

Selectividad de herbicidas y control de malezas para establecer una asociación *Brachiaria brizantha*-*Leucaena leucocephala*

Selectivity of herbicides and weed control in the establishment of *Brachiaria brizantha*-*Leucaena leucocephala* mixtures

Fernando Rivas Pantoja^a, Javier Castillo Huchim^a, Luis Ortega Reyes^a

RESUMEN

El objetivo fue identificar selectividad de herbicidas postemergentes en el pasto insurgente (*Brachiaria brizantha* Richard Stapf) y huaxín [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit] para establecer asociaciones. El estudio se efectuó en Mocochoá, Yuc., en 2004 y 2005. En junio de ambos años, semillas de insurgente (INS) y de huaxín (HUA) fueron sembrados a chorrillo en un arreglo de dos hileras de INS por una de HUA. Se evaluaron bentazon, imazethapyr y metribuzin en tres distintas dosis aplicadas en una sola ocasión y en dos y tres secuencias, en dosis única. En ambos años, metribuzin resultó fitotóxico en INS (10 a 95 %) y HUA (55 a 100 %); en contraste, bentazon e imazethapyr fueron tolerados por estas especies. En 2004, bentazon y metribuzin destacaron por su buen control de malezas (82 %); en 2005 se observó un control similar ($P > 0.05$) entre los tres herbicidas, siendo este moderado (65 %). En este estudio se cuantificó que por cada 1,000 kg (MS/ha) de malezas acumulado, el rendimiento de forraje de la asociación disminuyó 190 kg (MS/ha). Bentazon en dosis de 0.8 kg i.a./ha asperjado en tres ocasiones durante el periodo de crecimiento vigoroso de las malezas, destacó por registrar una producción de forraje similar ($P > 0.05$) a la alcanzada en las áreas libres de malezas (deshierbe). En regiones tropicales, bentazon podría ser una opción útil para el control de malezas dentro de una asociación insurgente-huaxín.

PALABRAS CLAVE: Asociación, *Brachiaria*, *Leucaena*, Establecimiento, Malezas, Bentazon, Imazethapyr, Metribuzin.

ABSTRACT

A study was carried out at Mocochoá, Yucatán, México with the objective of determining whether the application of bentazon, imazethapyr or metribuzin would improve postemergence (POST) weed control without damaging a huaxin (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) and insurgente grass (*Brachiaria brizantha* Richard Stapf) association. In both June 2004 and 2005, insurgente grass (INS) and huaxin (HUA) were seeded in an arrangement of two by one rows, respectively. Herbicide treatments were a single application of bentazon, imazethapyr or metribuzin at three different rates each, and the same herbicides at a single rate but applied sequentially two and three times during the growing season. Metribuzin damaged INS (10 to 95 %) and HUA (55 to 100 %) in both years. Overall, both forage species were tolerant to bentazon and imazethapyr. In 2004, both bentazon and metribuzin showed a greater weed control (82 %) than imazethapyr (70 %); in 2005, weed control was similar for all three herbicides ($P > 0.05$), which averaged a moderate 65 %. This study shows that an increase in 1,000 kg DM ha⁻¹ of weed biomass, decreases forage yield for this association by 190 kg DM ha⁻¹. Forage yields with bentazon applied three times at a 0.8 kg a.i. ha⁻¹ rate were similar to those in the weed-free control. In tropical areas, bentazon should be an interesting option for weed control in insurgente-huaxin associations.

KEY WORDS: Grass-legume associations, *Brachiaria*, *Leucaena*, Establishment, Weeds, Bentazon, Imazethapyr, Metribuzin.

INTRODUCCIÓN

En el trópico mexicano, la mayoría de las praderas utilizadas para la alimentación de rumiantes en

INTRODUCTION

In the Mexican tropics, most of the pastures used for feeding grazing ruminants, are consist of

Recibido el 14 de octubre de 2008. Aceptado para su publicación el 18 de mayo de 2009.

^a Campo Experimental Mocochoá, CIR-Sureste, INIFAP. Km 20 antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yuc. México. rivas.fernando@inifap.gob.mx. Correspondencia primer autor.

Investigación realizada con apoyo parcial de la Fundación Produce Yucatán, A.C.

pastoreo, están conformadas por gramíneas en monocultivo. Sin embargo, la asociación gramínea-leguminosa estimula un mayor consumo de forraje en los animales y promueve aumentos en el rendimiento de carne y leche^(1,2,3,4). Además, la asociación gramínea-leguminosa puede mejorar la calidad nutricional de las praderas, ya que individualmente, los pastos a la madurez aportan entre 3 y 9 % de proteína cruda (PC) mientras que las leguminosas forrajeras entre 12 y 30 %. Un alto contenido de PC en la dieta de los animales es primordial, ya que fuentes alimenticias con menos de 8 % de este elemento son consideradas deficientes para mantener una óptima actividad microbiana en el rumen. Todas las leguminosas forrajeras tienen contenidos altos de nitrógeno (N) lo que puede derivar en una buena digestión ruminal^(5,6,7). En los trópicos, la especie arbórea que destaca por mostrar superioridad para incrementar la ganancia de peso vivo de los animales al ser comparada con otras leguminosas, es el huaxín^(8,9,10).

A pesar de las evidentes ventajas que se derivan de asociar gramíneas y leguminosas, son escasos los productores que utilizan esta estrategia. El desconocimiento de las ventajas de las asociaciones y la falta de tecnología para controlar de forma eficaz y económica a las malezas, parecen ser las principales causas de la poca adopción. Actualmente, en asociaciones ya establecidas, el control de malezas requiere de continuas y costosas prácticas de deshierbe. En asociaciones en establecimiento, el control de malezas es más frecuente y puede requerir cerca del 40 % de la inversión total (\$4,500). La falta de métodos prácticos para el control de malezas en las asociaciones, termina por ocasionar en los productores, el desinterés o el abandono en el uso de este sistema de producción de forraje.

Las malezas deben de ser controladas debido a que interfieren con el crecimiento y el rendimiento de las plantas forrajeras a establecer^(11,12). Existen herbicidas (*e.g.* 2,4-D, picloram, dicamba, triclopyr, metsulfuron) que por selectividad controlan malezas de hoja ancha pero no gramíneas; en contraste, otros herbicidas (*e.g.* quizalofop-etil,

monoculture grasses. However, legume-grass associations stimulate a greater forage intake and foster increases in both milk and beef production^(1,2,3,4). Besides, legume-grass associations can increase nutritional forage quality in pastures, because grasses, when alone, at maturity supply 3 to 9 % crude protein (CP) while forage legumes can provide 13 to 30 % CP. A high CP content in animal diets is essential, as feed sources with less than 8 % CP are considered deficient for optimal microbial activity in rumen. All forage legumes show a high N content, which is a key factor for optimal digestion in rumen^(5,6,7). In the tropics, a forage tree legume which shows over others distinct advantages for increasing liveweight gains in animals is huaxín^(8,9,10).

Although the advantages of grazing grass-legume associations are evident, few producers follow this practice. Lack of knowledge of these benefits and deficiencies in technology for controlling weeds economically and efficiently, seem to be the main causes for not adopting this strategy. Currently, in already established associations, weed control requires continued and costly weeding practices. In associations being established, weed control is more frequent and can represent almost 40 % of investment (MX\$ 4,500). Not having practical methods available for weed control in grass – legume associations, results in lack of interest by producers or abandonment of this grazing system.

Weeds should be controlled because they interfere growth and therefore decrease yield^(11,12) in pastures being established. Several herbicides (2,4-D, picloram, dicamba, triclopyr, metsulfuron) control broad leaf species but not grasses, while other herbicides (quizalofop-ethyl, fluazifop-P-butyl, sethoxydim, clethodim) destroy grasses without affecting broad leaf plants. Therefore, herbicide use in grass-legume associations has limitations. However, it is possible to help establish grass – legume associations by controlling undesirable weeds through formulation of new herbicides and by identifying tolerance to certain chemicals or through selectivity. Beran *et al.*⁽¹³⁾ report that tolerance of Illinois bundleflower (*Desmanthus illinoensis* Michx.) and big bluestem (*Andropogon*

fluazifop-p-butyl, sethoxydim, clethodim) eliminan gramíneas sin causar daño a especies de hoja ancha. Por lo tanto, el uso de herbicidas es limitado en las asociaciones gramíneas-leguminosas. No obstante, debido a la formulación de nuevos herbicidas y mediante la estrategia de identificación de tolerancias a ciertos compuestos químicos o selectividad, es posible auxiliar el establecimiento de una asociación gramínea-leguminosa, mientras simultáneamente se controla un complejo de malezas no deseables. Beran *et al*⁽¹³⁾ reportaron que la tolerancia de la leguminosa mimosa del prado (*Desmanthus illinoensis* Michx.) y la del pasto popotillo gigante (*Andropogon gerardii* Vitman) al herbicida imazethapyr, permitieron la asociación de estas dos especies. En el trópico, ciertos herbicidas como bentazon en dosis entre 0.96 y 1.4 kg i.a./ha, imazethapyr en dosis entre 0.1 y 0.12 kg i.a./ha y bromoxinil en dosis entre 0.6 y 0.9 kg i.a./ha aplicados en postemergencia, han facilitado el establecimiento de leucaena, clitoria (*Clitoria ternatea* L.) y guajillo {*Desmanthus virgatus* (L.) Willd.} como monocultivos^(14,15,16).

