

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL HERBICIDA SETHOXYDIM EN
ACCESIONES DE *Ischaemum rugosum* Salisb., PROVENIENTES DE
ARROZALES VENEZOLANOS.**

Braulio Miguel Pagliarone Calpavire

Maracay, junio 2016



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA**



Evaluación de la resistencia al herbicida SETHOXYDIM en accesiones de *Ischaemum rugosum* Salisb., provenientes de arrozales Venezolanos.

Trabajo presentado como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo mención Fitotecnia que otorga la Universidad Central de Venezuela.

Br. Braulio Miguel Pagliarone Calpavire

Tutora: Profa. Aída Ortiz

Maracay, junio 2016

APROBACIÓN DEL JURADO

Nosotros(as) los(as) abajo firmantes, miembros del jurado examinador del trabajo de grado, " Evaluación de la resistencia al herbicida SETHOXYDIM en accesiones de *Ischaemum rugosum Salisb*, provenientes de arrozales Venezolanos", cuyo autor es el Bachiller **Braulio Miguel Pagliarone Calpavire**, portador de la cédula de identidad **V-15.256.240**, certificamos que lo hemos leído y que en nuestra opinión reúne las condiciones necesarias de adecuada presentación y es enteramente satisfactorio en alcance y calidad como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Mención Ingeniería Agrícola.

Profa. Aída Ortiz Domínguez

C.I. V- 5.872.557

Tutora Coordinadora

Marta Barrios

C.I. V-5276035

Jurado principal

Prof. Pedro Pérez

C.I. V-18.639.746

Jurado principal

Profa. Sandra Torres

C.I. V- 14.060.890

Jurado suplente

RESUMEN

La paja rugosa (*Ischaemum rugosum* Salisb.), es la principal maleza de importancia económica de la producción de arroz paddy de Venezuela. Con el objetivo de evaluar la resistencia de accesiones de *I. rugosum* al herbicida sethoxydim, provenientes de los arrozales venezolanos, pertenecientes al banco de germoplasma del proyecto de manejo integrado para el manejo de malezas, (MIMA-UCV), se establecieron dos bioensayos, el primero de detección utilizando la dosis comercial de 112 g i.a L⁻¹ en 21 accesiones y el segundo de respuesta a dosis en las accesiones IR90G (bispiribac-sodio, profoxidim, propanil, clomazone y fenoxaprop-etilo) e IR143G (susceptible a todos estos herbicidas) usando las dosis crecientes de sethoxydim 0, 14, 28, 56, 112, 224, 448 y 896 g i.a. ha⁻¹ para IR90G y 0; 1,75; 3,5; 7;0; 14; 28, 56 y 112 g i.a. ha⁻¹ para IR143G. El herbicida fue aplicado en ambos bioensayos cuando las plántulas tuvieron de 3 a 4 hojas. La descarga de la cámara de aplicación fue de 150 L ha⁻¹ y se usó una boquilla Teejet 8002. A los 21 días después de la aplicación, se determinó la biomasa, expresándose en porcentaje de peso fresco sobre el testigo. Los resultados mostraron que de las 21 accesiones evaluadas en el bioensayo de detección una sola, procedente de Barinas, resultó ser susceptible a sethoxydim mientras que las otras fueron resistentes. La accesión IR143G, susceptible a otros herbicidas mencionados anteriormente, en este caso resultó ser resistente a sethoxydim igual que la IR90G, lo que constituye el primer caso de resistencia para esta accesión que es usada como accesión susceptible para todos los experimentos que se han conducido en el proyecto MIMA.

Palabras Claves: Control/herbicida/ malezas/

ABSTRACT

The wrinkle grass (*Ischaemum rugosum* Salisb.), is the main weeds of economic importance of the production of paddy rice from Venezuela. In order to evaluate the resistance of accessions *I. rugosum* to sethoxydim, from Venezuelan rice fields belonging to management integrated weed management project (MIMA-UCV), two herbicide bioassays were established, the first detection using the commercial dose of 112 g a.i. L⁻¹ in 21 accessions, and the second experiment called dose response accessions IR90G (bispiribac-sodium, profoxydim, propanil, clomazone and fenoxaprop-ethyl) and IR143G (susceptible to all these herbicides), using increasing doses of sethoxydim 0, 14, 28, 56, 112, 224, 448 and 896 g a.i. ha⁻¹ for IR90G and 0; 1.75; 3.5; 7; 0; 14; 28, 56 and 112 g a.i. ha⁻¹ for IR143G. The herbicide was applied in both bioassays when the seedlings had leaves 3 to 4. The herbicide was applied in a spraying chamber with a download of 150 L ha⁻¹ and was used Teejet nozzle 8002. At 21 days after application, the biomass was determined, expressed as a percentage of fresh weight over the control. The results showed that of the 21 accessions tested in the bioassay detection only one from Barinas is susceptible to sethoxydim, while others were resistant. The IR143G accession susceptible to other herbicides mentioned above, in this case found to be resistant to sethoxydim like IR90G, which is the first case of resistance for this accession which is used as susceptible accession for all experiments have been conducted in the MIMA project.

