

## Validación de bispiribac-sodio + clomazone, nueva alternativa de control químico de malezas en arroz de temporal\*

### Validation of bispyribac-sodium + clomazone, new alternative to chemical weed control in rainfed rice

Valentín A. Esqueda Esquivel<sup>1§</sup> y Oscar Hugo Tosquy Valle<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP. Carretera Veracruz-Córdoba, km 34, municipio. Medellín de Bravo, Veracruz. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: esqueda.valentin@inifap.gob.mx.

#### Resumen

Durante los ciclos de temporal 2006 y 2007, se establecieron cuatro parcelas en el municipio de Tres Valles, Veracruz, con objeto de validar los resultados experimentales obtenidos en el control de malezas del arroz con bispiribac-sodio + clomazone, comparar su eficiencia y rentabilidad con el tratamiento regional, y transferir el conocimiento de la nueva tecnología a productores arroceros de Veracruz. Se validaron los siguientes tratamientos: 1. Bispiribac-sodio + clomazone a 22 + 480 g ha<sup>-1</sup> y 2. Propanil a 2 880 g ha<sup>-1</sup>, seguido de propanil a 2 880 g ha<sup>-1</sup> (tratamiento regional). En ambos ciclos se evaluó el control del zacate pata de pichichi [*Echinochloa colona* (L.) Link] y el pelillo (*Cyperus iria* L.) y la toxicidad al arroz a los 20 y 50 días después de la aplicación de los tratamientos. También se determinaron el rendimiento de arroz palay y la rentabilidad de los tratamientos. Con bispiribac-sodio + clomazone el control final de *E. colona* fue 93.5%, significativamente superior al del tratamiento regional, mientras que el control de *C. iria* fue semejante con ambos tratamientos. Con el nuevo tratamiento de control de malezas, se obtuvo un rendimiento promedio de arroz palay de 5 305 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que con el regional, éste solamente promedió 3 256.8 kg ha<sup>-1</sup>. La mayor rentabilidad se obtuvo con bispiribac-sodio + clomazone cuya relación beneficio/costo fue de 1.996, mientras que con el tratamiento tradicional,

#### Abstract

During the rainfed cycles 2006 and 2007, four plots were established in the town of Tres Valles, Veracruz, in order to validate the experimental results obtained in weed control in rice with bispyribac-sodium + clomazone, compare their efficiency and profitability against regional treatment, and transfer knowledge of new technology to rice producers in Veracruz. The following treatments were verified: 1. Bispyribac-sodium + clomazone to 22 + 480 g ha<sup>-1</sup> and 2. Propanil at 2 880 g ha<sup>-1</sup>, followed by propanil at 2 880 g ha<sup>-1</sup> (regional treatment). In both cycles evaluated the control Moench [*Echinochloa Colona* (L.) Link] and the rice flat sedge (*Cyperus iria* L.) and toxicity to rice at 20 and 50 days after application of treatments. It was also determined the yield of paddy rice and profitability of the treatments. With bispyribac-sodium + clomazone ultimate control of *E. colona* was 93.5%, significantly higher than the regional treatment, while control of *C. iria* was similar with both treatments. With the new weed control treatment, we obtained an average yield of paddy rice of 5 305 kg ha<sup>-1</sup>, while the regional, had an average of 3 256.8 kg ha<sup>-1</sup>. The improved profitability was obtained with bispyribac-sodium + clomazone whose benefit / cost was 1.996, while with traditional treatment, was of 1.135. The new technology was transferred to 52 people, including rice producers and technicians, through two field demonstrations.

\* Recibido: diciembre de 2011  
Aceptado: septiembre de 2012

ésta fue de 1.135. La nueva tecnología se transfirió a 52 personas, entre productores de arroz y técnicos, a través de dos demostraciones de campo.

**Palabras clave:** *Cyperus iria* L., *Echinochloa colona* (L.) Link, análisis económico, herbicidas, rendimiento,

## Introducción

En el estado de Veracruz, el arroz es un cultivo económica y socialmente importante, por los empleos directos e indirectos que se generan con su establecimiento, y por ser uno de los granos alimenticios básicos en la dieta de los habitantes. En 2009, en dicha entidad se sembraron 10 366 ha de arroz, de las cuales, 30.4% correspondieron al municipio de Tres Valles, en donde el cultivo se desarrolla bajo condiciones de temporal (SIAP, 2011).

La productividad del arroz de temporal está determinada en gran parte por la eficiencia que se obtenga en el control de malezas, ya que éstas se presentan en poblaciones superiores a 10 millones de plantas por hectárea (Esqueda, 2000a; Esqueda y Tosquy, 2004) y si no son controladas, o bien si su control es deficiente, interfieren con el desarrollo del arroz, ocasionando reducciones en la producción de grano de entre 85 y 100% (Esqueda, 1990).

Las principales especies de malezas que se presentan en este cultivo, son el zacate pata de pichichi [*Echinochloa colona* (L.) Link], una especie de ciclo anual, altamente competitiva y de difícil control, que también se considera la maleza más importante del arroz en las áreas tropicales del mundo (Michael, 1983; Florez *et al.*, 1999), y ciperáceas anuales, como el pelillo o pelo de conejo (*Cyperus iria* L.). También pueden presentarse diversas especies de malezas dicotiledóneas, aunque por lo general, éstas no llegan a ser dominantes (Esqueda, 2000a).

El control de malezas en el arroz se realiza exclusivamente mediante la aplicación de herbicidas, en especial los formulados con propanil, un inhibidor de la fotosíntesis (Retzinger y Mallory-Smith, 1997), que controla gramíneas anuales y algunas especies de hoja ancha en post-emergencia (Esqueda 2000b). El propanil actúa mejor sobre zacates pequeños y en crecimiento activo, y su efectividad disminuye en zacates de gran tamaño o en la etapa de amacollamiento (Leah *et al.*, 1995). Sin embargo, el carácter impredecible

**Key words:** *Cyperus iria* L., *Echinochloa colona* (L.) link, economic analysis, herbicide, yield.

## Introduction

In the state of Veracruz, rice is a crop economically and socially important, the direct and indirect jobs generated by its establishment, and for being one of food grains in basic diet of the inhabitants. In 2009, this entity were planted 10 366 ha of rice, of which 30.4% corresponded to the town of Three Valleys (Tres Valles), where the crop is grown under rainfed conditions (SIAP, 2011).

The rainfed rice productivity is largely determined by the efficiency obtained in the control of weeds, since they occur in populations over 10 million plants per hectare (Esqueda, 2000a; Esqueda and Tosquy, 2004) and if not controlled, or if control is poor, interfere with the development of rice, causing reductions in grain yield between 85 and 100% (Esqueda, 1990).

The main weed species presented in this culture is the Moench [*Echinochloa Colona* (L.) Link], a kind of annual cycle, highly competitive and difficult to control, which is also considered the most important weed of rice in tropical areas of the world (Michael, 1983; Florez *et al.*, 1999), and annual sedges, such as rice flat sedge or rabbit fur (*Cyperus iria* L.). There may also be various dicotyledonous weed species, but generally, they do not become dominant (Esqueda, 2000a).