En el cultivo de huaxín, al menos doce meses de un continuo control de malezas son necesarios para lograr un buen establecimiento^(17,18). Por otra parte, gramíneas como el pasto insurgente requieren de aproximadamente tres meses de control de malezas para obtener un buen establecimiento⁽¹⁹⁾. En Yucatán, en los últimos 10 años un número importante de las tierras dedicadas al pastoreo están siendo sembradas o mejoradas con el pasto insurgente, gramínea que ha demostrado adaptabilidad en una amplia escala de tipos de suelos y alta producción de forraje comparado con otras especies utilizadas en el estado^(19,20); estas características posicionan al pasto insurgente como material apto para ser incluido en estudios de asociación. Por lo tanto, debido a las ventajas derivadas de asociar monocotiledóneas y dicotiledóneas forrajeras y al desconocimiento de herbicidas que apoyen en la formación de este sistema de praderas, se diseñó el presente estudio con el objetivo de identificar selectividad de herbicidas postemergentes en insurgente (*Brachiaria insurgente*) y huaxín (*Leucaena leucocephala*) para establecer asociaciones.

gerardii Vitman) to the herbicide imazethapyr, allowed establishing this association. In the tropics, applying postemergence herbicides, as bentazon between 0.96 and 1.4 kg a.i. ha⁻¹, imazethapyr between 0.1 and 0.12 kg a.i ha⁻¹ and bromoxynil between 0.6 and 0.9 kg a.i. ha⁻¹, have helped establishment of huaxin, clitoria (*Clitoria ternatea* L.) and ground tamarind {*Desmanthus virgatus* (L.) Willd.} in monoculture^(14,15,16).

In huaxin at least 12 mo of continuous weed control are necessary for a good establishment of the crop^(17,18). On the other hand, grasses as insurgente need at least three months of weed control for the same purpose⁽¹⁹⁾. In Yucatán, in the last ten years significant grazing areas have been planted to insurgente grass {*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf} or improved with it, which has shown adaptability to a wide range of soils and high productivity when compared to other species^(19,20). These characteristics suggest using insurgente grass in studies of grass – legume associations. Therefore, due to the advantages linked to association of monocotyledon and dicotyledon forage species and to ignorance of which herbicides can help the establishment of these pastures, the objective of the present study was identifying postemergence herbicides selectivity for the establishment of an insurgente – huaxin association.

MATERIALS AND METHODS

Experimental site: this study was carried out at INIFAP's Mococho Experiment Station, located at the Mococho municipality, State of Yucatán, México, during 2004 and 2005. Soils at the experimental site are characterized as lithosols, less than 10 cm deep, more than 60 % stone, pH 7.7 to 7.9 and 26 % organic matter. Climate for the area is hot subhumid, characterized as AWo, 26.8 °C average annual temperature and 984 mm average annual rainfall⁽²¹⁾. Rainfall during the study is shown in Figure 1.

Planting. Seedbed preparation was slashing and burning of secondary vegetation in both 2004 and 2005. Seeds were planted manually at the beginning of the rainy season (June) in 4*3 m plots in furrows.

MATERIALES Y MÉTODOS

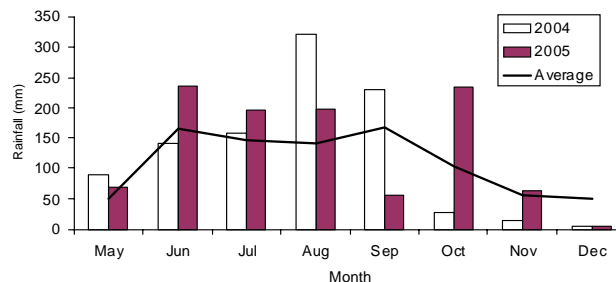
Sitio experimental. El estudio se realizó en el Campo Experimental Mocochoá-INIFAP, ubicado en el municipio de Mocochoá, Yucatán, en los años 2004 y 2005. El suelo es un litosol, con profundidad menor a 10 cm, pedregosidad superior a 60 %, pH de 7.7 a 7.9 y 26 % de materia orgánica. El clima es cálido sub-húmedo, clasificado como AWo con temperatura y precipitación media anual de 26.8 °C y 984 mm, respectivamente⁽²¹⁾. La distribución de la precipitación durante los años de estudio se presenta en la Figura 1.

Siembra. La preparación de la cama de siembra consistió en chapeo y quema de vegetación secundaria con tres años de barbecho en ambos años (2004 y 2005). Con el establecimiento del período de lluvias (junio), las semillas botánicas de cada especie fueron sembradas manualmente por el método de rayado, en parcelas de 4 x 3 m. La densidad de siembra del pasto insurgente y huaxín fueron de 3.0 y 5.0 kg de semilla pura germinable/hectárea, respectivamente. El arreglo de siembra dentro de la unidad experimental, consistió de dos surcos de pasto insurgente y uno de huaxín; la distancia entre surcos del pasto insurgente fue de 0.6 m y de 0.75 m entre el pasto insurgente y huaxín. La unidad experimental consistió de seis hileras útiles del pasto insurgente y dos de huaxín.

Tratamientos. Para identificar selectividad de herbicidas postemergentes (POST), se evaluó bentazon, imazethapyr y metribuzin asperjados en diferentes dosis (kg i.a./ha) y frecuencias (una, dos o tres aplicaciones, a intervalos de 21 días). Los tratamientos se estructuraron de la siguiente forma: aplicación en tres dosis distintas en una sola ocasión (tratamientos 1-9) y aplicaciones secuenciadas o repetidas con una sola dosis (tratamientos 10-15). Se incluyeron también tratamientos de chapeo y testigo enmalezado y desmalezado (Cuadro 1). Los herbicidas postemergentes se aplicaron cuando la mayoría de las malezas alcanzaron entre 15 y 20 cm de altura; cuando se efectuó la primera, segunda y tercera aplicación, las plantas de pasto insurgente alcanzaron alturas de 21, 37 y 73 cm y las de huaxín 7, 22

Figura 1. Precipitación mensual en Mocochoá, Yucatán en 2004–2005 y promedio histórico de 22 años de registros

Figure 1. Monthly rainfall at Yucatán in 2004–2005 and 22 yr average



Planting density for insurgente grass was 3.0 kg ha⁻¹ and for huaxín 5.0 kg ha⁻¹ of pure, germinating seeds, respectively. Planting arrangement inside each experimental unit was two rows of insurgente grass for each of huaxín. Distance between insurgente grass rows was 0.60 m and between insurgente grass and huaxín rows, 0.75 m. The experimental unit consisted of six insurgente grass and two huaxín rows.

Treatments. For identifying postemergence herbicide selectivity (POST), bentazon [3-(1-methylethyl)-1H-2,1,3-benzothiazin-4(3H)-one 2,2-dioxide], imazethapyr {2-[4,5-dihydro-4-methyl-4-(1-methylethyl)-5-oxo-1H-imidazol-2-yl]-5-ethyl-3-pyridinecarboxylic acid} and metribuzin [4-amino-6-(1,1-dimethylethyl)-3-(methylthio)-1,2,4-triazin-5(4H)-one], sprayed at different rates (kg a.i. ha⁻¹) and frequencies (1, 2 or 3 at 21 d periods) were evaluated. Treatments were structured in accordance with the following pattern: single application at three different rates (Treatments 1 to 9) and the same herbicides at a single rate but applied sequentially two and three times during the growing season (Treatments 10 to 15). Weed slashing treatments and weeded and unweeded controls were included also (Table 1). Postemergence herbicides were applied when most of the weeds were 15 to 20 cm high, when the first, second and third sprayings were performed, insurgente grass was 21, 37 and 73 cm tall, respectively. Herbicides were applied out with a portable sprayer 4 m wide,

Cuadro 1. Tratamientos evaluados y fechas de aplicación de herbicidas en la asociación de pasto insurgente y huaxín, establecida en Mocoohá, Yucatán

Table 1. Evaluated treatments and dates of herbicide sprayings in an insurgente grass – huaxin association, established in Mocoohá, Yucatán

