

EFFECTO DEL USO DE METSULFURON-METIL Y GLIFOSATO SOBRE MALEZAS ASOCIADAS A CAFETALES EN VENEZUELA

Miguel Arizaleta¹, Alvaro Anzalone¹ y Alexander Silva²

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el control de malezas en cafetales (*Coffea arabica* L.) con énfasis en el helecho macho (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn) y el efecto del uso continuado de los herbicidas glifosato y metsulfuron-metil sobre la flora asociada al cultivo, se instalaron dos ensayos en una plantación de cafetos localizada en el municipio Bruzual del estado Yaracuy, Venezuela. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones y los siguientes cinco tratamientos: testigo, control manual, glifosato (1920 g·ha⁻¹), metsulfuron-metil (9 g·ha⁻¹) y glifosato + metsulfuron-metil. En el ensayo I se evaluó la cobertura total de malezas (CTM) en cuatro grupos (hojas anchas, gramíneas, ciperáceas y helechos) y la biomasa fresca de malezas. En el ensayo II se evaluó el número de plantas de helecho macho por metro cuadrado. Se encontraron diferencias significativas en la CTM para los herbicidas empleados, obteniéndose reducciones en un 25, 35 y 66 % para glifosato, metsulfuron-metil y la mezcla, respectivamente. Además, se produjo un efecto diferencial entre los grupos de malezas presentes, lo que indicó la propiedad que poseen los herbicidas de modificar la composición de las poblaciones de malezas asociada al café al ser utilizados de forma continua durante un período de tiempo relativamente corto (374 días). Con la mezcla de herbicidas se obtuvo los menores valores de biomasa de malezas, seguido por los tratamientos correspondientes a glifosato y metsulfuron-metil. Los tratamientos con glifosato, metsulfuron-metil y su mezcla lograron reducir las poblaciones de helecho en 56, 87, 73 %, respectivamente, con respecto a la población inicial.

Palabras clave adicionales: *Coffea arabica*, *Pteridium aquilinum*, control químico

ABSTRACT

Effect of metsulfuron-metil and glyphosate on control of weeds associated to coffee plantations in Venezuela

With the objective of evaluating weed control in coffee plantations (*Coffea arabica* L.) with emphasis in the bracken fern (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn) and the effect of the continued use of the herbicides glyphosate and metsulfuron-metil on the flora associated to the crop, two tests were conducted in a plantation located in Bruzual County, Yaracuy State, Venezuela. A randomized block design was used with four repetitions and the following five treatments: control, hand weeding, glyphosate (1920 g·ha⁻¹), metsulfuron-metil (9 g·ha⁻¹), and glyphosate+metsulfuron-metil. In test I total cover of weeds (TCW) in four groups (broadleaf, grassweed, cyperaceae and ferns) and fresh biomass of weeds were evaluated. In test II the number of plants of bracken fern by square meter was evaluated. There were significant differences in TCW for the herbicides, with reductions of 25, 35 and 66 % for glyphosate, metsulfuron-metil and the mixture, respectively. Besides, a differential effect among the groups of present weeds, occurred, which indicates the property that have those herbicides in continuous form during a period of relatively short time (374 days) to modify the composition of the weed populations associated to the coffee plantation. With the mixture of herbicide the smallest values of weed biomass was obtained, followed by the treatments of glyphosate and metsulfuron-metil. The treatments with glyphosate, metsulfuron-metil, and the mixture reduced the populations of bracken fern in 56, 87, 73 % respectively with respect to the initial values.

Additional key words: *Coffea arabica*; *Pteridium aquilinum*, chemical control

INTRODUCCIÓN

Los cafetales pueden verse seriamente afectados por los efectos de las malezas, los cuales van desde la competencia por los recursos limitantes del suelo, servir de reservorio de plagas

y/o enfermedades hacia el cultivo, interferir en labores como la fertilización y cosecha, hasta la acción perjudicial por la emisión de compuestos químicos por parte del sistema radical o por la descomposición de los tejidos de las malezas, fenómeno conocido como alelopatía (Medrano,

Recibido: Junio 18, 2007

Aceptado: Abril 11, 2008

¹ Dpto. de Fitotecnia, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado".

² Dpto. de Química y Suelos, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto, Venezuela. e-mail: miguelarizaleta@ucla.edu.ve; aanzalone@ucla.edu.ve; alexandersilvac@cantv.net

1999; García et al., 2000; Caro et al., 2001). Esta interferencia entre malezas y cultivo se observa con énfasis durante los dos primeros años de edad del cafeto, donde las malezas proliferan con mucho vigor debido a la existencia de grandes cantidades de semillas en el suelo dejadas por el barbecho y a la poca presencia aún de sombrero, que pueden reducir el desarrollo y comprometer la productividad de los cafetos (Sánchez y Gamboa, 2004; Souza et al., 2006). Las pérdidas de rendimiento por efectos de malezas en cafetales son variables, alcanzando valores cercanos al 40 % en plantaciones establecidas sin ningún tipo de control (Nishimoto, 1996).

Un aspecto importante del complejo de malezas de cafetales es la estabilidad en la dinámica poblacional debido principalmente a características propias del manejo y la ecología del cultivo, el cual por ser perenne, estar ubicado en zonas con abundancia de lluvias y requerir de poca mecanización del suelo (Ascanio, 1994; Jaramillo y Chávez, 1999) propicia una amplia diversidad de especies asociadas.