Palabras Claves: Control/herbicide/ weed/

TABLA DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL JURADO.....	iii
ABSTRACT	v
DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTOS	x
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo General	2
Objetivos específicos.....	2
ANTECEDENTES	2
Generalidades.....	2
La paja rugosa	3
CARACTERÍSTICAS DEL HERBICIDA SETHOXYDIM.....	4
MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
UBICACIÓN	5
I. BIOENSAYO DE DETECCIÓN	5
II. BIOENSAYO DE RESPUESTA A DOSIS	6
Variables evaluadas	7
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
BIOENSAYO DE DETECCIÓN.....	9
BIOENSAYO DE RESPUESTA A DOSIS	10
CONCLUSIONES	13
RECOMENDACIONES.....	13
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Dosis crecientes de sethoxydim aplicadas en las accesiones IR90G e IR143G, en estado fenológico de tres a cuatro hojas utilizando una cámara de aplicación de plaguicidas.	7
Cuadro 2. Peso fresco como porcentaje del testigo sin tratar y condición de resistencia de accesiones de <i>I. rugosum</i> , en respuesta a 112 g i.a. ha ⁻¹ de sethoxidim.	10
Cuadro 3. Parámetros de las ecuaciones de regresión utilizadas para estimar la dosis de Sethoxidim requerida para reducir al 50 % (ED ₅₀) de la biomasa de plantas de dos accesiones de <i>I. rugosum</i> a este herbicida, coeficientes de regresión e índices de resistencia.	11

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Peso fresco de accesiones de <i>I. rugosum</i> , como porcentaje del testigo sin herbicida, en respuesta a dosis crecientes de sethoxydim. Las barras representan el error estándar (n= 0). Los parámetros de las regresiones ajustadas se presentan en el Cuadro 3.....	12
--	----

DEDICATORIA

Primeramente, le doy las gracias a DIOS todopoderoso, porque sin él la verdad nada de esto fuese un hecho, A MIS PADRES en especial a mi madre que la tengo conmigo acompañándome, ayudándome, enseñándome y apoyándome en este viaje, a mi padre que aunque este en el cielo sé que está conmigo en todo momento haciendo que las cosas me salgan fáciles, y fluidas. De ellos aprendí a ser honesto, capaz, diligente y trabajador. Con su forma de ser he aprendido a defenderme y a tener el carácter que tengo. A mis santos que siempre me acompañan en todo lo que me planteo, a todos los que pasaron a otro plano que a pesar de no estar físicamente los llevo en mi corazón muy clavados, a mis abuelos, Giuseppe, Doménica, Pastora y Luis, que a pesar de no haberlos conocido están siempre cuidándome donde esté, a mis tios, florindo, Bertha Elisa.

A mis hermanos Mariela Doménica y Carlos porque de una u otra forma siempre están apoyándome con sus consejos y compartiendo alegrías, a mi hermana ANA MARÍA que desde el cielo también guía cada uno de los pasos que doy, ella fue pilar importante de lo que hoy soy también.

Mis sobrinos, Miguel, Ana, Karla, Carlitos, Ma Valentina, Gabriela, Andrés Alejandro, mi Keko y Alessandro porque cada uno de ellos me dan la alegría de ser tío y a su vez me siento como su papa.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradecerle a Dios, ya que Él es el dador nuestro de cada día y que le agradezco desde el aire que respiro hasta tener todo lo que he logrado.

A mis padres por haberme dado la educación, principio y valores de los cuales dispongo hoy día, a Yanetzi Coromoto Valera Guzmán por todo su apoyo en todos estos años que tengo, con ella, de mi lado, a Manuel Eduardo por todos sus consejos, regaños, que a pesar que es poco el tiempo que ha estado ayudándome en todo han sido de valioso aprecio todo lo que ha hecho por mí, a mis amigos Yolet Candelaria, Yenina, natasshya, Elizabeth, Ralex, Gaby, Andrea, Ruth, que a pesar de no tener el contacto diario como se merece una amistad, están muy dentro de mi corazón, agradeciéndoles así todas esas alegrías vividas en este tiempo que se dice rápido pero es bastante bonito.

A mi tutora Aida Ortiz por toda la ayuda prestada y por aguantarme tanto, a la Ing. Yazmilet Tiberios por su apoyo en el camino de todo lo que fue el laboratorio, a la Ing. Sandra Torres con cada uno de sus consejos ayudo a que esto fuese una realidad y a todos y cada uno de esos profesores que me dieron su consejo y apoyo como lo fueron Prof. Martha Barrios, Prof., Pedro Pérez, (mi jurado hoy dia), Prof. Damelys García, Gladys Avendaño, Franky Mendez, Enio Soto, Prof. Ganimedes Cabrera, en fin gracias a todos los que pusieron una granito de arena.