Treatment	kg a.i..ha ⁻¹	Spraying date	
		2004	2005
1 Bentazon	0.8	Jul 13	Jul 25
2 Bentazon	1.2	Jul 13	Jul 25
3 Bentazon	1.6	Jul 13	Jul 25
4 Imazethapyr	0.06	Jul 13	Jul 25
5 Imazethapyr	0.08	Jul 13	Jul 25
6 Imazethapyr	0.10	Jul 13	Jul 25
7 Metribuzin	0.10	Jul 13	Jul 25
8 Metribuzin	0.15	Jul 13	Jul 25
9 Metribuzin	0.20	Jul 13	Jul 25
10 Bentazon two sprayings	0.8	Jul 13 and Aug 3	Jul 25 and Aug 15
11 Imazethapyr two sprayings	0.05	Jul 13 and Aug 3	Jul 25 and Aug 15
12 Metribuzin two sprayings	0.10	Jul 13 and Aug 3	Jul 25 and Aug 15
13 Bentazon three sprayings	0.8	Jul 13, 3 and Aug 24	Jul 25, 15 Aug and Sep 5
14 Imazethapyr three sprayings	0.05	Jul 13, 3 and Aug 24	Jul 25, 15 Aug and Sep 5
15 Metribuzin three sprayings	0.10	Jul 13, 3 and Aug 24	Jul 25, 15 Aug and Sep 5
16 Weed slashing	0	Aug 27 and Oct 26	Aug 30 and Oct 24
17 Weed free control	0		
18 Weeded control	0		

y 43 cm, respectivamente. La aspersión de los tratamientos se efectuó utilizando un equipo portátil de 4 m de longitud, presurizado con CO₂ y calibrado a 160 KPa para aplicar volúmenes de agua de 330 L ha⁻¹, empleando boquillas planas tipo abanico. Un surfactante no iónico con base en glicol con óxido de etileno y polietilenglicol fue mezclado en cantidades de 0.25 % (v/v) con todos los herbicidas aplicados. El tratamiento de chapeo consistió del corte de la maleza al ras del suelo; esta práctica se realizó en dos ocasiones durante la época de lluvias (agosto y octubre) de cada año. En el testigo libre de malezas se efectuaron deshierbes manuales cuando ocurrió emergencia de malezas. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento.

Variables evaluadas. En julio de 2004 y agosto de 2005, se estimó la fitotoxicidad causada por los

fitted with flat fan spray nozzles, pressurized with CO₂ and calibrated at 160 KPa in order to distribute a 330 L ha⁻¹ water volume. A non ionic glycol - ethylene oxide –polyethylene based solution was mixed at 0.25 % v/v with all the herbicides as surfactant. Weed slashing was carried out at ground level twice (August and October) in the rainy season in both years. In the weed free control, weeds were hand pulled at emergence. Treatments were distributed in a completely randomized block, with four replications per treatment.

Evaluated variables. In July 2004 and August 2005, phytotoxicity due to herbicides was assessed 14 d post treatment (DPT) using a scale where 0 means free of damage and 100 %, plant death. In both 2004 and 2005, biomass yield (DM ha⁻¹) of insurgente grass and huaxin, and of forbs and shrub weeds were evaluated at 19 and 20 wk after planting, respectively. Yield of each component

herbicidas usando una escala de 0 % para ausencia de daño hasta 100 % para muerte de la planta, 14 días post-aplicación de los tratamientos (DPT). En 2004 y 2005, el rendimiento de biomasa (t de MS/ha) de pasto insurgente, huaxín y de las malezas herbáceas y arbustivas fueron evaluados a las 19 y 20 semanas post-siembra, respectivamente. El rendimiento de cada componente se determinó en un área de 2.3 x 2.0 m, el huaxín se cosechó a una altura de 40 cm y el pasto insurgente y malezas al ras del suelo. Para poder expresar los datos de rendimiento en base seca, muestras de cada componente se secaron a 60 °C hasta peso constante, transformando cada cifra a toneladas de materia seca por hectárea. Cada año en las malezas, el control se evaluó 21 días post-aplicación de los herbicidas; cuando se efectuaron dos o tres aplicaciones secuenciadas, los registros de control correspondientes al número de aplicaciones fueron promediados. Control se determinó usando una escala de 0 para ausencia de control hasta 100 % para completo control.

Análisis estadístico. La respuesta a los tratamientos se analizó para 2004 y 2005 de forma separada, debido a desigualdad de las varianzas entre años de acuerdo a la prueba de F máxima de Hartley. Los datos expresados en porcentaje fueron transformados para su análisis por la función arcoseno de la raíz cuadrada de la variable y la de rendimientos por $\log + 1$ ⁽²²⁾. Los datos transformados se analizaron usando el PROC GLM de SAS⁽²³⁾ en un diseño en bloques al azar. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de contrastes ortogonales. Respuestas lineales o cuadráticas para las variables estudiadas en función de la dosis no fueron significativas; por lo tanto, se compararon los datos de ciertos tratamientos a través de dosis. La relación entre rendimiento de forraje de la asociación en respuesta a la cantidad de biomasa de maleza durante los años de estudio, fue evaluada usando un análisis de regresión no lineal ajustado al modelo de decaimiento exponencial: $y = ae^{-bx}$

Donde y es el la producción de forraje (kg MS/ha) de insurgente y huaxín, el coeficiente a es el valor inicial de la respuesta, e el exponente, el coeficiente

was determined in a 2.3*2.0 m area. Huaxín was harvested at 40 cm height and insurgente grass and weeds at ground level. To express data on dry basis, samples of each component were dried at 60 °C until constant weight, and values obtained were converted to ton DM ha⁻¹. Each year, weed control was evaluated 21 d after herbicide application and in the cases of sequential treatments, records of treatments were averaged. Control was graded between 0 (no control) and 100 % (complete control).

Statistical analysis. Analyses for response to treatments were performed separately for 2004 and 2005, due to inequality of variance between years in accordance with Hartley's F_{\max} test. Data expressed as percentages were transformed for their analysis through the arcsine function of the square root of the variable and those of yields through $\log + 1$ ⁽²²⁾. Transformed data were analyzed by means of the SAS PROC GLM procedure⁽²³⁾ in a randomized block design. Averages were compared through the orthogonal contrast test. Linear or quadratic responses for the studied variables in function of rates were non significant, therefore, data of certain treatments were compared through rates. The relationship between forage yield of the association in response to weed biomass throughout time was assessed by means of non linear regression adjusted to the exponential decay model: $y = ae^{-bx}$

Where y is forage production (DM kg ha⁻¹) of insurgente and huaxín, being coefficient a the initial value of the response, e the exponent, coefficient b the exponential decay rate and x weed biomass (DM kg ha⁻¹). In this case, R^2 is not shown because in this model its value does not have a similar connotation to the one given in other types of regression analyses⁽²⁴⁾.

RESULTS AND DISCUSSION

Phytotoxicity. In insurgente grass phytotoxicity went from growth inhibition to death of plant, some intermediate signs were yellowing, chlorosis and withering. In 2004, damage in insurgente grass went from 13 to 95 %, and in 2005 from 3 to 23 %. With reference to huaxín, damages went

b es la tasa de decaimiento exponencial y x la biomasa (kg MS/ha) de malezas; en este caso, la R^2 no se presenta debido a que en este modelo su valor no tiene una connotación similar a la que se le otorga a otro tipo de regresión⁽²⁴⁾.

from 3 to 100 % in 2004 and from 5 to 94 % in 2005 (Table 2). In 2004, metribuzin irrespective of rate and bentazon in rates between 1.2 and 1.6 kg produced significant damage ($P < 0.05$) in insurgente seedlings. Huaxin also suffered damage

Cuadro 2. Fitotoxicidad en el pasto insurgente y huaxin en respuesta a la aplicación de herbicidas postemergentes para el establecimiento de la asociación en Mocoohá, Yucatán en 2004 y 2005

Table 2. Phytotoxicity in insurgente grass and huaxin in response to application of postemergence herbicides used during establishment of their association