Entre las especies vegetales asociadas a los cafetales se destaca el helecho macho (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn), ampliamente distribuido en el agroecosistema cafetalero de Venezuela (Sánchez, 1996; Sánchez et al., 2002). Es una de las especies más cosmopolitas del mundo; posee un largo sistema de rizomas con gran cantidad de reservas de carbohidratos y nutrientes que pueden generar nuevas frondas; puede desarrollar un dosel capaz de producir elevados niveles de sombra sobre las plantas vecinas; alta acumulación de frondas muertas en el suelo, lo que ocupa el espacio y evita la entrada de otras especies a su nicho ecológico y por último, la producción de una amplia variedad de compuestos tóxicos que evitan que esta planta sea consumida por animales y permite una defensa contra especies competidoras a través de la alelopatía (Alonso et al., 1992; Marrs et al., 2000).

Si bien el helecho macho es una importante maleza en muchos cafetales, el manejo del cultivo debe ser realizado considerando toda la variedad de especies asociadas al mismo, y de modo general, las investigaciones se centran en la búsqueda de diferentes estrategias de control desde el punto de vista de su eficiencia y costo (Alcántara et al., 2007).

El control químico de malezas posee como

ventajas comparativas, con respecto al resto de métodos, su eficiencia en el uso de la energía, rapidez, facilidad de aplicación y la capacidad de selección de grupos específicos de malezas. Entre los herbicidas de uso común en cafetales destaca el glifosato y en menor grado el metsulfuron-metil, este último perteneciente al grupo de las sulfonilureas con un marcado efecto de control sobre el helecho macho. En Venezuela se han utilizado estos dos herbicidas para el control de malezas en cafetales, pero el efecto de su uso en aplicaciones continuas no ha sido documentado suficientemente, a pesar de que este tipo de estudio es necesario para comprender el efecto sobre la biodiversidad de la flora (Marshall et al., 2003). Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el uso del metsulfuron-metil y glifosato para el control de malezas y particularmente sobre la especie *Pteridium aquilinum* en una plantación comercial de cafeto, así como determinar los efectos del uso continuado sobre la dinámica poblacional de las malezas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio de la acción de los herbicidas metsulfuron-metil y glifosato y su comparación con el método tradicional de control de malezas en cafetales, se instalaron dos ensayos simultáneos en una plantación de cafetos de la variedad 'Catuaí amarillo' de tres años de edad, ubicada en Campo Elías, municipio Bruzual del estado Yaracuy, Venezuela. La zona posee una altitud de 1100 msnm, temperatura promedio de 23 °C, precipitación promedio de 1400 mm y suelos con pH 5. También es característico la abundancia de *Pteridium aquilinum* como maleza.

El ensayo I consistió en la evaluación del control químico de malezas en cafetales con el uso de glifosato y metsulfuron-metil y su comparación con un método manual, mientras que en el ensayo II se evaluó el control exclusivamente sobre *Pteridium aquilinum*.

El área bajo ensayo se encontraba en un sistema de cultivo bajo sombra parcial de guamo (*Inga* sp.) en una pendiente aproximada de 20 %. En ambos casos se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. El área de cada parcela experimental fue de 9 m², la cual se distribuía en el espacio entre dos hileras de cafeto colindantes, para un área total de cada

ensayo de 180 m². En ambos ensayos se utilizaron tratamientos similares, los cuales se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en los ensayos

| Identificación | Descripción |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| T | Testigo (sin control de malezas) |
| CM | Control manual |
| G | Glifosato (1920 g·ha ⁻¹ ia) |
| M | Metsulfuron-metil (9 g·ha ⁻¹ ia) |
| M+G | Metsulfuron-metil (9 g·ha ⁻¹ ia) + Glifosato (1920 g·ha ⁻¹ ia) |

ia= ingrediente activo

Los ensayos fueron iniciados en el período de lluvias y se extendieron por 374 días; durante el período de evaluación se presentó una etapa de baja disponibilidad de agua debido a la poca precipitación (meses secos). Los diferentes tratamientos fueron aplicados cada vez que las parcelas correspondientes al tratamiento de control manual alcanzaban un promedio de 70 % de cobertura del suelo por malezas o cuando éstas superaban en promedio 30 cm de altura. En total los tratamientos se aplicaron en cinco ocasiones, a los 0, 59, 118, 230 y 290 días del ensayo.

El tratamiento correspondiente al control manual se realizó a través del corte con machete a nivel del suelo. La aplicación de los herbicidas se realizó con una asperjadora manual tipo mochila dotada de boquilla TeeJet 8002 y calibrada para una descarga de 600 L·ha⁻¹. Los herbicidas comerciales utilizados fueron Ally (metsulfuron-metil 60 %, de la empresa DuPont) y Glyphosan (sal isopropilamina de glifosato 41 %, de la empresa Proyefa).