En especial agradecimiento a DAYANARA VALDEZ, esta mujer fue pieza clave en este logro, ya que sin ella la verdad esto no se hubiese cumplido (ella y yo sabemos) jeje. Al personal que labora en control de estudios que también fueron piezas claves en todo este logro.

A mis compañeros de ENTRECANTO coro de cámara, por estar siempre pendiente de mis cosas y por llenarme de tanto amor, los quiero enormemente.

INTRODUCCIÓN

Las malezas en el mundo representan una de las limitantes bióticas más importantes para el incremento de la productividad del arroz. Se estima que la tercera parte de los costos directos de producción se invierten en el control químico de malezas, lo cual además de crear problemas de resistencia, hace que su uso inadecuado ocasione impactos indeseables al ambiente y problemas de salud pública (Ortiz, 2011).

De igual manera, la alta dependencia del control químico de malezas y el uso repetido de un mismo tipo de herbicidas, han conducido a la ocurrencia y desarrollo de resistencia en las accesiones de malezas causando pérdidas de rendimiento, incremento de los costos y así mismo un riesgo ambiental (Fischer y Valverde, 2005).

En consecuencia, los herbicidas representan una herramienta fundamental, su empleo debe realizarse racionalmente, ya que las acciones repetidas seleccionan genotipos capaces de sobrevivir y reproducirse luego de un tratamiento herbicida que normalmente controla esa maleza y son agronómicamente flexibles, de fácil manejo y bajo costo. Sin embargo su uso intensivo ha generado accesiones de malezas resistentes (Powles y Howad, 1990).

En este trabajo se investigó sobre la resistencia de accesiones de *I. rugosum* al herbicida sethoxydim para contribuir al conocimiento de esta maleza que afecta al cultivo de arroz.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la resistencia al herbicida sethoxydim en accesiones de *I. rugosum* provenientes de arrozales Venezolanos.

Objetivos específicos

1. Realizar un bioensayo de detección sobre la respuesta de 21 accesiones del *I. rugosum* del germoplasma del proyecto MIMA a la dosis comercial de sethoxydim (112 g i.a L⁻¹)
2. Determinar a través de un bioensayo de respuesta a dosis, el índice de resistencia de las accesiones IR90G y IR143G de *I. rugosum*.

ANTECEDENTES

Generalidades

El arroz (*Oryza sativa L.*) es una Liliopsida (monocotiledónea) perteneciente a la familia poaceae (Arregocés *et al.*, 2005).

El arroz, si bien es cierto, fue introducido en Venezuela poco después de la conquista, sin embargo, no es sino hasta la segunda mitad del siglo pasado cuando el producto comienza a tomar importancia tanto del lado de la producción, como del consumo. A diferencia del crecimiento y la consolidación histórica del maíz y el trigo como componentes básicos del consumo nacional de cereales, el arroz juega un papel más bien secundario en él mismo (Molina, 1998).

En nuestro país se cultiva el arroz de riego de los cuales las variedades más usadas son D-Sativa, Venezuela 21 y Fedearroz 50. Hay dos zonas de producción de arroz en el país; en primer lugar los llanos occidentales (60%) cuyo riego se hace mayoritariamente usando pozos profundos y en segundo lugar los llanos centrales (40%) principalmente Calabozo-Guárico, donde está el sistema de riego rio Guárico (SRRG) con una capacidad de riego de 80.000 ha, al año se logran sembrar solo 40.000 (Rico, 2008).

La paja rugosa

I. rugosum es la principal maleza de importancia económica de la producción de arroz paddy de Venezuela (Ortiz, 2011), es muy agresiva e invasora, especialmente en suelos inundables en campos cultivados de arroz (Tascón y Fischer, 1997).

Se han encontrado que las semillas de la paja rugosa pueden permanecer en estado de latencia por algún tiempo y pueden germinar en cualquier momento una vez se hayan presentado las condiciones favorables; es causante además de la disminución del rendimiento entre 21 y 33% en el arroz de los suelos arroceros de Colombia (Clavijo *et al.*, 2004).

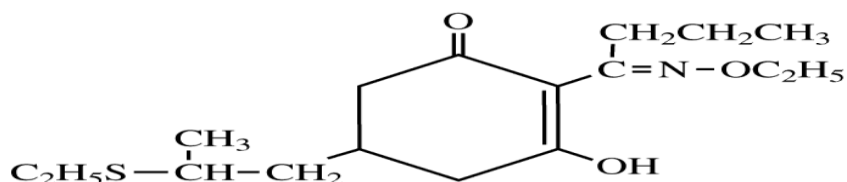
El género *Ischaemum* posee 70 especies (Scholz *et al.*, 2009), siendo la paja rugosa (*I. rugosum*) como se le conoce en Venezuela una maleza originaria de Asia tropical, encontrándose ampliamente distribuida desde la India a África, Oceanía y América (Holm *et al.*, 1977). *I. rugosum* también se nombra falsa caminadora, triguillo, tres dedos, caminadora, mazorquilla y paja de trigo (Tascón y Fischer *et al.*, 1997).