Treatment	kg a.i..ha ⁻¹	2004		2005	
		Insurgente	Huaxin	Insurgente	Huaxin
		Phytotoxicity ^a , %			
1. Bentazon	0.8	0	5	3	0
2. Bentazon	1.2	28	10	0	0
3. Bentazon	1.6	30	30	0	18
4. Imazethapyr	0.06	0	0	3	0
5. Imazethapyr	0.08	15	18	10	8
6. Imazethapyr	0.10	13	18	0	5
7. Metribuzin	0.10	33	85	10	55
8. Metribuzin	0.15	63	98	19	89
9. Metribuzin	0.20	95	100	23	94
10. Bentazon + bentazon	0.8	0	3	0	0
11. Imazethapyr + imazethapyr	0.05	0	0	0	0
12. Metribuzin + metribuzin	0.10	28	63	13	68
13. Bentazon + bentazon + bentazon	0.8	0	0	0	0
14. Imazethapyr + imazethapyr + imazethapyr	0.05	0	0	3	5
15. Metribuzin + metribuzin + metribuzin	0.10	35	73	3	50
16. Weed slashing	0	0	0	0	0
17. Weed free control	0	0	0	0	0
18. Weeded control	0	0	0	0	0
Herbicide effect ^b		Contrast average and significance ^c			
Treatment 1, 2 and 3 vs 4, 5 and 6	19 vs 9 ns	15 vs 12 ns	1 vs 4 ns	6 vs 4 ns	
Treatment 1, 2 and 3 vs 7, 8 and 9	19 vs 64 ***	15 vs 94 ***	1 vs 17 ***	6 vs 79 ***	
Treatment 4, 5 and 6 vs 7, 8 and 9	9 vs 64 ***	12 vs 94 ***	4 vs 17 ***	4 vs 79 ***	
Treatment 1, 2 and 3 vs 17	19 vs 0 *	15 vs 0 *	1 vs 0 ns	6 vs 0 ns	
Treatment 4, 5 and 6 vs 17	9 vs 0 ns	12 vs 0 ns	4 vs 0 ns	4 vs 0 ns	
Treatment 7, 8 and 9 vs 17	64 vs 0 ***	94 vs 0 ***	17 vs 0 ***	79 vs 0 ***	
Treatment 13 vs 17	0 vs 0 ns	0 vs 0 ns	0 vs 0 ns	0 vs 0 ns	
Treatment 14 vs 17	0 vs 0 ns	0 vs 0 ns	3 vs 0 ns	5 vs 0 ns	
Treatment 15 vs 17	35 vs 0 ***	73 vs 0 ***	3 vs 0 ns	50 vs 0 ***	

^a Phytotoxicity was evaluated on July 20, 2004 and August 15, 2005, 14 d after herbicide treatments in both dates.

^b Certain comparisons are averages through herbicide application rates.

^c ns, *, **, *** indicate non significant, significant at 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fitotoxicidad. La toxicidad en el pasto insurgente y huaxín varió desde inhibición del crecimiento hasta muerte; algunos signos intermedios fueron amarillamiento, clorosis o marchites. En 2004 el daño en el pasto insurgente fue entre 13 y 95 %, mientras que en 2005 entre 3 y 23 %. Con respecto a huaxín, en 2004 exhibió daños entre 3 y 100 % y en 2005 la fitotoxicidad varió entre 5 y 94 % (Cuadro 2). En 2004, metribuzin indistintamente de la dosis y bentazon en dosis de 1.2 o 1.6 kg, causaron daños significativos ($P < 0.05$) en plántulas del pasto insurgente. Huaxín fue igualmente afectado por los anteriores tratamientos; sin embargo, a diferencia del pasto insurgente toleró de manera aceptable bentazon en dosis de 1.2 kg. Promediado a través de dosis, los porcentajes de fitotoxicidad observados con metribuzin, bentazon e imazethapyr fueron de 64, 19 y 9 en el pasto insurgente y de 94, 15 y 12 en huaxín, respectivamente. En 2005, promediado a través de dosis, metribuzin fue significativamente ($P < 0.05$) tóxico en el pasto insurgente (17 %) y huaxín (79 %). A diferencia del año anterior (2004), bentazon no causó daños importantes ($P > 0.05$) en la asociación.

En general, los porcentajes de toxicidad fueron menores en 2005 que en 2004. La mayor cantidad de precipitación ocurrida (40 % superior al promedio histórico) durante el periodo de evaluación de fitotoxicidad en 2005, derivó en un vigoroso crecimiento tanto de la asociación como de la población de malezas. Situación que derivó en una menor concentración o disponibilidad de los herbicidas por unidad de biomasa y por lo tanto menor toxicidad. Hoffman y Lavy⁽²⁵⁾ observaron en soya {*Glycine max* (L.) Merr.} cantidades menores de atrazina en las plantas, en la medida en que aumentaba su población; lo anterior, resultó en menores porcentajes de fitotoxicidad para la leguminosa. En quelite cenizo (*Chenopodium album* L.), glifosato causó un menor daño en plantas de 15 cm de altura, que en aquéllas de 2.5 o 7.5 cm, debido a una reducción en la acumulación de glifosato por unidad de tejido de la planta⁽²⁶⁾. No obstante las diferencias en humedad entre años, metribuzin fue altamente tóxico en ambas especies.

with the preceding treatments; however, it showed tolerance to bentazon at 1.2 kg. Averaging through rates, phytotoxicity percentages observed for metribuzin, imazethapyr and bentazon were 64, 9 and 19 in insurgente grass and 94, 12 and 14 in huaxin, respectively. In 2005, averaging through rates, metribuzin was significantly toxic ($P < 0.05$) in insurgente grass (17 %) and huaxin (79 %). Unlike 2004, bentazon did not cause significant damages ($P > 0.05$) to the association. In general, phytotoxicity percentages were lower in 2005 than in 2004. Higher rainfall (40 % above average) during the evaluation period in 2005 resulted in vigorous growth in both the association and in weeds. This produced a lower concentration or availability of herbicides per biomass unit and therefore lower toxicity. Hoffman and Lavy⁽²⁵⁾ observed in soybeans {*Glycine max* (L.) Merr.} lower amounts of atrazine as population increased, this resulted in less phytotoxicity for the legume. In lambsquarters {*Chenopodium album* (L.)}, glyphosate produced less damage in 15 cm tall plants than those measuring 2.5 and 7.5 cm, due to less accumulation of the herbicide in plant tissue⁽²⁶⁾. Even taking into account differences in moisture between both years, metribuzin was highly toxic for both species. Rao⁽¹²⁾ points out that this triazine applied in leaves, penetrates and translocates very slowly causing damage by contact. In the association imazethapyr did not produce damages of importance even taking into account differences in rainfall between 2004 and 2005. On the other hand, both in huaxin and insurgente, damages of up to 12 % were considered within safety margins (Table 2).

Weed control. Weed control for both years varied between deficient (39 %) and good (86 %). In 2004, averaged through rates, bentazon and metribuzin showed the higher control percentages (82 %), being significantly greater ($P < 0.05$) than those of imazethapyr (70 %). In 2005 no significant differences ($P > 0.05$) in weed control between herbicides was found. Imazethapyr, bentazon and metribuzin controlled 63, 68 and 62 % of undesirable plants, respectively. In the course of the evaluation no herbicide controlled weeds as efficiently as manual weeding ($P > 0.05$) (Table 3).

Rao⁽¹²⁾, señala que esta triazina aplicada de manera foliar, penetra y se mueve de manera muy lenta causando daño por contacto. En la asociación, imazethapyr no causó daños importantes a pesar de las diferencias en precipitación acontecidas durante los dos años de observación. Por otra parte, en insurgente y huaxín, daños hasta de 12 % se encontraron dentro de un margen aceptable de seguridad para su cultivo (Cuadro 2).

Control de malezas. El control de malezas en ambos años de estudio varió entre deficiente (39 %) y bueno (86 %). En 2004, promediados a través de dosis, bentazon y metribuzin registraron los porcentajes de control más altos (82%) siendo esta supresión de malezas significativamente superior ($P < 0.05$) al observado con imazethapyr (70 %). En 2005, no se encontraron diferencias importantes ($P > 0.05$) en el control de las plantas indeseables como una respuesta a los herbicidas; imazethapyr, bentazon y metribuzin, exhibieron un control de 63, 68 y 62 %, respectivamente. Durante la evaluación, ninguno de los tratamientos logró un control similar ($P > 0.05$) al testigo desmalezado (Cuadro 3).

En 2004, el menor control de malezas registrado en las parcelas tratadas con imazethapyr, pudo deberse a la presencia de numerosas malezas dicotiledóneas [e.g. *Chamaecrista yucatanana* Britton & Rose, *Centrosema* spp., *Acacia angustissima* (Miller) Blake] que exhibieron tolerancia al ingrediente activo. Esta imidazolinona se utiliza para el control de malezas en diversos cultivos de leguminosas^(27,28). Cox y Harrington⁽¹⁶⁾ reportan que pese a la actual disponibilidad de herbicidas, el control de malezas dicotiledóneas dentro de un cultivo de leguminosas aún presenta dificultades, e indican que para ello se deben de combinar métodos alternativos de control.

En 2005, los porcentajes de control exhibidos fueron en términos generales menores que aquéllos de 2004. La mayor cantidad de precipitación ocurrida durante el período de evaluación en 2005, derivó en un mayor crecimiento de las malezas; esto, pudo haber disminuido el efecto tóxico de los herbicidas en las malas hierbas debido a su disgregación entre el total de la biomasa, como ha sido reportado por otros autores^(25,26). En ambos años de estudio, ni chapeos, ni aplicaciones de

In 2004, the lower control of weeds seen in the plots treated with imazethapyr, could be due to the presence of numerous dicotyledonous wild plants (i.e. *Chamaecrista yucatanana* Britton & Rose, *Centrosoma* spp., *Acacia angustissima* (Miller) Blake) who showed tolerance to the active ingredient. This imidazolinone is used for controlling weeds in several legume crops^(27,28). Cox and Harrington⁽¹⁶⁾ report that even with the current availability of different types of herbicides, control of dicotyledonous weeds in legumes presents difficulties and point out that a combination of different control methods should be applied for controlling weeds efficiently.

