

CONTROL QUÍMICO DE *Echinochloa colona* (L.) LINK RESISTENTE AL PROPANIL Y *Cyperus iria* L. EN ARROZ (*Oryza sativa* L.) DE TEMPORAL EN TRES VALLES, VERACRUZ

Chemical control of propanil-resistant *Echinochloa colona* (L.) Link and *Cyperus iria* L. in rainfed rice (*Oryza sativa* L.) in Tres Valles, Veracruz

Valentín A. Esqueda-Esquivel ✉, Oscar Hugo Tosquy-Valle

(VAEE) Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP. Km 34 Carr. Veracruz-Córdoba. Apdo. Postal 429, 91700, Veracruz, Ver., México. esqueda.valentin@inifap.gob.mx
(OHTV) Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.

Artículo recibido: 27 de junio de 2012, **aceptado:** 6 de junio de 2013

RESUMEN. En 2009 se realizó una investigación en Tres Valles, Ver., para determinar la efectividad de nuevos herbicidas para controlar *E. colona* (L.) Link resistente al propanil y *C. iria* (L.) en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) de temporal. Se evaluaron siete tratamientos en diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; los tratamientos fueron: 1. Cihalofop-butilo (360 g ha^{-1}), 2. Bispiribac-sodio (30 g ha^{-1}), 3. Cihalofop-butilo + clomazone ($315 + 480 \text{ g ha}^{-1}$), 4. Bispiribac-sodio + clomazone ($22 + 480 \text{ g ha}^{-1}$), 5. Propanil + clomazone ($2160 + 480 \text{ g ha}^{-1}$), 6. Propanil / propanil ($3600 / 3600 \text{ g ha}^{-1}$) y 7. Testigo enhierbado. Se evaluó el control de malezas y la toxicidad al arroz a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de los tratamientos (DDA) y se determinó la altura final y el rendimiento de grano de arroz. A los 45 DDA, los controles más altos de *E. colona* se obtuvieron con cihalofop-butilo solo, cihalofop-butilo + clomazone y bispiribac-sodio. Estos mismos tratamientos y la mezcla de bispiribac-sodio + clomazone produjeron rendimientos de grano de entre 4.83 y 5.54 t ha^{-1} , superiores a los del resto de los tratamientos. La aplicación de bispiribac-sodio solo y en mezcla con clomazone y cihalofop-butilo en mezcla con clomazone, ocasionó toxicidad al cultivo de arroz menor a 4 %. Se determinó que tanto cihalofop-butilo como bispiribac-sodio, solos y en mezcla con clomazone, son mejores alternativas para el control de *E. colona*, que la aplicación secuencial de propanil y la mezcla de propanil + clomazone, mientras que para controlar *C. iria* con los nuevos herbicidas solamente puede utilizarse bispiribac-sodio solo o mezclado con clomazone.

Palabras clave: Herbicidas, toxicidad, rendimiento de arroz.

ABSTRACT. A study was carried out in 2009 in Tres Valles, Ver. in order to determine the effectiveness of new herbicides in the control of propanil-resistant *E. colona* (L.) Link and *C. iria* L. in a rainfed rice (*Oryza sativa* L.) crop. Seven treatments were evaluated in an experimental design with random complete blocks and four replicates. The treatments were: 1. Cyhalofop-butyl (360 g ha^{-1}), 2. Bispyribac-sodium (30 g ha^{-1}), 3. Cyhalofop-butyl + clomazone ($315 + 480 \text{ g ha}^{-1}$), 4. Bispyribac-sodium + clomazone ($22 + 480 \text{ g ha}^{-1}$), 5. Propanil + clomazone ($2160 + 480 \text{ g ha}^{-1}$), 6. Propanil / propanil ($3600 / 3600 \text{ g ha}^{-1}$) and 7. a control with growth of weeds. The control of weeds and the toxicity to the rice were evaluated at days 15, 30 and 45 after treatment (DAT) and the final height and grain yield of the rice were recorded. At DAT 45 the highest *E. colona* controls were obtained with cyhalofop-butyl alone, cyhalofop-butyl + clomazone and bispyribac-sodium. These treatments and the mixture of bispyribac-sodium + clomazone produced grain yields of 4.83 to 5.54 t ha^{-1} , greater than those of the other treatments. The addition of bispyribac-sodium alone and combined with clomazone and cyhalofop-butyl mixed with clomazone proved to be less than 4 % toxic to the rice crop. It was established that both cyhalofop-butyl and bispyribac-sodium, alone and combined with clomazone, are better alternatives for controlling *E. colona* than the sequential addition of propanil and the mixture of propanil + clomazone, whereas in order to control *C. iria* with the new herbicides, only bispyribac-sodium alone or combined with clomazone may be used.