Weed control in rice is done solely through the application of herbicides, especially propanil formulated, an inhibitor of photosynthesis (Retzinger and Mallory-Smith, 1997), which controls annual grasses and broadleaf species in post-emergence (Esqueda 2000b). The propanil works best on small grass and active growing, and its effectiveness decreases in grasses of a bigger size or during the tillering stage (Leah *et al.*, 1995). However, the unpredictability of rainfall in the region, it may require several days of delay in its application, and therefore weeds increase in size, so to control them, the producer must increase the dose of the herbicide over 20 liters of commercial product per hectare per cycle (Esqueda, 1990). Moreover, because this herbicide has no residual effect, as during the critical period of competition, weeds are at least two major streams of emergence (Esqueda and

de las lluvias en la región, puede obligar a retrasar varios días su aplicación, y en consecuencia las malezas aumentan de tamaño, por lo que para poder controlarlas, el productor requiere incrementar la dosis de este herbicida a más de 20 litros de producto comercial por hectárea por ciclo (Esqueda, 1990). Por otro lado, debido a que este herbicida no tiene efecto residual, y a que durante el período crítico de competencia, las malezas tienen al menos dos flujos importantes de emergencia (Esqueda y Acosta, 1985), para controlarlas de manera eficiente, es necesario aplicar el propanil al menos en dos ocasiones en este período (Esqueda, 2000b).

El propanil fue desarrollado a principios de los 60's (Smith, 1961) y en varios países, debido a su aplicación continua en las siembras de arroz, se han desarrollado biotipos de varias especies del género *Echinochloa* con resistencia a este herbicida (Giannopolitis y Vassiliou, 1989; Fischer *et al.*, 1993; Carey *et al.*, 1995; Riches *et al.*, 1997; Ortiz *et al.*, 1999; Talbert y Burgos, 2007). Actualmente, se estima que alrededor de 60% de las siembras de arroz en América Central, están infestadas con biotipos de *E. colona* resistentes al propanil (Valverde, 2007). En México se detectaron biotipos tolerantes de *E. colona* en arrozales de los municipios de Tierra Blanca y Tres Valles, en el estado de Veracruz y de Palizada, en Campeche (Bolaños *et al.*, 2001). Ante el creciente problema para controlar las malezas del arroz con el propanil, es necesario contar con nuevos tratamientos que incluyan herbicidas con modos de acción diferentes al del propanil.

Bispiribac-sodio, es un herbicida post-emergente no residual, que inhibe la enzima acetolactato sintasa, afectando la síntesis de aminoácidos (Retzinger y Mallory-Smith, 1997). Tiene efecto en malezas gramíneas y algunas especies de hoja ancha (Williams, 2000), y de acuerdo con Braverman y Jordan (1996) y Damalas *et al.* (2008), su efectividad en malezas del género *Echinochloa* es mayor que la del propanil. En experimentos realizados en la zona arrocera de Tres Valles, Veracruz, Esqueda y Rosales (2004) determinaron que el primer flujo de emergencia de *E. colona* fue controlado eficientemente con bispiribac-sodio a partir de 22 g ha<sup>-1</sup>, y que una sola aplicación de bispiribac-sodio con clomazone, un herbicida residual que actúa como inhibidor de pigmentos (Duke *et al.*, 1991; Trujillo y Méndez, 1996), fue suficiente para controlar a esta especie durante todo el ciclo del arroz. Con esta mezcla, además de proporcionar un control más eficiente de las malezas, se reduce el riesgo de que éstas desarrollen resistencia, ya que los herbicidas que la componen tienen modos de acción diferentes (Zhang *et al.*, 1995). Por esta razón, la mezcla de bispiribac-sodio con clomazone,

Acosta, 1985), to control them efficiently, is necessary to apply propanil at least twice in this period (Esqueda, 2000b).

Propanil was developed in the early 60's (Smith, 1961) and in several countries due to its continuous application in the paddy field, have developed several biotypes of *Echinochloa* spp resistant to this herbicide (Giannopolitis and Vassiliou, 1989, Fischer *et al.*, 1993, Carey *et al.*, 1995, Riches *et al.*, 1997, Ortiz *et al.*, 1999, Talbert and Burgos, 2007). Currently it is estimated that about 60% of the rice field in Central America are infested with biotypes of *E. colona* propanil resistant (Valverde, 2007). In Mexico tolerant biotypes of *E. colona* were detected in rice fields in the municipalities of Tierra Blanca and Tres Valles, in the state of Veracruz and Palizada in Campeche (Bolaños *et al.*, 2001). With the growing problem for rice weed control with propanil is necessary for new treatments that include herbicides with different modes of action to propanil.

Bispyribac-sodium, is a post-emergent herbicide no residual, which inhibits the enzyme acetolactate synthase, affecting the synthesis of amino acids (Retzinger and Mallory-Smith 1997). It has effect on grasses and some broadleaf species (Williams, 2000), and according to Braverman and Jordan (1996) and Damalas *et al.* (2008), its effectiveness in the genus *Echinochloa* weeds is greater than that of propanil. In experiments conducted in the rice regions of Tres Valles, Veracruz, Esqueda and Rosales (2004) determined that the first stream emergence of *E. colona* was controlled effectively with bispyribac-sodium from 22 g ha<sup>-1</sup>, and that a single application of bispyribac-sodium with clomazone, a residual herbicide that acts as an inhibitor of pigments (Duke *et al.*, 1991, Trujillo and Méndez, 1996), was sufficient to control this species throughout the rice cycle. With this mixture, while providing a more efficient control of weeds, it reduces the risk that they develop resistance, since the herbicides component have different modes of action (Zhang *et al.*, 1995). For this reason, the mixture of bispyribac-sodium with clomazone, may be an option to prevent or delay the onset of biotypes of *E. colona* propanil resistant, or to control those who already have developed resistance (Valverde, 2007).

The new treatment of bispyribac-sodium in a mixture with clomazone was applied in fields of rice farmers, in order to validate at a semi-commercial level the weed control results generated experimentally, compare its efficiency and profitability with the traditional treatment based on

puede ser una opción para prevenir o retrasar la aparición de biotipos de *E. colona* resistentes al propanil, o para controlar aquellos que ya la han desarrollado (Valverde, 2007).

El nuevo tratamiento de bispiribac-sodio en mezcla con clomazone, se aplicó en terrenos de agricultores arroceros, con objetivo de validar a nivel semi-comercial los resultados de control de malezas generados experimentalmente, comparar su eficiencia y rentabilidad con el tratamiento tradicional basado en aplicaciones secuenciales de propanil y transferir el conocimiento de la nueva tecnología a productores de arroz de la zona centro del estado de Veracruz.

## Materiales y métodos

Durante los ciclos primavera-verano 2006 y 2007, bajo condiciones de temporal, se establecieron cuatro parcelas de validación en terrenos de agricultores arroceros en tres localidades del municipio de Tres Valles, Ver. Dos parcelas se establecieron en 2006 (Los Naranjos y la Colonia Independencia) y las otras dos en 2007 (Los Macuiles y Los Naranjos). El clima de la región en donde se establecieron las parcelas es Aw<sub>2</sub> (w), que corresponde a los subtipos más húmedos de los cálidos subhúmedos (García, 1987); el suelo de los sitios de Los naranjos y la Colonia Independencia es de textura migajón arcillo-arenosa con pH de 5.5, mientras que el de Los Macuiles es migajón arcilloso, con pH de 5.8 (López, 1998).