En el ensayo I se evaluó el efecto de los diferentes tratamientos sobre el total de especies presentes (control general de malezas); para ello se determinó la cobertura del suelo por malezas, utilizando la escala visual de cobertura del suelo por malezas propuesta por la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM, 1974), la cual posee un rango entre 0 y 100 de cobertura. A su vez se discriminó el total de la cobertura evaluada en cuatro grupos de malezas: hojas anchas, gramíneas, ciperáceas y helechos, determinando de forma visual el porcentaje que aportaba cada grupo de malezas al porcentaje total del suelo cubierto por malezas. A su vez se determinó la biomasa fresca de la parte aérea de

las malezas entre los 28 y los 40 días luego de cada aplicación de los tratamientos, para lo cual se cortaron a nivel del suelo todas las plantas presentes en el área total de la parcela, determinando la biomasa aérea de malezas sin discriminar entre grupos. Este material vegetal era retirado de las parcelas.

El ensayo II se instaló en un área con abundancia de helecho macho, cuya dominancia superaba el 90 % en el área experimental y distribuido uniformemente entre las parcelas; sólo se consideró la evaluación del efecto de los tratamientos sobre la población del helecho. Se determinó el número de plantas de helecho en el total del área de cada parcela antes y después de cada aplicación de los tratamientos. Las plantas con un daño por herbicida mayor a 7 según la escala visual de daño por herbicidas de la ALAM (Medrano, 1999) fueron consideradas como controladas por el herbicida.

Para el análisis de los resultados se utilizaron los paquetes estadísticos Minitab 13.32 y Statistix 8.0. En todos los casos donde se detectaron diferencias significativas se utilizó la prueba de separación de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo I

En total se encontraron 31 especies de malezas agrupadas en 19 familias. Esta amplia variedad de especies presentes en el ensayo es característica de los cafetales, donde predominan especies de hojas anchas (dicotiledóneas) y pteridofitas, con algunas especies gramíneas y ciperáceas (Cuadro 2).

Cobertura del suelo por malezas

No se detectó diferencia en el porcentaje de cobertura total del suelo por malezas entre tratamientos al inicio del ensayo ($P = 0,17$), lo que indicó una distribución bastante homogénea de las mismas sobre el suelo antes de la aplicación de los tratamientos (Figura 1).

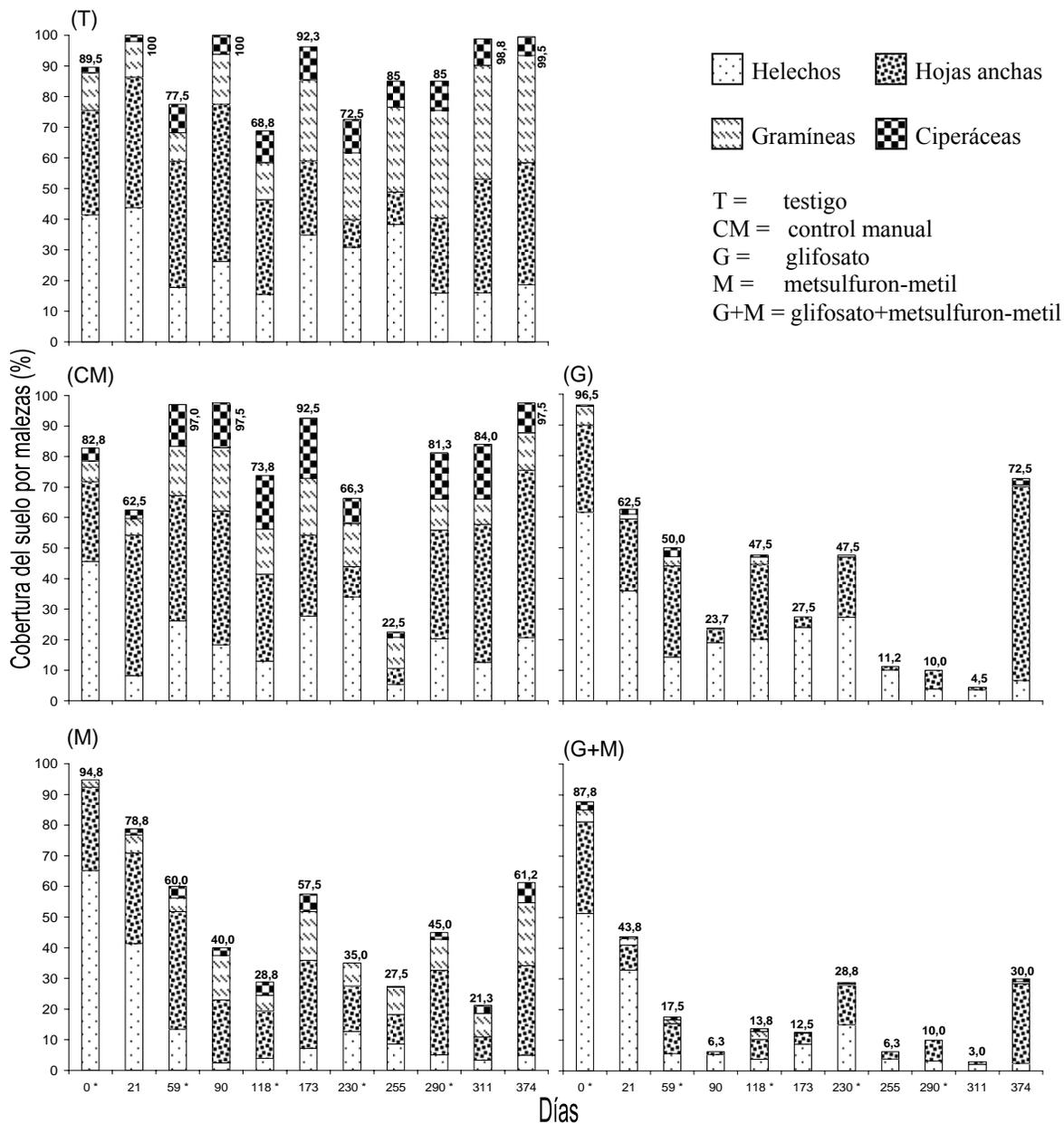
La tendencia general indica que la mezcla de herbicidas glifosato + metsulfuron-metil fue el tratamiento más efectivo para reducir la cobertura del suelo por malezas, seguido del tratamiento correspondiente a glifosato, y este tratamiento fue superado por el correspondiente al metsulfuron-metil sólo en una de las fechas evaluadas.