Key words: Herbicides, toxicity, grain yield.

INTRODUCCIÓN

En el estado de Veracruz, México, más de 90 % del arroz se cultiva en el ciclo primavera-verano, bajo condiciones de temporal. En 2010 se sembraron 7 129 ha de este cereal bajo este régimen de humedad, en las que se obtuvo un rendimiento promedio de 3.72 t ha⁻¹ (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2012). Lo anterior obedece en gran parte, a que bajo esta condición, junto con el cultivo, emergen altas poblaciones de malezas, las cuales al no controlarse eficientemente, provocan reducciones significativas del rendimiento de grano (Esqueda-Esquivel 2000). En el arroz de temporal las malezas se controlan exclusivamente mediante la aplicación de herbicidas selectivos (Esqueda-Esquivel *et al.* 2010), ya que la alta humedad del terreno y la siembra al voleo o en surcos angostos, impiden el empleo de maquinaria para realizar esta práctica. Desde los años sesenta, la forma tradicional de controlar las malezas en el arroz de temporal se ha basado en la aplicación post-emergente de propanil, un herbicida que inhibe la fotosíntesis de las plantas susceptibles (Smith 1961; Daniell *et al.* 1981), ocasionando su muerte en uno o dos días. Debido a que el propanil solamente actúa sobre malezas gramíneas ya emergidas, y a que algunas especies tienen dos flujos de emergencia importantes en las etapas iniciales de desarrollo del cultivo (Esqueda-Esquivel & Acosta-Núñez 1985), este herbicida se aplica en dos o tres ocasiones durante el período crítico de competencia de las malezas con el arroz (Baltazar & Smith 1994), o se mezcla con un herbicida residual (Esqueda 1999). El uso continuo del propanil, en algunas áreas arroceras de México ha provocado el desarrollo de biotipos de zacate resistentes a este herbicida (Bolaños-Espinoza *et al.* 2001) tal como el pata de pichichi [*Echinochloa colona* (L.) Link], principal maleza de este cultivo, que ha traído como consecuencia que se tenga que aplicar en dosis muy elevadas (Esqueda-Esquivel & Tosquy-Valle 2009), lo cual incrementa los costos de control de malezas y el riesgo de contaminación de los suelos y cuerpos de agua, además de que se obtienen controles deficientes. Biotipos de *E. colona* resistentes al propanil, también se han reportando

en diversos países de América Latina (Fischer *et al.* 1993; Valverde *et al.* 2000; Valverde 2007). Para enfrentar adecuadamente el problema de resistencia al propanil, deben utilizarse herbicidas con diferente modo de acción, preferentemente mezclados (Valverde *et al.* 2000). bispiribac-sodio y cihalofop-butilo, son herbicidas post-emergentes y no residuales, con alta selectividad al arroz y modos de acción distintos al del propanil (Mallory-Smith & Retzinger 2003). Bispiribac-sodio inhibe la enzima acetolactato sintetasa (ALS), es muy eficiente en el control de *E. colona* y puede actuar sobre algunas especies de malezas dicotiledóneas (Esqueda & Rosales 2004), mientras que el modo de acción de cihalofop-butilo es la inhibición de acetil coenzima A carboxilasa (ACCasa), y solamente controla malezas gramíneas (Ito *et al.* 1998). Con ambos herbicidas, las malezas susceptibles mueren entre dos y tres semanas después de la aplicación. En ensayos preliminares, con estos herbicidas solos y en mezcla con el herbicida residual clomazone se han encontrado controles satisfactorios de *E. colona* y otras especies importantes de malezas, como *Cyperus iria* L. (Esqueda & Rosales 2004; Esqueda & Tosquy 2004; Willingham *et al.* 2008; Esqueda-Esquivel & Tosquy-Valle, 2009), la cual puede volverse dominante, si se aplican herbicidas como el propanil, que sólo controlan malezas gramíneas, y provocar pérdidas significativas de rendimiento de grano (Esqueda-Esquivel *et al.* 2010), por lo que estos nuevos tratamientos pueden ser una buena alternativa para utilizarse en plantaciones comerciales de arroz. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos: determinar la efectividad en el control de *E. colona* y *C. iria* de los herbicidas bispiribac-sodio y cihalofop-butilo, solos y en mezcla con el herbicida residual clomazone, y su efecto en el rendimiento de grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo primavera-verano de 2009, bajo condiciones de temporal, se realizó un trabajo de investigación de herbicidas en la Colonia Palmarillo, municipio de Tres Valles, Ver., en un lote con historia de problemas para controlar *E. colona* con

propanil, el cual se encuentra ubicado a 18° 21' 33.34" de latitud Norte y 96° 07' 4.11" longitud Oeste a una altitud de 24 m. El clima de la localidad es AW2 (w), que corresponde a los subtipos más húmedos de los cálidos subhúmedos (García 1987). La siembra de arroz se realizó el 18 de junio con la

Tabla 1. Tratamientos herbicidas evaluados para el control de malezas en arroz. Colonia Palmarillo, Tres Valles, Ver. Ciclo primavera-verano 2009.