Las parcelas se sembraron durante la primera quincena de junio de 2006 y 2007, con semilla de la variedad Milagro Filipino, que se cultiva en forma generalizada en la región (García *et al.*, 2010), a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup>. En 2006, cada tratamiento ocupó una superficie de 2 500 m<sup>2</sup>, mientras que en 2007, la superficie aplicada fue de 5 000 m<sup>2</sup> por tratamiento. En cada parcela, entre los 10 y 12 días después de la emergencia del arroz se aplicaron los siguientes tratamientos: 1.

Una aplicación de bispiribac-sodio + clomazone a 22 + 480 g ha<sup>-1</sup> y 2. Una aplicación de propanil a 2 880 g ha<sup>-1</sup>, seguida de una segunda aplicación de propanil a 2 880 g ha<sup>-1</sup> entre los 15 y 20 días después de la primera aplicación (testigo regional). Para el tratamiento de bispiribac-sodio + clomazone se agregó el surfactante Kinetic, mientras que para el propanil se agregó el Agridex, ambos en dosis de 125 mL por cada 100 L de agua.

sequential applications of propanil and to transfer knowledge of the new technology to rice producers in the central region of Veracruz.

## Materials and methods

During spring-summer cycle 2006 and 2007 under rainfed conditions, there were four test plots in fields of rice farmers in three villages of the town of Tres Valles, Veracruz. Two plots were established in 2006 (Los Naranjos and La Colonia Independencia) and the other two in 2007 (Los Macuiles and Los Naranjos). The climate of the region where plots were established is Aw<sub>2</sub> (w), corresponding to subtypes wettest of the warm humid (García, 1987), soil sites of Los Naranjos and Colonia Independencia is loam clay loam with pH of 5.5, while the Los Macuiles is clay loam, pH 5.8 (López, 1998).

The plots were planted during the first half of June, 2006 and 2007, with seed of the variety Milagro Filipino, grown widely in the region (García *et al.*, 2010) at a density of 100 kg ha<sup>-1</sup>. In 2006, each treatment occupied an area of 2 500 m<sup>2</sup>, while in 2007 the area was 5 000 m<sup>2</sup> per treatment. In each plot, between 10 and 12 days after rice emergence treatments were applied as follows: 1.

An application of bispyribac-sodium + clomazone to 22 + 480 g ha<sup>-1</sup> and 2. An application of propanil at 2 880 g ha<sup>-1</sup>, followed by a second application of propanil at 2 880 g ha<sup>-1</sup> between 15 and 20 days after the first application (regional control). For treatment of bispyribac-sodium + clomazone was added the Kinetic surfactant, while for the propanil, Agridex was added, both in doses of 125 mL per 100 L of water. The application of the treatments were performed, when the height of rice varied between 7 and 20 cm, *E. colona* between 4 and 20 cm and fo *C. iria* between 3 to 7 cm.

Herbicides were applied with a motorized backpack sprayer equipped with four flat fan nozzles 8003. The plots were fertilized with 92-46-00 formula, applying all the phosphorus as calcium triple superphosphate (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) to sowing. For urea nitrogen fertilizer was used (46% N), which was applied in two equal parts: the first at 35 days after crop emergence, when plants began their tillering and the second 35 days later, when panicular primordium start. In the plots established in 2006, cypermethrin was applied at

La aplicación de los tratamientos se efectuó, cuando la altura del arroz variaba entre 7 y 20 cm, la de *E. colona* entre 4 y 20 cm y la de *C. iria* entre 3 y 7 cm.

Los herbicidas se aplicaron con una aspersora motorizada de mochila, equipada con un aguilón y cuatro boquillas de abanico plano 8003. Las parcelas se fertilizaron con la fórmula 92-46-00, aplicando todo el fósforo en forma de superfosfato de calcio triple (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a la siembra. Para la fertilización nitrogenada se utilizó urea (46% N), la cual se aplicó en dos partes iguales: la primera a los 35 días después de la emergencia del cultivo, cuando las plantas iniciaban su amacollamiento, y la segunda 35 días después, al inicio del primordio panicular. En las parcelas establecidas en 2006, se aplicó cipermetrina en dosis de 50 g ha<sup>-1</sup>, para controlar doradillas (*Diabrotica balteata*) y gusano soldado (*Spodoptera frugiperda*) en la etapa vegetativa del cultivo, y chinche café (*Oebalus insularis*) en la etapa de llenado de grano (García, 2005). Por su parte, en 2007 se realizaron dos aplicaciones de cipermetrina para controlar gusano falso medidor (*Trichoplusia* sp.) en la etapa vegetativa del cultivo y chinche café en la etapa de floración y llenado de grano.

La densidad de población de malezas se determinó antes de la aplicación de los tratamientos, mediante un cuadrante de 1 m x 1 m (Ntanos *et al.*, 2000), el cual se lanzó al azar en cinco ocasiones en cada uno de los tratamientos de cada parcela de validación. Las malezas del interior del cuadro se identificaron y se determinó la población de cada especie por hectárea.

En cada tratamiento de las cuatro parcelas, se cuantificó el control de malezas en forma visual, de acuerdo con Alemán (2004) y Zhang *et al.* (2005), a los 20 y 50 días después de aplicados los tratamientos (DDA). Se utilizó la escala de 0 a 100%, en donde 0 significó que el tratamiento no causó ningún daño, y 100, que la maleza fue completamente destruida. La toxicidad al arroz se evaluó en las mismas fechas que el control de malezas, con la misma escala de 0 a 100%, en la que 0 significó que el arroz no fue dañado por los tratamientos herbicidas, y 100, que fue completamente eliminado (Esqueda y Rosales, 2004). Las parcelas se cosecharon cuando el arroz alcanzó su madurez; el grano obtenido se limpió, se determinó su humedad y se obtuvo su peso en kilogramos por hectárea al 14% de humedad.

Los valores medios de control de malezas (*E. colona* y *C. iria*) y de rendimiento de grano se analizaron en diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, considerando los valores promedio de cada localidad como una repetición. En

doses of 50 g ha<sup>-1</sup> to control wireworms (*Diabrotica balteata*) and armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in the vegetative stage of the crop, and coffee bug (*Oebalus insularis*) in grain filling (García, 2005). Meanwhile, in 2007 there were two applications of cypermethrin to control cabbage looper (*Trichoplusia* sp.) in the vegetative stage of the crop and coffee bug during flowering and grain filling.

The weed population density was determined prior to application of treatments, through a quadrant of 1 m x 1 m (Ntanos *et al.*, 2000), which was selected at random five times in each of the treatments of each validation plot. Weeds inside the quadrant were identified and determined the population of each species per hectare.

In each of the four treatment plots, weed control was quantified visually, according to Aleman (2004) and Zhang *et al.* (2005), at 20 and 50 days after applying the treatments (DAT). We used a scale of 0 to 100%, where 0 meant that the treatment caused no damage, and 100, that the weed was completely destroyed. The toxicity to rice was evaluated in the same time as weed control, using the same scale of 0 to 100%, where 0 meant that rice was not damaged by the herbicide treatments, and 100, was completely removed (Esqueda and Rosales, 2004). The plots were harvested when the rice reached its maturity, the grain was cleaned, moisture was determined and its weight was determined in kilograms per hectare to 14% humidity.

