

EVALUACIÓN DE HERBICIDAS SULFONILUREAS PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN CAFETALES

Alvaro Anzalone¹ y Alexander Silva²

RESUMEN

Para evaluar la eficiencia en el control de malezas de herbicidas sulfonilureas en café (*Coffea arabica* L.) se realizó un ensayo en la localidad de Villa Nueva, estado Lara, Venezuela. El diseño experimental fue de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: enmalezado total (testigo), control manual (corte con machete) y cuatro controles químicos (glifosato a dosis de 1230 g i.a.·ha⁻¹, rimsulfuron a 30 g i.a.·ha⁻¹, metsulfuron-metil a 10,8 g i.a.·ha⁻¹ y nicosulfuron a 45 g i.a.·ha⁻¹). El ensayo se llevó a cabo en dos fases dentro de las cuales se evaluaron la cobertura del suelo por malezas, el control por especie, daño al cultivo, nivel de control de malezas, biomasa fresca de malezas y días de control. Los resultados obtenidos señalan que, en general, el uso de herbicidas fue más efectivo que el método de control manual. El glifosato superó a las sulfonilureas evaluadas en el control de malezas bajo las condiciones ensayadas. Entre las sulfonilureas destacaron en el control de malezas el nicosulfuron y el metsulfuron-metil, aunque con limitaciones en el control de ciertas especies. El nicosulfuron fue la sulfonilurea que más limitó la biomasa fresca de malezas, pero fue necesaria una aplicación más que metsulfuron-metil y glifosato para alcanzar buenos niveles de control. Las sulfonilureas nicosulfuron y metsulfuron-metil pueden ser utilizadas como alternativas a los herbicidas tradicionales de uso en cafetales para el control de especies particulares y pueden considerarse herramientas para el manejo integrado de malezas en este cultivo.

Palabras claves: *Coffea arabica*, café, metsulfuron-metil, rimsulfuron, nicosulfuron, glifosato

ABSTRACT

Evaluation of sulfonilurea herbicides for weed control in coffee plantations

To evaluate the efficiency for weed control of sulfonilureas herbicides in coffee tree plantations (*Coffea arabica* L.), a test was conducted in the locality of Villa Nueva, Lara State, Venezuela. The experimental design was a randomized complete blocks with six treatments and four repetitions. The treatments were: uncontrolled weed (control), hand weed control (with cane knife) and four chemical controls (glyphosate 1230 g a.i.·ha⁻¹, rimsulfuron 30 g a.i.·ha⁻¹, metsulfuron-metil 10.8 g a.i.·ha⁻¹ and nicosulfuron 45 g a.i.·ha⁻¹). The test was run in two steps, and cover of ground by weeds, weed control by species, damage to the crop, level of weed control, fresh biomass of weeds, and days of control were evaluated. In general, the use of herbicides resulted to be more effective than control by the manual method. Glyphosate was better for weed control in coffee plantations than all sulfonilureas under this trial conditions. Among the sulfonilureas, nicosulfuron and metsulfuron-metil distinguished in the control of weeds, although with limitations in the control of certain species. Nicosulfuron was the sulfonilurea that most limited weed biomass, but it needed more than a one application to reach good weed control whereas metsulfuron-metil and glyphosate produced acceptable levels of weed control with fewer applications. The sulfonilureas nicosulfuron and metsulfuron-metil can be used for the control of particular species as alternative to traditional herbicides used in coffee plantations, and can be considered effective tools for integrated weed management in this crop.

Key Words: *Coffea arabica*, coffee, metsulfuron-metil, rimsulfuron, nicosulfuron, glyphosate

INTRODUCCIÓN

El control de malezas es una actividad de importancia en la producción agrícola, siendo particularmente relevante en el cultivo del café, ya que al ser éste un cultivo perenne que amerita de poca disturbación o laboreo del suelo,

poseer porte alto y gran desarrollo del dosel, dejando así que en su estado adulto sólo llegue al suelo una porción de luz solar, condición que puede ser tolerada sólo por un grupo específico de plantas (Jaramillo y Chávez, 1999; García et al., 2000), lo que genera una situación de flora arvense muy particular para estos

Recibido: Noviembre 14, 2008

Aceptado: Marzo 31, 2010

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

² Dpto. de Química y Suelos, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Venezuela. Apdo. 400. e-mail: aanzalone@ucla.edu.ve; alexandersilva@ucla.edu.ve

agroecosistemas. Adicionalmente a estas características, en general, estos sistemas cafetaleros se encuentran enmarcados en zonas agroecológicas de alta precipitación, condiciones éstas que facilitan la amplia diversidad de las especies vegetales (Ascanio, 1992). Las pérdidas de rendimiento en cafetales por efectos de malezas son variables, alcanzando valores entre 35 y 39% en plantaciones establecidas sin ningún tipo de control y entre 16 y 27 % en aquellas con control parcial (Nishimoto, 1996).

