

EFFECTO DE RASTROJOS DE MALEZAS Y HERBICIDAS PRE-EMERGENTES EN EL CONTROL DE MALEZAS EN FRIJOL¹

*Franklin Herrera*²

RESUMEN

Efecto de rastrojos de malezas y herbicidas pre-emergentes en el control de malezas en frijol. En la Estación Experimental Fabio Baudrit, Alajuela, Costa Rica de septiembre de 1998 a febrero de 1999, se evaluó el efecto de los rastrojos de *Ixophorus unisetus*, *Digitaria spp.*, *Cynodon dactylon* y *Rottboellia cochinchinensis* sobre: las malezas, la eficacia de los herbicidas pendimetalina, alaclor e imazetapir, y sobre la nodulación por *Rhizobium* y el crecimiento del frijol. Se encontró que la presencia de rastrojos sobre la superficie del suelo a razón de 4,5 t de materia seca/ha no fue efectiva para reducir el crecimiento de malezas en el cultivo del frijol sembrado en labranza de conservación. La eficacia de los herbicidas pendimetalina, imazetapir y alaclor no fue afectada por la presencia de los rastrojos sobre la superficie del suelo. Los rastrojos de *Ixophorus unisetus* afectaron negativamente el crecimiento y la producción del frijol, mientras que los rastrojos de *Digitaria spp.* y *Cynodon dactylon* tuvieron efectos positivos sobre el cultivo.

ABSTRACT

Effect of weed stubbles and pre-emergent herbicides in the control of weeds in beans. In the Fabio Baudrit Experiment Station, Alajuela, Costa Rica from September of 1998 to February of 1999, the effects of stubbles from *Ixophorus unisetus*, *Digitaria spp.*, *Cynodon dactylon* and *Rottboellia cochinchinensis* were evaluated to judge the efficacy of the herbicide pendimetalin, alachlor and imazetapir, *Rhizobium* nodulation and the growth of bean. It was found that the presence of stubbles on the surface of the soil (4.5 t dry matter/ha) was not effective in reducing the growth of weeds in bean crop under no tillage management. The efficacy of the herbicide pendimetalin, imazetapir and alachlor was not affected by the presence of stubbles on the surface of the soil. The stubbles of *Ixophorus unisetus* negatively affected the growth and production of bean. Stubbles of *Digitaria spp.* and *Cynodon dactylon* had a positive effect on the crop.



INTRODUCCIÓN

En Centroamérica, es común la producción de granos básicos en áreas de ladera o terrenos sujetos a deterioro. La mecanización de estas áreas favorece la erosión hídrica y con ello disminuye el potencial productivo de los suelos, lo que obliga a un mayor uso de insumos. Una alternativa para reducir la erosión y contribuir a la producción sostenible de granos básicos en esas áreas, es la labranza de conservación. Ésta se caracteriza por disturbar lo menos posible el suelo, y dejar al menos un 30 % de residuos vegetales sobre la superficie del suelo (Conservation Technology Information Center 1992). Experiencias en Estados Unidos, Canadá, Brasil, Argentina y España entre otros, han de-

mostrado que la presencia de residuos vegetales sobre la superficie del suelo tiene las siguientes ventajas: a) reducen la erosión eólica e hídrica (Pannkuk *et al.* 1997, Forsythe 1991, Forsythe *et al.* 1995, Monsanto 1994), b) permiten mayor conservación de agua en el suelo (Wicks *et al.* 1994, Pannkuk *et al.* 1997), c) aportan materia orgánica (Douglas y Goss 1982, European Conservation Agriculture Federation 1999), d) ayudan a conservar energía, e) mejoran la estructura del suelo, f) favorecen una mayor actividad biótica (Locke y Brayson 1997, Sociedad Española Laboreo de Conservación y Suelos Vivos 1998), g) contribuyen a la concentración de iones no móviles en la superficie del suelo, donde crece el mayor número de raíces absorbentes de los cultivos anuales (González 1997, Herrera 1997),

¹ Parte del proyecto de investigación VI-736-98-311. Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica.

² Programa de Malezas, Estación Experimental Fabio Baudrit. Apdo 183-4050, Alajuela, Costa Rica.

h) protegen los suelos de las altas temperaturas en los trópicos, lo que favorece la germinación y crecimiento de los cultivos, i) disminuyen las emisiones de CO₂ del suelo (European Conservation Agriculture Federation 1999), j) reducen las pérdidas de agroquímicos y mejoran la calidad del agua de los ríos cercanos al disminuir la escorrentía y la erosión (European Conservation Agriculture Federation 1999, Sociedad Española Laboreo de Conservación y Suelos Vivos 1998, Angle *et al.* 1984, Blevins *et al.* 1990, Blevins y Frye 1993, Conservation Technology Information Center 1992). Los rastrojos también pueden reducir las poblaciones de malezas mediante, la interrupción en el paso de la luz, atenuación del gradiente de temperatura del suelo y la liberación de sustancias alelopáticas. Sin embargo, la respuesta de las malezas y los cultivos a los residuos vegetales sobre el suelo puede variar entre las especies (Barnes y Putnam 1987, Masiunas *et al.* 1995, Nagabhushana 1997, Tamak *et al.* 1994, Vidal *et al.* 1994, Weston 1996; Sahid y Sugau 1993). Además, en estos sistemas se ha observado que dependiendo del tipo y cantidad de residuos, el control de malezas es deficiente, por lo que se requiere el uso de herbicidas preemergentes o postemergentes. En este caso los rastrojos pueden interferir con los herbicidas preemergentes, al disminuir la cantidad de producto que llega al suelo; herbicidas como ametrina y metolaclor pueden ser retenidos en sistemas con coberturas muertas debido al mayor contenido de materia orgánica, por lo que se requiere de dosis más altas (Blevins y Frye 1993).

