

SELECTIVIDAD DE HERBICIDAS EN PRESIEMBRA Y POSTEMERGENCIA TEMPRANA EN LOS PASTOS *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria decumbens*¹

Moisés Hernández², Franklin Herrera³

RESUMEN

Selectividad de herbicidas en presiembra y postemergencia temprana en los pastos *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria decumbens*. Se evaluó en condiciones de invernadero, la selectividad de herbicidas aplicados en presiembra y postemergencia temprana (etapa de tres a cinco hojas) en los pastos *Panicum maximum* cv. Tanzania, *Brachiaria brizantha* cv. Diamantes 1 y *B. decumbens* cv. Peludo. En presiembra los herbicidas se aplicaron ocho días antes de la siembra. Los tratamientos evaluados y su respectiva dosis en kg i.a./ha fueron: atrazina (2,0), ametrina (2,0), imazetapir (0,10), isoxaflutole (0,10), metolachlor (1,20), metribuzin (0,35), oxadiargyl (0,20), oxifluorfen (0,36), pendimetalina (1,0), terbutrina (1,5) y tebutiurón (1,25). En postemergencia, los tratamientos evaluados fueron: atrazina (2,0), ametrina (2,0), isoxaflutole (0,15), metribuzin (0,35), oxadiargyl (0,20), oxifluorfen (0,36), terbutrina (1,5), terbutilazina (1,5), tebutiurón (1,25) y las mezclas de tanque atrazina (1,5) + pendimetalina (1,0), atrazina (1,5) + metolachlor (1,0) y atrazina (1,5) + orizalina (0,225). En presiembra, la atrazina mostró buena selectividad a las tres especies de pasto, aunque *B. brizantha* cv Diamantes 1 mostró la mejor tolerancia a este herbicida. En postemergencia temprana, las tres especies de pasto mostraron síntomas de toxicidad leves por atrazina y terbutilazina, seguido por oxadiargyl y la mezcla de atrazina + metolachlor con daños similares, además de un leve retardo en el crecimiento de plantas, una leve clorosis y quema de puntas en las hojas bajas. Los restantes herbicidas eliminaron los pastos o redujeron drásticamente la producción de biomasa de las tres especies evaluadas.

Palabras clave: *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, selectividad, herbicidas, Costa Rica.

ABSTRACT

Pre-sowing and early post-emergence herbicide selectivity in *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* forage grasses. Pre-sowing and early post-emergence (three to five leaves stage) herbicide selectivity was assessed under greenhouse conditions for *Panicum maximum* cv. Tanzania, *Brachiaria brizantha* cv. Diamantes 1, *Brachiaria decumbens* cv. Peludo. The pre-sowing treatment was applied eight days before planting. The herbicides tested and their respective doses, in kg of a.i./ha, were as follows: atrazine (2.0), ametryn (2.0), imazethapyr (0.10), isoxaflutole (0.10), metolachlor (1.2), metribuzin (0.35), oxadiargyl (0.20), oxyfluorfen (0.36), pendimethalin (1.0), terbutryn (1.5) and tebuthiuron (1.25). The post-emergence treatments were: atrazine (2.0), ametryn (2.0), isoxaflutole (0.15), metribuzin (0.35), oxadiargyl (2.0), oxyfluorfen (0.36), terbutryn (1.5), terbuthylazine (1.5), tebuthiuron (1.25), atrazine (1.5) + pendimethalin (1.0), atrazine (1.5) + metolachlor (1.0), and atrazine (1.5) + oryzalin (0.225). During the pre-sowing stage, the damage induced by atrazine was very low, however *B. brizantha* showed the best tolerance to this herbicide. The other herbicides caused serious seedling loss. In the early post-emergence, the three grass species showed slight toxicity to atrazine and terbuthylazine, followed with like damages by oxadiargyl and the mixture of atrazine + metolachlor; besides of a light growth reduction, slight chlorosis and tip burn of lower leaves. The rest of the herbicides drastically reduced the total biomass of the three species.

Key words: *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, selectivity, herbicides, Costa Rica.

¹ Parte de la tesis de maestría del primer autor. Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas, Universidad de Costa Rica.

² Estación Experimental Los Diamantes (MAG), Pococí, Costa Rica. Correo electrónico: moiso62@costarricense.cr.

³ Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica. Correo electrónico: fherrera@cariari.ucr.ac.cr.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, durante la última década ha crecido el interés de los ganaderos por mejorar sus pasturas, lo que se refleja en un incremento en las ventas de semillas de pastos mejorados. Entre éstos destacan las especies *Panicum maximum* cv. Tanzania, *Brachiaria brizantha* cv. Diamantes 1, *B. decumbens* cv. Peludo y *B. dictyoneura* cv. Brunca. Según la Oficina Nacional de Semillas durante el período 1990-1998, el volumen de importaciones para las tres primeras especies se incrementó en un 80%, pasando de 17,7 a 166,7 toneladas (Carrillo 1998).