The mean values of weed control (*E. colona* and *C. iria*) and grain yield were analyzed in experimental design of randomized blocks with four replications, considering the average values of each locality as a repetition. In cases in which significance was detected for the separation of means were applied Tukey test ( $p \geq 0.05$ ). Also performed an economic analysis of relation benefit / cost and dominance, to determine the profitability of new technology and compare it with the traditionally used by rice producers (CIMMYT, 1988). For this analysis were considered the direct costs of rainfed rice production in 2010, set by the District Council for Sustainable Rural Development of the Rural Development District 008, from Ciudad Alemán, Veracruz, and a selling price per kilogram of paddy rice in \$ 3.20.

To transfer knowledge about new technology for weed control, there were two field demonstration events for producers and dealers in the town of Los Naranjos, one on July 14, 2006 and the other on July 20, 2007.

los casos en que se detectó significancia, para la separación de promedios se aplicó la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ). También se realizó un análisis económico de relación beneficio/costo y dominancia, para determinar la rentabilidad de la nueva tecnología y compararla con la que utiliza tradicionalmente el productor de arroz (CIMMYT, 1988). Para este análisis se consideraron los costos directos de producción del arroz de temporal del año 2010, fijados por el Consejo Distrital de Desarrollo Rural Sustentable del Distrito de Desarrollo Rural 008 de Ciudad Alemán, Veracruz, y un precio de venta del kilogramo de arroz palay de \$3.20.

Para transferir el conocimiento acerca de la nueva tecnología de control de malezas, se realizaron dos eventos demostrativos de campo para productores y agentes de cambio en la localidad de Los Naranjos: uno el 14 de julio de 2006 y el otro el 20 de julio de 2007.

## Resultados y discusión

### Densidad de población de malezas

En total se identificaron seis especies de malezas anuales, pertenecientes a seis familias botánicas, cuya densidad de población promedio antes de la aplicación de los tratamientos, variaba de 3 125 000 a 10 413 000 plantas  $ha^{-1}$ . En todas las parcelas las especies dominantes fueron el zacate pata de pichichi y el pelillo, que en conjunto ocuparon entre 93.7 y 100% de la población total de malezas. En las dos parcelas de 2006, se presentaron pequeñas poblaciones de malezas de hoja ancha, mientras que en 2007, no hubo presencia de éstas (Cuadro 1).

### Cuadro 1. Densidad de población de malezas (plantas $ha^{-1}$ ) antes de la aplicación de los tratamientos.

Table 1. Weed population density (plants  $ha^{-1}$ ) before application of treatments.

Nombre científico	Familia*	2006		2007	
		Col. Independencia	Los Naranjos	Los Macuiles	Los Naranjos
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Poaceae	4 529 650	814 430	2 031 250	4 375 000
<i>Cyperus iria</i> L.	Cyperaceae	5 227 350	4 542 250	1 093 750	0
<i>Ludwigia decurrens</i> Walt.	Onagraceae	414 000	95 650	0	0
<i>Malachra fasciata</i> Jacq.	Malvaceae	147 000	0	0	0
<i>Aeschynomene americana</i> L.	Fabaceae	95 000	0	0	0
<i>Mimosa pudica</i> L.	Mimosaceae		13 670	0	0
Total		10 413 000	5 466 000	3 125 000	4 375 000

\*El nombre de la familia botánica se indica de acuerdo a Villaseñor y Espinosa (1998).

## Results and discussion

### Population density of weeds

In total six species were identified of annual weeds, belonging to six botanical families, whose average population density before application of treatments, ranging from 3 125 000 to 10 413 000 million plants  $ha^{-1}$ . In all plots the dominant species were moench and rice flat sedge, which together took between 93.7 and 100% of the total weed population. In the two plots of 2006, there were small populations of broadleaf weeds, while in 2007, there was no presence of these (Table 1).

### Control of *E. colona*

At 20 DAA, the mixture of bispyribac-sodium + clomazone, in all the plots were very efficient controls of *E. colona*, even in one of them obtained full control, and control was superior to 98%. Meanwhile, at 50 DAA, three control plots declined between 3 and 9%, so that the control average fell to 93% (Table 2). These results agree with those reported by Willingham *et al.* (2008), who at 42 days after application of the mixture of bispyribac-sodium + clomazone, found control in annual grasses and sedges of 92%, and also confirms the data obtained experimentally with this treatment (Esqueda and Rosales, 2004) this is an indicative that this technology can be applied in commercial areas, and maintain high weed control during the critical period of competition with rice, which according to Esqueda and Acosta (1985), varies among the first 30 to 50 days after crop emergence.

### Control de *E. colona*

A los 20 DDA, con la mezcla de bispiribac-sodio + clomazone, en todas las parcelas se tuvieron controles muy eficientes de *E. colona*, llegando incluso en una de ellas a obtenerse un control total, y el control promedio fue superior a 98%. Por su parte, a los 50 DDA, en tres parcelas el control bajó entre 3 y 9%, por lo que el control promedio se redujo a 93% (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con lo indicado por Willingham *et al.* (2008), quienes a los 42 días después de la aplicación de la mezcla de bispiribac-sodio + clomazone, encontraron controles de gramíneas y ciperáceas anuales de 92%, y también corroboran los datos obtenidos experimentalmente con ese tratamiento (Esqueda y Rosales, 2004); lo anterior es indicativo de que esta tecnología puede aplicarse en superficies comerciales, y mantener controles de malezas altos durante el período crítico de competencia con el arroz, que de acuerdo con Esqueda y Acosta (1985), varía entre los primeros 30 a 50 días después de la emergencia del cultivo.

**Cuadro 2. Control de *Echinochloa colona* (%) en las parcelas de validación, a los 20 y 50 días después de la aplicación (DDA).  
Table 2. *E. colona* Control (%) in test plots at 20 and 50 days after application (DAA).**

Trat.	20 DDA					50 DDA				
	CI06	LN06	LM07	LN07	$\bar{x}^1$	CI06	LN06	LM07	LN07	$\bar{x}^1$
B+C	98	98	97	100	98.25a	90	99	88	97	93.50a
P/P	40	45	70	40	48.75b	15	70	55	20	40.00b

Medias con distinta letra en cada variable son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \geq 0.05$ ). <sup>1</sup>Promedio de cuatro localidades CI06 = Col. Independencia 2006; LN06 = Los Naranjos 2006; LM07 = Los Macuiles 2007; LN07 = Los Naranjos 2007; B+C = Bispiribac-sodio + clomazone; P/P = Propanil seguido de propanil.

El tratamiento testigo de propanil, seguido por una aplicación complementaria del mismo herbicida, en general tuvo un efecto muy deficiente sobre el zacate pata de pichichi, ya que tanto a los 20, como a los 50 DDA, su control fue significativamente menor al tratamiento de bispiribac-sodio + clomazone. Lo anterior, fue debido a que las plantas que no fueron eliminadas con la primera aplicación, incrementaron su tamaño y desarrollo, por lo que disminuyó el efecto de la segunda aplicación. Con relación a lo anterior, la aplicación de herbicidas en etapas no recomendadas de desarrollo de las malezas, es una situación común en las zonas arroceras de temporal, y ha sido reportado anteriormente por Tena y Ramírez (1985) en Campeche, y Esqueda y Rosales (2004) en Veracruz.