Dado que en Costa Rica se incentivan las áreas de siembra de frijol con labranza de conservación y rastrojos de malezas y/o cultivos, y debido a la poca información existente sobre la eficacia de herbicidas preemergentes en el control de malezas, cuando se aplican en presencia de rastrojos, se realizó este experimento con el propósito de conocer el efecto del rastrojo procedente de cuatro especies de malezas comunes en barbechos de un año, sobre la población de malezas y la eficacia de tres herbicidas pre-emergentes en frijol con labranza de conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características del sitio

Este experimento se realizó entre setiembre de 1998 y febrero de 1999, en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, ubicada en el distrito San José, provincia de Alajuela, a 10°00'32" de latitud Norte y 84°15'33" de longitud Oeste, a una altitud de 840 m.s.n.m. La precipitación promedio anual fue de 2000 mm, distribuidos desde el 15 de mayo hasta el 15 de diciembre.

Se utilizó un lote dedicado a la siembra de frijol y maíz, que estuvo sin mecanizar durante cinco años y con vegetación a libre crecimiento (barbecho) durante el último año. Las características físicas y químicas del suelo se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo donde se realizó el estudio y su comparación con el nivel crítico de nutrimentos para frijol. Alajuela, 1998.

	c mol (+)/l					mg/l					
	pH	Ca	Mg	K	acidez	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn
Sitio	5,3	4,2	1,5	0,3	0,6	6,6	6,5	11,6	80,4	7,2	0,5
N.C.	5,5	4,0	1,0	0,2	0,5	1	10	1	10	5,0	3,0

Textura: Franco, con 9,9 % de materia orgánica.

Análisis realizado en el Centro de Investigaciones Agrícolas de la Universidad de Costa Rica.

Selección de las especies utilizadas como cobertura muerta

Para seleccionar las especies de malezas a usar como rastrojos en este estudio, la primera semana de setiembre de 1998 se realizó un levantamiento de la flora presente en el sitio, según la metodología propuesta por Jurgens (1985). Previamente se determinó el área mínima de muestreo en 10 m²; ésta se fraccionó en 10 unidades de muestreo y en cada una se registró el peso fresco de la parte aérea de las especies. Con estos datos se estimó la frecuencia, la dominancia y el índice de frecuencia/dominancia para cada especie (Cuadro 2).

Cuadro 2. Frecuencia, dominancia e índice de frecuencia/dominancia de las principales especies encontradas en barbechos de un año. Estación Experimental Fabio Baudrit, Alajuela. 1998.

Especie de maleza	frecuencia	dominancia	IFD
<i>Digitaria</i> spp.	100	32	32,00
<i>Ixophorus unisetus</i>	90	28	25,00
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	100	13	13,00
<i>Cynodon dactylon</i>	100	9	9,00
<i>Elvira biflora</i>	90	5	4,50
<i>Echinochloa colona</i>	70	1	0,70
<i>Setaria viridis</i>	30	2	0,60

frecuencia = (N° total de muestreos con la especie/total de muestreos) X 100.

dominancia = (biomasa verde total de la especie/biomasa verde de todas las especies) X 100.

IFD = (frecuencia X dominancia) / 100.

De un total de 25 especies registradas, se escogieron las especies *Digitaria* spp., *Ixophorus unisetus*,

Rottboellia cochinchinensis y *Cynodon dactylon*, que en conjunto representaron el 82% del peso total de las malezas presentes en el lote y mostraron los mayores valores de frecuencia, dominancia e índice frecuencia/dominancia. De estas especies, se estimó la biomasa seca y se determinó el contenido de nutrimentos en el follaje de cada una (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido de nutrimentos en el follaje de las cuatro especies de malezas utilizadas como cobertura del suelo. Alajuela, 1998.

Especie	%					mg/kg				
	N total	P	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn	
<i>C. dactylon</i>	0,85	0,15	0,37	0,14	1,14	2080	19	25	85	
<i>I. unisetus</i>	0,54	0,22	0,52	0,30	2,53	2040	13	44	165	
<i>Digitaria spp.</i>	0,66	0,12	0,40	0,20	1,04	596	4	26	86	
<i>R. cochinch.</i>	0,55	0,15	0,28	0,17	1,05	405	1	29	49	

Análisis realizado en el Centro de Investigaciones Agrícolas de la Universidad de Costa Rica.