Durante la fase de establecimiento de las nuevas pasturas, uno de los problemas que se presentan es cómo controlar adecuadamente las malezas, las cuales, en condiciones tropicales, crecen vigorosamente y afectan el establecimiento de las nuevas plántulas de las especies mejoradas. Es poca la información disponible sobre el uso de herbicidas selectivos a los pastos durante esta fase; por otra parte, el uso de estrategias que incluyan deshieras manuales o mecánicas es poco práctico, dado que en la mayoría de los casos, la siembra se hace distribuyendo la semilla al azar (siembra al voleo).

La literatura es muy amplia con respecto a la selectividad y eficacia de herbicidas aplicados en preemergencia y postemergencia temprana en varios cultivos, pero es muy escasa referente a su uso durante el establecimiento de pasturas basadas en gramíneas puras o asociadas con leguminosas. Humphreys (1978) señala que el primer objetivo cuando se establecen pasturas es proveer un ambiente favorable para la germinación de la semilla, la emergencia de plántulas y su crecimiento. Otro objetivo es la destrucción o retardo de especies indeseables que podrían dominar las especies sembradas. Al respecto Walton (1983) señala la importancia de dar las mejores condiciones iniciales para el crecimiento de las plántulas, pues, en una pastura bien establecida, existe poca oportunidad para el establecimiento de malezas.

Smith y Martín (1995), mencionan algunos herbicidas aplicados a la siembra, con resultados

exitosos desde el punto de vista de control de malezas, pero fueron poco selectivos a los pastos.

En Texas, Bovey y Hussey (1991) evaluaron la respuesta a varios herbicidas, de 10 especies forrajeras durante la fase de establecimiento. De todas las especies evaluadas, *Panicum virgatum*, fue una de las más tolerantes a los herbicidas aplicados. Los herbicidas bensulide y sidurón ocasionaron los mayores daños en plántulas, mientras que el chlor-sulfurón, metsulfurón y MSMA ocasionaron daño a pocas especies.

Debido a que en Costa Rica no existen herbicidas con uso registrado durante la fase de establecimiento de especies forrajeras, que controlen poáceas y malezas de hoja ancha, y sean selectivos al pasto, se realizó el presente trabajo, cuyo objetivo fue evaluar en condiciones de invernadero, la selectividad de varios herbicidas a las especies de pastos *P. maximum* cv. Tanzania, *B. brizantha* cv. Diamantes 1 y *B. decumbens* cv. Peludo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron seis experimentos durante el período de julio a setiembre del 2000, en un invernadero de la Estación Experimental Los Diamantes (MAG), Guápiles, Pococí, ubicada en la zona de vida denominada Bosque Húmedo Tropical (Holdridge 1982).

En los experimentos se utilizó semilla sexual certificada de las especies de pastos *Panicum maximum* cv. Tanzania, *Brachiaria brizantha* cv. Diamantes 1 (Marandú) y *Brachiaria decumbens* cv. Peludo (Basilisk).

Experimentos con herbicidas aplicados en presiembra

En cada una de las especies de pastos antes mencionadas, se evaluaron 11 herbicidas aplicados ocho días antes de la siembra, más un testigo sin

herbicidas. Cada especie constituyó un experimento aparte (Cuadro 1).

Cuadro 1. Herbicidas evaluados en presiembra de las tres especies de pasto. Pococí, Costa Rica. Julio - setiembre 2000.

Especies de pastos	Herbicidas *	Dosis (kg i.a./ha)
<i>Panicum maximum</i> <i>Brachiaria brizantha</i> <i>Brachiaria decumbens</i>	1. atrazina	2,00
	2. ametrina	2,00
	3. imazetapir	0,10
	4. isoxaflutole	0,10
	5. metolaclor	1,20
	6. metribuzin	0,35
	7. oxadiargyl	0,20
	8. oxifluorfen	0,36
	9. pendimetalina	1,00
	10. terbutrina	1,50
	11. tebutiurón	1,25
	12. Testigo sin herbicida	---

* La aplicación de los herbicidas se hizo ocho días antes de la siembra de las tres especies de pastos.

Para cada especie se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de un recipiente plástico negro de 12 cm de diámetro y 12 cm de profundidad, lleno con suelo. En cada recipiente se sembraron 50 semillas de la especie respectiva.

Las principales características físicas y químicas del suelo utilizado en todos los experimentos se muestran en el Cuadro 2.

Los herbicidas se aplicaron con un aspersor accionado por CO₂ a presión constante de 2,4 kg/cm² y con boquilla 8002. Previo a la aplicación se calibró el equipo, para un volumen de 183 l/ha.

Las variables evaluadas fueron:

- 1) Porcentaje de daño causado por los herbicidas a las especies de pastos, para lo cual se empleó

Cuadro 2. Características físicas y químicas del suelo* empleado en los experimentos con herbicidas aplicados en presiembra y postemergencia. Pococí, Costa Rica. Julio-setiembre 2000.