Uno de los métodos de control de malezas adoptados por los caficultores es el empleo de herbicidas, productos químicos que afectan la fisiología de la maleza disminuyendo o paralizando el crecimiento y desarrollo de las actividades metabólicas y en algunos casos ocasionando la muerte de las malezas (Anzalone, 2008).

Los métodos químicos para el control de malezas presentan ciertas ventajas comparativas sobre otros métodos comúnmente empleados (Njoroge, 1994a; Sánchez y Chacón, 2000; Caro, 2002), entre las que se pueden mencionar la facilidad y rapidez en la aplicación, y en algunos casos menor costo de la labor y mayor eficiencia en el uso energético (Abu-Qare y Duncan, 2002). Sin embargo, estos productos poseen selectividad, lo que supone que su capacidad de control se limita a un grupo de especies, produciendo una selección de las poblaciones hacia la abundancia de aquellas especies no controladas (Njoroge, 1994b).

Entre los herbicidas se encuentran las sulfonilureas, una familia de herbicidas con amplia variedad de moléculas de amplio uso en los principales cultivos agrícolas; sin embargo y por razones de diversos tipos, muchas de estas moléculas no han sido evaluadas en algunos cultivos de importancia en el país, como el café. El grupo de la sulfonilureas, inhiben la acción de la enzima acetolactasa sintetasa (ALS), la cual es necesaria en la síntesis de los aminoácidos alifáticos de cadenas ramificadas isoleucina, leucina y valina (Anzalone, 2008).

Este conjunto de herbicidas poseen entre sus características generales un amplio espectro de control de acuerdo a la molécula utilizada, bajas dosis de ingrediente activo y producto comercial por área tratada, baja toxicidad y costos competitivos (Monaco et al., 2002); éstas y otras

virtudes hacen de su uso una opción a ser considerada en cualquier agroecosistema, en especial como opción de control en aquellos con alta diversidad en su flora arvense, como lo son los cafetales. Igualmente, dado el creciente problema de malezas resistentes a herbicidas en zonas donde el uso repetitivo de una molécula herbicida es común, se hace importante el estudio de opciones para la rotación de los mecanismos de acción de los herbicidas utilizados, al igual que para no generar una presión de selección tal y favorecer un grupo específico de plantas (Njoroge, 1994b; Shaner, 1995). Por todo ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes herbicidas sulfonilureas en cafetales como potencial alternativa de control químico para el manejo de malezas en este cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo durante un período de 8 meses en la localidad de Villa Nueva, ubicada en el Municipio Morán del Estado Lara (Venezuela), enmarcada en la latitud 9°32' N y longitud 69°48' W. La zona se caracteriza por presentar suelos arcillo-limoso con altos contenidos de materia orgánica, bajos niveles de nutrientes y pH considerados como extremadamente ácidos, principalmente suelos representantes del orden Oxisol.

La temperatura promedio de la zona es de 18,8 °C, humedad relativa cercana al 80 %, precipitación promedio de 1100 mm con una distribución bimodal, considerándose el período de mayor precipitación entre los meses de abril a noviembre y el período de menor precipitación de diciembre a marzo. La zona presenta una elevación cercana a 1150 msnm y está catalogada por su zona de vida como un bosque húmedo pre-montano según la clasificación de Holdridge (1977). La plantación de café donde se instalaron los ensayos tenía cuatro años de edad, con un arreglo de 2 m entre hileras y 1 m entre plantas. Durante el ensayo se realizó una aplicación de fertilizante en fórmula completa 14-14-14 a razón de 200 g por planta.