La paja rugosa es una gramínea anual que puede alcanzar más de un metro de altura, presenta tallos con nudos pubescentes, erecto, torcido o acostado, de un cm de ancho y hasta 15 cm de largo, las hojas igualmente pubescentes, lanceoladas, con lígula alargada como aguja laminada, el borde sin tricomas y ocasionalmente pigmentada. La inflorescencia consiste en dos racimos separados y adheridos, que semejan una estructura única y que se separan a la madurez, las espiguillas son aristadas y sésiles,

fruto arrugado transversalmente de 2,5 cm. Su forma de propagación es por semilla (Kissmann y Groth, 1992).

CARACTERÍSTICAS DEL HERBICIDA SETHOXYDIM

Nombre químico: 2-{1-(etoximino) butil}-5-{2-(etiltio)propil}-3-hidroxi-2-ciclohexen-1-ona.



El Nabu-S[®], cuyo ingrediente activo es el sethoxydim del grupo químico de la ciclohexanodionas, tiene actividad herbicida selectiva, de contacto, de muy corta persistencia en el suelo y baja actividad en preemergencia. Usado en postemergencia controla monocotiledóneas, pajas anuales y algunas perennes. Graminocida selectivo que se absorbe por las hojas de las hierbas emergidas y posee traslocación basípeta y acrópeta hacia los meristemos (Terralia, 2014).

El mecanismo de acción del sethoxydim es inhibir la enzima acetil coenzima A carboxilasa (ACCase) impidiendo la biosíntesis de ácidos grasos de cadena corta. La planta dejará de crecer a los tres días y se observa clorosis en las hojas nuevas. A los 7 días la formación de antocianinas o clorosis que se observara en las hojas nuevas se convierte en necrosis. Entre los 14-21 días todos los tejidos quedaran dañados y aparecerá una necrosis total. El calor y la humedad reforzaran su eficacia mientras que el tiempo seco la reducirá. Las malezas que emerjan después del tratamiento no se controlan. Puede ser aplicado sobre Poaceas en cualquier estado de desarrollo, preferentemente con 2-8 hojas (Vencil, 2002).

RESISTENCIA DE MALEZAS REPORTADAS EN ARROZ

En el país se ha reportado resistencia de malezas a herbicidas en 7 especies, de las cuales cinco se asocian con el cultivo de arroz (*I. rugosum*, *E. colona*, *L. scabra*, *F. miliacea* (Heap, 2016) y *C. odoratus* (Ortiz et al., 2015). *I. rugosum* ha evolucionado en resistencia a bispiribac-sodio (Ortiz et al., 2013a), pyribenzoxim (Sifuentes, 2012), imazapir+imazetapir (Taccarelli, 2011); profoxidim (Matheus, 2010) y fenoxaprop-p-etil (Rodríguez, 2013); a fluazifop-p-butilo (Apóstolo, 2009); propanil (Medina, 2012) y clomazone (Palencia, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN

El ensayo se llevó a cabo en el invernadero y Laboratorio de Malezas del Departamento e Instituto de Agronomía, de la Facultad de Agronomía, de la UCV.

I. BIOENSAYO DE DETECCIÓN

Las semillas de las diferentes accesiones de *I. rugosum*, se colocaron en matraces con una solución de nitrato de potasio al 0,26 % con el fin de romper latencia, posteriormente cuando las semillas germinaron se sembraron en potes contentivos de 500 g de suelo y se colocaron bajo condiciones de invernadero.

Se realizó un experimento de detección y dosis respuesta con 21 accesiones de *I. rugosum*, recolectadas del proyecto de Manejo Integrado de Malezas en Arroz (MIMA) provenientes de arrozales de los estados Portuguesa, Guárico, Cojedes y Barinas tal como se señalan con las coordenadas norte y este en el Cuadro 1.

Posteriormente, los potes se ubicaron en piscinas, dispuestos en los mesones del invernadero, con una lámina de agua que osciló entre 5 a 10 cm, la cual simuló las

condiciones en el que la maleza en estudio, interfiere con el desarrollo del cultivo de arroz.

Cuando las plántulas tuvieron de 2 a 3 hojas, se procedió a raleirlas dejando la misma cantidad de plantas por pote y se aplicó inmediatamente el tratamiento de herbicida que correspondió a la dosis de 112 g i.a. ha⁻¹ de sethoxydim.

La aplicación de este herbicida se realizó con una cámara de aplicación de plaguicidas electrónica, de marca DeVries Manufacturing y modelo Generation III Research Sprayer, la cual se calibró a una descarga de 150 L ha⁻¹ con una boquilla de abanico plano TeeJet 8002.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con cinco repeticiones para cada tratamiento y al cabo de 21 días después de la aplicación, se cortó la parte aérea de las plantas al ras del suelo y se pesó en una balanza digital, de marca AE modelo ACB 600. Donde 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).