Manejo de las coberturas muertas (rastrojo) y siembra del frijol

El 11 de setiembre de 1998 se aplicó glifosato a 1,25 kg/ha + penetrante WK al 0,25 %, mediante un aspersor manual con barra de cuatro boquillas 8001; lo cual simuló el manejo de la vegetación en sistemas de siembra directa. Para uniformizar el tipo y cantidad de biomasa de cada especie en estudio, se cortó la vegetación y las especies fueron separadas. Se marcaron las parcelas y se retiraron los rastrojos de malezas que quedaron. Se sembró frijol variedad Negro Huasteco, a una distancia de 0,6 m entre hileras y 0,15 m entre plantas, con dos semillas en cada agujero de siembra. No se utilizaron fertilizantes a la siembra, pero la semilla fue inoculada con una mezcla de las cepas de *Rhizobium* 613, 477 y Kim-5, proporcionadas por el Laboratorio de Microbiología de Suelos de la Universidad de Costa Rica. En cada unidad experimental y según el tratamiento, se colocó de manera uniforme, cada una de las especies, en cantidad equivalente a 450 gramos de materia seca por m² de superficie. Esta cantidad fue similar a la registrada en condiciones de campo.

Tratamientos

Se incluyeron un total de 22 tratamientos (Cuadro 4), dispuestos en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 4 X 5 (cuatro especies de rastrojo sobre el suelo y cinco tipos de control de malezas). Se incluyeron dos tratamientos adicionales. Cada unidad experimental midió 7,2 m². Se usaron cuatro repeticiones.

Cuadro 4. Rastrojos de malezas y herbicidas evaluados en cada tratamiento. Alajuela, 1998.

1. *Digitaria sp.* sin control de malezas
2. *Digitaria sp.* + control manual de malezas
3. *Digitaria sp.* + pendimetalina 1,5 kg/ha
4. *Digitaria sp.* + alaclor 2,0 kg/ha
5. *Digitaria sp.* + imazetapir 0,07 kg/ha
6. *Ixophorus unisetus* sin control de malezas
7. *Ixophorus unisetus* + control manual de malezas
8. *Ixophorus unisetus* + pendimetalina 1,5 kg/ha
9. *Ixophorus unisetus* + alaclor 2,0 kg/ha
10. *Ixophorus unisetus* + imazetapir 0,07 kg/ha
11. *Rottboellia cochinchinensis* sin control de malezas
12. *Rottboellia cochinchinensis* + control manual de malezas
13. *Rottboellia cochinchinensis* + pendimetalina 1,5 kg/ha
14. *Rottboellia cochinchinensis* + alaclor 2,0 kg/ha
15. *Rottboellia cochinchinensis* + imazetapir 0,07 kg/ha
16. *Cynodon dactylon* sin control de malezas
17. *Cynodon dactylon* + control manual de malezas
18. *Cynodon dactylon* + pendimetalina 1,5 kg/ha
19. *Cynodon dactylon* + alaclor 2,0 kg/ha
20. *Cynodon dactylon* + imazetapir 0,07 kg/ha
21. Sin rastrojo sobre el suelo + control manual de malezas
22. Sin rastrojo sobre el suelo y sin control de malezas

Los herbicidas pre-emergentes fueron aplicados el 1 de octubre de 1998 mediante un aspersor manual con barra de cuatro boquillas 8002. La velocidad de aplicación fue de 0,5 m/seg. El volumen de aplicación fue de 375 l/ha.

VARIABLES EVALUADAS

Rastrojos en el suelo:

- Porcentaje de cobertura del suelo por los rastrojos a los 0, 20 y 45 días después de la siembra (dds).
- Materia seca de los rastrojos en 0,25 m² a los 0, 20 y 45 dds.

Efectos sobre las malezas:

- Porcentaje de cobertura del suelo por las malezas latifoliadas y poáceas a los 0, 20, 45 y 60 dds.
- Número de malezas por especie a los 30 dds en un m²

Efecto sobre el frijol y la nodulación:

- Número de plantas de frijol en los dos surcos centrales a los 20 días y a la cosecha.
- Materia seca de raíces y parte aérea de 10 plantas de frijol a los 45 dds.
- Número de nódulos radicales en cinco plantas de frijol a los 45 dds.
- Rendimiento de frijol al 12 % de humedad.

Se hicieron análisis de variancia para cada variable. En las variables donde se determinaron diferencias estadísticas significativas, se realizó una prueba de comparación de medias, utilizando la Diferencia Mínima Significativa (DMS al 5%) .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cobertura y peso seco de los rastrojos

Para la variable peso de rastrojos se encontraron diferencias significativas entre las especies de rastrojo y entre los métodos de control de las malezas, mientras que para el porcentaje de cobertura del suelo, las diferencias fueron significativas sólo entre métodos de control. La interacción especie de rastrojo y métodos de control de malezas no fue significativa.