El ensayo se realizó durante el período de lluvias (mayo-julio), siguiendo un diseño de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. El área experimental fue de 384 m², donde cada una de las parcelas abarcó el área

interna entre tres hileras de plantas y cuatro plantas de cafeto por hilera. Los tratamientos aplicados fueron: testigo enmalezado (sin control de malezas); control manual (limpia a machete), el cual es el tipo de control más utilizado en la zona donde se instaló el ensayo; glifosato ($1230 \text{ g i.a.}\cdot\text{ha}^{-1}$), rimsulfuron ($30 \text{ g i.a.}\cdot\text{ha}^{-1}$), metsulfuron-metil ($10,8 \text{ g i.a.}\cdot\text{ha}^{-1}$) y nicosulfuron ($45 \text{ g i.a.}\cdot\text{ha}^{-1}$). Se incluyó el herbicida glifosato como referencia del herbicida más utilizado en la zona para cafetales. Todos los herbicidas utilizados son de uso post-emergente; sin embargo, nicosulfuron y metsulfuron-metil poseen una comprobada capacidad residual en el suelo. Como fuentes de los herbicidas se utilizaron los productos comerciales Glyphosan LS (glifosato $480 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$); Titus (rimsulfuron 25 %); Ally (metsulfuron-metil 60 %) y Accent (nicosulfuron 75 %).

Los herbicidas fueron aplicados con una asperjadora de espalda empleando una boquilla con una descarga de $600 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ a una altura de 50 cm del suelo, mientras que el tratamiento con limpia a machete fue realizado bajo la destreza de los productores de la zona. Todos los tratamientos fueron aplicados en el momento que las parcelas experimentales cumplieron el criterio de que el conjunto de malezas alcanzara un promedio de 30 cm de altura o que existiera una cobertura en el suelo por parte de ellas superior al 70 % (lo que se cumpliera primero); esta condición ocurrió a los 38 días de iniciado el ensayo, después de una limpia manual aplicada en todas las parcelas.

El ensayo constó de dos fases en las cuales se determinaron distintas variables: en la fase I se evaluó la cobertura total de las malezas, el nivel de control por especie y el daño al cultivo; en esta fase se realizaron reaplicaciones de los tratamientos cuando alguno de los criterios para la aplicación del control (cobertura del suelo por malezas o altura promedio de malezas) se cumplía. Por su parte, en la fase II se evaluaron las variables cobertura total, índice de control de malezas (evaluado visualmente), lapso de control de malezas y biomasa fresca de malezas. En esta fase se realizó una única aplicación de los tratamientos, pero es de aclarar que las parcelas experimentales estaban bajo la influencia del manejo dado en la fase I del ensayo. Las variables evaluadas en ambas fases del ensayo fueron las siguientes:

- Cobertura del suelo por malezas: Determinada por medio de la evaluación visual, donde se valoró el área total de la parcela y en la cual se discriminó en función de los siguientes grupos: cobertura total, cobertura de gramíneas, cobertura de hojas anchas, cobertura de ciperáceas, cobertura de pteridofitas. Se utilizó una escala de 0 a 100 % donde 0 equivale a suelo completamente desnudo y 100 corresponde a totalmente enmalezado.

- Índice de control de malezas: Determinado de manera cualitativa con la utilización de la escala propuesta por la Asociación Latinoamericana de Malezas-ALAM (Cuadro 1) y aplicada al aspecto general de la parcela.

Cuadro 1. Sistema de evaluación visual de control de malezas

Índice	Denominación
0 - 40	Ninguno a pobre
41 - 60	Regular
61 - 70	Suficiente
71 - 80	Bueno
81 - 90	Muy bueno
91 - 100	Excelente

Fuente: ALAM (1974)

- Control por especie: Luego de realizar un inventario preliminar de las malezas presentes en el área bajo ensayo se seleccionaron las especies de malezas cuyos valores de índice de valor de importancia (IVI) acumularan hasta el 80% del IVI total. El IVI es un formato numérico que permite asignarle a cada especie su categoría de importancia en base a su condición fitosociológica, es decir, a su relación con las otras especies presentes en un área determinada de acuerdo a algunos parámetros poblacionales. Las expresiones utilizadas para estos cálculos se presentan en el Cuadro 2. Sobre las especies seleccionadas de acuerdo al IVI se evaluó el control por especie, para lo cual se ubicó un marco fijo de $0,5 \text{ m}^2$ dentro de cada parcela y se determinó el número de individuos por especie antes y después de 21 días de la aplicación de los tratamientos.

- Biomasa fresca de malezas: El cual se determinó al final del ensayo, cortando las malezas presentes en toda la parcela a nivel del suelo (biomasa aérea) para su posterior pesaje en balanza.

- Lapso de control de malezas: Valor obtenido del

tiempo estimado entre dos aplicaciones continuas de un mismo tratamiento de acuerdo al criterio para la aplicación de los tratamientos utilizados.