II. BIOENSAYO DE RESPUESTA A DOSIS

Se seleccionaron las accesiones IR90G e IR143 para realizar el bioensayo de respuesta a dosis debido a que estas accesiones han sido estudiadas en el proyecto Manejo Integrado de Malezas en Arroz (MIMA), mostrando la IR90G resistencia a los herbicidas bispiribac-sodio (Ortiz *et al.*, 2013), profoxim (Ortiz *et al.*, 2015), propanil (Medina, 2012), pyribenzoxim (Sifuentes, 2012), clomazone (Palencia, 2012) e imazapir+imazetapir (Taccarelli, 2011), mientras que la IR143G es susceptible a todos estos herbicidas. No sé tomó la accesión (IR444B) del municipio Pedraza, estado Barinas ya que en ese momento para el proyecto MIMA era más importante verificar la respuesta de IR143G a sethoxidim que evaluar una accesión de reciente recolección.

Los tratamientos se ubicaron bajo un diseño completamente aleatorizado y se replicaron cinco veces; el experimento se repitió para su validación. Las aplicaciones se efectuaron sobre plantas al estado de tres a cuatro hojas. Tanto la aplicación del herbicida como la cosecha se realizaron de la misma manera que en el experimento anterior. Los datos de peso fresco se expresaron como porcentaje de crecimiento.

Cuadro 1. Dosis crecientes de sethoxydim aplicadas en las accesiones IR90G e IR143G, en estado fenológico de tres a cuatro hojas utilizando una cámara de aplicación de plaguicidas.

Dosis	IR90G		Dosis	IR143G	
	Dosis en X	Dosis (g i.a. ha ⁻¹)		Dosis en X	Dosis (g i.a. ha ⁻¹)
D1	OX	0	D1	OX	0
D2	1/8X	14	D2	1/64X	1,75
D3	1/4X	28	D3	1/32X	3,5
D4	1/2X	56	D4	1/16X	7
D5	X	112	D5	1/8X	14
D6	2X	224	D6	1/4X	28
D7	4X	448	D7	1/2X	56
D8	8X	896	D8	X	112

D: número de tratamiento. X: es la dosis comercial del producto. g i.a.: gramos de ingrediente activo.

Variables evaluadas

- 1. Peso fresco de la parte aérea (g):** Se determinó el peso fresco de las plantas, 21 días después de la aplicación del herbicida. Los datos de peso fresco se expresaron como porcentaje de crecimiento con respecto al testigo sin tratar.
- 2. Determinación de la dosis de efecto medio (ED50):** Los valores de la dosis del herbicida que inhibió el 50% del crecimiento se calculó con base al modelo estadístico que se ajustó a la respuesta a dosis usando el modelo logístico descrito por Streibig *et al.* (1993).

- 3. El índice de resistencia (IR):** se determinó dividiendo el ED₅₀ de las accesiones IR90G e IR143G. Si el IR es mayor o igual a dos, se considera que la accesión evaluada es resistente al herbicida (Valverde *et al.*, 2000).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos del bioensayo preliminar de detección se presentaron como promedios y su desviación estándar. En este bioensayo, se consideraron como resistentes a aquellas accesiones que presenten un peso fresco por encima de 20%.

Los datos de respuesta a dosis provenientes de experimentos repetidos se unieron para el análisis; su distribución normal se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilks y diagramas de distribución de los errores que permitió inferir homogeneidad de varianzas. Se efectuó un análisis de regresión ajustando modelos que describieron adecuadamente las tendencias y minimizaron el cuadrado medio del error (modelo de regresión no lineal log-logístico (Standard Curves, Linear Curve) (Streibig *et al.*, 1993) a la respuesta de plantas enteras a dosis de herbicida:

$$Y = a+bx$$

Donde Y es el porcentaje de crecimiento, a es el intercepto, b es la pendiente y x es la dosis de herbicida.

El índice de resistencia no pudo ser calculado debido a que no fue determinado los ED₅₀ de ambas accesiones, R y S (la dosis máxima de sethoxydim usada de 896 g i.a. ha⁻¹) no fue suficiente para inhibir el 50% del peso fresco de las accesiones utilizadas en el bioensayo de respuesta a dosis). Se considera que una accesión de una maleza es resistente cuando su índice de resistencia es mayor a dos (Valverde *et al.*, 2000), en este caso no se pudo determinar pero si evidencia que IR90G e IR143G son resistentes a sethoxydim. El análisis de regresión se realizó utilizando el programa Sigma Plot v. 12.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

BIOENSAYO DE DETECCIÓN

De las 21 accesiones analizadas en el bioensayo de detección se encontraron que 20 son resistentes a sethoxydim y una sola, procedente de Barinas, es susceptible. La etiqueta de este herbicida lo recomienda para el control de *I. rugosum*, sin embargo este estudio muestra que la mayoría de las accesiones recolectadas en distintas zonas del país no fueron controladas eficazmente por el sethoxidim.