Table 1. Herbicide treatments evaluated for weed control in rice crops. Colonia Palmarillo, Tres Valles, Ver. 2009 Spring-Summer growing cycle.

No.	Tratamiento	Dosis (g ha ⁻¹)
1	Cihalofop-butilo	360
2	Bispiribac-sodio	30
3	Cihalofop-butilo + clomazone ¹	315 + 480
4	Bispiribac-sodio + clomazone	22 + 480
5	Propanil + clomazone	2 160 + 480
6	Propanil / propanil ²	3 600 / 3 600
7	Testigo enhierbado	-

¹El signo "+" significa una mezcla de tanque de los herbicidas. ²El signo "/" significa que se realizó una aplicación secuencial de propanil (testigo tradicional).

variedad Milagro Filipino, a una densidad de siembra de 100 kg ha⁻¹. Se evaluaron siete tratamientos, incluido un testigo enhierbado (Tabla 1) con un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y unidades experimentales conformadas por 10 surcos de 6 m de longitud, espaciados a 0.30 m, equivalentes a 18 m². A los tratamientos 1 (cihalofop-butilo a 360 g ha⁻¹), 3 (cihalofop-butilo + clomazone a 315 + 480 g ha⁻¹), 5 (propanil + clomazone a 2 160 + 480 g ha⁻¹) y 6 (propanil / propanil a 3 600 / 3 600 g ha⁻¹) se les agregó como surfactante la mezcla formulada de aceite parafínico, ésteres de ácidos grasos y derivados polietoxilados (Agridex) en dosis de 250 mL de producto comercial por litro de agua, mientras que a los tratamientos 2 (bispiribac-sodio a 30 g ha⁻¹) y 4 (bispiribac-sodio + clomazone a 22 + 480 g ha⁻¹), se les añadió una mezcla formulada de copolímeros de polialquileóxidos, polidimetilsiloxano y polioxipropileno-polioxietileno (Kinetic) a la misma dosis. La aplicación de los tratamientos del 1 al 5 y la primera parte del tratamiento 6 se realizó el 8 de julio, cuando la altura de *E. colona* era de 15 a 35 cm, la de *C. iria* de 10 a 20 cm y

la del arroz de 20 a 25 cm. La segunda aplicación del tratamiento 6 se realizó ocho días después. En ambas ocasiones se utilizó un aspersor motorizado de mochila equipado con un aguilón con cuatro boquillas de abanico plano 8003, que proporcionó un gasto equivalente a 414 L ha⁻¹. Solamente se asperjaron los ocho surcos centrales, para utilizar los de las orillas como testigos laterales enhierbados. El experimento se fertilizó con urea (46 % N) a los 35 y 69 días de la emergencia del arroz, aplicando en cada época el equivalente a 46 kg ha⁻¹ de N. Durante la etapa de llenado del grano se aplicó cipermetrina a 50 g ha⁻¹ para controlar a la chinche café (*Oebalus insularis* Stal) (García-Angulo 2005). Durante el ciclo de cultivo se cuantificaron las variables: 1. Densidad de población de malezas. Se determinó en dos ocasiones: inmediatamente antes de la aplicación de los tratamientos y nueve días antes de la cosecha; en la primera evaluación se contaron las especies de malezas contenidas en un cuadro de 1 m x 1 m (1 m²) lanzado al azar en cada uno de los testigos enhierbados, mientras que en la segunda, los conteos se hicieron en cada una de las unidades experimentales (Alemán 2004). 2. Control de malezas. A los 15, 30 y 45 días después de la aplicación (DDA) se evaluó visualmente el efecto de los tratamientos sobre las dos especies de malezas presentes (*E. colona* y *C. iria*), para ello se utilizó la escala porcentual (0 a 100 %), en donde 0 significó que las malezas no fueron afectadas, y 100, que fueron completamente destruidas (Ntanos *et al.* 2000) 3. Toxicidad al arroz. La selectividad de los tratamientos herbicidas al cultivo se realizó en las mismas fechas que las evaluaciones de control de malezas, utilizando también la escala de 0 a 100 %, en donde 0 significó que el arroz no sufrió daños, y 100, que todas las plantas murieron (Esqueda & Tosquy 2004). 4. Altura final de planta. Nueve días antes de la cosecha, se midió la altura (desde la base de la planta hasta la parte superior de la panícula), de 10 plantas de arroz, seleccionadas al azar dentro de los cuatro surcos centrales de cada unidad experimental. 5. Rendimiento de grano. Cuando el arroz llegó a su madurez de cosecha, se cosecharon los cuatro surcos centrales de cada unidad experimental, eliminando 1 m en cada ex-