Característica	Valor
Materia orgánica (%)	7,10
pH agua	4,5
Al (meq/100ml suelo)	0,70
Ca (meq/100ml suelo)	5,0
Mg (meq/100ml suelo)	1,6
K (meq/100ml suelo)	0,17
P (ug/ml suelo)	6,0
Zn (ug/ml suelo)	1,2
Mn (ug/ml suelo)	16,0
Cu (ug/ml suelo)	18,0
Fe (ug/ml suelo)	117,0
Arena (%)	44
Arcilla (%)	22
Limo (%)	34
Nombre textura	franco

*Análisis realizado en el laboratorio de suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

la escala porcentual de Amaya (1987), que clasifica el daño de la siguiente manera: sin daño (0); leve (1-30%); moderado (40-50%); severo (60-80%); muy severo (90-100%). Las evaluaciones se realizaron a la primera, segunda, cuarta y sexta semana después de la siembra.

- 2) Número de plantas sobrevivientes al final del período de evaluación. Además se hizo una descripción de los síntomas de toxicidad provocados por los herbicidas.

Experimentos con herbicidas aplicados en postemergencia temprana

En cada una de las especies indicadas se evaluaron 12 herbicidas y un testigo sin herbicidas. En este caso la aplicación se hizo cuando las plantas de los pastos se encontraban en etapa de desarrollo de tres a cinco hojas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Herbicidas aplicados en postemergencia temprana a tres especies de pastos, en etapa de tres a cinco hojas. Pococí, Costa Rica. Julio - septiembre 2000.

Especies de pastos	Herbicidas	Dosis (kg i.a. /ha)
<i>Panicum maximum</i> , <i>Brachiaria brizantha</i> <i>Brachiaria decumbens</i>	1. atrazina	2,0
	2. terbutrina	1,5
	3. ametrina	2,0
	4. metribuzin	0,35
	5. tebutiurón	1,25
	6. isoxaflutole	0,15
	7. oxadiargyl	0,20
	8. oxifluorfen	0,36
	9. terbutilazina	1,5
	10. atrazina + pendimetalina	1,5 + 1,0
	11. atrazina + metolaclor	1,5 + 1,0
	12. atrazina + orizalina	1,5 + 0,225
	13. Testigo sin aplicación	---

Para cada especie se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Todas las unidades experimentales se uniformizaron a 10 plantas por recipiente. Se usó el mismo método de aplicación empleado en los experimentos de presiembra; no obstante, en este caso, se calibró a un volumen de aplicación de 235 l/ha.

Las variables evaluadas fueron:

- 1) Porcentaje de daño causado por los herbicidas a las especies de pastos, para lo cual se empleó la escala de Amaya (1987) anteriormente descrita; las evaluaciones se realizaron a la segunda, cuarta y sexta semana después de aplicados los herbicidas.
- 2) Número de plantas sobrevivientes.
- 3) Medición de la biomasa total por recipiente en base seca, al final del periodo de evaluación. Al igual que en los experimentos anteriores, se rea-

lizó una descripción de los síntomas de toxicidad provocados por los herbicidas.

El análisis estadístico de los datos se hizo mediante el programa SAS. A las variables que el análisis de variancia indicó diferencias estadísticas significativas ($\alpha = 0,01$) se les hizo una prueba de comparación de medias aplicando la prueba de T ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimentos en presiembra

Porcentaje de daño (PD)

El Cuadro 4 muestra el porcentaje de daño a la primera, segunda, cuarta y sexta semana después de la siembra para cada una de las especies de pastos evaluadas.

B. brizantha (Diamantes 1): Para esta especie a la primera semana hubo diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,01$) entre tratamientos. No se observó daño cuando se aplicaron los siguientes herbicidas: atrazina, terbutrina, tebutiurón, oxadiargyl y pendimetalina. Entre los restantes herbicidas, el daño varió entre 7 y 40%. A partir de la segunda y hasta la sexta semana, hubo diferencias ($p \leq 0,01$) entre tratamientos. La atrazina se mantuvo con 0% de daño al pasto y en los otros herbicidas, el daño causado varió de 60 a 100%. Con atrazina el pasto presentó un grado de desarrollo y vigor similar al del testigo sin herbicidas.

B. decumbens (Pasto Peludo): a la primera semana, hubo diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,01$) entre tratamientos. No se observó daño con el uso de la atrazina, terbutrina, imazetapir, tebutiurón y pendimetalina. En los restantes tratamientos el daño varió entre 15 y 77%. A partir de la segunda y hasta la sexta semana también hubo diferencias entre tratamientos ($p \leq 0,01$); la atrazina causó un daño leve con un 5% a la sexta semana, mientras que los restantes tratamientos causaron

Cuadro 4. Porcentajes de daño a la primera, segunda, cuarta y sexta semanas después de la siembra en tres especies de pastos cuando los herbicidas fueron aplicados ocho días antes de la siembra. Pococí, Costa Rica. Julio - setiembre 2000.

