

PRIMER REPORTE DE RESISTENCIA DE *Cyperus odoratus* L. AL HERBICIDA PIRAZOSULFURON-ETILO

Aída Ortiz¹, Sandra Torres², Yinerby Quintana² y Aída López²

RESUMEN

La cortadera (*Cyperus odoratus* L.) es una de las malezas más frecuentes en los arrozales venezolanos. Se establecieron dos experimentos con el objetivo de evaluar la resistencia de la maleza a pirazosulfuron-etilo: el primero consistió en un estudio de respuesta a dosis a este herbicida de las accesiones CO338A (S, susceptible) y CO285P (R, resistente). En el segundo se incluyó una tercera accesión (CO286P) y se evaluó el control utilizando otros herbicidas. En el primer experimento se aplicaron las dosis crecientes de 0; 0,390; 0,781; 1,562; 3,125; 6,25; 12,5; 25 g·ha⁻¹ i.a. y 0; 3,125; 6,25; 12,5 25; 50; 100; 200 g·ha⁻¹ i.a. de pirazosulfurón-etilo en CO338A y CO285P, respectivamente, y luego de 21 días se determinó el peso fresco aéreo, expresado como porcentaje del tratamiento control (sin herbicida). En el segundo experimento se aplicó 25; 38,50+115,50; 40 y 540 g·ha⁻¹ i.a. de pirazosulfurón-etilo, imazapir+imazetapir, carfentrazona-etilo y 2,4 D-Amina, respectivamente, y se determinó el porcentaje de control para estos herbicidas. Se comprobó que la accesión CO285P ha evolucionado resistencia al herbicida sulfonilurea pirazosulfurón-etilo. Ambos biotipos, R y S, fueron controlados eficazmente con imazapir+imazetapir, carfentrazona-etilo y 2,4 D-Amina. La resistencia observada refleja el intenso uso de herbicidas inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS) en el cultivo del arroz e indica que deben implementarse programas de mitigación de la resistencia que combine prácticas culturales como la falsa siembra y control químico con herbicidas que posean diferentes mecanismos de acción a los inhibidores de ALS.

Palabras clave adicionales: Arroz, inhibidor de ALS, resistencia a herbicida, sulfonilurea

ABSTRACT

First report of resistance of *Cyperus odoratus* L. to the herbicide pyrazosulfuron-ethyl

The fragrant flatsedge (*Cyperus odoratus* L.) is one of the most common weeds in Venezuelan field rice, and we established two experiments in order to assess the weed resistance to the herbicide pyrazosulfuron-ethyl (sulfonilurea). The first was a dose response experiment using a susceptible (S) accession (CO338A) and a resistant one (R) (CO285P). In the second one, a third accession (CO286P)(R) was included, and the responses to alternative herbicides was explored. In the dose response experiment, the accession S was treated with 0; 0.390; 0.781; 1.562; 3.125; 6.25; 12.5; 25 g·ha⁻¹ i.a. and the accession R with 0; 3.125; 6.25; 12.5 25; 50; 100; 200 g·ha⁻¹ a.i. of pyrazosulfuron-ethyl, and 21 days after applications we determined aerial plant fresh weight expressed as percentage of the control treatment (no application). In the second experiment the accessions were treated with 25, 38.50+115.50, 40 and 540 g·ha⁻¹ a.i. of pyrazosulfuron-ethyl, imazapyr+imazetapyr, carfentrazone-ethyl and 2,4 D-amine, and the percentage of control was measured. It was proved that the accession CO285P has evolved resistance to pyrazosulfuron-ethyl. Both R and S plants were controlled by imazapyr+imazetapyr, carfentrazone-ethyl and 2,4 D-amine herbicides. The observed resistance responses reflects the intense use of ALS-inhibiting herbicides and indicates that programs combining cultural practices such as false planting and chemical control involving the use of herbicides with different mechanisms of action to inhibit ALS should be implemented to decrease the levels of resistance of *C. odoratus* in Venezuelan rice fields.

Additional key words: ALS inhibitor, herbicide resistance, rice, sulfonilurea

INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) es el segundo cereal de mayor importancia en Venezuela, con una producción total en el año

2013 de 1.005.000 Mg y un consumo per cápita 25,6 kg por persona (FEDEAGRO, 2014).