tremo. El grano se limpió de impurezas, se pesó, se ajustó al 14 % de humedad y se transformó en kilogramos por hectárea. Los datos de las malezas cuantificadas se transformaron a individuos ha^{-1} y en las demás variables se realizó análisis de varianza. Cabe señalar, que para homogenizar las varianzas, los datos de control de malezas se transformaron a su valor de arco seno ($\sqrt{\%}$) y los de toxicidad al arroz a su valor de ($\sqrt{\%}$) de acuerdo a las recomendaciones de Gomez & Gomez (1984) y Frans *et al.* (1986), aunque por motivos de mayor claridad, los resultados se presentan con datos reales. En los casos en que se detectó significancia estadística, se realizó comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

Densidad de población inicial de malezas.

Al momento de la aplicación de los tratamientos herbicidas, la población total de malezas era de 4 280 000 plantas ha^{-1} , de las cuales, 3 620 000 plantas correspondían a la gramínea anual *E. colona*, y el resto a *C. iria*, una planta anual de la familia Cyperaceae. La distribución de ambas especies era relativamente uniforme en todo el lote experimental.

Control de *E. colona*.

A los 15 DDA los controles más altos de esta especie (88.3 a 94 %) se obtuvieron con cihalofop-butilo y bispiribac-sodio solos y en mezcla con clomazone, los cuales fueron estadísticamente semejantes entre sí y en promedio superaron en 37.05 % a los tratamientos de propanil + clomazone y propanil seguido de propanil. A los 30 DDA se observó un incremento de 2.5 % en el control con cihalofop-butilo y 0.8 % con bispiribac-sodio solos, aunque el control de este último fue estadísticamente similar al de las mezclas de cihalofop-butilo y bispiribac-sodio + clomazone, en las cuales se redujo el control.

El control de *E. colona* con los dos tratamientos en que se aplicó propanil también se redujo, alcanzando valores inferiores a 50 %. En la evaluación final, con las aplicaciones de cihalofop-butilo y bispiribac-sodio solos, se mantuvo un control de *E. colona* superior a 90 %, mientras que las mez-

clas de ambos herbicidas con clomazone mostraron controles entre 14 y 21.3 % menores al mejor tratamiento (cihalofop-butilo a 360 g ha^{-1}). Los dos tratamientos en que se utilizó el propanil, tuvieron una reducción promedio de 3.15 % en el control de esta especie en comparación con la evaluación anterior (Ver Tabla 2).

Control de *C. iria*.

Debido a que las plantas de *C. iria* son relativamente pequeñas, solamente se pudo evaluar su control hasta los 30 DDA, porque a los 45 DDA, las plantas de arroz cubrían completamente a las de la maleza, lo que dificultó su evaluación; además, al ser sombreadas por el cultivo, se observó su senescencia y ya no fueron competitivas con el cultivo. En las dos épocas de evaluación, *C. iria* se controló completamente con el tratamiento de aplicaciones secuenciales de propanil, y también se tuvo un buen control con la mezcla de propanil + clomazone, los cuales fueron superiores en promedio en 41.15 % a los 15 DDA y 10 % a los 30 DDA a los tratamientos de bispiribac-sodio y en mezcla con clomazone, respectivamente. bispiribac-sodio solo y en mezcla con clomazone mostraron controles iniciales relativamente bajos, pero a los 30 DDA, éstos fueron de alrededor de 90 %, y no hubo diferencia entre aplicar bispiribac-sodio solo o mezclarlo con clomazone. Con cihalofop-butilo y cihalofop-butilo + clomazone no se observó ningún efecto en el control de *C. iria* como se aprecia en la Tabla 3.

Toxicidad al arroz.

A los 15 DDA se observó una muy ligera toxicidad al arroz ($< 5 \%$) en las plantas tratadas con bispiribac-sodio solo y con las mezclas de este herbicida y cihalofop-butilo con clomazone, la cual desapareció antes de los 30 DDA, según se muestra en la Tabla 3.

Densidad de población final de *E. colona*.

El efecto de los diferentes tratamientos herbicidas en la densidad de población final de *E. colona* se muestra en la Tabla 4, donde es notorio que en las parcelas aplicadas únicamente con cihalofop-butilo y bispiribac-sodio la población final de esta maleza fue la más baja (5 000 y 15 000 plantas ha^{-1} , respecti-

Tabla 2. Efecto de tratamientos herbicidas en el control de *Echinochloa colona* (%) en arroz a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación (DDA). Colonia Palmarillo, Tres Valles, Ver. Ciclo primavera-verano 2009.