Tratamiento (dosis kg i.a./ha)	<i>B. brizantha</i>				<i>B. decumbens</i>				<i>P. maximum</i>			
	Semanas				Semanas				Semanas			
	1	2	4	6	1	2	4	6	1	2	4	6
atrazina (2,0)	0 a *	0 a	0 a	0 a	0 a	17 b	2 a	5 a	0 a	17 b	5 a	7 a
ametrina (2,0)	17 b	96 de	100 d	100 d	15 b	96 d	100 c	100 c	20 c	100 d	100 c	100 c
metribuzin (0,35)	20 b	96 de	100 d	100 d	17 b	96 d	100 c	100 c	17 b	100 d	100 c	100 c
metolaclor (1,20)	20 b	96 de	100 d	100 d	15 b	96 d	100 c	100 c	20 c	100 d	100 c	100 c
terbutrina (1,50)	0 a	88 c	90 d	92 cd	0 a	91 d	92 c	92 c	0 a	100 d	100 c	100 c
imazetapir (0,10)	7 ab	62 b	60 b	62 b	0 a	70 c	47 b	70 b	0 a	85 c	82 b	82 b
tebutiurón (1,25)	0 a	90 cd	95 d	100 d	0 a	91 d	97 c	100 c	0 a	100 d	100 c	100 c
ixosaflutole (0,10)	40 c	100 e	100 d	100 d	77 d	100 d	100 c	100 c	20 c	100 d	100 c	100 c
oxadiargyl (0,20)	0 a	100 e	90 d	96 cd	60 c	100 d	92 c	96 c	0 a	100 d	100 c	100 c
pendimetalina (1,0)	0 a	93 cde	92 d	100 d	0 a	100 d	100 c	100 c	0 a	100 d	100 c	100 c
oxifluorfen (0,36)	17 b	93 cde	75 c	87 c	75 d	100 d	97 c	98 c	0 a	100 d	100 c	100 c
Testigo	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a

* Medias con letras diferentes en la misma columna, difieren estadísticamente, según prueba T ($\alpha=0,05$).

niveles de daño severo en las plantas, el cual varió entre 70 y 100%. Las plantas tratadas con atrazina no mostraron diferencias en vigor y desarrollo con respecto a las del testigo sin herbicida.

***P. maximum* (Tanzania):** a la primera semana, hubo diferencias ($p \leq 0,01$) entre tratamientos. No se observó daño con el uso de la atrazina, terbutrina, imazetapir, terbutiurón, oxadiargyl, pendimetalina y oxifluorfen. Entre los restantes tratamientos el daño varió entre 17 y 20%. A partir de la segunda y hasta la sexta semana hubo diferencias ($p \leq 0,01$) entre tratamientos. De manera similar a las especies anteriores, la atrazina presentó el menor nivel de daño (7%) a la sexta semana, sin diferencias con respecto al testigo, pero sí con respecto a los restantes herbicidas, que causaron daño muy severo al cultivo (82 a 100%).

Número de plantas

El Cuadro 5 muestra la población promedio de plantas por especie a la primera y sexta semana des-

pues de la siembra para los tres experimentos. Hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,01$) en el número de plantas, en ambos periodos de evaluación, para las tres especies de pastos.

Desde la primera semana, los herbicidas oxadiargyl, pendimetalina y oxifluorfen afectaron severamente las plántulas en germinación de *B. brizantha* (Diamantes 1), *P. maximum* (Tanzania) y *B. decumbens* (Pasto Peludo). A la sexta semana en las tres especies de pastos, todos los herbicidas, excepto la atrazina, causaron disminuciones de la población entre 50 % y 100%.

A la sexta semana, no hubo diferencias en la población final entre el testigo sin aplicación de herbicidas y los tratamientos con atrazina para las tres especies de pastos, pero si hubo diferencias ($p \leq 0,01$) con respecto a los restantes herbicidas. En los casos; en que hubo alguna supervivencia de plántulas, éstas mostraron un grado de daño severo e irreversible.

La poca o ninguna sobrevivencia de plántulas de las tres especies a los herbicidas evaluados en

Cuadro 5. Número de plantas por recipiente a la primera y sexta semana después de la siembra en tres especies de pastos, cuando los herbicidas fueron aplicados ocho días antes de la siembra. Pococí, Costa Rica. Julio-setiembre 2000.

Tratamiento (Dosis kg i.a./ha)	<i>Brachiaria brizantha</i>		<i>Brachiaria decumbens</i>		<i>P. maximum</i>	
	Semana 1	Semana 6	Semana 1	Semana 6	Semana 1	Semana 6
atrazina (2,0)	30 a *	31 a	18 bcde	22 a	33 ab	31 a
ametrina (2,0)	31 a	0 c	23 abcd	0 d	32 ab	0 c
metribuzin (0,35)	28 a	0 c	19 abcde	0 d	30 ab	0 c
metolaclor (1,20)	27 a	0 c	17 cde	0 d	35 a	0 c
terbutrina (1,50)	25 a	3 c	21 abcde	5 c	0 c	0 c
imazetapir (0,10)	25 a	13 b	22 abcde	11 b	29 ab	6 b
tebutiurón (1,25)	24 a	0 c	17 e	0 d	23 b	0 c
ixosaflutole (0,10)	28 a	0 c	24 ab	0 d	24 b	0 c
oxadiargyl (0,20)	0 c	1 c	24 abc	1 d	0 c	0 c
pendimetalina (1,0)	0 c	0 c	0 f	0 d	0 c	0 c
oxifluorfen (0,36)	8 b	9 b	25 a	1 d	0 c	0 c
Testigo	29 a	34 a	17 de	23 a	28 ab	30 a

* Medias con letras diferentes en la misma columna, difieren estadísticamente, según prueba T ($\alpha=0,05$)

presiembrada, excepto para la atrazina, reafirman la poca disponibilidad de herbicidas selectivos a los pastos durante esta fase. Klingman y Ashton (1986), señalan que entre más joven es la planta, mayor es el porcentaje de tejido meristemático en ella, lo cual propicia una intensa actividad biológica que las hace menos tolerantes.