El concepto de malezas es relativo al hombre (Fuentes et al., 2010) y las mismas constituyen una de las principales restricciones o freno

Recibido: Julio 20, 2014

Aceptado: Febrero 16, 2015

¹ Dpto. de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. e-mail: aidaortizd@gmail.com

² Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. Apdo. 4579. Venezuela. e-mail: sandratorr1@hotmail.com ; yinerbyquintanasosa@gmail.com

biológico de los sistemas de producción de arroz en el mundo (Fuentes, 2010; Johnson, 1996). El método de control químico de malezas con herbicidas es el más usado; sin embargo, la creciente evolución de malezas resistentes a ellos produce cuantiosas pérdidas, comprometiendo la sostenibilidad de los sistemas de producción de arroz. En la actualidad, hay más de 432 biotipos de malezas resistentes a los herbicidas en todo el mundo, en al menos 235 especies de malezas, 138 magnoliópsides y 97 liliópsides (Heap, 2014). En Venezuela, se han reportado las especies *Echinochloa colona* (L.) Link., *Ischaemum rugosum* Salisb., *Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl., y *Leptochloa scabra* Ness., resistentes a diferentes herbicidas registrados en arroz; tres de ellas muestran resistencia a los inhibidores de la enzima acetolactato sintetasa (ALS).

Los inhibidores de ALS son uno de los grupos de herbicidas más utilizados en el cultivo de arroz en Venezuela (Ortiz y López, 2012). Estos productos se comenzaron a usar en 1982 y se utilizan a dosis bajas, son altamente selectivos para los cultivos, tienen un amplio espectro de control de malezas, baja carga ambiental y baja toxicidad en mamíferos (Mazur y Falco, 1989).

C. odoratus es una ciperácea cuyo ciclo de vida puede ser anual o perenne, herbácea (Kissmann, 1997), metabolismo C₄ (Larridon et al., 2013), dispersión de diásporas anemócora e hidrocora (Kehr et al., 2014), desarrolla rizomas cortos odoríferos, no tolera la sombra y está adaptada a suelos inundados y al sistema de siembra del cultivo de arroz de riego (Kissmann, 1997). Esta maleza es nativa de América del Norte y también se encuentra distribuida en América del Sur, África, Australia y países asiáticos como Japón, Myanmar, Tailandia, Vietnam, Indonesia, Malasia, Papua, Nueva Guinea y Filipinas (Ramachandran y Soosairaj, 2014).

El control selectivo de *C. odoratus* en el cultivo de arroz se puede lograr con herbicidas que incluyen a los inhibidores de la ALS. La inhibición de esta enzima es el mecanismo de acción de cinco clases de herbicidas, sulfonilureas (SU), imidazolinonas (IMI), triazolopirimidinas (TP), pirimidinil tiobenzoatos (PTB) y sulfonilamino-carbonil-triazolinonas (SCT) (Devine et al., 1993). En el país se recomiendan tres clases de inhibidores de ALS (SU, PTB y TP) para el

control de malezas en arroz de riego (Ortiz y López, 2012).

Pirazosulfuron es un herbicida perteneciente a la clase SU que inhiben la ALS o la acetohidroxiácido sintetasa (AHAS), lo que altera la biosíntesis de los aminoácidos de cadena ramificada, valina, leucina e isoleucina (Devine et al., 1993). Es selectivo al cultivo de arroz y es usado en pre o postemergencia para el control de hojas anchas anuales y ciperáceas anuales o perennes (Vencill, 2002).

Aún no se ha reportado resistencia de *C. odoratus* a herbicidas en el mundo (Heap, 2014); sin embargo, los productores han señalado fallas de control en campos de arroz en el estado Portuguesa, Venezuela, por lo que esta investigación tuvo como objetivo evaluar la resistencia de *C. odoratus* a pirazosulfuron-etilo y su control con otros herbicidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el 2011 se recolectaron aproximadamente 300 g de núculas a partir de un centenar de plantas de cada una de tres accesiones de *C. odoratus*=*Cyperus ferax*. Dos accesiones, CO285P y CO286P, provinieron de dos fincas del estado Portuguesa, Venezuela, con coordenadas 09°08' N y 69°23' W para la primera accesión y 09°11' N y 69°21' W para la segunda. La tercera accesión, CO338A, se recolectó en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, lugar donde nunca se han aplicado herbicidas (10°16' N y 67°37' W). Las núculas se almacenaron a 4 °C y 65 % de humedad relativa para preservar su viabilidad (Harrington, 1972). En el año 2013 se realizaron dos tipos de experimentos en plantas completas: uno de respuesta a dosis para confirmar y cuantificar la resistencia de *C. odoratus* al pirazosulfurón-etilo y un segundo sobre control químico de las accesiones CO285P, CO286P y CO338A de *C. odoratus*. El prefijo CO significa *C. odoratus* y los sufijos P (Portuguesa) y A (Aragua).