In 2005, control percentages obtained were lower than those achieved in the previous year. Higher rainfall in 2005 resulted in added weed growth, which could reduce herbicide toxicity due to dilution in plant biomass, as reported by other authors^(25,26). In both years, 2004 and 2005, neither manual weeding nor herbicides applied once at different rates or at single rates sequentially two or three times controlled weeds as statistically significant ($P < 0.05$) as in the weed-free control. The great diversity in forbs and shrubs species, as well as their differences in herbicide tolerance, could influence the survival or recovery of certain weeds. In this sense Bailey *et al*⁽²⁹⁾ report differences between 53 and 99 % in the efficacy of bentazon applied at 0.56 kg a.i. ha⁻¹, depending on the weed specie.

On the other hand, with the exception of metribuzin in 2005, in the other herbicides no increase in weed control was observed in response to increases in evaluated rates. This could be due to the fact that the minimum evaluated rates in the present study could have shown satisfactory toxicity levels in susceptible plants. On the other hand, in both years, weed control was more efficient ($P < 0.05$) by means of herbicides than by traditional weed slashing. This could be due to the fact that slashing does not eliminate weeds, only reducing their height, and post defoliation recovery in the rainy season is relatively fast (Table 3).

Weed biomass. In both 2004 and 2005, herbaceous weeds showed the greater biomass volumes (4.2 t DM ha⁻¹ or 80 %), followed by shrubs (1.1 t DM

herbicidas en dosis únicas o secuenciadas (dos o tres veces) lograron un control estadísticamente similar ($P > 0.05$) al testigo desmalezado. La alta diversidad de especies herbáceas y arbustivas, así como sus diferencias en tolerancia, habrían

ha⁻¹ or 20 %). Native grasses in the study area were inexistent. The dominant forbs were yaax-ak {*Ipomea jalapa* (L.) Pursh}, tamarindo-xiu (*Chamaecrista yucatanana* Britton & Rose), tsost-ka {*Merremia aegyptia* (L.) Urban}, *Centrosoma* spp.

Cuadro 3. Control de malezas en respuesta a la aplicación de herbicidas postemergentes para el establecimiento de la asociación de pasto insurgente-huaxín

Table 3. Weed control in response to postemergence herbicide treatments applied when establishing an insurgente grass – huaxin association

Treatment	kg a.i. ha ⁻¹	2004	2005
		Control ^a , %	
1. Bentazon	0.8	80	66
2. Bentazon	1.2	83	70
3. Bentazon	1.6	84	68
4. Imazethapyr	0.06	59	71
5. Imazethapyr	0.08	75	68
6. Imazethapyr	0.10	76	51
7. Metribuzin	0.10	78	39
8. Metribuzin	0.15	86	68
9. Metribuzin	0.20	81	80
10. Bentazon + bentazon	0.8	61	79
11. Imazethapyr + imazethapyr	0.05	56	62
12. Metribuzin + metribuzin	0.10	68	53
13. Bentazon + bentazon + bentazon	0.8	75	.b
14. Imazethapyr + imazethapyr + imazethapyr	0.05	56	-
15. Metribuzin + metribuzin + metribuzin	0.10	40	-
16. Weed slashing	0	0	0
17. Weed free control	0	100	100
18. Weeded control	0	0	0
Herbicide effect ^c	Contrast average and significance ^d		
Treatment 1, 2 and 3 vs 4, 5 and 6	82 vs 70 *	68 vs 63	ns
Treatment 1, 2 and 3 vs 7, 8 and 9	82 vs 82 ns	68 vs 62	ns
Treatment 4, 5 and 6 vs 7, 8 and 9	70 vs 82 *	63 vs 62	ns
Treatment 1, 2 and 3 vs 16	82 vs 0 ***	68 vs 0	***
Treatment 4, 5 and 6 vs 16	70 vs 0 ***	63 vs 0	***
Treatment 7, 8 and 9 vs 16	82 vs 0 ***	62 vs 0	***
Treatment 1, 2 and 3 vs 17	82 vs 100 ***	68 vs 100	***
Treatment 4, 5 and 6 vs 17	70 vs 100 ***	63 vs 100	***
Treatment 7, 8 and 9 vs 17	82 vs 100 ***	62 vs 100	***
Treatment 13 vs 17	75 vs 100 ***	-	-
Treatment 14 vs 17	56 vs 100 ***	-	-
Treatment 15 vs 17	40 vs 100 ***	-	-

^a Weed control was evaluated 21 d after treatments were applied.

^b Not evaluated.

^c Certain comparisons are averages through herbicide application rates.

^d ns, *, **, *** indicate non significant, significant at 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

permitido la sobrevivencia o recuperación de ciertas malezas. En este sentido, Bailey *et al*⁽²⁹⁾ reportan diferencias entre 53 y 99 % en la efectividad de

and sajum (*Wedelia hispida* H.B. & K.). The most common shrubs were jabin (*Piscidia piscipula* Sarg.), xaax {*Acacia angustissima* (Miller) Blake}, ts'its'ilché

Cuadro 4. Biomasa de malezas herbáceas y arbustivas en respuesta a la aplicación de herbicidas postemergentes para el establecimiento de la asociación de pasto insurgente-huaxin

Table 4. Forb and shrub weeds biomass in response to postemergence herbicide application during establishment of an insurgente grass – huaxin association

Treatment	kg a.i. ha ⁻¹	2004		2005	
		Forbs	Shrubs	Forbs	Shrubs
		t DM ha ⁻¹ a			
1. Bentazon	0.8	3.30	0.49	1.94	0.56
2. Bentazon	1.2	1.49	1.29	2.27	0.66
3. Bentazon	1.6	1.24	1.75	0.93	0.82
4. Imazethapyr	0.06	1.40	0.19	1.00	1.36
5. Imazethapyr	0.08	1.12	1.16	2.30	0.74
6. Imazethapyr	0.10	1.05	3.45	1.40	1.66
7. Metribuzin	0.10	0.83	0.86	2.44	1.57
8. Metribuzin	0.15	1.11	1.05	1.86	0.79
9. Metribuzin	0.20	1.64	1.40	2.28	0.49
10. Bentazon + bentazon	0.8	0.55	1.29	1.03	0.57
11. Imazethapyr + imazethapyr	0.05	1.03	0.75	1.21	1.12
12. Metribuzin + metribuzin	0.10	2.09	0.88	1.71	1.44
13. Bentazon + bentazon + bentazon	0.8	0.65	0.36	1.09	1.64
14. Imazethapyr + imazethapyr + imazethapyr	0.05	1.16	0.53	1.63	0.65
15. Metribuzin + metribuzin + metribuzin	0.10	2.16	0.22	2.56	0.36
16. Weed slashing	0	2.14	0.65	1.43	0.61
17. Weed free control	0	0.00	0.00	0.00	0.00
18. Weeded control	0	4.62	0.87	3.79	1.28
Herbicide effect ^b		Contrast average and significance ^c			
Treatment 1, 2 and 3 vs 4, 5 and 6	2.0 vs 1.2 ns	1.2 vs 1.6 ns	1.7 vs 1.2 ns	0.7 vs 1.3 ns	
Treatment 1, 2 and 3 vs 7, 8 and 9	2.0 vs 1.2 ns	1.2 vs 1.1 ns	1.7 vs 2.2 ns	0.7 vs 1.0 ns	
Treatment 4, 5 and 6 vs 7, 8 and 9	1.2 vs 1.2 ns	1.6 vs 1.1 ns	1.2 vs 2.2 ns	1.3 vs 1.0 ns	
Treatment 1, 2 and 3 vs 16	2.0 vs 2.1 ns	1.2 vs 0.7 ns	1.7 vs 1.4 ns	0.7 vs 0.6 ns	
Treatment 4, 5 and 6 vs 16	1.2 vs 2.1 ns	1.6 vs 0.7 ns	1.2 vs 1.4 ns	1.3 vs 0.6 ns	
Treatment 7, 8 and 9 vs 16	1.2 vs 2.1 ns	1.1 vs 0.7 ns	2.2 vs 1.4 ns	1.0 vs 0.6 ns	
Treatment 1, 2 and 3 vs 18	2.0 vs 4.6 ***	1.2 vs 0.9 ns	1.7 vs 3.8 ns	0.7 vs 1.3 ns	
Treatment 4, 5 and 6 vs 18	1.2 vs 4.6 ***	1.6 vs 0.9 ns	1.2 vs 3.8 ns	1.3 vs 1.3 ns	
Treatment 7, 8 and 9 vs 18	1.2 vs 4.6 ***	1.1 vs 0.9 ns	2.2 vs 3.8 ns	1.0 vs 1.3 ns	
Treatment 10, 11 and 12 vs 18	1.2 vs 4.6 ***	1.0 vs 0.9 ns	1.3 vs 3.8 ns	1.0 vs 1.3 ns	
Treatment 13, 14 and 15 vs 18	1.3 vs 4.6 ***	0.4 vs 0.9 ns	1.8 vs 3.8 ns	0.9 vs 1.3 ns	
Treatment 13 vs 18	0.7 vs 4.6 ***	0.4 vs 0.9 ns	1.1 vs 3.8 ns	1.6 vs 1.3 ns	
Treatment 14 vs 18	1.2 vs 4.6 ***	0.5 vs 0.9 ns	1.6 vs 3.8 ns	0.7 vs 1.3 ns	
Treatment 15 vs 18	2.2 vs 4.6 ***	0.2 vs 0.9 ns	2.6 vs 3.8 ns	0.4 vs 1.3 ns	
Treatment 10, 11 and 12 vs 13, 14 and 15	1.2 vs 1.3 ns	1.0 vs 0.4 ns	1.3 vs 1.8 ns	1.0 vs 0.9 ns	