Sin embargo, también es posible que las plantas de zacate pata de pichichi en algunas de las parcelas tuvieran cierto nivel de resistencia al propanil, ya que los productores han manifestado una creciente dificultad para controlar

The control treatment of propanil followed by a complementary application of the same herbicide, generally had a very poor effect on moench, as well at 20 as at 50 DAA, control was significantly less than treatment bispyribac-sodium + clomazone. This was because the plants that were not killed with the first application, increased their size and growth, which reduced the effect of the second application. Regarding the above, the application of herbicides is not recommended in developmental stages of weeds, is a common situation in rainfed rice areas, and has been previously reported by Tena and Ramírez (1985) in Campeche, and Esqueda and Rosales (2004) in Veracruz.

However, it is also possible that plants of moench in some of the plots had some level of resistance to propanil, as producers have expressed increasing difficulty in controlling this weed. It should be noted that the foregoing is reinforced by the information obtained in the early 80's, when the

controls of *E. colona* obtained with sequential applications of propanil in rainfed rice areas in the state of Veracruz, were over 90% (Esqueda and Acosta, 1981; Esqueda, 1986).

### Control of *C. iria*

In the two periods of evaluation, the control of this species was very efficient (between 95 to 98%); both with the new treatment of bispyribac-sodium + clomazone, as with the treatment based on two applications of propanil were statistically similar with both treatments (Table 3).

It is important to note that in the four plots, treatment of bispyribac-sodium + clomazone gave much higher control of *E. colona* that those provided by the sequential applications of propanil, confirming the problems of the last herbicide to control the main weeds in tropical rice field of Mexico. However, this last treatment is still very efficient in controlling *C. iria*, a species that can become dominant when applying

esta maleza. Cabe señalar, que lo anterior se refuerza con la información obtenida en la década de los 80's, cuando los controles de *E. colona* obtenidos con aplicaciones secuenciales de propanil en las zonas arroceras de temporal en el estado de Veracruz, eran superiores a 90% (Esqueda y Acosta, 1981; Esqueda, 1986).

### Control de *C. iria*

En las dos épocas de evaluación, el control de esta especie fue muy eficiente (entre 95 y 98%), tanto con el nuevo tratamiento de bispiribac-sodio + clomazone, como con el tratamiento con base en dos aplicaciones de propanil, siendo estadísticamente semejante con los dos tratamientos (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Control de *Cyperus iria* (%) en las parcelas de validación, a los 20 y 50 días después de la aplicación (DDA).  
Table 3. Control of *C. iria* (%) in test plots at 20 and 50 days after application (DAA).**

Trat.	20 DDA					50 DDA				
	CI06	LN06	LM07	LN07	$\bar{x}^1$	CI06	LN06	LM07	LN07	$\bar{x}^1$
B+C	94	93	98	-	95.00a	95	95	95	-	95.00a
P/P	100	100	95	-	98.33a	100	98	90	-	96.00a

Medias con distinta letra en cada variable son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \geq 0.05$ ). <sup>1</sup>Promedio de tres localidades; CI06 = Col. Independencia 2006; LN06= Los Naranjos 2006; LM07= Los Macuiles 2007; LN07= Los Naranjos 2007; B+C= Bispiribac-sodio + clomazone; P/P= propanil seguido de propanil.

Es importante recalcar, que en las cuatro parcelas, el tratamiento de bispiribac-sodio + clomazone ofreció controles muy superiores de *E. colona* que los proporcionados por las aplicaciones secuenciales de propanil, lo que confirma la problemática del último herbicida para controlar la principal maleza de los arrozales tropicales de México. No obstante, este último tratamiento todavía es muy eficiente en el control de *C. iria*, especie que puede volverse dominante cuando se aplica un herbicida que solamente controla gramíneas (Esqueda, 2000b), o en terrenos en los que el arroz se siembra después de que el terreno estuvo ocupado por varios ciclos con caña de azúcar (Esqueda *et al.*, 2010). Se ha documentado que con infestaciones fuertes de *C. iria*, puede reducirse el rendimiento del arroz hasta 50% (Herrera y Agüero, 1995), por lo que es muy importante tener un control eficiente de esta especie.

### Toxicidad al arroz

En 2006, no se observaron síntomas de toxicidad en el cultivo con ninguno de los tratamientos en las dos parcelas. A su vez, en 2007, la mezcla de bispiribac-sodio + clomazone no ocasionó toxicidad al arroz en ninguna de las dos parcelas, mientras que con la mezcla de propanil, seguida de propanil,

a herbicide that controls grasses only (Esqueda, 2000b), or land on which rice is planted after the land was occupied by several cycles of sugar cane (Esqueda *et al.*, 2010). It has been documented that heavy infestations of *C. iria* may reduce rice yield up to 50% (Herrera and Agüero, 1995), so it is very important to have an efficient control of this species.

### Toxicity to rice

In 2006, there were no signs of toxicity in the culture with none of the treatments in the two plots. In turn, in 2007, the mixture of bispyribac-sodium + clomazone did not cause toxicity to rice in any of the two plots, whereas with the mixture of propanil, propanil followed, in the plot of

Macuiles at 20 DAA observed slight damage to the crop, consisting of yellowing and burning of leaf tips, equivalent to 5% toxicity, which had disappeared at 50 DAA.

According to Concenço *et al.* (2007) bispyribac-sodium can cause toxicity to rice, especially in higher doses than recommended, being some varieties more susceptible than others. Therefore, it could indicate that the evaluated dose, this herbicide has high selectivity to the variety Milagro Filipino. On the other hand, sometimes the clomazone can cause temporary "bleaching" to leaves of rice, but these symptoms are temporary and do not affect grain yield (Esqueda, 2000b; Zhang *et al.*, 2005).

### Grain yield

Significant differences were detected for treatments for this variable, with a coefficient of variation of 10.74%, indicating good reliability of the results under the conditions in which were conducted the different plots.

In all plots, with the treatment of bispyribac-sodium + clomazone, the yield of paddy rice was higher than that obtained with sequential applications of propanil, which



en la parcela de Los Macuiles a los 20 DDA se observaron ligeros daños en el cultivo, consistentes en amarillamiento y quemaduras de las puntas de las hojas, equivalentes a 5% de toxicidad, los cuales habían desaparecido a los 50 DDA.

De acuerdo con Concenço *et al.* (2007), bispiribac-sodio puede ocasionar toxicidad al arroz, especialmente en dosis mayores a las recomendadas, siendo algunas variedades más susceptibles que otras. Por lo anterior, puede indicarse que a las dosis evaluadas, este herbicida tiene selectividad alta a la variedad Milagro Filipino. Por otra parte, en ocasiones el clomazone puede causar “blanqueamiento” temporal al follaje del arroz, pero estos síntomas son temporales y no afectan el rendimiento de grano (Esqueda, 2000b; Zhang *et al.*, 2005).