Table 2. Effect of herbicide treatments on *Echinochloa colona* control (%) in rice at days 15, 30 and 45 after application (DAA). Colonia Palmarillo, Tres Valles, Ver. 2009 Spring-Summer growing cycle.

Tratamientos herbicidas	15 DDA	30 DDA	45 DDA
Cihalofop-butilo (360 g ha ⁻¹)	94.0 a	96.5 a	95.3 a
Bispiribac-sodio (30 g ha ⁻¹)	93.5 a	94.3 ab	91.5 ab
Cihalofop-butilo + clomazone (315 + 480 g ha ⁻¹)	90.0 a	85.0 b	81.3 ab
Bispiribac-sodio + clomazone (22 + 480 g ha ⁻¹)	88.3 a	81.5 b	74.0 b
Propanil / propanil (3 600 / 3 600 g ha ⁻¹)	62.5 b	48.8 c	45.0 c
Propanil + clomazone (2 160 + 480 g ha ⁻¹)	46.3 b	32.5 c	30.0 c
Testigo enhierbado	0.0 c	0.0 d	0.0 d

Las letras a la derecha de los valores representan la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí. Las comparaciones son entre tratamientos en cada fecha de evaluación.

Tabla 3. Efecto de tratamientos herbicidas en el control de *Cyperus iria* (%) a los 15 y 30 días después de la aplicación (DDA) y en la toxicidad al arroz (%) a los 15 DDA. Colonia Palmarillo, Tres Valles, Ver. Ciclo primavera-verano 2009

Table 3. Effect of herbicide treatments on *Cyperus iria* control (%) at days 15 and 30 after application (DAA) and on rice toxicity (%) at DAA 15. Colonia Palmarillo, Tres Valles, Ver. 2009 Spring-Summer growing cycle.

Tratamientos herbicidas	Control de <i>C. iria</i>		Toxicidad al arroz
	15 DDA	30 DDA	15 DDA
Cihalofop-butilo (360 g ha ⁻¹)	0.0 d	0.0 e	0.0 a
Bispiribac-sodio (30 g ha ⁻¹)	55.0 c	87.5 c	3.3 b
Cihalofop-butilo + clomazone (315 + 480 g ha ⁻¹)	0.0 d	0.0 d	1.8 ab
Bispiribac-sodio + clomazone (22 + 480 g ha ⁻¹)	60.0 c	90.0 c	2.3 ab
Propanil + clomazone (2 160 + 480 g ha ⁻¹)	97.3 b	97.5 b	0.0 a
Propanil / propanil (3 600 + 3 600 g ha ⁻¹)	100.0 a	100.0 a	0.0 a
Testigo enhierbado	0.0 d	0.0 e	0.0 a

Las letras a la derecha de los valores representan la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí. Las comparaciones son entre tratamientos en cada fecha de evaluación.

vamente), lo cual resulta en una menor competencia al cultivo a lo largo del ciclo y menor cantidad de semillas que irán al suelo y emergerán en el siguiente ciclo.

Las poblaciones se incrementaron al mezclar los dos herbicidas indicados anteriormente con clomazone, aunque fueron menores a las que se obtuvieron con los dos tratamientos en que se aplicó el propanil. En el testigo enhierbado se mantuvo una población superior a los 3 000 000 de plantas ha⁻¹. No se encontraron plantas de *C. iria*, ya que su ciclo había terminado con anterioridad.

Altura final del arroz.

En general se observó una tendencia a plantas de arroz más altas (mayores a 82 cm) en las parcelas con los mayores controles de malezas. Así, la mayor altura de las plantas de arroz de 86.75 cm se obtuvo con la aplicación de bispiribac-sodio, valor que fue estadísticamente similar al obtenido con cihalofop-butilo solo y en mezcla con clomazone, y con bispiribac-sodio + clomazone, y superior a la alcanzada con los tratamientos de propanil, los cuales al tener menor control de *E. colona*, tuvieron mayor competencia y por tanto, menor crecimiento. Es importante señalar que la altura de las plantas del testigo enhierbado que sobrevivieron fue significativamente menor a las de cualquiera de los

Tabla 4. Efecto de tratamientos herbicidas en la densidad de población final de *Echinochloa colona* en arroz. Colonia Palmarillo, Tres Valles, Ver. Ciclo primavera-verano 2009.

Table 4. Effect of herbicide treatments on the final *Echinochloa colona* population density in rice. Colonia Palmarillo, Tres Valles, Ver. 2009 Spring-Summer growing cycle.