Experimento respuesta a dosis. Para esta evaluación se seleccionaron dos accesiones de *C. odoratus*: CO285P, conocida como resistente (R) y CO338A que fue definida como susceptible (S) en evaluaciones previas (datos no publicados). El objeto fue comparar las respuestas de ambas

accesiones a dosis crecientes de pirazosulfurón y así poder estimar la dosis de efecto medio (ED_{50} , dosis para la cual se reduce el crecimiento de plantas tratadas a un 50% de plantas no tratadas) para cada accesión y calcular el índice de resistencia ($ED_{50}R/ED_{50}S$).

Al inicio del estudio se colocaron a germinar núculas de las dos accesiones seleccionadas en materos de 10 x 30 x 10 cm de ancho, largo y profundidad, llenos con suelo húmedo. Cuando las plántulas se encontraban en el estadio fisiológico de 2 a 3 hojas se trasplantaron cuatro de ellas en potes de 10 cm de diámetro con altura de 10 cm en los cuales se agregaron aproximadamente 500 g de suelo (serie Maracay de textura franca y pH = 6,54). Los potes se ubicaron en un estanque con lámina de agua constante cercana a 10 cm de altura la cual no sobrepasaba el borde del pote y mantuvo al suelo prácticamente saturado. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado usando un pote como unidad experimental y cinco repeticiones.

Cuando las plántulas tuvieron de cuatro a cinco hojas se les aplicó el herbicida pirazosulfuron-etilo en dosis crecientes 0; 3,13; 6,25; 12,5; 25; 50; 100 y 200 $g\cdot ha^{-1}$ i.a. para la accesión R y 0; 0,39; 0,78; 1,56; 3,13; 6,25; 12,5 y 25 $g\cdot ha^{-1}$ i.a. para la S. Las aplicaciones se efectuaron sobre plantas al estado de cinco hojas y aproximadamente 2 a 3 cm de altura. El herbicida se aplicó utilizando una aspersora de cámara con una descarga de 180 L ha^{-1} a 250 kPa y una boquilla de abanico plano 8002E. A la solución con herbicida se le añadió un surfactante no iónico, siliconado, con regulador de pH llamado Agrotin a razón de 2500 $\mu L\cdot L^{-1}$.

Tres días después de la aplicación del herbicida se aplicó el fertilizante Energy (180-100-40 de N-P-K, más microelementos). La dosis utilizada fue de 50 mL en 10 L de agua.

A los 21 días 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. Los datos de peso fresco se expresaron como porcentaje de crecimiento (peso fresco del tratamiento con herbicida expresado como porcentaje del promedio del tratamiento control sin herbicida).

Experimento sobre control químico de accesiones de *C. odoratus*. Este experimento se realizó con las tres accesiones mencionadas de *C. odoratus*. Se trataron plántulas de estas accesiones con los siguientes herbicidas en sus dosis comerciales (en $g\cdot ha^{-1}$ i.a.): pirazosulfurón-etilo (25), imazapir + imazetapir (38,5 + 115,5), carfentrazona-etilo (40) y 2,4 D-Amina (540), aplicados sobre plantas al estado de cinco hojas (2 a 3 cm de altura). Las características de los herbicidas usados se muestran en el Cuadro 1. Se usaron los surfactantes Agrotin (2500 $\mu L\cdot L^{-1}$) y el no iónico Surfax (800 $\mu L\cdot L^{-1}$) para los herbicidas pirazosulfurón-etilo e imazapir + imazetapir, respectivamente. Se utilizó un tratamiento testigo sin herbicida. Los tratamientos (combinación de accesión x dosis de herbicida) se ubicaron bajo un diseño completamente aleatorizado repetidos cinco veces. Tanto la aplicación del herbicida, las condiciones de crecimiento y la cosecha se realizaron como en el experimento anterior. Los datos de peso fresco se expresaron como porcentaje de control respecto al promedio del testigo sin herbicida.

