numa agricultura sustentável*. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal. pp. 691-694.
- Délye, C. 2005. Weed resistance to acetyl coenzyme A carboxylase inhibitors: an update. *Weed Sci.* 53:728-746.
- Dorji S., B; Singh-Chauhan; A. Baltazar; D. Johnson. 2013. Effect of flooding depth and pretilachlor rate on emergence and growth of three rice weeds: jungle rice (*Echinochloa colona*), small flower umbrella sedge (*Cyperus difformis*), and ludwigia (*Ludwigia hyssopifolia*). *Can. J. Plant Prot.* 1: 43-48.
- Elahifard E.; A. Ghanbari; M. Hassan; R. Mohassel; E. Zand; A. Mirshamsi- Kakhki; A. Mohkami. 2013. Characterization of triazine resistant biotypes of jungle rice [*Echinochloa colona* (L.) Link.] found in Iran. *Aust. J. Crop Sci.* 7: 1302-1308.
- Fernández, A. 2012. Evaluación indirecta del mecanismo de resistencia por degradación metabólica de los herbicidas bispiribac-sodio y cyhalofop-butilo en una accesión de *Echinochloa colona* (L.) Link. Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 54 p.
- Fumero, L. 2012. Efecto del herbicida propanil (480 g L⁻¹) en el control de accesiones de *Echinochloa colona* (L.) Link., proveniente de arrozales venezolanos Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 54 p.
- Guevara, Y. 2010. Evaluación de la resistencia de algunas poblaciones de *Echinochloa colona* (L.) Link al herbicida imazapir+imazetapir, recolectadas en arrozales de Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 35 p.

- Heap, I. 2013. Herbicide resistant Jungle rice globally (*Echinochloa colona*). International survey of herbicide resistant weeds. Disponible en: <http://www.weedscience.org/Summary/Species.aspx?WeedID=78>. [Consultado: 14 diciembre 2013].
- Ibrahim, D.; T. Burke I; B. Ripley; C. Osborne. 2009. A molecular phylogeny of the genus *Alloteropsis* (Panicoideae, Poaceae) suggests an evolutionary reversion from C4 to C3 photosynthesis. *Ann. Botany* 103: 127–136.
- Li G.; S. Wu; R. Yu; T. Cang; L. Chen; X. Zhao; L. Cai; C. Wu. 2013. Identification and expression pattern of a glutathione S-transferase in *Echinochloa crus-galli*. *Weed Res.* 53: 314–321.
- Machado, M. 2011. Evaluación de la resistencia de algunas accesiones de *Echinochloa colona* (L.) Link., al herbicida profoxidim (clefoxidim), recolectadas en arrozales de Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 33p.
- Ortiz, A. 2005. Manual de evaluación del banco de semillas de arroz rojo (arroz maleza) en el suelo. Arroz rojo, problema de todos los arroceros. Disponible en http://www.arrozrojo.info.ve/documentos/folleto_arroz_rojo2.pdf. [Consulta: 01 marzo 2014].
- Ortiz, A. 2008. Herbicidas usados en el cultivo de arroz en Venezuela. *El Malezólogo* 2: 17-19.
- Ortiz A.; S. Blanco; G. Arana; L. López; S. Torres; Y. Quintana; P. Pérez; C. Zambrano; A. Fischer. 2013. Estado actual de la resistencia de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida bispiribac-sodio en Venezuela. *Bioagro* 25: 79-89.
- Peraza, J. 2013. Evaluación del control con el herbicida fenoxaprop-p-etil de algunas accesiones de *Echinochloa colona* (L.) Link., provenientes de arrozales de Venezuela. Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 42 p.
- Pérez D.; C. Zambrano; J. Lazo. 2009. Evaluación de la posible resistencia metabólica de poblaciones de *Echinochloa colona* (L.) Link a los herbicidas cyhalofop-butyl, clefoxidim, fenoxaprop p-etil y bispiribac sodio. In Sousa, E.; I. Calha; I. Monteiro; J. Portugal; T. Vasconcelos (Eds.). *Herbología y biodiversidades numa agricultura sustentável*. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal. pp. 511-515.
- Plaza F.; J. Cantus; E. Ansede; L. Iniesta; A. Gorrochategui. 2010. Pinoxaden, una nueva herramienta para el control de gramíneas en el cereal. *Phytoma* 222: 67-70.
- Ray, P.; R. Pew; J. Flake; J. Secor; A. Hamberg. 1993. Cyhalofop butyl: a new graminicide for use in rice. Proc. 10th Australian and 14th Asian-Pacific Weeds Conference. Asian Pacific Weed Science Society. Brisbane, Australia. pp. 41-45.
- Romano, E. 2012. Evaluación del efecto del herbicida oxadiazón en el control de las accesiones de *Echinochloa colona* (L.) Link., provenientes de arrozales en Venezuela. Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 43 p.
- Rzedowski, G.; J. Rzedowski, 2004. Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. In Rzedowski, J.; G. Calderón de R. (Eds.). *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Fascículo complementario XX. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, México. 315 p.
- Systat. 2009. Sigma Plot 11.0 for Windows Systat Software. San José, EUA.
- Secor, J.; C. Cseke; J.W. Owen. 1989. The discovery of the selective inhibition of acetyl-coenzyme a carboxylase activity by two classes of graminicides. Brighton Crop Protection Conference Weeds. BCPC Publishers, Farman, Reino Unido. 3B: 145–154.
- Shaner D. 2003. Herbicide safety relative to common targets in plants and mammals. *Pest Manag. Sci.* 60: 17-24.
- Scherder, E.; R. Talbert; M. Lovelace. 2005. Antagonism of cyhalofop grass activity by halosulfuron, triclopyr, and propanil. *Weed Tech.* 19: 934-941.
- Streibig, J.; M. Rudemo; J. Jensen. 1993. Dose-response curves and statistical models. In Streibig, J.C.; P. Kudsk (Eds.). *Herbicide Bioassays*. CRC, Boca Raton, EUA. pp. 29-55.
- Villaseñor, J.; F. Espinosa. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México. 449 p.

- Walter, H. 2001. Profoxydim: development of a herbicide from laboratory to field. In Prado, R.D.; J.V. Jorrín (Eds.) Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI. Servicio Publicaciones. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. pp. 19-30.
- Widderick, M.; K. Bell; L. Boucher; S. Walker. 2013. Control by glyphosate and its alternatives of glyphosate-susceptible and glyphosate-resistant *Echinochloa colona* in the fallow phase of crop rotations in subtropical Australia. *Weed Biol. Manag.* 13: 89–97.
- Zambrano, C.; H. Espinoza. 2004. Evaluación de la resistencia de poblaciones de *Echinochloa colona* (L.) Link al fenoxaprop-p-etil en arroz (*Oryza sativa* L.) provenientes de diferentes localidades del estado Portuguesa. Memorias XI Congreso de Malezas. Univ. Nac. Exp. Táchira. San Cristóbal, Venezuela. 111 p.