- Daño al cultivo: Se determinó mediante una valoración visual según la escala de daño de ALAM (1974).

Cuadro 2. Expresiones matemáticas utilizadas para el cálculo de los parámetros poblacionales y el índice de valor de importancia (IVI) para las malezas presentes en el área bajo estudio

Parámetro poblacional	Expresión para su cálculo
Densidad (De)	Número de plantas por especie / Unidad de área
Densidad relativa (Dr)	Densidad por especie / Densidad total
Frecuencia (F)	Número de muestras en las que aparece la especie x 100 / N° total de muestras
Frecuencia relativa (Fr)	Frecuencia por especie / Frecuencia total
Dominancia (Do)	N° de individuos de una especie x 100 / N° total de individuos de todas las especies
Dominancia relativa (dr)	Dominancia por especie / Dominancia total
IVI	Dr + Fr + dr

En los resultados de las variables cualitativas (evaluadas de forma visual), no se reportó el testigo ya que la comparación se realizó contra ese tratamiento

Los análisis estadísticos se realizaron con la ayuda del paquete informático Statistix V.8.0, aplicando análisis de varianza y prueba de medias de Tukey para aquellas variables continuas que cumplieron con los supuestos del análisis, y prueba de Friedman (análisis no paramétrico) para aquellas variables no continuas (las de tipo cualitativas) o que no cumplieron con los

supuestos del análisis.

RESULTADOS

Con relación a las especies malezas presentes en el área bajo estudio, se observa predominio de plantas dicotiledóneas y una presencia importante de ciperáceas (Cuadro 3). Las especies encontradas son las típicas de la zona de producción donde se instaló el ensayo. Otras especies reportadas en este inventario inicial de malezas fueron *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Oxalis corniculata* L. y *Commelina diffusa* Burm. f.

Cuadro 3. Escala para la evaluación de daño al cultivo por efecto del herbicida

Índice	Denominación	Descripción del daño
0	Ningún daño	Ningún efecto, apariencia similar al testigo
10		Leve clorosis retardo en el crecimiento
20		Leve clorosis retardo en el crecimiento
30	Daño leve	Clorosis más pronunciada, manchas necróticas, malformaciones
40		Clorosis intensa, necrosis y malformaciones más pronunciadas, el cultivo por lo general se recupera
50		Los síntomas son más marcados; el cultivo se recupera, lo hace con dificultad
60	Daño moderado	La fitotoxicidad se manifiesta; el cultivo por lo general no desarrolla bien
70		Severo daño al cultivo, pérdida de plantas
80	Daño severo	Significativa muerte de las plantas, pocas logran sobrevivir
90		Muerte casi total de las plantas
100	Muerte total	Destrucción del cultivo

Fuente: ALAM (1974)

Fase I**Cobertura total de malezas**

Para la cobertura total del suelo por malezas existe una diferencia significativa entre tratamientos a partir de los 14 días después de la aplicación inicial de tratamientos (Cuadro 4). Se evidencia como el glifosato se comporta como el tratamiento que más limita la cobertura del suelo por las malezas sobre los demás tratamientos, incluso superando a los tratamientos que fueron reaplicados (control manual, rimsulfuron y nicosulfuron). Por su parte el metsulfuron-metil presentó un desempeño clasificado como regular, aunque hay que considerar que este tratamiento no

fue reaplicado debido a que no alcanzó el nivel de infestación de malezas establecido como criterio para reaplicar tratamientos; es decir, este herbicida tuvo un mejor desempeño como post-emergente que las otras sulfonilureas utilizadas, por lo que al momento de la evaluación aún la flora arvense no se había recuperado de la acción del herbicida. Nicosulfuron y rimsulfuron no actuaron de forma adecuada como post-emergentes a pesar de que el estado de las plantas al momento de la aplicación era el apropiado, de allí la necesidad de la reaplicación; sin embargo, el herbicida nicosulfuron manifestó persistencia en el suelo, lo que se evidenció en los resultados de la fase II.