Cih	Bis	Cih + Clo	Bis + Clo	Pro + Clo	Pro / Pro	TE
5 000	15 000	185 000	262 500	425 000	427 500	3 157 500

Cih: cihalofop-butilo (360 g ha⁻¹); Bis: bispiribac-sodio (30 g ha⁻¹); Cih + Clo: cihalofop-butilo + clomazone (315 + 480 g ha⁻¹); Bis + Clo: bispiribac-sodio + clomazone (22 + 480 g ha⁻¹); Pro + Clo: propanil + clomazone (2 160 + 480 g ha⁻¹); Pro / Pro: propanil (3 600 g ha⁻¹) seguido de propanil (3 600 g ha⁻¹); TE: testigo enhierbado

Tabla 5. Efecto de tratamientos herbicidas en la altura final de las plantas de arroz y el rendimiento de grano. Colonia Palmarillo, Tres Valles, Ver. Ciclo primavera-verano 2009.

Table 5. Effect of herbicide treatments on the final height of the rice plants and on grain yield. Colonia Palmarillo, Tres Valles, Ver. 2009 Spring-Summer growing cycle.

Tratamientos herbicidas	Altura final (cm)	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)
Cihalofop-butilo (360 g ha ⁻¹)	84.75 ab	5.47 a
Bispiribac-sodio (30 g ha ⁻¹)	86.75 a	5.54 a
Cihalofop-butilo + clomazone (315 + 480 g ha ⁻¹)	83.75 ab	4.88 a
Bispiribac-sodio + clomazone (22 + 480 g ha ⁻¹)	82.75 ab	4.83 a
Propanil + clomazone (2 160 + 480 g ha ⁻¹)	77.75 b	2.45 b
Propanil / propanil (3 600 + 3 600 g ha ⁻¹)	79.00 b	3.46 b
Testigo enhierbado	55.25 c	0.82 c

Las letras a la derecha de los valores representan la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí. Las comparaciones son entre tratamientos.

tratamientos herbicidas (Tabla 5).

Rendimiento de grano.

El rendimiento varió significativamente en los tratamientos evaluados; con cihalofop-butilo y bispiribac-sodio, solos y en mezcla con clomazone se obtuvieron los mayores rendimientos de grano (entre 4.83 y 5.54 t ha⁻¹), los cuales fueron superiores a los obtenidos con la mezcla de propanil + clomazone (2.45 t ha⁻¹) y con la aplicación secuencial de propanil (3.46 t ha⁻¹), que fueron estadísticamente semejantes entre ellos. En la Tabla 5 se puede observar que en las parcelas en que no se aplicó herbicida, el rendimiento fue menor a 1 t ha⁻¹.

DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos se comprobó que el uso de herbicidas con modos de acción diferentes al del propanil es una buena estrategia para controlar los biotipos de *E. colona* que muestran cierta

resistencia al propanil (Valverde *et al.* 2000). También la rotación de herbicidas es una alternativa para controlar esta especie cuando ha adquirido resistencia (Caseley *et al.* 1997). El uso de mezclas o secuencias de herbicidas con diferente modo de acción es una pieza clave para el manejo de la resistencia (Jutsum & Graham 1995), ya que impide o retrasa su aparición. Es conveniente tener varias alternativas de control y enfatizar el uso de mezclas y rotaciones, ya que la resistencia a un nuevo herbicida puede desarrollarse en pocos ciclos (Riches *et al.* 1995).

Los mayores controles obtenidos con cihalofop-butilo y bispiribac-sodio solos, con respecto a los que se obtuvieron cuando se utilizaron estos mismos herbicidas en mezcla con clomazone, pudieron deberse a que en el primer caso, la dosis de los herbicidas fue mayor.

Por otra parte, la mayor efectividad en el control de *E. colona* que se tiene con estos herbicidas solos y en mezcla con clomazone en relación a la aplicación secuencial de propanil, se debe principal-

mente al tiempo de entre dos y tres semanas que tardan cihalofop-butilo y bispiribac-sodio en controlar las malezas, por lo que durante ese periodo tanto éstas como el cultivo sombrea al suelo, evitando o reduciendo nuevas emergencias de malezas (Esqueda-Esquivel & Tosquy-Valle 2009), mientras que el propanil las elimina rápidamente (Clavijo 2010), lo que reduce su sombreado, y favorece la emergencia de nuevas poblaciones de malezas.

También es importante señalar que aparte de *E. colona*, cihalofop-butilo tiene un mayor espectro de control de malezas gramíneas que bispiribac-sodio (Williams 2000), por lo que debe preferirse cuando aparte de *E. colona*, se presenten otras especies de malezas gramíneas en el arroz. Sin embargo, es necesario implementar estrategias de manejo racional de las malezas, evitando la aplicación por varios ciclos de uno solo de los nuevos herbicidas, pues existe un alto riesgo de que se favorezca la aparición de biotipos con resistencia al nuevo herbicida (Valverde 2007). Es necesario hacer rotación de herbicidas, y de preferencia aplicar mezclas con productos de diferente modo de acción (Diggle *et al.* 2003).