El peso seco de los rastrojos se redujo a través del tiempo, con diferencias significativas entre especies de rastrojo, posiblemente debido a diferencias en el contenido de lignina y a la relación C/N en sus tejidos. *Digitaria* spp. y *Cynodon dactylon* tuvieron mayor cantidad de hojas y fueron más sensibles a la descomposición, mientras que *Rottboellia cochinchinensis* tuvo más tallos lignificados y fue menos sensible a la descomposición (Cuadro 5).

El porcentaje de cobertura del suelo por los rastrojos a los 20 y 45 dds también se redujo con rapidez, aunque sin diferencias significativas entre las especies de rastrojo, pasó de un 90-98 % de cobertura inicial, a un 57-63 % a los 20 días, y a un 18-22 % a los 45 días después de la siembra del frijol (Cuadro 5).

Con respecto a los métodos de control de malezas evaluados, cuando no se controlaron las malezas, el peso seco de los rastrojos se redujo con mayor rapidez y

mostraron menor cobertura del suelo que cuando se usaron herbicidas (Cuadro 6). La mayor población de malezas en ese tratamiento causó que los rastrojos se agruparan, disminuyendo la cobertura del suelo; además, es posible que el ambiente más húmedo y aireado en este tratamiento, pudo favorecer la descomposición de los rastrojos.

Efecto de los tratamientos en el control de las malezas

A los 30 días después de la siembra, en las parcelas testigo, se identificaron 30 especies de malezas, de las cuales 17 mostraron una distribución relativamente uniforme. Las especies dominantes fueron *Ageratum conizoides*, *Digitaria* spp., *Elvira biflora*, *Ixophorus unisetus* y *Cynodon dactylon*.

No se encontraron diferencias significativas entre especies de rastrojo para la cobertura del suelo por malezas, la cual alcanzó entre 95 y 97 % a los 60 días después de la siembra. De manera que ninguno de los rastrojos por sí solo, fue capaz de reducir el crecimiento de las malezas. Esto se debió a la rápida descomposición del follaje de los rastrojos, lo que provocó una pobre cobertura del suelo y como consecuencia quedaron espacios para la germinación y crecimiento de las malezas. Lo anterior confirma la necesidad de emplear otras medidas complementaria para el control de malezas en estos sistemas de producción. Contrario a lo observado en este estudio, otros autores informan de reducciones significativas en la población de malezas al usar coberturas vegetales sobre el suelo (McDonald *et al.* 1996, Crutchfield *et al.* 1985, Manrique 1995), no obstante, las diferencias en las cantidades de biomasa utilizada, así como en las condiciones de los experimentos y tipos de malezas, dificultan las comparaciones.

La cobertura por malezas varió significativamente entre los métodos de control evaluados. El herbicida pendimetalina fue el más eficaz en reducir la población

Cuadro 5. Materia seca en g/m² y porcentaje de cobertura del suelo por cuatro especies de rastrojos a los cero, 20 y 45 días después de la siembra. Estación Experimental Fabio Baudrit, Alajuela, 1998.

Tipo de rastrojo	% de cobertura del suelo/rastrojos			g mat. seca/m ² *	
	0 dds	20 dds	45 dds	20 dds	45 dds
<i>Digitaria</i> spp.	94 b	57ns	18ns	283 b	158 c
<i>Cynodon dactylon</i>	98 a	61	19	344 ab	163 c
<i>Ixophorus unisetus</i>	91 c	59	18	353 ab	226 b
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	90 c	63	22	409 a	291 a

* La materia seca inicial para cada especie fue 450 g/m²

Promedios con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí, según prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) al 5%.

Cuadro 6. Materia seca en g/m² y porcentaje de cobertura del suelo por los rastrojos a los cero, 20 y 45 días después de la siembra, según el método de control de malezas utilizado. Estación Experimental Fabio Baudrit, Alajuela, 1999.

Método de control	% de cobertura del suelo			materia seca g/m ² *	
	0 dds	20 dds	45 dds	20 dds	45 dds
Sin control de malezas	94ns	35 c	1 c	308 ns	165 b
Control manual	93	43 b	26 ab	369	204 b
pendimetalina 1,5 kg/ha	93	74 ab	23 ab	354	213 ab
alaclor 2,0 kg/ha	93	77 a	29 a	374	255 a
imazetapir 0,07 kg/ha	94	71 ab	17 b	329	211 ab

* La materia seca inicial para cada especie fue 450 g/m²

Promedios con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí, según prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) al 5%.

de poáceas, pero los espacios dejados por éstas, fueron ocupados paulatinamente por malezas latifoliadas que no fueron controladas por este herbicida. El alaclor, el imazetapir y la deshierba manual, ejercieron un control intermedio durante los primeros 20 días después de aplicados, pero posteriormente hubo crecimiento abundante de ambos tipos de malezas (Cuadro 7).

Un análisis adicional del efecto de los herbicidas por especie (datos no presentados), mostró que la maleza *Ixophorus unisetus* fue controlada eficazmente por los tres herbicidas evaluados; en tanto, *Rottboellia cochinchinensis* como era de esperar, fue fácilmente controlada por pendimetalina, pero no por imazetapir y alaclor. *Digitaria* spp. fue controlada por pendimetalina y alaclor, pero el imazetapir mostró poco efecto sobre ella.