De todos los herbicidas aplicados ocho días antes de la siembra, solo la atrazina mostró un grado de selectividad adecuado a las tres especies de pasto evaluadas, aunque *B. Brizantha* fue la más tolerante, pues no se notaron en ningún momento, síntomas de toxicidad debido a la dosis de atrazina aplicada.

La atrazina se emplea por su selectividad en cultivos de maíz (*Zea mays* L.), piña (*Ananas comosus* L.), centeno (*Elymus* sp.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.), caña de azúcar (*Sacharum officinarum* L.) y en campos sembrados de céspedes, para controlar malezas poáceas anuales y de hoja ancha (Klingman y Ashton 1986).

Es posible que en el mecanismo de tolerancia de estas tres especies de pastos a la atrazina, que pertenece al grupo químico de las triazinas (Vencill

2002), operen mecanismos metabólicos de detoxificación similares a los informados en el cultivo de maíz. Al respecto, Cole (1994) señala que en maíz se da la conjugación de herbicidas con glutatona reducida (GSH) como un modo de detoxificación irreversible. La formación de conjugados es catalizada por glutatona S- transferasa, presentes en altos niveles y que favorecen la selectividad del maíz a herbicidas como atrazina, metolaclor y alaclor. Otros cultivos también son capaces de conjugar ciertos herbicidas con homoglutationa (hGSH), por ejemplo sorgo (*Sorghum bicolor* L.), cereales, leguminosas, remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.) y coníferas.

Jensen *et al.* (1977) estudiaron la detoxificación de atrazina en tres subfamilias de poáceas, en el caso de Panicoideae, incluyeron algunas especies de los géneros *Panicum* y *Brachiaria*, y concluyeron que la conjugación de glutatona fue la principal ruta de detoxificación en especies que exhiben tolerancia a la atrazina. Las especies panicoides exhibieron un amplio ámbito de habilidad para metabolizar atrazina.

Thompson *et al.* (1971) basados en la tasa de metabolización, determinaron que el orden

descendente de tolerancia de cinco especies de poáceas a la atrazina fue: maíz (*Z. mays* L.) > *Panicum* o *Digitaria* > *Setaria* > avena (*Avena sativa*).

Pueden ocurrir diferencias entre especies, en el nivel de tolerancia a un herbicida en particular. En nuestro caso, la pendimetalina y el oxifluorfen afectaron severamente las especies en estudio, al igual que el metolaclor; sin embargo, Neal y Senesac (1991) evaluaron la fitotoxicidad de herbicidas preemergentes en especies de pastos ornamentales y encontraron que la pendimetalina sola y en mezcla con oxifluorfen, fue segura para los pastos; mientras que el metolaclor y la orizalina, dañaron severamente todas las especies probadas.

Wilson (1995) informó de daños en seis especies de pastos perennes evaluados en busca de selectividad al imazetapir a dosis de 70 hasta 140 g i.a./ha. De la misma manera y con una dosis similar, este herbicida afectó severamente, a partir de la segunda semana, las tres especies de pastos en el presente estudio.

Experimentos en postemergencia temprana

Porcentaje de daño

El Cuadro 6 muestra las medias del porcentaje de daño a la segunda, cuarta y sexta semana de aplicados los herbicidas en postemergencia temprana (pastos en etapa de tres a cinco hojas) para las tres especies de pastos evaluadas.

B. brizantha(Diamantes 1): hubo diferencias significativas ($p \leq 0,01$) entre tratamientos en el daño causado durante el periodo de evaluación. En esta especie, el herbicida que mostró la mayor selectividad durante el periodo de evaluaciones fue la atrazina, seguida de la terbutilazina, mientras el oxadiargyl y la mezcla atrazina + metolaclor mostraron síntomas de toxicidad de leves a moderados (Cuadro 6). Los demás herbicidas mostraron un nivel de daño severo.

Cuadro 6. Porcentaje de daño a la segunda, cuarta y sexta semana después de aplicados los herbicidas en postemergencia temprana en tres especies de pastos. Pococí, Costa Rica. Julio-setiembre 2000.