Cuadro 1. Características de los herbicidas aplicados para el control de *C. odoratus* en el presente estudio

Herbicida	Nombre comercial	Formulación	Concentración ($g\cdot kg^{-1}$ i.a.)	Fabricante
Pirazosulfurón-etilo	Sirius	Polvo mojable	25	Bayer
imazapir+imazetapir	Lightning	Gránulos dispersables	17,5 + 52,5	BASF
Carfentrazona-etilo	Affinity	Concentrado soluble	400	FMC
2,4 D-Amina	2,4 D-Amina (6 Libras)	Concentrado soluble	720	INICA

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

describieron adecuadamente las tendencias y minimizaban el cuadrado medio del error.

Las accesiones CO285P (R) y CO338A (S) se ajustaron a un modelo de regresión no lineal log-logístico a la respuesta de plantas enteras a dosis

de herbicida (Streibig et al., 1993; Seefeldt et al., 1995; Ortiz et al., 2014):

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

donde Y es el porcentaje de crecimiento, c es la respuesta media a la dosis de herbicida más alta, 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 a mitad de camino entre c y d , y x es la dosis de herbicida. El índice de resistencia (IR) fue determinado dividiendo el ED_{50} del CO285P (R) entre el de CO338A (S). Si el IR es mayor o igual a dos se considera que la accesión evaluada es resistente al herbicida (Valverde et al., 2000). El análisis de regresión se realizó mediante el programa Sigma Plot v. 12.5 (2014).

Los resultados del control químico se sometieron al análisis de varianza y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey utilizando el programa Stastitix 8.0. La distribución normal de los datos se verificó con la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de la

varianza con la prueba de Bartlett.

Al completar los ensayos, tanto el experimento de respuesta a dosis como el de control químico, fueron repetidos para su validación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La dosis de herbicida requerida para inhibir el 50 % del crecimiento (ED_{50}) de *C. odoratus* en el experimento de respuesta a dosis y los parámetros de las ecuaciones usados para estimarla se presentan en el Cuadro 2. Se comprobó así que la accesión CO285P es resistente a pirazosulfurón-etilo dado que el índice de resistencia es de 50 (Cuadro 2). Por otra parte, con la aplicación de tan sólo 0,78 g·ha⁻¹ i.a., se suprimió completamente el crecimiento de plantas de la accesión S CO338A (Figura 1); la dosis de campo recomendada es de 25 g·ha⁻¹ i.a, esto significa que la accesión susceptible se controla con una dosis 32 veces menor, por lo que el índice de resistencia origina valores altos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de la ecuación de regresión [$Y = c + (d - c) / [1 + (x / ED_{50})^b$] utilizada para estimar la dosis de pirazosulfurón-etilo requerida para reducir al 50 % (ED_{50}) la biomasa de plantas de *C. odoratus* susceptibles (S) y resistentes (R) a este herbicida

Accesión	b	c	d	ED_{50} (g·ha ⁻¹ i.a.)	R^2	P	IR
CO338A (S)	-28,46 (2,75)	-4,81 (5,66)	100 (5,66)	0,36 (0,34)	0,976	P≤0,0001	
CO285P (R)	-2,25 (1,18)	0,29 (2,00)	104,50 (11,08)	17,92 (4,75)	0,948	P≤0,0001	50

Y: peso fresco expresados como porcentaje sobre del testigo sin herbicida, x es la dosis del herbicida (g·ha⁻¹ i.a.), b , c y d son parámetros de regresión estimados; ED_{50} es la dosis de herbicida necesaria para reducir el crecimiento al 50%; valores entre paréntesis reflejan los límites del intervalo de confianza al 95 %; R^2 : estimación del coeficiente de determinación según Schabenberger (1999); P: nivel de significancia; IR: índice de resistencia (ED_{50} R/ ED_{50} S)

Pirazosulfurón-etilo (SU) no controló a las accesiones CO285P y CO286P pero sí lo hizo con la accesión CO338A (Cuadro 3). Por otra parte, si hubo un eficaz control de las accesiones R y S al emplear imazapir+imazetapir, carfentrazona-etilo o 2,4 D-Amina (Cuadro 3). Los dos últimos podrían utilizarse en rotación en los programas de mitigación de la resistencia. No obstante, la mezcla de herbicidas imazapir+imazetapir no sería recomendable aplicarla con este fin porque posee el mismo mecanismo de acción del pirazosulfurón-etilo y podría ejercer presión de selección para aumentar la frecuencia génica de biotipos de malezas con resistencia cruzada, disminuyendo su control; además, el cultivo de

arroz no es selectivo a estos herbicidas (Delouche et al., 2007).