Para el resto de las especies no se encontraron diferencias significativas entre los métodos de control.

La interacción entre los métodos de control de malezas y la especie de rastrojo no fue significativa, lo que sugiere que los tipos de rastrojos no influenciaron la eficacia de los herbicidas y la deshierba manual, tampoco afectaron la población de las malezas en el trata-

miento testigo enmalezado. Los resultados anteriores indican que los herbicidas llegaron al suelo y ejercieron su acción contra las malezas susceptibles, sin interferencia debida al tipo de rastrojo. Las lluvias abundantes ocurridas los días siguientes a la aplicación de los herbicidas pudo disminuir la cantidad de herbicida retenido por las coberturas y favorecer su llegada al suelo.

Efecto de los tratamientos en el frijol

Las variables altura de planta, biomasa seca de la parte aérea y biomasa seca de las raíces, mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre especies de rastrojo, entre métodos de combate de las malezas y en la interacción de ambos factores.

Efecto de los rastrojos en el frijol

La altura, biomasa de las plantas y la producción de grano fueron más bajas cuando el frijol creció en presencia de rastrojos de *Ixophorus unisetus* o *Rottboellia cochinchinensis*, mientras que con *Cynodon dactylon* y *Digitaria* spp. se alcanzaron los mayores valores (Cuadro 8).

Cuadro 7. Porcentaje de cobertura del suelo por malezas a los 20, 45 y 60 días después de la siembra, según método de control de malezas en presencia de los rastrojos. Alajuela, 1999.

Combate de malezas	% cobertura total			% cobertura poáceas			% coberturas hoja ancha		
	20	45	60	20	45	60	20	45	60
Sin control	94 a	98 a	99 ns	77 a	84 a	88 a	17ab	13 d	11 c
control manual 22d.	89 b	63 c	94	69 b	42 b	54 b	19a	21 c	40 bc
pendimetalina 1,5kg/ha	16 d	68 bc	96	1 d	9 c	16 c	15 b	58 a	80 a
alaclor 2,0 kg/ha	11 e	65 c	94	5 d	34 bc	47 bc	6 c	31 b	47b
imazetapir 0,07 kg/ha	20 c	75 b	98	12 c	41 bc	51 bc	8 c	34 b	47 b

Promedios con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí, según prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) al 5%.

ns= diferencias no significativas.

Cuadro 8. Efecto de la especie de rastrojo en la altura de planta, peso de la parte aérea, peso de raíces y peso de grano de frijol. Alajuela, 1999.

Especie de rastrojo	Altura planta (cm)	biomasa aérea(g)	biomasa raíces(g)	peso grano (g)
<i>Digitaria spp</i>	21 b	8,9 b	2,3 a	115 a
<i>Cynodon dactylon</i>	23 a	10,4 a	2,5 a	107 ab
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	20 abc	6,5 c	1,9 b	68 bc
<i>Ixophorus unisetus</i>	16 c	5,9 c	1,7 b	47 b

Promedios con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí, según prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) al 5%.

Debido a que la población de malezas fue similar en las cuatro especies de rastrojo, se sugiere que los efectos negativos sobre el frijol por *I. unisetus* y *R. cochinchinensis* podrían deberse a efectos alelopáticos; en el primer caso algunas plantas de frijol llegaron a morir. Por otro lado, estas dos especies aportaron al sistema menos nitrógeno en comparación a *C. dactylon* y *Digitaria spp.*, aunque *Ixophorus unisetus* fue el rastrojo que aportó mayor cantidad de P, Ca, K y Mg (Cuadro 9); sin embargo, la liberación y disponibilidad de estos nutrimentos ocurre en forma lenta, y no necesariamente estuvieron disponibles al cultivo en su totalidad. Una contribución positiva de los rastrojos al sistema, es que constituyen un reservorio que minimiza las pérdidas de estos elementos por lixiviación o escorrentía. De las especies evaluadas como rastrojo, *R. cochinchinensis* se menciona como dañina en frijol tapado, pero debido a que atrajo babosas y creció muy rápido en comparación al frijol (De La Cruz 1994).

Efecto de los métodos de control

Con respecto a los métodos de control de malezas, los tres herbicidas mostraron resultados similares, aunque, cuando se aplicó imazetapir se observó tendencia

a una mayor producción de biomasa aérea y mayor producción de grano, mientras que con alaclor hubo mayor biomasa radical (Cuadro 10). Contrario a lo esperado, en el tratamiento con deshierba manual de malezas, la biomasa aérea de las plantas de frijol fue baja; de acuerdo con las observaciones de campo, este efecto pudo deberse a que durante el experimento hubo excesiva lluvia, y al eliminar las malezas, disminuyó la infiltración y la evapotranspiración, lo que provocó mayor acúmulo de agua en el suelo que afectó el crecimiento y la producción de grano de las plantas de frijol. El no controlar malezas en presencia de los rastrojos, redujo significativamente la altura de las plantas, la biomasa aérea y radical, el número de nódulos y la producción de grano, debido al excesivo crecimiento de malezas en presencia de los rastrojos (Cuadro 10).