Tratamiento (dosis kg i.a./ha)	<i>B. brizantha</i>			<i>B. decumbens</i>			<i>P. maximum</i>		
	Semanas			Semanas			Semanas		
	2	4	6	2	4	6	2	4	6
atrazina (2,0)	0 a *	0 a	2 ab	2 ab	2 a	7 ab	0 a	7 ab	10 ab
terbutrina (1,5)	100 ef	100 c	100 f	100 f	100 d	100 e	82 de	83 ef	66 af
ametrina (2,0)	100 ef	100 c	100 f	100 f	100 d	100 e	100 f	100 g	100 h
metribuzin (0,35)	100 ef	100 c	100 f	100 f	100 d	100 e	92 df	95 fg	93 gh
tebutiurón (1,25)	100 ef	100 c	100 f	90 e	95 d	100 e	97 df	98 fg	100 h
isoxaflutole (0,15)	75 d	92 c	98 f	82 d	98 d	97 e	70 cd	86 efg	93 gh
oxadiargyl (0,20)	25 c	30 b	15 bc	32 c	32 c	17 c	25 b	20 b	30 bcd
oxifluorfen (0,36)	90 e	90 c	83 e	90 e	100 d	100 e	72 d	73 de	72 efg
terbutilazina (1,5)	0 a	0 a	7 ab	0 a	2 a	2 a	2 a	10 ab	17 abc
atrazina + pendimetalina (1,5+1,0)	15 b	30 b	62 d	7 b	27 c	40 d	55 c	65 d	82 fgh
atrazina + metolaclor (1,5+1,0)	12 b	35 b	27 c	5 ab	15 b	15 bc	2 a	22 b	35 cd
atrazina + orizalina (1,5+0,225)	0 a	32 b	55 d	5 ab	12 b	22 c	22 b	42 c	52 de
Testigo	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a

* Medias con letras diferentes en la misma columna, difieren estadísticamente, según prueba T ($\alpha = 0,05$)

Brachiaria decumbens (Pasto Peludo): También se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,001$) entre tratamientos para los tres períodos de evaluación. Nuevamente la atrazina seguida de la terbutilazina fueron los herbicidas que causaron los menores síntomas de toxicidad, sin diferencias significativas al testigo sin herbicidas (Cuadro 6).

Un segundo grupo de herbicidas que causaron daños leves fueron las mezclas atrazina+metolaclor y atrazina+orizalina que durante las seis semanas de evaluación causaron daños leves (15 a 22%). En estas mezclas el aumento en los síntomas de toxicidad se debieron básicamente al metolaclor y a la orizalina, pues la atrazina fue selectiva a esta especie de pasto. La mezcla de atrazina + metolaclor causó quemaduras de puntas de hojas en algunas plantas así como rebrotes excesivos con deformaciones, mientras que las plantas que recibieron atrazina + orizalina mostraron quema de puntas de hojas y volcamiento de plantas, posiblemente por pobre desarrollo radicular. Sin embargo, las plantas mostraron buen vigor aunque en menor grado con respecto al testigo.

El oxadiargyl por su parte causó síntomas de toxicidad de leves a moderados durante las primeras semanas después de aplicado, con recuperación a las seis semanas (17 % de daño). Los síntomas de toxicidad consistieron en un leve retardo en vigor con respecto al testigo y una leve clorosis en hojas bajas.

El resto de los herbicidas causaron daños de moderados a severos.

P. maximum (Tanzania): de manera similar que en las dos especies anteriores, la atrazina y la terbutilazina fueron los herbicidas que causaron el menor daño, sin embargo, esta especie fue ligeramente más susceptible a estos herbicidas que las Brachiarias (Cuadro 6). Le siguieron con un nivel de daño mayor los herbicidas oxadiargyl (30%) y atrazina + metolaclor (35%), que causaron un leve retardo en el crecimiento de plantas, además de clorosis y quema de puntas en las hojas bajas. El resto de herbicidas fueron muy tóxicos a esta especie.

Producción de Biomasa

El Cuadro 7 muestra la producción de biomasa total (base seca) para cada tratamiento, tomada al final del período de evaluación para las tres especies de pastos. El análisis de variancia mostró diferencias entre tratamientos ($p \leq 0,001$), para *B. brizantha*, *B. decumbens* y *P. maximum*. En general los resultados son similares a los observados en la variable de daño.

Para la especie *B. brizantha* (Diamantes 1) el tratamiento con atrazina mostró el mayor rendimiento en biomasa (6,2 g) después del testigo (7,4 g), sin diferencias significativas entre ambos. Un rendimiento menor causaron los herbicidas oxadiargyl (5,7 g) y terbutilazina (5,4 g), sin diferencias significativas respecto a la atrazina. Los herbicidas en mezcla con atrazina, mostraron entre un 35% y 51% de reducción en la biomasa con respecto al testigo.

Cuadro 7. Producción de biomasa total por recipiente (base seca en gramos) para tres especies de pastos al final del periodo de evaluación, cuando los herbicidas fueron aplicados en postemergencia. Pococí, Costa Rica. Julio-setiembre 2000.