### Rendimiento de grano

Se detectaron diferencias significativas para tratamientos para esta variable, con un coeficiente de variación de 10.74%, que indica buena confiabilidad de los resultados bajo las condiciones en que se condujeron las diferentes parcelas.

En todas las parcelas, con el tratamiento de bispiribac-sodio + clomazone, el rendimiento de arroz palay fue superior al que se obtuvo con las aplicaciones secuenciales de propanil, lo que estuvo directamente relacionado con un control de malezas más eficiente por el primer tratamiento cuyo rendimiento promedio fue superior a las 5 t ha<sup>-1</sup>, significativamente mayor al obtenido por el testigo tradicional (Cuadro 4). Esto señala la importancia de tener un buen tratamiento de control de malezas, que permita al cultivo expresar su máximo potencial de rendimiento.

Cabe señalar, que en las parcelas de Los Naranjos en 2006 y Los Macuiles en 2007, los rendimientos promedio fueron más altos que en las otras dos parcelas, debido principalmente, a que son terrenos “bajos”, por lo que conservaron más humedad durante las etapas de floración y llenado del grano, lo cual es determinante para evitar reducción del rendimiento de grano (Sarvestani *et al.*, 2008). Con relación a lo anterior, García (2008), indicó que el rendimiento y calidad de grano de 25% de la superficie arrocera de la cuenca del Papaloapan, son afectados por falta de agua en el suelo. La presencia de malezas durante un periodo de sequía, afectaría fuertemente el desarrollo y producción del arroz, por lo que debe procurarse que el cultivo no sufra competencia de éstas, utilizando un método eficiente para su control.

was directly related to a more efficient weed control for the first treatment which average yield was higher at 5 t ha<sup>-1</sup>, significantly higher than that obtained by traditional control (Table 4). This highlights the importance of a good weed control treatment, allowing the crop to express their full yield potential.

### Cuadro 4. Efecto de los tratamientos herbicidas en el rendimiento de arroz palay (kg ha<sup>-1</sup>) al 14% de humedad.

Table 4. Effect of the herbicide treatments on the yield of paddy rice (kg ha<sup>-1</sup>) to 14% moisture.

Tratamiento	CI06	LN06	LM07	LN07	$\bar{x}$ <sup>1</sup>
Bispiribac-sodio + clomazone	4 287	6 515	5 912	4 506	5 305.0a
Propanil / propanil	2 650	4 752	4 138	1 487	3 256.8b
Promedio por localidad	3 468.55	633.55	025.0	2 996.5	4 280.9

Medias con distinta letra en cada variable son estadísticamente diferentes (Tukey  $p \geq 0.05$ ). <sup>1</sup>Promedio de cuatro localidades CI06 = Col. Independencia 2006; LN06 = Los Naranjos 2006; LM07 = Los Macuiles 2007; LN07 = Los Naranjos 2007.

It is noteworthy that in plots of Los Naranjos in 2006 and Los Macuiles in 2007, average yields were higher than in the other two plots, due mainly to lands that are “low”, thus preserving more moisture during the stages of flowering and grain filling, which is crucial to avoid reduction of grain yield (Sarvestani *et al.*, 2008). With regard to the above, García (2008) indicated that the yield and grain quality of 25% of the rice area from the Papaloapan basin, are affected by lack of water in the soil. The presence of weeds during a drought period, strongly affect the development and production of rice, so it must be ensured that the crop does not suffers competition thereof, using an efficient method for control.

### Economic analysis

The cost of treatment of bispyribac-sodium + clomazone, including its application, was almost 30% lower than the treatment of two applications of propanil, so the cost of crop production considering the new treatment was reduced

## Análisis económico

El costo del tratamiento de bispiribac-sodio + clomazone, incluyendo su aplicación, fue casi 30% menor que el tratamiento de dos aplicaciones de propanil, por lo que el costo de producción del cultivo considerando al nuevo tratamiento se redujo 7.34%. Debido a lo anterior y al mayor rendimiento de grano obtenido con la nueva tecnología, el beneficio bruto de ésta fue 62.9% mayor que con el tratamiento tradicional, y el beneficio neto fue casi siete veces mayor, cuya relación beneficio/costo fue de 1.996, mientras que con el tratamiento de control tradicional basado en el propanil, ésta fue mínima (Cuadro 5). Este último tratamiento fue dominado por la nueva tecnología, al proporcionar una menor utilidad neta y tener un mayor costo variable (CIMMYT, 1988), con lo cual se corroboran las desventajas económicas de su aplicación.

7.34%. Because of this and the highest grain yield obtained with the new technology, gross profit was 62.9% higher than, with the traditional treatment, and net profit was nearly seven times greater, which benefit / cost was 1,996, whereas with the traditional control treatment based on propanil, it was minimal (Table 5). This last treatment was dominated by new technology, providing a lower net income and have more variable cost (CIMMYT, 1988), thus confirming the economic disadvantages of their application.

The results of this study highlight the agronomic and economic advantages that comes with the use of new technology for weed control in rainfed rice, in relation to weed control and profitability that comes with traditional treatment from producer: an increase of about 50% in the

**Cuadro 5. Análisis económico de los tratamientos de control de malezas en el cultivo de arroz de temporal.**  
**Table 5. Economic analysis of treatments for weed control in rainfed rice.**

Concepto	Nueva tecnología Bispiribac sodio + clomazone (22 + 480 g ha <sup>-1</sup> )	Testigo tradicional Propanil / propanil (2 880 / 2 880 g ha <sup>-1</sup> )
Costo de propanil (\$ ha <sup>-1</sup> )		1 520.00
Costo de bispiribac-sodio (\$ ha <sup>-1</sup> )*	840.00	
Costo de clomazone (\$ ha <sup>-1</sup> )	466.00	
Costo de Agridex (\$ ha <sup>-1</sup> )		160.00 (2 jornales)
Costo de aplicación (\$ ha <sup>-1</sup> )†	300.00 (2 jornales)	600.00 (4 jornales)
Costo de control de malezas (\$ ha <sup>-1</sup> )	1 606.00	2 280.00
Costo de producción (\$ ha <sup>-1</sup> )‡	8 506.00	9 180.00
Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	5 305.00	3 256.75
Beneficio bruto (\$ ha <sup>-1</sup> )§	16 976.00	10 421.60
Beneficio neto (\$ ha <sup>-1</sup> )	8 470.00	1 241.60
Relación beneficio/costo	1.996	1.135
Incremento marginal en beneficio neto (\$)		-7 228.40 D
Incremento marginal en costo variable (\$)		674

\*El Kinetic se vende empacado con el bispiribac-sodio, por lo que no tiene un costo extra. †Se requirieron cuatro jornales de \$150.00 cada uno, para la aplicación del tratamiento tradicional y dos jornales para la aplicación de la mezcla de bispiribac-sodio + clomazone. ‡Costo oficial del Distrito de Desarrollo Rural 008 (Cd. Alemán, Veracruz) \$9 180.00 en el ciclo primavera-verano de 2010. §El precio de venta del kilogramo de arroz palay fue de \$3.20.