Cuadro 9. Contenido de nutrimentos en kg/ha en los rastrojos de las cuatro especies de malezas utilizadas como cobertura muerta del suelo. Alajuela, 1998.

Especie	N tot.	P	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
<i>C. dactylon</i>	38,2	6,7	16,7	6,3	51,3	9,3	0,08	0,09	0,38
<i>Digitaria spp.</i>	30,0	5,4	18,0	9,0	46,8	2,6	0,02	0,10	0,39
<i>R. cochinchin.</i>	25,0	6,7	12,6	7,6	47,2	1,8	0,01	0,13	0,22
<i>I. unisetus</i>	24,0	9,9	23,4	13,5	113,8	9,1	0,06	0,19	0,74

Datos estimados según la biomasa aérea de cada especie colocada en el suelo, equivalente a 4500 kg/ha de materia seca.

Interacción entre especie de rastrojo y métodos de control de malezas

Esta interacción fue significativa para las variables altura de planta, biomasa radical y biomasa aérea del frijol; sin embargo tuvo poca relevancia, debido a que la producción de grano no guardó una relación estrecha con estas interacciones, razón por la que no se profundiza en el análisis de las mismas. Las interacciones sugieren que el tipo de rastrojo tuvo algún grado de influencia en el efecto de los métodos de control sobre estas variables del cultivo.

Cuadro 10. Efecto del método de control de malezas en presencia de los rastrojos sobre el suelo, en la altura de planta, biomasa seca de la parte aérea, biomasa seca de raíces; número de nódulos/planta y producción de grano del frijol. Alajuela, 1999.

Método de control de malezas	Altura planta (cm)	biomasa aérea	biomasa (g)raíces	#nódulos (g)por planta	peso grano (g/3,1 m ²)
Enmalezado	19 bc	7,3 bc	1,4 b	159 b	50 b
Control manual	17 c	6,9 c	2,2 ab	184 ab	61 b
pendimetalina	20 abc	8,0 bc	2,2 ab	230 a	79 b
alaclor	21 ab	8,4 a b	2,4 a	197 ab	82 b
imazetapir	22 a	9,4 a	2,2 ab	177 ab	148 a

Promedios con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí, según prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) al 5%.

Altura de las plantas de frijol: La mayor altura de las plantas de frijol se observó en el rastrojo de *Cynodon dactylon* con aplicación de imazetapir. Mientras que las plantas de frijol fueron más pequeñas en los tratamientos testigo a libre crecimiento de malezas, alaclor y pendimetalina en presencia del rastrojo de *I. unisetus*; así como en los tratamientos, deshierba manual con rastrojos de *Digitaria* spp. y *R. cochinchinensis* respectivamente (Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto de la especie de rastrojo y el método de control de malezas en la altura (cm) de las plantas de frijol sembradas en cero labranza. Alajuela, 1999.

Método de control	Especie de rastrojo sobre el suelo			
	<i>Ixophorus</i>	<i>Rottboellia</i>	<i>Digitaria</i>	<i>Cynodon</i>
imazetapir	19 BC a	18 C ab	23 AB ab	28 A a
Con control manual	18 A ab	16 A b	15 A b	18 A c
alaclor	16 B ab	21 AB a	21 AB ab	25 A ab
pendimetalina	15 C ab	18 B ab	22 AB ab	24 A abc
Sin control de malezas	13 B b	18 B ab	24 A a	23 A bc

Promedios dentro de una misma columna con igual letra minúscula o promedios dentro de una misma fila con igual letra mayúscula no presentan diferencias significativas entre sí, según prueba de DMS al 5%.

Biomasa aérea de las plantas de frijol: La mayor biomasa de las plantas de frijol se observó cuando se aplicó imazetapir en presencia de los rastrojos de *Cynodon dactylon* y *Digitaria* spp.; mientras que la menor biomasa aérea se presentó con alaclor y rastrojo de *I. unisetus* (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de la especie de rastrojo y el método de control de malezas en la biomasa de la parte aérea de las plantas de frijol sembradas en cero labranza. Alajuela, 1999.

Método de control	Especie de rastrojo sobre el suelo			
	<i>Ixophorus</i>	<i>Rottboellia</i>	<i>Digitaria</i>	<i>Cynodon</i>
Con control manual	7,2 A a	5,7 A b	6,2 A b	7,5 A c
imazetapir	7,0 B a	7,0 B ab	10,5 A a	13,5 A a
pendimetalina	5,7 B a	5,2 B b	9,7 A ab	11,2 A ab
Sin control de malezas	5,0 C a	6,0 BC ab	9,8 A ab	8,5 AB bc
alaclor	4,7 C a	8,7 AB a	8,0 B ab	11,5 A ab

Promedios dentro de una misma columna con igual letra minúscula o promedios dentro de una misma fila con igual letra mayúscula no presentan diferencias significativas entre sí, según prueba de DMS al 5%.