Todos los nuevos herbicidas son degradados por la microflora del suelo, y no dejan residuos detectables (Kaur *et al.* 2010; Kumar *et al.* 2012), que puedan afectar al cultivo de la caña de azúcar, que generalmente se siembra en los mismos terrenos utilizados para la producción de arroz.

Es importante recalcar que cihalofop-butilo solamente controla malezas gramíneas, por lo que al eliminar los zacates con su aplicación única o en mezcla con clomazone, bajo ciertas condiciones ambientales o de manejo que afecten el desarrollo del arroz, pudiera ocasionar la infestación de *C. iria*, especie que llega a ocasionar reducciones de hasta 50 % en el rendimiento de grano (Herrera & Agüero 1995). Por lo anterior, en el caso de siembras con

E. colona resistente al propanil, cuando también se presenta *C. iria*, puede utilizarse bispiribac-sodio, ya que además de que por sí solo tiene un buen control de la misma, en caso de infestaciones fuertes, puede mezclarse con otros herbicidas que la controlan, como el 2,4-D, mientras que cihalofop-butilo no puede mezclarse con este tipo de herbicidas, pues al hacerlo se reduce fuertemente su efecto en las malezas gramíneas (Scott 2002).

Por otra parte, la mayor densidad de población final de *E. colona* que se tuvo en las mezclas de cihalofop-butilo y bispiribac-sodio con clomazone en relación a la densidad presente con la aplicación de los herbicidas solos, pudo deberse a que en las mezclas se redujeron las dosis de cihalofop-butilo y de bispiribac-sodio, ya que desde un inicio se observó una mayor cantidad de plantas de *E. colona* cuando éstas se aplicaron. Lo anterior concuerda con lo encontrado anteriormente por Esqueda-Esquivel & Tosquy-Valle (2009), en la misma región arrocera. Finalmente, se pone de manifiesto que en el arroz de temporal, el control de malezas es una práctica clave para evitar reducciones significativas en el rendimiento de grano (Esqueda 1999), y que cihalofop-butilo y bispiribac-sodio solos y en mezcla, son alternativas viables para el control de *E. colona* resistente al propanil en arroz de temporal, en contraste con la aplicación tradicional basada en dos aplicaciones de propanil, y que para controlar *C. iria*, puede utilizarse bispiribac-sodio.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Fundación Produce Veracruz, A. C. por el financiamiento del proyecto: Control Integrado de Malezas en el Cultivo de Arroz (PRECI 3106597A), del cual formó parte este experimento.

LITERATURA CITADA

- Alemán F (2004) Manual de investigación agronómica con énfasis en ciencia de la maleza. Imprimatur Artes Gráficas. Managua, Nicaragua. 248 pp.
- Baltazar A, Smith RJ Jr (1994) Propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in rice (*Oryza sativa*). Weed Technology 8: 576-581.