Cuadro 2. Especies de malezas presentes en el área de ensayo

| Nombre científico | Familia |
|-------------------------------------------------------|------------------|
| Hojas anchas (dicotiledóneas) | |
| <i>Borreria alata</i> (Aubl.) DC. | Rubiaceae |
| <i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griseb. | Rubiaceae |
| <i>Brassica alba</i> Rabenh. | Brassicaceae |
| <i>Cassia tora</i> L. | Fabaceae |
| <i>Croton hirtus</i> L'Hér. | Euphorbiaceae |
| <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd ex Roem. & Schult. | Caryophyllaceae |
| <i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk. | Asteraceae |
| <i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. | Asteraceae |
| <i>Impatiens balsamina</i> L. | Balsaminaceae |
| <i>Ipomoea trifida</i> auct. p.p. non (Kunth) G. Don | Convolvulaceae |
| <i>Jatropha urens</i> L. | Euphorbiaceae |
| <i>Lantana camara</i> L. | Verbenaceae |
| <i>Melochia lupulina</i> Sw. | Sterculiaceae |
| <i>Hyptis mutabilis</i> (A. Rich.) Briq. | Lamiaceae |
| <i>Oxalis corniculata</i> L. | Oxalidaceae |
| <i>Plantago major</i> L. | Plantaginaceae |
| <i>Sida acuta</i> Burm. f. | Malvaceae |
| <i>Sida rhombifolia</i> L. | Malvaceae |
| <i>Sonchus oleraceus</i> L. | Asteraceae |
| <i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn. | Asteraceae |
| <i>Verbena litoralis</i> Kunth. | Verbenaceae |
| Hojas anchas (monocotiledóneas) | |
| <i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott | Araceae |
| <i>Commelina diffusa</i> Burm. f. | Commelinaceae |
| Ciperáceas | |
| <i>Cyperus diffusus</i> Vahl | Cyperaceae |
| <i>Cyperus ferax</i> L.C. Rich. | Cyperaceae |
| <i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb. | Cyperaceae |
| <i>Scleria pterota</i> K. Presl ex C.B. Clarke | Cyperaceae |
| Hojas angostas (gramíneas) | |
| <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. | Poaceae |
| <i>Panicum maximum</i> Jacq. | Poaceae |
| <i>Rottboellia exaltata</i> (L.) L. f. | Poaceae |
| Pteridofitas | |
| <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn | Dennstaedtiaceae |

Por otra parte, el tratamiento correspondiente al control manual sólo logró valores de cobertura del suelo por malezas inferiores al tratamiento testigo en pocas ocasiones, pero con una diferencia importante al final del período de sequía (a los 255 días). Estos resultados indican la baja efectividad del control manual de malezas en cafetales como estrategia de manejo a largo plazo,

coincidiendo con los resultados presentados por Sánchez y Gamboa (2004), donde el uso de machete para el control de malezas en cafetales jóvenes fue poco efectivo en comparación con los herbicidas oxyfluorfen y napropamida y sólo alcanzó niveles de efectividad satisfactorios cuando se aplicó en momentos de baja pluviosidad en el área del ensayo.



| Tratamiento | Días | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------|----|-----------------|----|------------------|-----|------------------|-----|------------------|-----|-----|
| | 0 [†] | 21 | 59 [†] | 90 | 118 [†] | 173 | 230 [†] | 255 | 290 [†] | 311 | 374 |
| T | a | d | d | d | c | d | c | d | c | c | c |
| CM | a | b | e | d | c | d | c | c | c | c | c |
| G | a | b | b | b | c | b | b | ab | a | a | b |
| M | a | c | bc | bc | b | c | b | c | b | b | b |
| G+M | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a |

Figura 1. Cobertura del suelo y su distribución por grupos de malezas para los diferentes tratamientos aplicados ([†] días de aplicación). El período de sequía fue desde 173 hasta 255 días. Letras distintas entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (P<0,05) para la cobertura por malezas totales

Con relación a la cobertura total del suelo por malezas y el aporte de cada grupo de malezas a este valor, puede concluirse que existe un efecto diferencial entre los tratamientos aplicados sobre la composición de la flora asociada al cultivo del café (Figura 1). El control manual tuvo poca influencia en la distribución por grupos de la flora a lo largo del período de estudio, con una proporción entre grupos de malezas bastante similar a través del tiempo, presentando un ligero aumento en la dominancia de las malezas de hojas anchas. Tanto en este tratamiento como en el testigo se observó poca diferencia en la diversidad de especies presente entre el inicio y el final del ciclo de tratamientos. Por su parte, el tratamiento con glifosato presentó un control total de las pocas malezas gramíneas presentes y buen control del helecho, seleccionando a la flora hacia plantas de hojas anchas, por lo que al final del ensayo éstas fueron las más abundantes.