a In 2004 and 2005, weed biomass was assessed 134 and 144 d after crop emergence, respectively.

b Some comparisons are averages through herbicide application rates.

c ns, *, **, *** indicate non significant, significant at 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

bentazon aplicado en dosis de 0.56 kg (i.a./ha), la cual fue dependiente de la especie de maleza.

Por otra parte, a excepción de metribuzin en 2005, en el resto de los herbicidas no hubo aumentos en el control de las malezas en función a incrementos de las dosis evaluadas. Lo anterior quizás se deba a que las dosis mínimas experimentales fueron suficientes para que los herbicidas hayan expresado razonables niveles de toxicidad en las plantas susceptibles. Por otra parte, en ambos años, el control de malezas fue notablemente más efectivo ($P < 0.05$) con la aplicación de herbicidas que con el método tradicional de chapeo; lo anterior, se debió a que el chapeo no eliminó la maleza, únicamente redujo su altura, y la recuperación post-defoliación durante la época de lluvias fue relativamente rápida (Cuadro 3).

Biomasa de malezas. En los dos años de estudio, las malezas herbáceas registraron los mayores volúmenes de biomasa (4.2 t MS/ha o 80 %), seguido de las arbustivas (1.1 t MS/ha o 20 %); la presencia de gramíneas nativas en el área de estudio fue nula. Las especies herbáceas que dominaron fueron yaax-ak (*Ipomoea jalapa* (L.) Pursh), tamarindo-xiu (*Chamaecrista yucatana* Britton & Rose), tsost-ká (*Merremia aegyptia* (L.) Urban), *Centrosema* spp. y sajum (*Wedelia hispida* H.B. & K.); las arbustivas que mayor presencia tuvieron fueron jabín (*Piscidia piscipula* Sarg.), xaax (*Acacia angustissima* (Miller) Blake), ts'its'ilché (*Gymnopodium floribundum* Rolfe var. Reko.) y sac-kaatzim (*Mimosa bahamensis* Benth.).

En 2004 y 2005, los tres herbicidas evaluados inhibieron de manera similar ($P > 0.05$) el crecimiento de la biomasa herbácea. El chapeo por su parte, redujo la biomasa de maleza a niveles similares ($P > 0.05$) a la observada en las parcelas tratadas con herbicidas (Cuadro 4). En 2004, indistintamente del tipo de herbicida utilizado, una sola aplicación durante el período de lluvias, fue suficiente para disminuir de manera significativa la biomasa de la maleza herbácea a cantidades menores de 2.1 t MS/ha. En 2005, ninguno de los tratamientos evaluados redujo de manera importante ($P > 0.05$) la biomasa de las especies anuales. En ambos años, las arbustivas

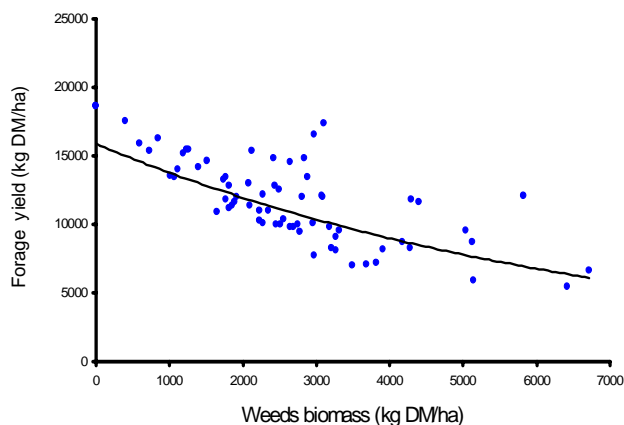
(*Gymnopodium floribundum* Rolf var. Reko.) and sac-kaatzim (*Mimosa bahamensis* Benth.).

In both 2004 and 2005, the three assessed herbicides inhibited in a similar fashion ($P > 0.05$) herbaceous biomass growth. Traditional manual slashing reduced weed biomass to similar levels ($P > 0.05$) to those recorded in plots treated with herbicides (Table 4). In 2004, independently of the herbicide, a single application in the rainy season was enough to reduce significantly herbaceous weed biomass to amounts lower to 2.1 t DM ha⁻¹. In 2005 none of the evaluated treatments reduced biomass of annuals significantly ($P > 0.05$). In both years shrubs were not affected significantly by the assessed treatments ($P > 0.05$). In these cases, when implementing a chemical weed control program, some kind of integrated management should be considered for an efficient control of perennial species.

Forage production of insurgente grass and huaxin decreased 190 kg DM ha⁻¹ for each 1,000 kg DM ha⁻¹ increase in weeds (Figure 2). Within the insurgente - huaxin association, weed suppression is critical for huaxin, because of its slow growth

Figura 2. Relación entre rendimiento de forraje de la asociación de pasto insurgente-huaxín y biomasa de malezas durante el establecimiento del cultivo promediado sobre la siembra de 2004 y 2005

Figure 2. Relationship between forage yield and weed biomass during establishment of an insurgente grass - huaxin association. Average for 2004 and 2005



no fueron significativamente ($P > 0.05$) afectadas por los tratamientos evaluados. En esta situación, al implementar un programa de control químico de malezas, tendría que considerarse algún manejo integrado que suprima de manera eficaz a las especies perennes.

La producción de forraje del pasto insurgente y huaxín disminuyó 190 kg MS/ha por cada 1000 kg de incremento de maleza (en base seca/ha) (Figura 2). Dentro de la asociación, la supresión de malezas es particularmente crítica para el huaxín, ya que esta planta es de lento crecimiento comparado con otras leguminosas forrajeras perennes y anuales⁽³⁰⁾. Cooksley⁽¹⁷⁾ indicó que debido a su pobre crecimiento, el huaxín es susceptible a la competencia de malezas, lo cual finalmente afecta su establecimiento y persistencia.

Biomasa de forraje. Durante los dos años de estudio, el rendimiento de forraje del pasto insurgente varió entre 3.2 y 22 t MS/ha y el huaxín debido a su lento crecimiento, produjo entre 0.02 y 0.9 t MS/ha (Cuadro 5). En 2004, una sola aplicación de bentazon, imazethapyr o metribuzin (a través de dosis) incrementó en un 62 % el rendimiento ($P < 0.05$) del pasto insurgente con respecto al testigo enmalezado. Sin embargo, tres aplicaciones secuenciadas de bentazon en dosis de 0.8 kg i.a./ha, permitieron al pasto insurgente obtener altas producciones de forraje similares ($P > 0.05$) a la registradas en el testigo desmalezado. El control de malezas mediante el chapeo, permitió al pasto insurgente alcanzar rendimientos de forraje similares ($P > 0.05$) al de áreas con control químico, indistintamente del herbicida y a través de dosis. Por otra parte, la producción de forraje de huaxín con una sola aplicación (a través de dosis), registró aumentos con la aplicación de bentazon o imazethapyr; en contraste, debido a la falta de tolerancia a metribuzin, el rendimiento del huaxín disminuyó significativamente ($P < 0.05$). Tres aplicaciones de bentazon o imazethapyr durante las lluvias, permitieron en el huaxín lograr altas producciones de forraje, similares ($P > 0.05$) a los valores cuantificados en las parcelas desmalezadas.

En 2005, una sola aplicación de los herbicidas a través de dosis, no permitió en el pasto insurgente

comparado to other perennial and annual forage legumes⁽³⁰⁾. Cooksley⁽¹⁷⁾ pointed out that due to its slow growth, huaxin is susceptible to competition by weeds which finally affects its establishment and survival.