Los resultados mostraron que el herbicida sethoxidim no controló a las accesiones procedentes de Portuguesa, Guárico y Cojedes, principales zonas de producción de arroz en el país. La accesión IR444B que fue controlada con la dosis de etiqueta de sethoxydim proviene de Ciudad Bolivia, municipio Pedraza, estado Barinas, de reciente introducción en la siembra de arroz. Las tres accesiones restantes de Barinas, IR353B y IR355B del municipio Sosa e IR382B (municipio Alberto Arvelo) son resistentes a sethoxydim.

Al encontrar al menos una sola accesión con sensibilidad al herbicida permite inferir que *I. rugosum* evolucionó en resistencia a sethoxydim, pero que actualmente este herbicida no controla las accesiones de paja rugosa que se encuentran en arrozales venezolanos, a pesar de que la etiqueta lo recomiende para esta especie (Inquiport, 2016).

En el mundo se ha hallado 47 especies de malezas resistentes a herbicidas inhibidores de ACCase, dentro de ellas se pueden mencionar que *Avena fatua* es resistente a sethoxydim (Heap *et al.*, 1993). En Australia, se ha encontrado que de 306 accesiones analizadas de *Lolium rigidum* 187 (61%) fueron resistentes a sethoxydim (Owen *et al.*, 2007).

Cuadro 2. Peso fresco como porcentaje del testigo sin tratar y condición de resistencia de accesiones de *I. rugosum*, en respuesta a 112 g i.a. ha⁻¹ de sethoxidim.

Accesiones	Peso fresco (%)	Condición	Coordenada Este	Coordenada Norte
IR355B	115,31 ± 5,88	R	472606	82425
IR489P	100,25 ± 5,45	R	355274	1046321
IR382B	99,69 ± 6,50	R	389124	974666
IR90G	95,36 ± 2,17	R	520395	1061972
IR360P	83,25 ± 3,87	R	468943	1017337
IR479G	79,50 ± 4,88	R	661337	974439
IR483G	78,78 ± 4,88	R	949077	105514
IR361P	78,02 ± 5,91	R	435366	1018875
IR487P	78,01 ± 4,25	R	490415	632633
IR353B	74,76 ± 5,99	R	471738	892134
IR435P	73,85 ± 5,11	R	487100	1055362
IR303CO	72,53 ± 5,09	R	6636651	966262
IR470G	67,01 ± 7,14	R	635224	487100
IR465G	66,89 ± 4,40	R	444237	1012359
IR375G	64,38 ± 64,38	R	659476	894111
IR478G	60,51 ± 9,26	R	658472	956488
IR143G	59,46 ± 8,50	R	663651	966262
IR301CO	55,81 ± 7,66	R	646003	971051
IR482G	47,07 ± 10,06	R	681518	964723
IR436A	22,25 ± 14,11	R	323530	929125
IR444B	10,50 ± 15,35	S	635224	955191

BIOENSAYO DE RESPUESTA A DOSIS

El bioensayo sobre respuesta a dosis mostró que las accesiones IR90G e IR143G de *I. rugosum* no fueron controladas por sethoxidim. Ni siquiera la máxima dosis utilizada en este bioensayo pudo reducir el 50% del peso fresco de IR90G e IR143G para poder calcular el ED₅₀ en ambas a accesiones. Esta situación imposibilitó el cálculo del índice de resistencia (ED₅₀ IR90G/ED₅₀ IR143G).

Estos resultados pudieran explicarse a que estas accesiones deben tener un mecanismo de resistencia por alteración de la enzima ACCasa lo que conduce a tener valores muy altos o no calculables del índice de resistencia. De hecho en muchos casos se recomienda usar al sethoxidim como indicador del mecanismo de resistencia por sitio de acción ya que este herbicida no está expuesto a la resistencia basada en el metabolismo (Moss *et al.*, 2003).

En otro trabajo usando actividad enzimática con herbicidas inhibidores de ALS (acetolactato sintetasa) se ha evidenciado que el mecanismo de resistencia de la IR90G, así como otras accesiones no evaluadas en este bioensayo, a bispiribac-sodio es debida la alteración de la ALS, relacionado a altos índices de resistencia y en algunos casos que no pudieron calcularse porque el ED50 estuvieron fuera del rango de dosis utilizados en el experimento (Torres, 2013).

Cuadro 3. Parámetros de las ecuaciones de regresión utilizadas para estimar la dosis de Sethoxidim requerida para reducir al 50 % (ED₅₀) de la biomasa de plantas de dos accesiones de *I. rugosum* a este herbicida, coeficientes de regresión e índices de resistencia.

Accesión	Ecuación	Parámetros de regresión					R/S
		a	b	ED ₅₀ (g a.i. ha ⁻¹)	R ²	P	
IR143G	$Y = a + b^x$	85,59	-0,24	NC	0,98	<0,0001	
IR90G	$Y = a + b^x$	92,76	-0,01	NC	0,88	<0,0001	No calculable

[†]Y es el peso fresco expresado como porcentaje sobre el control (no tratado), x es la variable independiente, a es el intercepto, b es la pendiente de la línea, ED₅₀ es la dosis de herbicida que se requiere para reducir el 50% del crecimiento (Streibig *et al.*, 1993), R² es una estimación del coeficiente de determinación, P es el nivel de significancia, e IR es el índice de resistencia (ED₅₀ R/ED₅₀ S).