Los resultados de este estudio, ponen de manifiesto las ventajas agronómicas y económicas que se tienen con la utilización de la nueva tecnología para el control de malezas en arroz de temporal, en relación al control de malezas y rentabilidad que se tiene con el tratamiento tradicional del productor: incremento de alrededor de 50% en el control de zacate pata de pichichi, reducción cercana a 30% en el costo del control de malezas, incrementó 62.9% en el rendimiento de grano y una mucho mayor rentabilidad del cultivo de arroz de temporal.

control moench, close to 30% reduction in the cost of weed control, 62.9% increase in grain yield and a much better profitability for rainfed rice.

However, it should be emphasized that while the mixture of bispyribac-sodium + clomazone is an excellent alternative to control major weeds of rainfed rice in Veracruz, not be taken as the only chemical control option, for repeated use and indiscriminate in a few years could lead to the development of moench biotypes resistant to any of these herbicides

Sin embargo, debe hacerse énfasis en que si bien la mezcla de bispiribac-sodio + clomazone es una excelente alternativa para controlar las principales malezas del arroz de temporal en Veracruz, no debe tomarse como la única opción de control químico, pues su uso repetitivo e indiscriminado podría en pocos años ocasionar el desarrollo de biotipos de zacate pata de pichichi con resistencia a cualquiera de estos herbicidas (Fischer *et al.*, 2000; Zambrano *et al.*, 2009). Si bien, el nuevo tratamiento combina herbicidas con diferente modo de acción, y por lo tanto puede ayudar a retrasar más la aparición de la resistencia que la aplicación de un herbicida solo, es necesario tener más alternativas de control químico con herbicidas de diferentes modos de acción y realizar programas de rotación de herbicidas en los terrenos sembrados con arroz.

### Transferencia de la nueva tecnología

A los eventos demostrativos realizados en Los Naranjos en 2006 y 2007 asistieron en 52 personas, incluidos agentes de cambio y productores de arroz de temporal, principalmente del municipio de Tres Valles. En los eventos se explicaron las características y ventajas de los nuevos herbicidas, y se realizaron recorridos técnicos en las parcelas aplicadas, en donde los asistentes observaron la diferencia en el control de malezas ofrecida por la mezcla de bispiribac-sodio + clomazone y el tratamiento tradicional basado en dos aplicaciones secuenciales de propanil.

Como resultados de su efectividad y difusión, durante 2008 y 2009 la nueva tecnología se utilizó en 14 localidades del municipio de Tres Valles, dos del de Cosamalopan, y una del de Texistepec, Sayula de Alemán y Juan Díaz Covarrubias, todos del estado de Veracruz; de acuerdo a información reciente de la Unión de Productores de Arroz del Estado de Veracruz, A. C., C. N. C., su adopción va en constante aumento entre los productores de arroz de temporal del de las zonas centro y sur de la entidad.

### Conclusiones

Se corroboró la efectividad en el control de *E. colona* de bispiribac-sodio + clomazone en parcelas semi-comerciales, el cual fue significativamente superior al del testigo tradicional basado en aplicaciones secuenciales de propanil. 2. La nueva tecnología mostró mayor rentabilidad para la producción de arroz, debido a un mayor rendimiento de

(Fischer *et al.*, 2000; Zambrano *et al.*, 2009). While the new treatment combines herbicides with different modes of action, and therefore can help to further delay of the development of resistance to the herbicide application alone, it is necessary to have more alternatives to chemical control with herbicides of different modes of action and implement programs of rotation of herbicides in soils planted with rice.

### Transferring the new technology

The demonstration events held in Los Naranjos in 2006 and 2007 attended 52 people, including agents of change and rainfed rice farmers, mainly from the town of Tres Valles. In the event explained the features and advantages of the new herbicides, and conducted technical tours in applied fields, where the audience noticed the difference in weed control offered by the mixture of bispyribac-sodium + clomazone and traditional treatment based on two sequential applications of propanil.

As a result of its effectiveness and dissemination, in 2008 and 2009 the new technology was used in 14 villages of the municipality of Tres Valles, two of Cosamalopan, and one from Texistepec, Sayula Aleman and Juan Díaz Covarrubias, all of the state of Veracruz, according to recent information from the Union of Rice Producers of the State of Veracruz, A. C., C. N. C., its adoption is steadily rising among rice farmers of rainfed in the central and southern areas of the entity.

### Conclusions

It was confirmed the effectiveness in controlling *E. colona* with bispyribac-sodium + clomazone in semi-commercial plots, which was significantly higher than the traditional treatment based on sequential applications of propanil. 2. The new technology showed higher profitability for rice production due to an increased grain yield and lower cost of control. 3. The mixture of bispyribac-sodium + clomazone was transferred to 52 producers and dealers, and now it is known which is used commercially in several municipalities in the state of Veracruz.

*End of the English version*



grano y menor costo de control. 3. La mezcla de bispiribac-sodio + clomazone se transfirió a 52 productores y agentes de cambio, y actualmente se tiene conocimiento de que se utiliza comercialmente en varios municipios del estado de Veracruz.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Unión de Productores de Arroz del Estado de Veracruz, A. C., C. N. C., por el apoyo brindado para la realización de estos estudios.

## Literatura citada

- Alemán, F. 2004. Manual de investigación agronómica: con énfasis en ciencia de la maleza. Imprimatur Artes Gráficas. Managua, Nicaragua. 248 p.
- Bolaños, E. A.; Villa, C. J. T. y Valverde, B. E. 2001. Respuesta de *Echinochloa colona* (L.) Link a propanil en áreas arroceras selectas de México. Rev. Mex. Ciencia Maleza 1(2):21-26.
- Braverman, M. P. and Jordan, D. L. 1996. Efficacy of KIH-2023 in dry- and water-seeded rice (*Oryza sativa*). Weed Technol. 10:876-882.
- Carey III, V. F.; Hoagland, R. E. and Talbert, R. E. 1995. Verification and distribution of propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas. Weed Technol. 9:366-372.
- Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. Programa de Economía. México, D. F. 30 p.
- Concenço, G.; Andrés, A.; López, N. F.; Rieffel Filho, J. A.; Santos, M. Q.; García, C. A. N. e Ferreira, F. A. 2007. Sensibilidade de plantas de arroz ao herbicida bispyribac-sodium em função de doses e locais de aplicação. Planta Daninha 25(3):629-637.
- Damalas, C. A.; Dhima, K. V. and Eleftherohorinos, I. G. 2008. Bispyribac-sodium efficacy on early watergrass (*Echinochloa oryzoides*) and late watergrass (*Echinochloa phyllopogon*) as affected by coapplication of selected rice herbicides and insecticides. Weed Technol. 22:622-627.
- Duke, S. O.; Paul, R. N.; Becerril, J. M. and Schmidt, J. H. 1991. Clomazone causes accumulation of sesquiterpenoids in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Weed Sci. 39:339-346.
- Esqueda, E. V. A. y Acosta, N. S. 1981. Las malezas y su control en el arroz *Oryza sativa* L. de temporal en el estado de Veracruz. In: Fuentes de P, C. (ed.). Memorias del II Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Chapingo, Estado de México, México. 136-155 p.
- Esqueda, E. V. A. y Acosta, N. S. 1985. Daños y control de las malas hierbas en el cultivo del arroz de temporal en el centro del estado de Veracruz y norte de Oaxaca. Folleto de Investigación Núm. 65. SARH. INIA. México, D. F. 60 p.
- Esqueda, E. V. A. 1986. Efecto de la dosis y época de aplicación de propanil + 2,4-D amina en el control de la maleza y rendimiento del arroz de temporal. In: Memorias del VII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia de la Maleza y VIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Maleza. Guadalajara, Jalisco, México. 391-397 p.
- Esqueda, E. V. A. 1990. La maleza y su control en arroz de temporal en México. Series Téc. ASOMECEMA 1(1):12-16.
- Esqueda, E. V. A. 2000a. Las malezas del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en México. Rev. Mex. Ciencia Maleza. Núm. Especial 63-81 p.
- Esqueda, V. A. 2000b. Control de malezas en arroz de temporal con clomazone, solo y en mezcla con propanil y 2,4-D. Agron. Mesoam. 11(1):51-56.
- Esqueda, E. V. A. y Rosales, R. E. 2004. Evaluación de bispiribac-sodio en el control de malezas en arroz de temporal. Agron. Mesoam. 15(1):9-15.
- Esqueda, V. A. y Tosquy, O. H. 2004. Efecto de cihalofop-butilo en el control de malezas gramíneas en arroz de temporal. Agron. Mesoam. 15(2):173-178.
- Esqueda, E. V. A.; Tosquy, V. O. H. y Flores, M. D. S. 2010. Control de malezas en el cultivo de arroz de temporal en Veracruz. Folleto Técnico Núm. 53. INIFAP. CIR Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Veracruz, México. 41 p.
- Fischer, A. J.; Granados, E. and Trujillo, D. 1993. Propanil resistance in populations of junglerice (*Echinochloa colona*) in Colombian rice fields. Weed Sci. 41:201-206.
- Fischer, A. J.; Comfort, M. A.; Bayer, D. E. and Hill, J. E. 2000. Herbicide-resistant *Echinochloa oryzoides* and *E. phyllopogon* in California *Oryza sativa* fields. Weed Sci. 48(2):225-230.