Forage biomass. Taking into account both years, forage yield for insurgente grass fluctuated between 3.2 and 22 t DM ha⁻¹ and for huaxin, between 0.02 and 0.9 t DM ha⁻¹, due to its slow growth (Table 5). In 2004 a single bentazon, imazethapyr or metribuzin application increased insurgente grass forage yield by 62 ($P < 0.05$) relative to the weeded control. However, three sequential sprayings with bentazon at 0.8 kg a.i. ha⁻¹, allowed insurgente grass to attain forage yields similar to the weeded control ($P > 0.05$). Weed control through traditional manual defoliation, allowed insurgente grass to reach forage yields similar to those obtained in chemical control areas ($P > 0.05$), independently of the herbicide and rate applied. On the other hand, huaxin forage yield in single herbicide spraying at different rates showed increases for imazethapyr and bentazon, while due to its low tolerance to metribuzin, forage yield decreased significantly ($P < 0.05$). Bentazon or imazethapyr applied three times in the rainy season allowed huaxin to attain high forage yields, similar ($P > 0.05$) to those found in manually weeded plots.

In 2005 a single application of herbicides at different rates did not allow substantial increases in forage yield for insurgente grass, however, bentazon applied three times at 0.8 kg a.i. ha⁻¹ allowed for yields (15 t DM ha⁻¹) similar to those obtained (20.5 t DM ha⁻¹) in the weed free control ($P > 0.05$). Traditional weed slashing did not stand out for control, as chemical weed control increased insurgente grass dry matter yield 73 relative to this method. In 2005, huaxin did not respond significantly to the evaluated treatments.

Forage yield loss in the insurgente grass – huaxin association due to weeds, when not controlled, is shown unambiguously in the present study. In other words, an efficient weed control is absolutely necessary for obtaining high forage yields and an optimal pasture establishment. Total hand weeding

aumentos de forraje sustanciales; sin embargo, tres aplicaciones secuenciadas de bentazon en dosis de 0.8 kg i.a./ha, resultaron con aumentos en la

provided the necessary conditions for maximum yields; however, this method is impractical due to its high cost. Bentazon at 0.8 kg a.i. ha⁻¹ sprayed

Cuadro 5. Rendimiento del pasto insurgente y huaxín en respuesta a la aplicación de herbicidas postemergentes para el establecimiento de la asociación

Table 5. Insurgente grass and huaxin forage yields in response to application of postemergence herbicides during establishment of this association

Treatment	kg a.i. ha ⁻¹	2004		2005	
		Insurgente	Huaxin	Insurgente	Huaxin
		----- t DM ha ⁻¹ a -----			
1. Bentazon	0.8	10.52	0.13	9.24	0.36
2. Bentazon	1.2	7.62	0.23	13.49	0.51
3. Bentazon	1.6	9.99	0.20	11.90	0.42
4. Imazethapyr	0.06	8.15	0.24	13.14	0.42
5. Imazethapyr	0.08	11.09	0.25	10.78	0.53
6. Imazethapyr	0.10	5.10	0.30	10.02	0.35
7. Metribuzin	0.10	9.32	0.03	9.28	0.27
8. Metribuzin	0.15	9.32	0.04	11.51	0.08
9. Metribuzin	0.20	4.14	0.02	13.75	0.37
10. Bentazon + bentazon	0.8	10.85	0.30	11.53	0.59
11. Imazethapyr + imazethapyr	0.05	10.14	0.24	13.03	0.35
12. Metribuzin + metribuzin	0.10	10.30	0.03	11.43	0.26
13. Bentazon + bentazon + bentazon	0.8	15.50	0.46	15.00	0.44
14. Imazethapyr + imazethapyr + imazethapyr	0.05	10.05	0.28	12.09	0.21
15. Metribuzin + metribuzin + metribuzin	0.10	6.79	0.00	10.23	0.30
16. Weed slashing	0	6.91	0.17	6.59	0.43
17. Weed free control	0	22.00	0.90	20.45	0.22
18. Weeded control	0	3.19	0.02	7.71	0.57
Herbicide effect ^b		Contrast average and significance ^c			
Treatment 1, 2 and 3 vs 4, 5 and 6	9.4 vs 8.1 ns	0.2 vs 0.3 ns	11.5 vs 11.3 ns	0.4 vs 0.4 ns	
Treatment 1, 2 and 3 vs 7, 8 and 9	9.4 vs 7.6 ns	0.2 vs 0.0 ***	11.5 vs 11.5 ns	0.4 vs 0.2 ns	
Treatment 4, 5 and 6 vs 7, 8 and 9	8.1 vs 7.6 ns	0.3 vs 0.0 ***	11.3 vs 11.5 ns	0.4 vs 0.2 ns	
Treatment 1, 2 and 3 vs 16	9.4 vs 6.9 ns	0.2 vs 0.2 ns	11.5 vs 6.6 **	0.4 vs 0.4 ns	
Treatment 4, 5 and 6 vs 16	8.1 vs 6.9 ns	0.3 vs 0.2 ns	11.3 vs 6.6 **	0.4 vs 0.4 ns	
Treatment 7, 8 and 9 vs 16	7.6 vs 6.9 ns	0.0 vs 0.2 ***	11.5 vs 6.6 **	0.2 vs 0.4 ns	
Treatment 1, 2 and 3 vs 17	9.4 vs 22.0 ***	0.2 vs 0.9 **	11.5 vs 20.5 **	0.4 vs 0.2 ns	
Treatment 4, 5 and 6 vs 17	8.1 vs 22.0 ***	0.3 vs 0.9 *	11.3 vs 20.5 **	0.4 vs 0.2 ns	
Treatment 7, 8 and 9 vs 17	7.6 vs 22.0 ***	0.0 vs 0.9 ***	11.5 vs 20.5 **	0.2 vs 0.2 ns	
Treatment 1, 2 and 3 vs 18	9.4 vs 3.2 ***	0.2 vs 0.0 **	11.5 vs 7.7 ns	0.4 vs 0.6 ns	
Treatment 4, 5 and 6 vs 18	8.1 vs 3.2 ***	0.3 vs 0.0 ***	11.3 vs 7.7 ns	0.4 vs 0.6 ns	
Treatment 7, 8 and 9 vs 18	7.6 vs 3.2 ***	0.0 vs 0.0 ns	11.5 vs 7.7 ns	0.2 vs 0.6 ns	
Treatment 13 vs 17	15.5 vs 22.0 ns	0.5 vs 0.9 ns	15.0 vs 20.5 ns	0.4 vs 0.2 ns	
Treatment 14 vs 17	10.1 vs 22.0 **	0.3 vs 0.9 ns	12.0 vs 20.5 *	0.2 vs 0.2 ns	
Treatment 15 vs 17	6.8 vs 22.0 ***	0.0 vs 0.9 ***	10.2 vs 20.5 **	0.3 vs 0.2 ns	

^a In 2004 and 2005 forage yield was assessed 134 and 144 d after crop emergence, respectively.

^b Some comparisons are averages through herbicide application rates.

^c ns, *, **, *** indicate non significant, significant at 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

producción de forraje (15 t MS/ha) similares ($P > 0.05$) a las obtenidas en el testigo desmalezado (20.5 t MS/ha). El chapeo por su parte, no destacó en control, ya que el uso de los herbicidas aumentó significativamente la producción de materia seca del pasto insurgente en 73 %, comparado con ese método tradicional. En 2005, las plantas de huaxín no respondieron significativamente a los tratamientos evaluados.