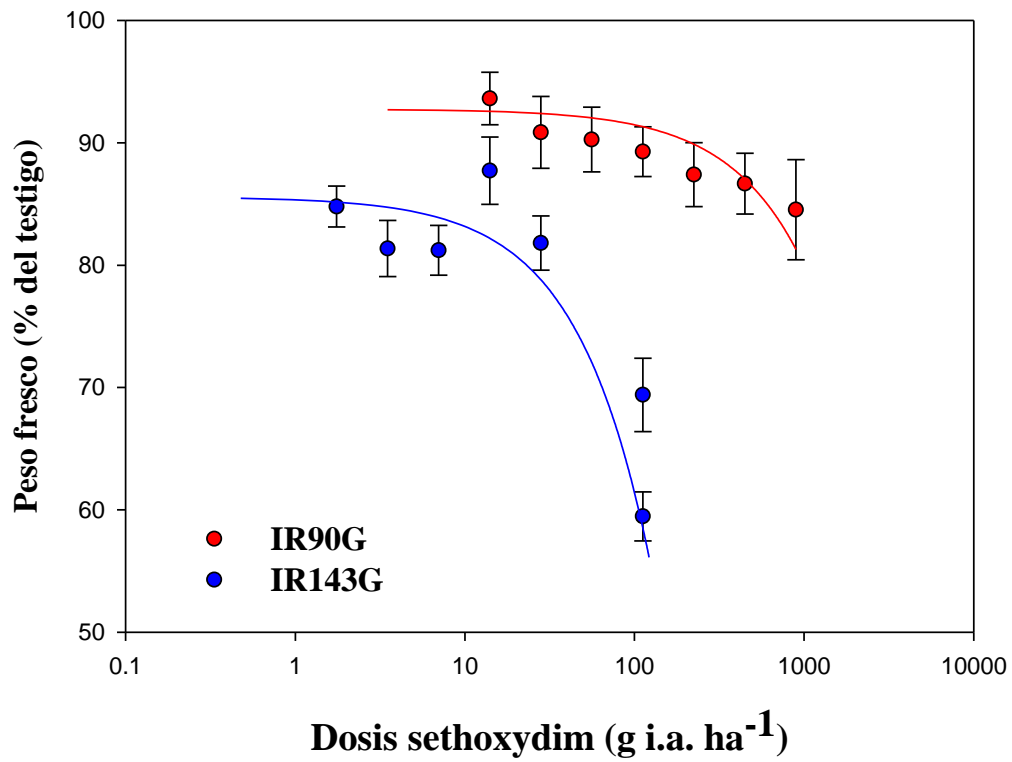


Figura 1. Peso fresco de accesiones de *I. rugosum*, como porcentaje del testigo sin herbicida, en respuesta a dosis crecientes de sethoxydim. Las barras representan el error estándar (n= 0). Los parámetros de las regresiones ajustadas se presentan en el Cuadro 3.

CONCLUSIONES

Con base en este trabajo de investigación se puede concluir que:

1. El 95% de las accesiones de *I. rugosum* provenientes de arrozales de los estados Portuguesa, Guárico, Cojedes y Barinas son resistentes a sethoxydim, por lo que este herbicida no debería recomendarse para controlar esta especie.
2. A través del bioensayo de respuesta a dosis se comprobó que tanto la accesión IR90G es resistente a sethoxydim como IR143G.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un bioensayo de respuesta a dosis con la accesión IR90G y IR444B para comparar con los resultados de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apóstolo, G. 2009. Evaluación de la resistencia de una población de *Ischaemum rugosum* Salisb., provenientes de campos de arroz (*Oryza sativa* L.) al herbicida bispiribac sodio. Trabajo de Grado. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. 35 p.

Arregocés, O.; M. Rosero, M.; J. González, J. 2005. Guía de estudio: Morfología de la planta de arroz Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 16 p.

Clavijo, J.; L. Montenegro; J. Medina; E. Barragán y C. Duarte. 2004. Determinación de la inhibición y de la influencia de cuatro factores en la germinación de falsa caminadora *Ischaemum rugosum* Salisb. Revista Arroz 52(451):4-12

Fischer, A. y B. Valverde, 2005. Evolución de Resistencia a Herbicidas, Diagnóstico y manejo de malezas en arroz. I Seminario - Taller Iberoamericano “Resistencia a Herbicidas y Cultivos Transgénicos”. Uruguay. Formato CD.

Heap, I. M.; B. G. Murray; H. A. Loeppky; I. N. Morrison. 1993. Resistance to aryloxyphenoxypropionate and cyclohexanedione herbicides in wild oat (*Avena fatua*). *Weed Science*, 232-238.