Tratamiento (dosis kg i.a./ha)	<i>B. brizantha</i>	<i>B. decumbens</i>	<i>P. maximum</i>
atrazina (2,0)	6,2 ab *	7,6 a	4,6 abc
terbutrina (1,5)	0,0 f	0,0 e	3,6 dc
ametrina (2,0)	0,0 f	0,0 e	0,0 g
metribuzin (0,35)	0,0 f	0,0 e	1,6 ef
tebutiurón (1,25)	0,0 f	0,0 e	0,3 fg
isoxaflutole (0,15)	0,0 f	0,0 e	0,6 fg
oxadiargyl (0,20)	5,7 bc	5,6 bcd	4,3 abc
oxifluorfen (0,36)	1,5 e	0,0 e	3,9 bcd
terbutilazina (1,5)	5,4 bc	5,9 bc	5,6 a
atrazina + pendimetalina (1,5+1,0)	3,9 d	4,4 d	2,6 de
atrazina + metolaclor (1,5+1,0)	4,8 cd	6,2 bc	5,1 ab
atrazina + orizalina (1,5+0,225)	3,6 d	5,1 cd	3,7 bcd
Testigo	7,4 a	6,8 ab	4,4 abc

* Medias con letras diferentes en la misma columna, difieren estadísticamente, según prueba T ($\alpha=0,05$).

B. decumbens (Pasto Peludo) mostró el mayor rendimiento de biomasa con el uso de atrazina (7,6 g), el cual superó al testigo (6,8 g), sin diferencias entre ambos. En los herbicidas atrazina + metolacolor, terbutilazina y oxadiargyl, la biomasa fue similar al testigo, con valores de 5,6 g, 5,9 g y 6,2 g, respectivamente. Los restantes herbicidas causaron reducciones de biomasa entre 25% y 100%.

La especie *P. maximum* (Tanzania) mostró los mayores valores de biomasa con la terbutilazina (5,6 g), atrazina + metolacolor (5,1g), atrazina (4,6g) y oxadiargyl (4,3g), los cuales no presentaron diferencias con respecto al testigo (4,4g). No obstante, se debe considerar lo señalado con anterioridad, en el sentido de que el oxadiargyl y la mezcla de atrazina + metolacolor causaron mayor nivel de daño que la atrazina (Cuadro 6).

Los herbicidas oxifluorfen, atrazina+orizalina y terbutrina causaron una producción intermedia de biomasa, sin embargo, también ocasionaron un porcentaje de daño al cultivo de moderado a severo como ya se mencionó.

La similitud de respuesta en las tres especies para los herbicidas atrazina y terbutilazina, posiblemente se deba a que ambos pertenecen al grupo de las cloro triazinas (Vencill 2002) y por lo tanto, podrían estar operando mecanismos similares de selectividad a estos compuestos. No obstante, el comportamiento puede diferir según el herbicida aunque pertenezcan a un mismo grupo químico. Al respecto Thompson (1972) señala, que muchas especies de *Setaria* y *Panicum* forman péptidos conjugados de atrazina o propazina, más rápido de lo que forman péptidos conjugados de simazina, lo cual le confiere resistencia a la atrazina y propazina pero no a la simazina. Esto se notó con los herbicidas terbutrina metribuzin y ametrina que resultaron muy tóxicos a las tres especies de pasto evaluadas, siendo ellos del mismo grupo químico de la atrazina.

Con respecto a la efectividad de la atrazina en las principales malezas de maíz (*Zea mays*) en EE.UU., Behrens (1979) informó que *Panicum* spp.

es pobremente controlado en aplicaciones en pre-siembra, preemergencia y postemergencia. En Europa, Ammon y Heri (1979), también informaron problemas de control con el uso de atrazina para *Panicum dichotomiflorum* y *P. miliaceum*.

Los herbicidas que causaron los mayores daños en postemergencia a las tres especies de pastos en este estudio fueron: terbutrina, ametrina, terbutiurón, isoxaflutole, metribuzin y oxifluorfen. Con respecto a estos dos últimos, Whitson *et al.* (1997) evaluaron el efecto de varios herbicidas en postemergencia temprana para el control de *Bromus tectorum* y su selectividad a cinco especies perennes de pastos para la producción de semilla. Solamente metribuzin a 0,4 kg/ha y oxifluorfen + metribuzin a 1,1 y 0,3 kg/ha controlaron la maleza eficientemente, sin afectar los pastos.

Al comparar los resultados de los experimentos en pre-siembra y en postemergencia temprana, se deduce que las tres especies en etapa de tres a cinco hojas ampliaron su ámbito de tolerancia (menor grado de daño) a un mayor número de herbicidas. Anderson (1983) señala que la selectividad de herbicidas aplicados al suelo o al follaje puede lograrse, entre otros factores, por diferencias en la etapa de crecimiento de la planta y por factores biológicos propios de las especies. En muchos casos la selectividad puede explicarse por diferencias morfológicas, fisiológicas y metabólicas.