Cuadro 4. Parámetros poblacionales e índice de valor de importancia (IVI) de las especies que abarcaron más del 80 % del IVI en el área bajo ensayo

Especie	Densidad (m ⁻¹)	Frecuencia	Dominancia	IVI
<i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griseb.	39,83	18,53	21	0,4669
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex J.A. Schultes	34,33	15,97	21	0,4157
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	33,33	15,50	22	0,4110
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	14,50	6,74	20	0,2266
<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	14,33	6,67	17	0,2113
<i>Cyperus luzulae</i> auct. non (L.) Rottb. ex Retz.	13,33	6,20	17	0,2020
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl	16,50	7,67	14	0,2177
<i>Cyathula achyranthoides</i> (Kunth) Moq.	11,83	5,50	15	0,1789
<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	12,67	5,89	13	0,1775

Cobertura por grupos de malezas

Al analizar los resultados obtenidos de los datos de cobertura del suelo por grupos de malezas (gramíneas, ciperáceas, hojas anchas y pteridofitas), las pruebas de Friedman aplicadas a las diferentes fechas de evaluación indicaron que no se encontraron diferencias significativas para esta variable entre los tratamientos aplicados en el caso de la cobertura de gramíneas, la cual se mantuvo alrededor del 12 % en todos los tratamientos y de 20% en el testigo; sin embargo, sí se evidenció diferencia significativa ($P \leq 0,01$) para la cobertura del suelo por ciperáceas, hojas anchas y pteridofitas (Cuadro 5), en especial a partir de la segunda semana después de la aplicación y que se mantuvieron hasta la novena semana de ensayo.

Para la variable cobertura del suelo por ciperáceas no se encontró diferencia significativa ($P > 0,05$) entre tratamientos para la primera fecha de evaluación; hubo diferencias a partir de las posteriores evaluaciones, y éstas se mantuvieron hasta la décima semana de evaluación. Se

evidencia como el metsulfuron-metil es el tratamiento más deficiente en la disminución de cobertura por ciperáceas, mientras que el glifosato se comporta como el tratamiento que más limita dicha cobertura, incluso superando a los tratamientos que fueron reaplicados.

Cuadro 5. Valores de cobertura total del suelo por malezas a los 66 ddai en la fase I del ensayo

Tratamiento	Cobertura del suelo por malezas (%)
Glifosato	37,50
Rimsulfuron*	55,00
Nicosulfuron*	52,50
Metsulfuron-metil	70,00
Control manual*	85,00
Testigo (sin control)	95,00

Diferencia significativa entre tratamientos según la Prueba de Friedman ($P \leq 0,01$). * = Tratamientos reaplicados a la quinta semana después de la aplicación inicial

En cuanto a la cobertura del suelo por hojas

anchas, la prueba de Friedman reportó diferencias significativa ($P \leq 0,01$) desde las primeras fecha de evaluación hasta el final de éstas; los resultados indican que el tratamiento con metsulfuron-metil obtuvo el mejor desempeño en la reducción de cobertura por hojas anchas, siendo muy superior a las otras sulfonilureas evaluadas y al glifosato. Por último, para la cobertura por pteridofitas la prueba de Friedman no detectó diferencias entre los tratamientos para la primera fecha de evaluación, pero a partir de allí se encontraron diferencias hasta la última evaluación. En este caso el mejor tratamiento corresponde al metsulfuron-metil, muy superior al resto de los tratamientos, incluso aquellos que fueron reaplicados. El glifosato tuvo un pobre desempeño en el control de la cobertura del suelo por pteridofitas y al final del ciclo los valores de cobertura se asemejan al testigo sin control.

Control por especie

El control de las especies malezas presentes se determinó de forma cuantitativa para cada fecha de evaluación en comparación con el número de individuos presentes antes de la aplicación (o reaplicación) de los tratamientos. En el Cuadro 6 se muestra de forma resumida los resultados para esta variable a 35 días después de la aplicación de los tratamientos para las nueve especies más importantes en el área bajo estudio, expresando el promedio de control obtenido en base a la denominación del índice de control descrito en el Cuadro 1.

Cuadro 6. Comparación múltiple para la variable distribución de la cobertura del suelo por grupos de malezas a 66 ddai en la fase I del ensayo

Tratamiento	Suelo cubierto por malezas		
	Ciperáceas	Hojas	Pteridofitas
Glifosato	19,00	42,50	20,00
Rimsulfuron*	25,00	35,00	15,00
Nicosulfuron*	32,50	43,75	12,50
Metsulfuron-	65,00	22,50	1,50
Control manual*	20,00	45,00	12,50
Testigo (sin control)	20,00	37,50	25,00

Diferencia significativa entre tratamientos según la Prueba de Friedman ($P \leq 0,01$). * = Tratamientos reaplicados a la 5ª semana después de la aplicación inicial