El tratamiento con metsulfuron-metil produjo un aumento en la dominancia de especies gramíneas y ciperáceas, con un buen control del helecho y hojas anchas (Figura 1). Una característica importante de resaltar en este tratamiento es que la proporción de especies hojas anchas en la flora asociada al cultivo si bien disminuye, se mantiene relativamente estable a través del tiempo de evaluación, debido principalmente a la alta diversidad de especies de este grupo presentes en el área de ensayo, con alta dominancia en la comunidad vegetal y con la presencia de especies que no son controladas por este herbicida. Por último, los resultados del tratamiento correspondiente a la mezcla de herbicidas indican la buena compatibilidad entre estos productos, ya que se complementa la acción de ambos herbicidas para ampliar el espectro de acción sobre las malezas, reduciendo de forma eficiente las poblaciones de hojas anchas y helecho, es decir, las predominantes. Tal como en el caso del metsulfuron-metil y probablemente por las mismas razones, las malezas predominantes al final del ensayo fueron las de hojas anchas, pero observándose una disminución significativa de la diversidad de malezas asociadas al cultivo. Estos resultados coinciden con los reportados por Marshall et al. (2003) quienes indican que en estudios a largo plazo los herbicidas para el control selectivo de hojas anchas fueron capaces de reducir las poblaciones de malezas comunes

(inclusive hasta hacerlas poco comunes), mientras los herbicidas de amplio espectro (como el glifosato) afectaron de forma más significativa la presencia de especies gramíneas. Asimismo, Ronchi y Silva (2004) encontraron un excelente control sobre especies gramíneas en cafetos jóvenes al aplicar los herbicidas fluazifop-p-butil o clethodim, lo que indica que el uso de herbicidas selectivos puede ser una herramienta para la selección de la flora asociada al cultivo como estrategia de manejo, evitando dejar el suelo sin cobertura vegetal.

A partir de las cifras de la Figura 1 se obtiene que la cobertura total del suelo por malezas al final del ensayo disminuyó en aproximadamente 25, 35 y 66 % para los tratamientos con glifosato, metsulfuron-metil y la mezcla, respectivamente. Además, se produjo un efecto diferencial entre los grupos de malezas presentes, lo que indica no sólo la capacidad de estos tratamientos en reducir la cobertura por malezas sino también la propiedad que poseen los herbicidas metsulfuron-metil y glifosato de modificar la composición de la flora asociada al cultivo del café al ser utilizados de forma continua durante un período de tiempo relativamente corto (374 días), seleccionando a aquellas plantas tolerantes a su acción y disminuyendo así la diversidad de malezas. Sin embargo, es importante recordar que el uso continuo de herbicidas puede aumentar el riesgo de aparición de biotipos de plantas resistentes, más aún en el caso del metsulfuron-metil, un herbicida sulfonilurea que posee un mecanismo de acción muy específico y con posibilidades para crear resistencia con rapidez por alteración del sitio de acción (Devine y Shukla, 2000).

En el Cuadro 3 se presenta un resumen del comportamiento de la cobertura del suelo por malezas (total y por grupos), realizando una comparación de los valores de esta variable entre el inicio y el final del ensayo. Se observa que al final el control manual produjo un incremento de la cobertura del suelo con relación al total de malezas, mientras que hubo una disminución de la cobertura con el uso de los herbicidas. De acuerdo con esto, el control manual representó la mejor opción para la conservación de la diversidad de la flora asociada al cultivo, ya que posee un bajo impacto sobre la dinámica poblacional de las diferentes especies, inclusive cuando se aplica de forma

intensiva y retirando del suelo el material cortado, tal y como se realizó en el ensayo. Sin embargo, desde el punto de vista agronómico y económico, esta forma de control es la que posee menor eficiencia en el manejo de malezas a largo plazo,

ya que obliga a realizar las labores de desmalezado de forma continua, con un alto costo de mantenimiento, que según Sánchez y Gamboa (2004) se estima hasta en un 60 % de la mano de obra utilizada en el cultivo.