Biomasa de raíces: La mayor biomasa de raíces ocurrió con los rastrojos de *Digitaria* sp. y *Cynodon dactylon*, con pocas variaciones entre los métodos de control de malezas, mientras que con los rastrojos de *I. unisetus* y *R. cochinchinensis* hubo tendencia a menor biomasa de raíces. El no controlar las malezas disminuyó la biomasa de raíces en todas las especies de rastrojo (Cuadro 13).

Nodulación del frijol por *Rhizobium*: La mayor nodulación ocurrió cuando se usó pendimetalina e *I. unisetus* como rastrojo, mientras que el menor número de nódulos se registró con alaclor e *I. unisetus* y con imazetapir y *R. cochinchinensis* (Cuadro 14). Posiblemente el número de nódulos por planta estuvo influenciado por el volumen de raíces, ya que en los tratamientos donde las plantas de frijol tuvieron menor biomasa de raíces también mostraron menor nodulación.

La pendimetalina interfiere con la formación de los microtúbulos y causa inhibición de la división y elongación celular en los meristemos del tallo y raíces (Cyanamid 1992, Weed Science Society of America 1994). El imazetapir interfiere con la actividad de la enzima sintetasa del ácido acetohidróxico, que es fundamental en la síntesis de los aminoácidos valina, leucina e isoleucina, lo que conlleva a interrumpir la síntesis de proteínas y el crecimiento celular (Cyanamid 1992, Weed Science Society of America 1994). El alaclor interfiere con la división celular y causa deformación de las hojas jóvenes del frijol (Weed Science Society of America 1994). Sin embargo, en las observaciones realizadas a las plantas de frijol, tanto en su parte aérea como radical, no se observaron síntomas de toxicidad atribuibles a estos herbicida, lo que confirma su selectividad al frijol en condiciones adecuadas de aplicación. En la mayoría de los casos anteriores los efectos negativos en el cultivo parecen estar más asociados a los rastrojos de *I. unisetus* y *R. cochinchinensis*.

CONCLUSIONES

La presencia de rastrojos sobre la superficie del suelo a razón de 4,5 t/ha no fue efectiva para reducir el crecimiento de malezas en el cultivo del frijol sembrado en labranza de conservación. Bajo las condiciones

Cuadro 13. Efecto de la especie de rastrojo y el tipo de control de malezas en la biomasa de raíces de las plantas de frijol sembradas en cero labranza. Alajuela, 1999.

Tipo control malezas	Especie de rastrojo sobre el suelo			
	<i>Ixophorus</i>	<i>Rottboellia</i>	<i>Digitaria</i>	<i>Cynodon</i>
pendimetalina	2,3 A a	1,8 A abc	2,5 A ab	2,5 A ab
Con control manual	1,8 A ab	2,5 A a	2,0 A ab	2,5 A ab
alaclor	1,8 B ab	2,3 AB ab	2,5 AB ab	3,0 A a
imazetapir	1,8 B ab	1,5 B bc	2,8 A a	2,8 A ab
Sin control de malezas	1,0 A b	1,3 A c	1,8 A b	1,8 A b

Promedios dentro de una misma columna con igual letra minúscula o promedios dentro de una misma fila con igual letra mayúscula no presentan diferencias significativas entre sí, según prueba de DMS al 5%.

Cuadro 14. Efecto de la especie de rastrojo y el tipo de control de malezas sobre el número de nódulos en las plantas de frijol sembradas en cero labranza. Alajuela, 1999.

Tipo control malezas	Especie de rastrojo sobre el suelo			
	<i>Ixophorus</i>	<i>Rottboellia</i>	<i>Digitaria</i>	<i>Cynodon</i>
Sin control de malezas	137 A b	181 A a	180 A a	141 A a
Con control manual	158 A b	215 A a	182 A a	183 A a
pendimetalina	301 A a	179 B a	253 AB a	189 AB a
alaclor	112 B b	220 AB a	234 A a	221 AB a
imazetapir	186 A ab	119 A a	200 A a	204 A a
promedio	179	183	210	188

Promedios dentro de una misma columna con igual letra minúscula o promedios dentro de una misma fila con igual letra mayúscula no presentan diferencias significativas entre sí, según prueba de DMS al

del estudio, la eficacia de los herbicidas pendimetalina, imazetapir y alaclor no fue afectada por la presencia de los rastrojos sobre la superficie del suelo. Los rastrojos de *Ixophorus unisetus* afectaron el crecimiento y producción del frijol. La presencia de malezas redujo la biomasa radical del frijol, el número de nódulos por planta y la producción de frijol.