- Florez, J. A.; Fischer, A. J.; Ramírez, H. and Duque, M. C. 1999. Predicting rice yield losses caused by multispecies weed competition. *Agron. J.* 91:87-92.
- García, A. J. L. 2005. Tecnología para producir arroz de temporal en la región Papaloapan. Folleto Técnico No. 1. SAGARPA. INIFAP. CIR Pacífico Sur. Campo Experimental Loma Bonita. Oaxaca, México. 63 p.
- García, A. J. L. 2008. Captación y aprovechamiento de agua de lluvia en arroz de temporal en la región Papaloapan. Folleto Técnico No. 9. INIFAP. CIR Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo, Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. 28 p.
- García, A. J. L.; Hernández, A. L. y Tavitas, F. L. 2010. "El Silverio" nueva variedad de arroz de grano grueso para áreas de temporal en el trópico mexicano. Folleto técnico No. 25. INIFAP. CIR Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo, Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. 35 p.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D. F. 130 p.
- Giannopolitis, C. N. and Vassiliou, G. 1989. Propanil tolerance in *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *Trop. Pest Manag.* 35:6-7.
- Herrera, F. y Agüero, R. 1995. Combate de sonto (*Cyperus iria* L.) en arroz. *Agron. Mesoam.* 6:124-129.
- Leah, J. M.; Caseley, J. C.; Riches, C. R. and Valverde, B. E. 1995. Age-related mechanisms of propanil tolerance in jungle-rice, *Echinochloa colona*. *Pest. Sci.* 43:347-354.
- López, C. C. J. 1998. Interpretación de resultados de los análisis químicos de suelos agrícolas. Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. Campus Veracruz. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 45 p.
- Michael, P. W. 1983. Taxonomy and distribution of *Echinochloa* species with special reference to their occurrence as weeds of rice. *In: IRRI* (ed.). *Weed control in rice*. International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, Philippines. 291-306 p.
- Ntanos, D. A.; Koutroubas, S. D. and Mavrotas, C. 2000. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in water-seeded rice (*Oryza sativa*) with cyhalofopbutyl. *Weed Technol.* 14:383-388.
- Ortiz, A.; Pacheco, M.; Pérez, V.; Ramos, R. y Seijas, E. 1999. Identificación de biotipos de *Echinochloa colona* (L.) Link., potencialmente resistentes al propanil, en los estados Guárico y Portuguesa. *Rev. COMALFI.* 26(1-3):21-27.
- Retzinger, E. J. and Mallory-Smith, C. 1997. Classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. *Weed Technol.* 11:384-393.
- Riches, C. R.; Knights, S.; Chaves, L.; Caseley, J. C. and Valverde, B. E. 1997. The role of pendimethalin in the integrated management of propanil-resistant *Echinochloa colona* in Central America. *Pest. Sci.* 51:341-346.
- Sarvestani, Z. T.; Pirdashti, H.; Sanavy, S. A. M. and Balouchi, H. 2008. Study of water stress effect in different growth stages on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Pak. J. Biol. Sci.* 11:1303-1309.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Arroz. [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351) (consultado febrero, 2011).
- Smith, R. J. Jr. 1961. 3,4-Dichloropropionanilide for control of barnyardgrass in rice. *Weeds* 3:318-322.
- Talbert, R. E. and Burgos, N. R. 2007. History and management of herbicide resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas rice. *Weed Technol.* 21:324-331.
- Tena, M. M. P. y Ramírez, J. G. 1985. El combate de maleza del arroz bajo condiciones de temporal en Campeche. Folleto técnico Núm. 2. SARH. INIA. CIAPY. Campo Agrícola Experimental de Campeche. Campeche, Campeche, México. 20 p.
- Trujillo, O. and Méndez, D. 1996. Command, inhibidor de pigmentos, en especies de malezas susceptibles. *In: Robayo, V. G.* (comp.). *Arrocero moderno*. Comunicaciones y Asociados Ltda. Bogotá, Colombia. 123-127 p.
- Valverde, B. E. 2007. Status and management of grass-weed herbicide resistance in Latin America. *Weed Technol.* 21:310-323.
- Villaseñor, J. L. y Espinosa, F. J. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 449 p.
- Williams, J. 2000. Current and future grass herbicides in rice. 2000 Proceedings of the California Weed Science Society 52:123-128.

- Zambrano, C.; Pérez, D. y Lazo, J. V. 2009. Evaluación de la posible resistencia metabólica de poblaciones de *Echinochloa colona* (L.) Link a los herbicidas cyhalofop-Butyl, clefoxidym, fenoxaprop p-etil y bispiribac sodio. *In*: Sousa, E. de; Calha, I.; Moreira, I.; Monteiro, A.; Rodríguez, L.; Portugal, J. e Vasconcelos, T. (eds.). XII Congreso da Sociedade Española de Malherbología. XIX Congreso da Associação Latinoamericana de Malezas. II Congreso Ibérico de Ciencias de las Malezas. Lisboa, Portugal. 511-515 p.
- Zhang, J.; Hamill, A. S. and Weaver, S. E. 1995. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. *Weed Technol.* 9:86-90.
- Zhang, W.; Webster, E. P. and Blouin, D. C. 2005. Response of rice and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to rates and timings of clomazone. *Weed Technol.* 19:528-531.