Según el registro de Heap (2014), esta es la primera vez que se menciona a *C. odoratus* con resistencia a herbicidas en el mundo y la segunda especie que muestra resistencia a este herbicida en el país, ya que previamente se reportó que *Fimbristylis miliacea* también había evolucionado resistencia a pirazosulfurón-etilo (Ortiz et al., 2012). En la implementación de un programa de mitigación de la resistencia de CO285P a pirazosulfurón-etilo en el cultivo del arroz, se podrían incluir los herbicidas carfentrazona-etilo y 2,4 D-Amina, ya que mostraron un eficaz control del biotipo R

(Cuadro 3). Sin embargo, no se recomienda aplicar herbicidas inhibidores de ALS para el control de estas accesiones R de *C. odoratus* porque podrían favorecer una resistencia cruzada que pudiera resultar en fallas de dicho programa. La mitigación también puede integrar otras prácticas culturales como la falsa siembra que consiste en humedecer el suelo previo a la siembra

del cultivo y luego, cuando emerjan las malezas, aplicar un herbicida no selectivo o eliminarlas mecánicamente con rastra o manualmente. Esto tiene la finalidad de eliminar las plantas de maleza resistentes antes de que éstas puedan competir con el cultivo así como evitar que incorporen sus semillas al banco de malezas del suelo (Scarabel et al., 2012).

Cuadro 3. Porcentaje de control sobre el testigo sin tratar y clasificación (resistente o susceptible) de tres accesiones de *C. odoratus* en respuesta a diferentes herbicidas

Accesión	Pirazosulfurón	Imazapir+ imazetapir	Carfentrazona	2,4-D
	25 g·ha ⁻¹	154 g·ha ⁻¹	40 g·ha ⁻¹	540 g·ha ⁻¹
CO285P	21,41 b R	100,00 a S	100,00 a S	100,00 a S
CO286P	43,40 b R	100,00 a S	100,00 a S	100,00 a S
CO338A	100,00 a S	100,00 a S	100,00 a S	100,00 a S
CV (%)	21,00	-	-	-

CV: coeficiente de variación. La letra mayúscula indica la condición de la accesión ante cada herbicida (R: resistente; S: Susceptible). Valores en columnas con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

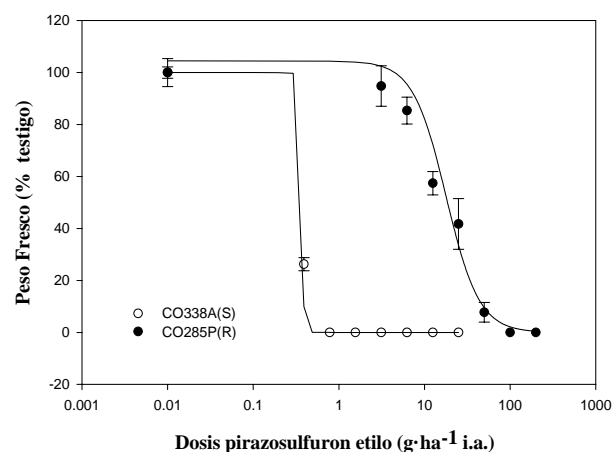


Figura 1. Respuesta de accesiones de *C. odoratus* a dosis crecientes de pirazosulfurón-etilo. Las barras representan el error estándar ($n = 10$). La dosis comercial del herbicida es 25 g·ha⁻¹ i.a. Los parámetros de las regresiones ajustadas se presentan en el Cuadro 2.

CONCLUSIONES

La accesión de *C. odoratus* procedente de Portuguesa (CO285P) ha evolucionado resistencia a pirazosulfurón-etilo (SU) y, según el registro de Heap (2014), sería el primer reporte de resistencia de esta especie en el mundo.

Ambas accesiones R y S de *C. odoratus* fueron controladas eficazmente con los herbicidas

imazapir+imazetapir, carfentrazona-etilo y 2,4 D-Amina. De ellos, sólo el imazapir+imazetapir no sería recomendable aplicarlo en la mitigación de la resistencia.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela por el aporte al proyecto UCV-Sociedad: Manejo integrado de malezas en arroz (MIMA).