Cuadro 3. Comparación de la cobertura del suelo por malezas (total y por grupos) entre los valores al inicio y al final del ensayo

| Tratamiento | Cobertura del suelo | | | | |
|-------------------------------|---------------------|----------|--------------|-----------|------------|
| | Total | Helechos | Hojas anchas | Gramíneas | Ciperáceas |
| Testigo | ns | ns | ns | ns | ns |
| Control manual | > | < | > | ns | ns |
| Glifosato | < | < | > | < | ns |
| Metsulfuron-metil | < | < | ns | > | > |
| Glifosato + Metsulfuron-metil | < | < | < | ns | ns |

> = valor significativamente mayor al final del ensayo ($P < 0,01$); < = valor significativamente menor al final del ensayo ($P < 0,01$); ns = diferencia no significativa al final del ensayo ($P > 0,05$)

Biomasa aérea de malezas

Los análisis indican que existen diferencias significativas en el efecto de los tratamientos sobre la biomasa aérea fresca de las malezas. En el Cuadro 4 se observa como los tratamientos con herbicidas fueron los que lograron disminuir significativamente los valores de biomasa de las malezas, mientras que el control manual produjo valores similares al testigo al final del ciclo de evaluaciones. Tal como en las variables anteriores se evidencia una fuerte influencia de la disponibilidad del agua sobre el desarrollo de las malezas y la eficiencia en el control de las mismas por los diferentes tratamientos, en especial en el

control manual. La mezcla de herbicidas produjo los menores valores de biomasa de malezas, seguido por los tratamientos correspondientes al glifosato y al metsulfuron-metil.

En las parcelas donde se aplicó el glifosato se observó un pequeño daño por herbicida en algunas plantas de café a causa de la deriva, el cual fue valorado como grado 3 según la escala de la ALAM. Este daño consistió básicamente en un crecimiento irregular de hojas en las ramas afectadas, semejante a los síntomas de deficiencia por zinc en este cultivo. En el caso del metsulfuron-metil no se observaron daños en el cultivo asociados a la acción del herbicida.

Cuadro 4. Biomasa aérea fresca de malezas ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) en las diferentes fechas evaluadas

| Tratamiento | Días | | | | | |
|-----------------------------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | 21 | 90 | 173 | 255 | 311 | 374 |
| Testigo | 1,28 c | 1,09 b | 0,77 b | 0,39 a | 1,24 c | 1,35 c |
| Control manual | 0,19 a | 0,98 b | 0,35 a | 0,13 a | 0,55 b | 1,30 bc |
| Glifosato | 0,45 ab | 0,10 a | 0,05 a | 0,09 a | 0,01 a | 0,60 ab |
| Metsulfuron-metil | 0,78 b | 0,30 a | 0,23 a | 0,53 a | 0,23 ab | 0,31 a |
| Glifosato+Metsulfuron-metil | 0,38 ab | 0,04 a | 0,03 a | 0,05 a | 0,01 a | 0,17 a |

La aplicación de los tratamientos se realizó a 0, 59, 118, 230 y 290 días de iniciado el ensayo. El período de sequía va desde 173 hasta 255 días. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

Ensayo II

No se detectaron diferencias en el número de plantas de helecho por metro cuadrado entre tratamientos al inicio del ensayo ($P = 0,69$), lo que indica una homogeneidad en la distribución de la especie entre las diferentes parcelas

experimentales (Cuadro 5).

A partir de los 118 días (tercera aplicación de los tratamientos) fue cuando se expresó una diferencia significativa ($P \leq 0,01$) entre los tratamientos, y el metsulfuron-metil se mantuvo como el mejor de los herbicidas empleados para el

control del helecho, seguido del tratamiento con la mezcla de metsulfuron-metil + glifosato, y glifosato, respectivamente. Si bien estos resultados varían de forma puntual en algunas fechas de evaluación, la tendencia general se mantiene, destacándose el tratamiento de metsulfuron-metil como el de mejor control sobre el helecho. Estos resultados coinciden con los de Sánchez et al. (2002) quienes reportaron una disminución significativa de los brotes del helecho con el uso

de este herbicida. Petrov y Marrs (2000) indican que una aplicación de glifosato no produce un control efectivo de *Pteridium aquilinum* sino que son necesarias aplicaciones continuas. Con base en nuestros resultados, el metsulfuron-metil puede plantearse como una alternativa ante el asulam, un herbicida carbamato de amplio uso para el control de *Pteridium aquilinum* en diferentes países y del que se ha comprobado una eficiente acción sobre esta especie (Le Duc et al., 2000).

Cuadro 5. Número de plantas de helecho por metro cuadrado en las diferentes evaluaciones

| Tratamiento | Días | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|-------|-----------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|--------|--------|
| | 0 [†] | 21 | 59 [†] | 90 | 118 [†] | 173 | 230 [†] | 255 | 290 [†] | 311 | 374 |
| Testigo | 4,4 a | 5,6 a | 7,3 a | 6,4 a | 2,3 bc | 4,6 b | 2,0 ab | 2,5 b | 3,6 c | 4,5 b | 5,40 c |
| Control manual | 4,5 a | 3,5 a | 6,8 a | 3,1 a | 3,2 c | 3,9 b | 3,4 b | 1,0 a | 4,1 c | 3,0 ab | 5,6 c |
| Glifosato | 4,3 a | 4,5 a | 5,3 a | 4,7 a | 1,0 abc | 1,4 a | 1,5 a | 1,2 a | 1,4 b | 1,7 ab | 1,9 bc |
| Metsulfuron-metil | 4,4 a | 4,6 a | 3,8 a | 3,4 a | 0,3 a | 0,9 a | 0,9 a | 0,8 a | 0,9 a | 0,9 a | 0,6 a |
| Glifosato+Metsulfuron-metil | 5,1 a | 4,4 a | 4,2 a | 3,5 a | 0,6 ab | 1,2 a | 0,9 a | 0,7 a | 0,8 a | 0,7 a | 1,4 b |