El oxadiargyl es un herbicida preemergente, desarrollado recientemente para el control de malezas de hoja ancha y poáceas anuales en arroz (*Oryza sativa* L.) y caña de azúcar (*S. officinarum*) (Tracchi *et al.* 1997). El producto actúa en la germinación conforme los nuevos brotes entran en contacto con las partículas tratadas en el suelo. El oxadiargyl es activo vía contacto, con una translocación muy limitada a través del brote (Dickmann *et al.* 1997). Posiblemente estas características del producto explican los resultados obtenidos, debido a que la aplicación en postemergencia afectó levemente la producción de biomasa y el grado de daño, en las tres especies de pasto. Por el

contrario, en los experimentos de presiembr (Cuadro 4) el oxadiargyl causó daños muy severos para las tres especies y las plántulas en germinación fueron muy susceptibles a su contacto. Como era de esperar los herbicidas que causaron mayor porcentaje de daño redujeron en mayor proporción la producción de biomasa.

Conclusiones:

La atrazina fue el único herbicida que en aplicaciones en presiembr mostró selectividad a *B. brizantha* (Diamantes 1), *B. decumbens* (Pasto Peludo) y *P. maximum* (Tanzania).

En postemergencia temprana, los herbicidas que resultaron más selectivos (con solo daños leves a las tres especies mencionadas) fueron la atrazina, terbutilazina, oxadiargyl y atrazina + metolaclor.

El resto de los herbicidas evaluados exhibieron un alto grado de toxicidad y reducción en la biomasa de las tres especies de pasto *B. brizantha* (Diamantes 1) y *B. decumbens* (Pasto Peludo) y *P. maximum* (Tanzania).

LITERATURA CITADA

- AMAYA, H. 1987. Selectividad del herbicida Galant 75 en el cultivo del arroz en Colombia. *Biokemia*. 39: 16-24.
- AMMON, H.U. and HERI, W.J. 1979. Weed control in European maize growing. CIBA-GEIGY (Switzerland). *Maize: Technical Monograph*. p. 46-50.
- ANDERSON, W.P. 1983. *Weed Science: principles*. West Publishing Co. Minnesota. 655 p.
- BEHRENS, R. 1979. Weed control in US maize. CIBA-GEIGY *Maize: Technical Monograph*. Switzerland. p. 38-45.
- BOVEY, R.W.; HUSSEY, M.A. 1991. Response of selected forage grasses to herbicides. *Agronomy Journal*. 83: 709-713.
- CARRILO, O. 1998. Control de calidad de semillas de especies forrajeras. *In: Memoria de 1998 de la Oficina Nacional de Semillas*. San José, Costa Rica, p. 35-40.
- COLE, J.D. 1994. Detoxification and activation of agrochemicals in plants. *Pesticide Science* 42: 209-222.
- DICKMANN, R; MELGAREJO, J; LOUBIERE, P.; MONTAGNON, M. 1997. Oxadiargyl: a novel herbicide for rice and sugarcane. Brighton Crop Protection Conference: weeds. Proceedings of an international conference, Brighton, UK. 17-20 november, 1997. Volume 1: 51-57.
- HOLDRIDGE, L. 1982. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.
- HUMPHREYS, L.R. 1978. Tropical pastures and fodder crops. Longman, Queensland, Australia. p. 57- 61.
- JENSEN, K.I; STEPHENSON, G.R.; HUNT, L.A. 1977. Detoxification of atrazine in three gramineae subfamilies. *Weed Science* 25 (3): 212-220.
- KLINGMAN, G.C ; ASHTON, F.M. 1986. Estudio de las plantas nocivas: principios y prácticas. México. Editorial Limusa. p. 232-242.
- NEAL, J.C.; SENESAC, A.F. 1991. Preemergent herbicide safety in container-grow ornamental grasses. *HortScience* 26 (2): 157-159.
- SMITH, A.E.; MARTIN, L.D. 1995. Weed management systems for pastures and hay crops. *In: Handbook of weed management systems*. Albert E. Smith (ed.). Marcel Dekker Inc. N.Y. p. 498.
- THOMPSON, L. Jr. 1972. Metabolism of chloro s- triazine herbicides by *Panicum* and *Setaria*. *Weed Science* 20 (6): 584-587.
- THOMPSON, L. Jr; HOUGHTON, F.W.; BUTLER, H.S. 1971. Metabolism of atrazine by fall panicum and large crabgrass. *Weed Science* 19: 409-412.
- TRACCHI, G; LOUBIEERE, P.; MONTAGNON, M. 1997. Oxadiargyl: a novel herbicide for sunflower and vegetables. Brighton Crop Protection Conference: weeds. Proceedings of an international conference, Brighton, UK. 17-20 november, 1997. Volume 2: 885-889.

-
- VENCILL, K.W. 2002. Herbicide handbook. Weed Science Society of America. 493 p.
- WALTON, P.D. 1983. The production and management of cultivated forages. Prentice- Hall. Co. p. 245-251.
- WHITSON, T.D; MEJERUS, M.E; HALL, R.D.; JENKINS, J.D. 1997. Effects of herbicides on grass seed production and downy brome (*Bromus tectorum*). Weed Technology 11(4): 644-648.
- WILSON, R.G. 1995. Effect of imazethapyr on perennial grasses. Weed Technology 9 (1): 187-191.
-