LITERATURA CITADA

1. Delouche, J., N. Burgos, D. Gealy, G. Zorrilla y R. Labrada. 2007. Arroces maleza origen biología, ecología y control. Estudio FAO producción y protección vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 187 p.
2. Devine, M., S. Duke y C. Fedtke. 1993. Physiology of Herbicide Action. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ.
3. FEDEAGRO (Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios). 2014. <http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp> y www.fedeagro.org/consumo/cereales.asp (consulta del 15/04/2014).
4. Fuentes, C., A. Osorio, J. Granados y W.

- Piedrahita. 2010. Capítulo 20. Malezas de los arrozales de América Latina *In*: B. Degiovanni, V. Degiovanni, C. Martínez y O. Motta (eds.). Producción Eco-eficiente del Arroz en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia. pp. 365-390.
5. Fuentes, C. 2010. Manejo de las malezas del arroz en América Latina: Problemas y soluciones. *In*: Degiovanni, Degiovanni, Martínez y Motta (eds.). Producción Eco-eficiente del Arroz en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 391-412 p.
 6. Harrington, J. 1972. Seed storage and longevity. *Seed Biology* 3: 145-245.
 7. Heap, I. 2014. International survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.org/> (consulta del 05/04/2014).
 8. Johnson, D. 1996. Manejo de malezas en la producción de arroz de pequeños propietarios en los trópicos. <http://ipmworld.umn.edu/> (consulta del 19/03/2014).
 9. Kehr, J, D. Merritt y J. Stromberg. 2014. Linkages between primary seed dispersal, hydrochory and flood timing in a semi-arid region river. *Journal of Vegetation Science* 25(1): 287-300.
 10. Kissmann, K. 1997. Plantas Infestantes e Nocivas. Tomo I. 2º Edição. BASF. Sao Paulo.
 11. Larridon, I., K. Bauters, M. Reynders, W. Huygh, A. Muasya, D. Simpson y P. Goetghebeur. 2013. Towards a new classification of the giant paraphyletic genus *Cyperus* (Cyperaceae): phylogenetic relationships and generic delimitation in C₄. *Botanical Journal of the Linnean Society* 172(1): 106-126.
 12. Mazur, B. y C. Falco. 1989. The development of herbicide resistant crops. *Annual Review of Plant Biology* 40(1): 441-470.
 13. Ortiz, A, L. Villarreal, S. Torres, M. Osuna, L. López, R. Figueroa, C. Zambrano, M. Casares y A. Fischer. 2012. Resistencia de *Fimbristylis miliacea* al herbicida pirazosulfurón-etilo en campos de arroz del estado Guárico-Venezuela. *Interciencia* 37(3): 209-214.
 14. Ortiz, A. y L. López. 2012. El cultivo del arroz en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía-UCV. Revista Alcance*. pp.72-94.
 15. Ortiz, A., L. Martínez, Y. Quintana, P. Pérez y A. Fischer. 2014. Resistencia de la paja johnson (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) a los herbicidas nicosulfuron y foramsulfuron+iodosulfuron en Venezuela. *Bioagro* 26(2): 71-78.
 16. Ramachandran, A. y S. Soosairaj. 2014. *Cyperus odoratus* L. (Cyperaceae) a newly recorded species in India. *International Journal of Pharm Tech Research* 6(2): 518-520.
 17. Scarabel, L., C. Cenghialta, D. Manuello y M. Sattin. 2012. Monitoring and management of imidazolinone-resistant red rice (*Oryza sativa* L., var. *sylvatica*) in Clearfield Italian paddy rice. *Agronomy* 2(4): 371-383.
 18. Schabenberger O., B. Tharp, J. Kells y D. Penner. 1999. Statistical tests for hormesis and effective dosages in herbicide dose response. *Agron. J.* 91: 713-721.
 19. Seefeldt, S., J. Jensen y P. Fuerst. 1995. Log-Logistic analysis of herbicide dose- response relationships. *Weed Technology* 9: 218-227.
 20. Streibig, J., M. Rudemo y J. Jensen. 1993. Dose- response curves and statical models. *In*: Streibig y Kudsk (eds.). *Herbicide Bioassays*. CRC. Boca Raton, FL. pp. 29-55.
 21. Valverde, B., C. Riches y J. Caseley. 2000. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz. *Experiencias en América Central con Echinochloa colona*. Cámara de Insumos Agropecuarios. San José, CR. 135 p.
 22. Vencill, W. 2002. *Herbicide Handbook*. 8ª edition. Weed Science Society of America. Lawrence, KS.