[†] Días en que se aplicaron los tratamientos

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Los tratamientos químicos aplicados lograron reducir la población del helecho macho de forma significativa, con una disminución del 56, 87 y 73 % con respecto a la población presente en la fecha inicial para los tratamientos con glifosato, metsulfuron-metil y metsulfuron-metil + glifosato, respectivamente. Por su parte, la densidad del helecho en los tratamientos testigo y control manual experimentaron un incremento de 21 y el 24 %, respectivamente, con relación a la fecha inicial, lo que demuestra lo inefectivo del método de control manual para esta especie, resultados que coinciden con los expuestos por Papavlasopoulos (2003). La aplicación del control manual sobre esta especie no sólo fue inefectiva sino que favoreció el establecimiento y expansión de la maleza. Otros estudios como los de Petrov y Marrs (2000) indican que el corte del helecho sólo es efectivo como método de control cuando se realiza al menos dos veces al año y luego de un tratamiento inicial con glifosato.

Se puede apreciar el efecto que ejercieron los tratamientos aplicados y la época de lluvias sobre la población del helecho (Figura 2). La alta densidad inicial fue poco afectada (o tal vez estimulada) por la acción de cualquiera de los tratamientos y, tal como se ha comentado, fue sólo a partir de la tercera aplicación de los tratamientos cuando se comenzaron a observar diferencias

importantes. En el momento que comenzó la época seca fue cuando los tratamientos químicos manifestaron su efecto de control de forma más acentuada, que se mantuvo hasta el final del período evaluado, inclusive después que había comenzado un nuevo período de lluvias y la disponibilidad de agua era mayor. De esta observación se puede inferir que el mejor momento para aplicar el control químico con los herbicidas utilizados en el ensayo es justo antes del comienzo del período seco (últimas lluvias), de manera de sumar el efecto del herbicida a la disminución de la disponibilidad de agua en el ambiente, para así restringir y agotar las reservas del helecho. Otra observación importante es que el control manual se igualó al control químico sólo cuando se aplicó en el período seco, pero en las parcelas correspondientes a este tratamiento el helecho se recuperó con facilidad luego del inicio de las lluvias.

Stewart et al. (2007) y Stewart et al. (2008) afirman que la efectividad en el control de *Pteridium aquilinum* depende de factores locales, por lo que deben hacerse investigaciones en cada zona para encontrar las estrategias de control más apropiadas. Por ejemplo, en algunas zonas el corte manual de la planta en dos oportunidades durante el año es suficiente para un efectivo control, mientras en otros casos es necesaria una

aplicación de herbicidas (glifosato o asulam) a las plantas que rebrotan después del corte. En el caso particular de los resultados obtenidos en este ensayo, sólo el uso continuado del control químico

fue capaz de disminuir significativamente la población de esta maleza y se necesitaron de al menos tres aplicaciones para comenzar a observar un control efectivo.

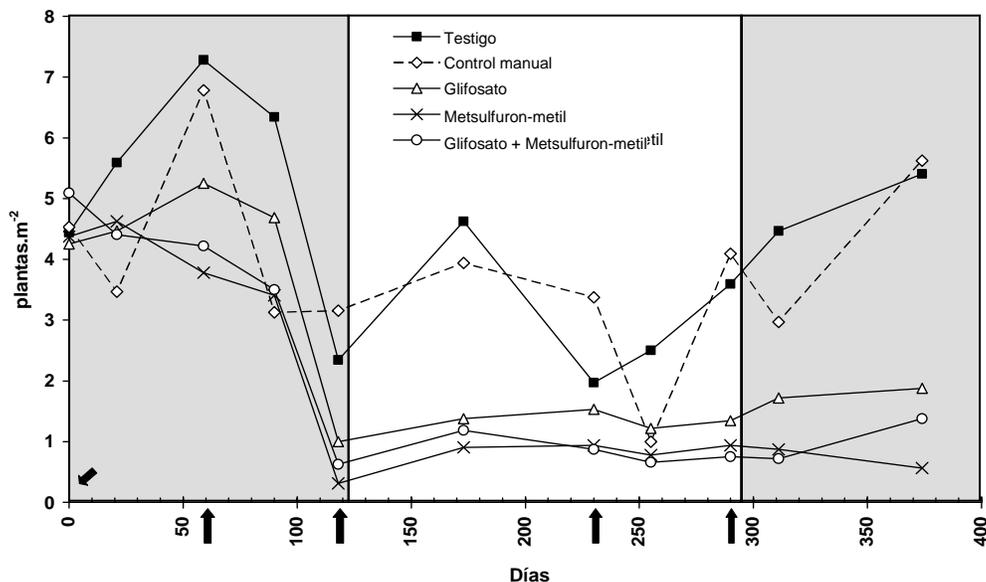


Figura 2. Densidad promedio de plantas de *Pteridium aquilinum* para los diferentes tratamientos aplicados. Las flechas indican los días en que se aplicaron los tratamientos. Las zonas oscuras indican la época de lluvias en la localidad del ensayo.