El detrimento que causan las malezas en el rendimiento de la asociación de pasto insurgente-huaxín, de no existir un control eficaz, quedó explícito en este trabajo. En otras palabras, un control eficaz de las malezas es necesario para lograr un óptimo establecimiento de la asociación y que éste derive en importantes incrementos en la producción de forraje. El deshierbe estableció las condiciones para que la asociación alcance máximos rendimientos en ausencia de la competencia de las malezas; sin embargo, este método de control no se considera viable debido a su dificultad y elevado costo. Alternativamente, bentazon en dosis de 0.8 kg i.a./ha asperjado en tres ocasiones durante el periodo de crecimiento vigoroso de las malezas, de manera consistente registró una producción de forraje similar ($P > 0.05$) a la alcanzada en las áreas con deshierbe manual; debido a esto, bentazon podría ser una herramienta útil para el control de las malezas en la asociación de pasto insurgente-huaxín. El chapeo tradicional por su parte, presentó limitaciones de control; adicionalmente, progresivos aumentos en costos de mano de obra y escasa disponibilidad de personal para esta actividad, la sitúan en desventaja comparada con los métodos químicos de control. En este sentido, una sola aplicación de bentazon en dosis de 0.8 kg i.a./ha representa un costo de \$736 mientras que con chapeo se precisa erogar \$1,500/ha/evento. El costo total anual asociado a prácticas de control químico o de chapeo necesarias para lograr un óptimo establecimiento de la asociación de pasto insurgente-huaxín, puede indudablemente depender de factores ambientales y específicos de las malezas.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Bentazon aplicado en postemergencia, permitió en la asociación de pasto insurgente-huaxín alcanzar

three times when weeds grow vigorously, consistently allowed obtaining similar forage yields ($P > 0.05$) to those in weed free areas. Due to this, bentazon could be a useful tool for weed control in an insurgente grass – huaxin association. Traditional weed slashing showed limitations; in addition, continued increases in labor costs and difficulties in finding available qualified workers for this job, place it at a disadvantage to chemical control. Like this, a single bentazon application at 0.8 kg a.i. ha⁻¹ costs MX\$ 736, while manual weed slashing represents a MX\$ 1,500 ha⁻¹ outlay each time it is performed. Total annual cost associated to chemical control or manual weeding necessary for obtaining an optimal establishment of an insurgente grass – huaxin association, undoubtedly depends on both environmental factors and specific characteristics of weeds.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Bentazon applied in postemergence allowed obtaining high forage yields in an insurgente grass – huaxin association in the establishment period. Tolerance to the herbicide and an adequate weed control identify bentazon as a herbicide with potential in the tropics for improving the nutritional value of pastures having an insurgente grass – huaxin association. The number of sprayings necessary for minimizing wild plant competition depends on both weed characteristics and environmental factors at the pasture site. Shrub species which escape control with this benzothiadiazole, can be treated either by mechanical or chemical methods. Imazethapyr, on the other hand, showed selectivity towards insurgente grass and huaxin, which could signal a positive alternate herbicide to bentazon and therefore reduce the risk of acquiring resistance to herbicides due to their continuous use and also to how they behave.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank most especially Fundación Produce Yucatán A.C. for funding this project.

End of english version

altos rendimientos de forraje en su periodo de establecimiento. La tolerancia al compuesto y la adecuada supresión de malezas identifican a bentazon como un herbicida con posibilidades en el trópico para mejorar el valor nutricional de las praderas con la asociación de estas dos especies. El número de aplicaciones necesarias de este herbicida para minimizar la competitividad de las malezas, dependerá de las características de éstas y de factores ambientales que imperen en el sitio del establecimiento. Especies arbustivas que escapen a los efectos de este benzothiadiazole, podrían ser tratadas directamente con métodos de control mecánico o químico. Imazethapyr por otra parte, expresó selectividad a insurgente y huaxín, lo cual le permitiría eventualmente alternar con bentazon, y reducir el riesgo en las malezas de adquirir resistencia por el uso frecuente de herbicidas con un solo modo de acción.

AGRADECIMIENTOS

A Fundación Produce Yucatán, A. C. por el financiamiento otorgado para la realización del presente estudio.

LITERATURA CITADA

- Enríquez QJF, Meléndez NF, Bolaños AE. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. INIFAP. CIRGOC. C.E. Papaloapan. Libro Técnico No. 7. Veracruz, México: Litográfica Alfa y Omega; 1999.
- Escobedo MJG, Ramírez AL. Consumo voluntario de ovinos en pastoreo y rendimiento de *Cynodon nlemfuensis* en monocultivo y asociado a *Leucaena leucocephala* [resumen]. XXXV Reunión nacional de investigación pecuaria. 1999:81.
- Kakengia AM, Shem MN, Mtengeti EP, Otsyina R. *Leucaena leucocephala* leaf meal as supplement to diet of grazing dairy cattle in semiarid Western Tanzania. *Agroforestry Systems* 2001;52(1):73-82.
- Galgal KK, Shelton HM, Mullen BF, Gutteridge RC. Animal production potencial of some new *Leucaena* accessions in the Markham Valley, Papua New Guinea. *Tropical Grasslands* 2006;40(2):70-78.
- Norton BW. Tree legumes as dietary supplements for ruminants. In: Gutteridge RC, Shelton HM editors. *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Wallingford, UK: CAB International; 1998: [on line]: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Publicat/Gutt-shel/x5556e00.htm>. Accessed Aug 6, 2008.
- Norton, B.W. 1998. The nutritive value of tree legumes. In: Gutteridge RC, Shelton HM editors. *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Wallingford, UK: CAB International; 1998: [on line]: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Publicat/Gutt-shel/x5556e00.htm>. Accessed Aug 6, 2008.
- Pérez PJ, Alarcón ZB, Mendoza MGD, Bárcena GR, Hernández GA, Herrera HJG. Efecto de un banco de proteína de kudzu en la ganancia de peso de toretes en pastoreo de estrella africana. *Téc Pecu Méx* 2001;39(1):39-52.
- Shelton HM, Lowry RC, Gutteridge, Bray RA, Wildin JH. Sustaining productive pastures in the tropics 7. Tree and shrubs legumes in improved pastures. *Tropical Grasslands* 1991;25(2):119-128.
- Burrows WH. Sustaining productive pastures in the tropics 11. An ecological perspective. *Tropical Grasslands* 1991;25(2):153-158.
- Jones RM. The role of leucaena in improving the productivity of grazing cattle. In: Gutteridge RC, Shelton HM editors. *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Wallingford, UK: CAB International; 1998: [on line]: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Publicat/Gutt-e1/x5556e00.htm>. Accessed Aug 6, 2008.
- Martin AR, Moomaw RS, Vogel KP. Warm-season grass establishment with atrazine. *Agron J* 1982;74:916-920.
- Rao VS. Principles of weed science. Enfield, NH, USA: Science Publishers, Inc.; 2000.
- Beran DD, Masters RA, Gaussoin RE, Rivas-Pantoja F. Establishment of big bluestem and Illinois bundleflower mixtures with imazapic and imazethapyr. *Agron J* 2000;92:460-465.
- Pratchett D, Triglone T. Herbicides and *Leucaena* establishment. *Tropical Grasslands* 1990;24(1):37-40.
- Rivas F, Castillo J, Perera A, Ortega L. Postemergence herbicides for clitoria (*Clitoria ternatea*) establishment [abstract]. Annual Meeting Abstracts WSSA. Kansas City, Missouri, USA. 2004:9.
- Cox KG, Harrington KC. Selective herbicide strategies for use in Australian desmanthus seed crops. *Tropical Grasslands* 2005;39(3):171-181.
- Cooksley DG. Effect of weed competition on the early growth of *Leucaena leucocephala*. *Tropical Grasslands* 1987;21(3):139-142.
- Wildin JH. Beef production from broadacre leucaena in Central Queensland. Forage tree legumes in tropical agriculture. In: Gutteridge RC, Shelton HM editors. *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Wallingford, UK: CAB International; 1998: [on line]: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Publicat/Gutt-shel/x5556e00.htm>. Accessed Aug 6, 2008.
- Ayala SA, Avilés BW. Control químico de maleza para el establecimiento de dos pastos mejorados en praderas degradadas y suelos no mecanizables del norte de Yucatán. *Agric Téc Méx* 1995;21(2):159-170.
- Rivas PF, Castillo HJ, Ortega RL. Establecimiento de pastos C₄ en suelo litosol [resumen]. XLII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. 2006:150.
- Duch GJ. La conformación territorial del Estado de Yucatán. Mérida, Yuc., Méx: Universidad Autónoma Chapingo; 1988.
- Lentner M, Bishop T. Experimental design and analysis. Valley Book Co. Blacksburg, VA. 1993.
- SAS. SAS/STAT User's Guide. (Version 6). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1994.

SELECTIVIDAD DE HERBICIDAS EN ASOCIACIÓN *Brachiaria brizantha*-*Leucaena leucocephala*

24. SAS. SAS system for regression, 2nd ed. Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1991.
25. Hoffman DW, Lavy TL. Plant competition for atrazine. *Weed Sci* 1978;26(1):94-99.
26. Schuster CL, Shoup DE, Al-Khatib K. Response of common lambsquarters (*Chenopodium album*) to glyphosate as affected by growth stage. *Weed Sci* 2007;55(2):147-151.
27. Senseman SA. Herbicide handbook. Ninth ed. Lawrence, Kansas, USA: Weed Sci Soc of America; 2007.
28. Cantwell JR, Liebl RA, Slide FW. Imazethapyr for weed control in soybean (*Glycine max*). *Weed Technol* 1989;3(4):596-601.
29. Bailey WA, Wilson HP, Hines TE. Weed control and snap bean (*Phaseolus vulgaris*) response to reduced rates of fomesafen. *Weed Technol* 2003;17(2):269-275.
30. Rivas PF, Castillo CJ, Ortega RL, Perera PA. Producción de materia seca de leguminosas forrajeras establecidas en condiciones de temporal. V Reunión Estatal de investigación agropecuaria, forestal y pesca. Mérida, Yuc. 2008:[CD].