- Bolaños-Espinoza A, Villa-Cásarez JT, Valverde BE (2001) Respuesta de *Echinochloa colona* (L.) Link a propanil en áreas arroceras selectas de México. *Revista Mexicana de la Ciencia de la Maleza* 1(2): 21-26.
- Caseley JC, Palgrave C, Haas E, Riches CR, Valverde, B (1997) Herbicides with alternative modes of action for the control of propanil- and fenoxaprop-P-resistant *Echinochloa colona*. *Proceedings 1997 Brighton Crop Protection Conference: Weeds*. Brighton, UK. pp. 215-220.
- Clavijo J (2010) Acción de los herbicidas en un arrozal: Modo y mecanismo. En: Degiovanni BV, Martínez CP, Motta, F (eds) *Producción Eco-eficiente del Arroz en América Latina*. Tomo I. Publicación CIAT No. 370. CIAT. FLAR. UNICORDOBA. Cali, Colombia. pp. 431-446.
- Daniell H, Sarojini G, Kumarachinnayan P, Kulandaivelu G (1981) Action of propanil on in vivo chlorophyll a fluorescence in *Echinochloa crus-galli* and rice. *Weed Research* 21: 171-177.
- Diggle AJ, Neve PB, Smith EP (2003) Herbicides used in combination can reduce the probability of herbicide resistance in finite weed populations. *Weed Research* 43: 371-382.
- Esqueda-Esquivel VA (2000) Las malezas del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en México. *Revista Mexicana de la Ciencia de la Maleza* Núm. Especial: 63-81.
- Esqueda-Esquivel VA, Acosta-Núñez S (1985) Daños y control de las malas hierbas en el cultivo de arroz de temporal en el centro del estado de Veracruz y norte de Oaxaca. *Folleto de Investigación* Núm. 65. SARH. INIA. México, DF. 60 pp.
- Esqueda-Esquivel VA, Tosquy-Valle OH (2009) Alternativas al propanil para controlar *Echinochloa colona* (L.) Link en arroz de temporal. *Agronomía Mesoamericana* 20(1): 111-119.
- Esqueda-Esquivel VA, Tosquy-Valle OH, Flores-Morales DS (2010) Control de malezas en el cultivo de arroz de temporal en Veracruz. *Folleto Técnico* Núm. 53. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Ver., México. 41 pp.
- Esqueda V, Rosales E (2004) Evaluación de bispiribac-sodio en el control de malezas en arroz de temporal. *Agronomía Mesoamericana* 15(1): 9-15.
- Esqueda VA (1999) Control de malezas en arroz de temporal con clomazone, propanil y 2,4-D. *Agronomía Mesoamericana* 10(2): 43-49.
- Esqueda VA, Tosquy OH (2004) Efecto de cihalofop-butilo en el control de malezas gramíneas anuales en arroz de temporal. *Agronomía Mesoamericana* 15(2): 173-178.
- Fischer AJ, Granados E, Trujillo, D (1993) Propanil resistance in populations of junglerice (*Echinochloa colona*) in Colombia rice fields. *Weed Science* 41: 201-206.
- Frans RE, Talbert R, Marx D, Crowley H (1986) Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. En: Camper ND (ed) *Research Methods in Weed Science*. Southern Weed Science Society. Champaign, IL, USA. pp. 29-46.
- García E (1987) *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 130 pp.
- García-Angulo JL (2005) *Tecnología para producir arroz de temporal en la región Papaloapan*. Folleto Técnico No. 1. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Loma Bonita. Oaxaca, México. 63 pp.
- Gomez KA, Gomez AA (1984) *Statistical procedures for agricultural research*. 2nd ed. J. Wiley & Sons. New York, USA. 680 pp.

- Herrera F, Agüero R (1995) Combate de sontol (*Cyperus iria* L.) en arroz. *Agronomía Mesoamericana* 6: 124-129.
- Ito M, Kawahara H, Asai M (1998) Selectivity of cyhalofop-butyl in Poaceae species. *Journal of Weed Science and Technology* 43: 122-128.
- Jutsum AR, Graham JC (1995) Managing weed resistance: The role of the agrochemical industry. En: *Proceedings 1995 Brighton Crop Protection Conference: Weeds*. Farnham, UK. pp. 557-566.
- Kaur SM, Brar AS, Randhawa SK, Walia US (2010) Evaluation of bispyribac residues in soil, grain and straw in rice (*Oryza sativa* L.). *Pesticide Research Journal* 22(1): 80-82.
- Kumar B, Sharma R, Singh SB (2012) Evaluation of harvest residues of cyhalofop-butyl in paddy soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 89(2): 344-347.
- Mallory-Smith CA, Retzinger EJ Jr (2003) Revised classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. *Weed Technology* 17: 605-619.
- Ntanos DA, Koutroubas SD, Mavrotas, C (2000) Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in water-seeded rice (*Oryza sativa*) with cyhalofop butyl. *Weed Technology* 14: 383-388.
- Riches CR, Caseley JC, Valverde BE, Down VM (1995) Resistance of *Echinochloa colona* to accaseinhibiting herbicides. En: de Prado R, Jorrín J, García-Torres L, Marshall, G (eds). *Proceedings of the International Symposium on Weed and Crop Resistance to Herbicides*. Cordoba, Spain pp. 14-16.
- Scott RC (2002) Post-flood tank-mix combinations with cyhalofop (Clincher) for barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in rice. *Arkansas Agricultural Experiment Station Research Series* 504: 165-168.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2012) Producción Agrícola. Ciclo: Primavera-Verano 2010. Arroz palay. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=118 (fecha de consulta 23/07/2012).
- Smith RJ Jr (1961) 3,4-Dichloropropionanilide for control of barnyardgrass in rice. *Weeds* 3: 318-322.
- Valverde EB (2007) Status and management of grass-weed herbicide resistance in Latin America. *Weed Technology* 21: 310-323.
- Valverde EB, Riches CR, Caseley JC (2000) Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: experiencias en América Central con *Echinochloa colona*. Cámara de Insumos Agropecuarios. San José, Costa Rica 135 pp.
- Williams J (2000) Current and future grass herbicides in rice (2000) *Proceedings California Weed Science Society* 52: 123-128.
- Willingham SD, Falkenberg NR, McCauley GN, Chandler JM (2008) Early postemergence clomazone tank mixes on coarse-textured soils in rice. *Weed Technology* 22: 565-570.