CONCLUSIONES

La mezcla de los herbicidas glifosato y metsulfuron-metil resultó ser el tratamiento más eficiente en el control de malezas en cafetos, al limitar el desarrollo de un mayor número de grupos de especies y mantener la cobertura del suelo por malezas en niveles bajos. El glifosato y metsulfuron-metil, así como la mezcla de ambos, son capaces de modificar de forma significativa la flora asociada al cultivo del café cuando son utilizados de forma continua, reduciendo la cantidad y diversidad de las especies.

El control manual presentó un deficiente desempeño en el control de malezas, pero fue el único tratamiento que no modificó la flora asociada al café a lo largo del ensayo, por lo que esta forma de control podría ser considerada como una estrategia para la conservación de la diversidad de la flora propia del agroecosistema café. Sin embargo, representa un método que implica mayor costo para el manejo de malezas, debido a la necesidad de su uso en forma continua.

En cuanto al helecho macho los mejores niveles de control se lograron con el tratamiento de metsulfuron-metil y fue a partir de la tercera aplicación cuando se evidenció el control efectivo de la especie.

LITERATURA CITADA

1. ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas). 1974. Resumen del panel de métodos de evaluación de control de malezas en Latinoamérica. Revista de la Asociación Latinoamericana de Malezas. pp. 6-12.
2. Alcántara, E.N., J. Azevedo, M. Martins. 2007. Weed control methods and soil acidity components in coffee plantation (*Coffea arabica* L.). Rev. Bras. Ciênc. Solo 31(6): 1525-1533.
3. Alonso, M., M. Pérez, M. Calcagno, E. Jaimes y U. Castillo. 1992. Ontogenic variation of biologically active metabolites of *Pteridium*

- aquilinum* (L. Kuhn) pterosins A and B and ptaquiloside in a bracken population of the tropical Andes. *Journal of Chemical Ecology* 18(8): 1405-1420.
4. Ascanio, C. 1994. *Biología del café*. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 308 p.
 5. Caro, P., M. Rodríguez y C. Morán. 2001. Extracción de nutrimentos por las malezas en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.). *Café Cacao* 2(1): 25-27.
 6. Devine, M. y A. Shukla. 2000. Altered target sites as a mechanism of herbicide resistance. *Crop Protection* 19: 881-889.
 7. García, M., A. Cañizales, F. Salcedo y L. Guillén. 2000. Un aporte a la determinación del período crítico de interferencia de malezas en cafetales del estado Monagas. *Bioagro* 12(3): 63-70.
 8. Jaramillo, A. y B. Chávez. 1999. Aspectos hidrológicos en un bosque y plantación de café al sol y bajo sombra. *Cenicafé* 50(2): 97-105.
 9. Le Duc, M., R. Pakeman, P. Putwain y R. Marrs. 2000. The variable responses of bracken fronds to control treatments in Great Britain. *Annals of Botany* 85: 17-29.
 10. Marrs, R., M. Le Duc, R. Mitchell, D. Goddard, S. Patersons y R. Pakeman. 2000. The ecology of bracken: Its role in succession and implications for control. *Annals of Botany* 85 (Supplement B): 3-15.
 11. Marshall, E., V. Brown, N. Boatman, P. Lutman, G. Squire y L. Ward. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43:77-89.
 12. Medrano, C. 1999. *Biología y Combate de Malezas*. La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. 282 p.
 13. Nishimoto, R. 1996. Manejo de malezas en las plantaciones de café. *In: Labrada, R., J. Caseley y C. Parker (eds.). Manejo de Malezas para Países en Desarrollo*. Estudio FAO 120. Roma. pp. 375-381.
 14. Papavlasopoulos, A. 2003. Biological control of *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn as a realistic prospect. *AgroThesis* 1(1): 13-18.
 15. Petrov, P. y R. Marrs. 2000. Follow-up methods for bracken control following an initial glyphosate application: The use of weed wiping, cutting and reseeding. *Annals of Botany* 85: 31-35.
 16. Ronchi, C.P y A.A. Silva. 2004. Weed control in young coffee plantations through post emergence herbicide application onto total area. *Planta Daninha* 22(4): 607-615.
 17. Sánchez, L. 1996. El helecho macho: daños y consideraciones sobre su control. *Fonaiap Divulga* 53: 40-41.
 18. Sánchez, L. y E. Gamboa. 2004. Control de malezas con herbicidas y métodos mecánicos en plantaciones jóvenes de café. *Bioagro* 16(2): 133-136.
 19. Sánchez, A., O. Dávila, D. Carrasco, D. García y D. Pino. 2002. Evaluación del Metsulfuron en el control del helecho de los pastos (*Pteridium aquilinum*). *Revista Científica (LUZ)* 12(4): 286-291.
 20. Souza, L.S., P.H. Losasso, M. Oshiiwa, R. García y L.A. Goes. 2006. Effect of *Brachiaria decumbens* control bands on the initial development and productivity of *Coffea arabica*. *Planta Daninha* 24(4): 715-720.
 21. Stewart, G., A. Pullin y C. Tyler. 2007. The effectiveness of asulam for bracken (*Pteridium aquilinum*) control in the United Kingdom: A meta-analysis. *Environmental Management* 40(5): 747-760.
 22. Stewart, G., E. Cox, M. Le Duc, R. Pakeman, A. Pullin y R. Marrs. 2008. Control of *Pteridium aquilinum*: Meta-analysis of a multi-site study in the UK. *Annals of Botany* 101(7): 957-970.