Heap, I. 2014. International survey of herbicide resistant weeds. Disponible en:<http://www.weedscience.org/Summary/Species.aspx?WeedID=78>. [Consulta: 5/4/2014]

Holm, L.; D.L Plucknett, J.V Pancho; J.P. Herberger. 1977. The world's worst weed-distribution and biology. University of Hawaii. Press, Holulu, Hawaii, USA. 609 p.

Inquiport. 2016. Nabu-s. El Samurai de los herbicidas. Disponible en línea: http://www.terraia.com/agroquimicos_de_mexico/index.php?proceso=registro&numero=6707 (consultado, 10 junio 2016).

Kissmann, K.G.; Groth, D. 1992. Plantas infestantes e nocivas. São Paulo, BASF Brasileira. T. 2, 798 p.

Matheus, R. 2010. Evaluación de la resistencia de algunas poblaciones de *Ischaemum rugosum* Salisb, provenientes del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). del Sistema de Riego Rio Guarico (SRRG) y sus adyacencias. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 30p.

Medina. B. 2012. Evaluación de la resistencia de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida propanil utilizado en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* l.) en Venezuela. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad central de Venezuela. 36p.

Molina, L. 1998. Notas sobre la producción primaria de arroz en Venezuela. Merida. Revista Agroalimentaria: 45-55 p.

Moss, S. R.; K. M. Cocker; A. C. Brown; L. Hall; L. M. Field. 2003. Characterisation of target-site resistance to ACCase-inhibiting herbicides in the weed *Alopecurus myosuroides* (black-grass). Pest Manag. Sci. 59:190–201.

Ortiz, A.; S. Torres; Y. Quintana; A. López. 2015. Primer reporte de resistencia de *Cyperus odoratus* L. al herbicida pirazosulfuron-etilo. *Bioagro* 27(1), 45-50.

Ortiz A., S. Blanco, G. Arana, L. López, S. Torres, Y. Quintana, P. Pérez, C. Zambrano y A. Fischer. 2013. Estado actual de la resistencia de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida bispiribac-sodio en Venezuela. *Bioagro* 25(2):79-89.

Owen, M. J.; M. J. Walsh; R. S. Llewellyn; S. B. Powles. 2007. Widespread occurrence of multiple herbicide resistance in Western Australian annual ryegrass (*Lolium rigidum*) populations. *Crop and Pasture Science*, 58(7), 711-718.

Palencia, D. 2012. Evaluación de la resistencia de algunas accesiones de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida Clomazone recolectadas en arrozales de Venezuela. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 36p.

Powles, S. B.; P. D Howat. 1990. Herbicide-resistant weeds in Australia. *Weed Technology*, 178-185.

Rico, G. 2008. Adecuación de suelos para la siembra de arroz. En: Taller sobre Manejo Integrado del Cultivo de Arroz en Venezuela. Calabozo. Guárico. Venezuela. 80 p.

Rodríguez, J. 2013. Evaluación del control con el herbicida fenoxaprop-p-etil de algunas accesiones de *Ischaemum rugosum* Salisb., provenientes de arrozales de Venezuela. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 45p.

Scholz, H., C. Chen; M. Jung. 2009. Supplements to the Grasses (Poaceae) in Taiwan (II). *Taiwania*, 54(2), 168-174.

Sifuentes, R. 2012. Evaluación de la resistencia al herbicida pyribenzoxim en accesiones de *Ischaemum rugosum* Salisb., provenientes de arrozales venezolanos. Trabajo de grado. Maracay, Venezuela; Universidad Central de Venezuela. 32p.

Streibig, J., M. Rudemo y J. Jensen. 1993. Dose-response curves and statistical models. In: J.C. Streibig y P. Kudsk (eds.). *Herbicide Bioassays*. CRC, Boca Raton, FL. 29-55p.

Taccarelli, A. 2011. Evaluación de la resistencia de algunas poblaciones de *Ischaemum rugosum* Salisb., a la mezcla de herbicidas imazapir+imazetapir, recolectadas en arrozales de Venezuela. Trabajo de grado. Maracay, Venezuela; Universidad Central de Venezuela. 41p.

Tascón E. y A. J. Fischer. 1997. Malezas específicas y guía de Manejo. En: MIP en arroz: manejo integrado de plagas, artrópodos, malezas y enfermedades. Ed. Fundación Polar, FEDEARROZ, Fondo latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 147 p.

Terralia (2014) Sethoxydim. Disponible en línea: http://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/index.php?proceso=registro&numero=6707 (consultado, julio 2015).

Torres, S. 2013. Evaluación del mecanismo de resistencia de algunas accesiones de *Ischaemum rugosum* Salisb., al herbicida bispiribac-sodio. Trabajo de Maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 46 p.

Valverde, B. 2000. Respuesta de la población de malezas al uso continuo de herbicidas. Curso de actualización en biología y combate de malezas. Universidad del Zulia (SOVECOM). Maracaibo, Venezuela. pp. 75-95

Vencil, W. K. 2002. Herbicide Handbook. Eighth Edition. Lawrence, U.S.A. Weed Science Society of America. pp. 493.