LITERATURA CITADA

- ANGLE, JS; MC CLUNG, G; MCINTOSH, MS; THOMAS, PM; WOLF, DC. 1984. Nutrients losses in runoff from conventional and no-till corn watersheds. *J. Environ. Qual.* 13: 431-435.
- BARNES, JP; PUTNAM, RA. 1987. Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale*). *Journal Chemical Ecology.* 13 :889-905.
- BLEVINS, LR; FRYE, WW. 1993. Conservation tillage : an ecological approach to soil management. *Advance in Agronomy* 51 :33-78.
- BLEVINS, RL; FRYE, WW; BALDWIN, PL; ROBERTSON, SD. 1990. Tillage effects on sediment and soluble nutrient losses from a Maury silt loam soil. *J. Environ. Qual.* 19:683-686.
- CONSERVATION TECHNOLOGY INFORMATION CENTER, 1992. "1992 National Survey of Conservation Tillage Practices". CTIC. West Lafayette, IN.
- CRUTCHFIELD, D.; WICKS, G.; BURNSIDE, O. 1985. Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control. *Weed Science* 34:110-114.
- CYANAMID. 1992. Prowl herbicida. New Jersey, USA. 30 p.
- CYANAMID. 1992. Pivot, herbicida para leguminosas. New Jersey, USA. 24 p.
- DE LA CRUZ, R. 1994. La utilidad de la diversidad de malezas en frijol tapado. *In: Thurston et al.* eds. Los sistemas de siembra con cobertura. CATIE/CIFAD. CR. p: 261-266.
- DOUGLAS, JT; GOSS. MJ. 1982. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and grassland. *Soil Tillage Res.* 2:155-175.
- EUROPEAN CONSERVATION AGRICULTURE FEDERATION, 1999. Agricultura de conservación en Europa: aspectos medioambientales, económicos y administrativos de la UE. ECAF/AEAC.SV. 23 p.
- FORSYTHE, WM. 1991. Algunas prácticas culturales y la erosión en Costa Rica. *In: Taller de Erosión de Suelos*, Univ. Nacional, Heredia, CR. pp. 171-179.
- FORSYTHE, WM; HERNÁNDEZ, X; SCHWEISER, S. 1995. La respuesta del maíz y del suelo a diferentes métodos de siembra directa vs. siembra convencional en la costa pacífica de Costa Rica. RELACO III. Conferencia # 7. Costa Rica. pp.102-103.
- GONZÁLEZ, FP. 1997. Efectos del laboreo sobre la materia orgánica y las propiedades químicas del suelo. *In: García, TL.; González, FP.* eds. Agricultura de Conservación: Fundamentos Agronómicos, Medioambientales y Económicos. AELC/SV. Córdoba, España. pp:42-49.
- HERRERA, F.; MELÉNDEZ, G. 1997. Estudio de la vegetación en áreas dedicadas al frijol tapado. *Agronomía Mesoamericana* 8(2):1-11.
- JURGENS, G. 1985. Levantamiento de malezas en cultivos agrícolas. *Plitz.* Alemania. 3(2):85-103.
- LOCKE, AM.; BRYSON, TC. 1997. Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. *Weed Science*, 45:307-320.
- MCDONALD, H.; SMITH, JM.; BRITT, CP. 1996. The effectiveness of organic mulches on weed control in farm woodlands. *Aspects fo Applied Biology* 44:63-68.
- MASIUNAS, JB; WESTON, AL; WELLER, CS. 1995. The impact of rye cover crops on weed populations in a tomato cropping system. *Weed Science.* 43:318-323.
- MANRIQUE, L. 1995. Mulching in potato systems in the tropics. *Journal of Plant Nutrition*, 18(4):593-616.
- MONSANTO, 1994. Conservar el suelo: Mínimo laboreo y siembra directa en cultivos herbáceos. Cirsa, Madrid. 31p.
- NAGABHUSHANA. GG; WORSHAN, AD; WICKLIFFE, DA; DANEHOWER, AD; CORBIN.TF. 1997. Evidence, basis, and implications for allelopathic weed-suppression by rye (*Secale cereale*. L.) cover crop mulch in

- no tillage crop production. *In*: Meeting of the Weed Science Society of America, Orlando, Florida. WSSA Abstracts, volumen 37.
- PANNKUK, C.; PAPENDICK, R.; SAXTON, K. 1997. Fallow management effects on soil water storage and wheat yields in the pacific northwest. *Agronomy Journal*. 89:386-391.
- SAHID, IB; SUGAU, JB. 1993. Allelopathic effects of lantana (*Lantana camara*) and siam weed on selected crops. *Weed Science*. 41(2):303-308.
- SOCIEDAD ESPAÑOLA LABOREO DE CONSERVACIÓN Y SUELOS VIVOS, 1998. Guía de Agricultura de Conservación en Cultivos Anuales. AELC/SV, Córdoba, España. 35 p.
- TAMAK, JC; NARWAL, SS; SINGH, I; RAM, M. 1994. Effect of aqueous extracts of rice stubbles and straw + stubbles on the germination and seedling growth of *Convolvulus arvensis*, *Avena ludoviciana* and *Phalaris minor*. *Crop Research Hisar (India)* 8(1):186-189.
- VIDAL, RA; BAUMAN, TT; LAMBER, JW. 1994. The effect of various wheat straw densities on weed populations. *Weed Sc. Soc. Am. Abstr.* 34. p.72.
- WESTON, AL. 1996. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy Journal* 88(6):860-866.
- WICKS, G.; CRUTCHFIELD, D.; BURNSIDE, O. 1994. Influence of wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch and metolachlor on corn (*Zea mays*) growth and yield. *Weed Science* 42:141-147.
- WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. 1994. *Herbicide handbook*. 7th edition. USA. 352 p.