Se observa como los herbicidas glifosato y

metsulfuron-metil son los que destacan en el control de buena parte de las especies malezas de mayor importancia presentes en el ensayo, siempre con excepciones. Al comparar estos resultados con los obtenidos en la cobertura del suelo por grupos de malezas (Cuadro 5) se observa que el excelente control de hojas anchas logrado por el metsulfuron-metil trajo como consecuencia que 66 días después de la aplicación inicial del tratamiento, las ciperáceas, en especial *Cyperus luzulae*, ocuparan el nicho dejado por las hojas anchas, a pesar de que el control inicial (hasta 21 días después de la aplicación) de la especie *Fimbristylis dichotoma* fue muy bueno por este producto. Si bien no se encontraba entre las especies importantes, se observó un excelente nivel de control de *Pteridium aquilinum* por metsulfuron-metil. Por su parte, el glifosato obtiene un desempeño bastante bueno en limitar la cobertura general y por grupos de malezas (Cuadro 4) debido a su mayor espectro de acción, lo que implica un control de mayor número de especies a pesar de que el control no sea considerado excelente para algunas de ellas.

Los herbicidas rimsulfuron y nicosulfuron manifestaron una muy limitada capacidad de control de las especies presentes en post-emergencia; sin embargo, los resultados de la fase II del ensayo indican que la persistencia de nicosulfuron en el suelo pudo actuar de forma efectiva en la limitación de la emergencia de nuevas plántulas de malezas, por lo que su desempeño general fue de regular a bueno.

Daño al cultivo

No se manifestó daño visible al cultivo de ninguno de los herbicidas aplicados lo que permite inferir que bajo las condiciones en las que se realizó el ensayo en cuanto a la forma y época de aplicación utilizada, no existe un efecto de toxicidad de los herbicidas empleados sobre el café de la edad y variedad estudiada.

Fase II

Los resultados de la fase II en cuanto a la cobertura del suelo por malezas y control por especies se presentan separadas de la fase I debido a que en este caso las parcelas bajo estudio ya habían sufrido el manejo de malezas dado en la fase I. También se debe resaltar que durante la fase II no se realizaron reaplicaciones

de los tratamientos.

Cobertura total de malezas

La prueba de Friedman detectó diferencias significativas ($P \leq 0,01$) entre tratamientos en las cuatro fechas de evaluación analizadas, manteniendo estos resultados hasta los 56 días después de la aplicación de tratamientos. Con la misma tendencia que en la fase I, los resultados que se reportan en la fase II (Cuadro 7) ubican al tratamiento glifosato como el que obtiene la menor cobertura total del suelo por malezas, seguido de nicosulfuron, rimsulfuron y metsulfuron-metil. En todos los tratamientos con

herbicidas se observan menores valores de cobertura del suelo que los obtenidos en la fase I, lo que demuestra el efecto a largo plazo de la aplicación continua de herbicidas, que tiende a disminuir la cobertura del suelo por malezas, así como la diversidad de las especies presentes; además se observa que el control manual tiene poca influencia en la cobertura del suelo por malezas, inclusive después de aplicarlo en varias ocasiones, lo que refleja su escasa persistencia. Es aquí donde se evidencia el efecto residual o persistente de los herbicidas nicosulfuron y metsulfuron-metil, en especial en el caso del primero de ellos.

Cuadro 7. Resumen de los resultados del control por especie en la fase I del ensayo

Especie	Herbicidas			
	Glifosato	Rimsulfuron	Metsulfuron-metil	Nicosulfuron
<i>Borreria laevis</i>	Suficiente	Nulo o pobre	Bueno	Nulo o pobre
<i>Drymaria cordata</i>	Excelente	Nulo o pobre	Suficiente	Nulo o pobre
<i>Ageratum conyzoides</i>	Excelente	Regular	Excelente	Regular
<i>Emilia sonchifolia</i>	Excelente	Nulo o pobre	Suficiente	Nulo o pobre
<i>Colocasia esculenta</i>	Nulo o pobre	Nulo o pobre	Nulo o pobre	Nulo o pobre
<i>Cyperus luzulae</i>	Nulo o pobre	Nulo o pobre	Nulo o pobre	Nulo o pobre
<i>Fimbristylis dichotoma</i>	Bueno	Nulo o pobre	Muy Bueno	Regular
<i>Cyathula achyranoides</i>	Regular	Nulo o pobre	Bueno	Nulo o pobre
<i>Paspalum conjugatum</i>	Excelente	Nulo o pobre	Regular	Nulo o pobre

Índices en base a la escala propuesta por la ALAM (ALAM, 1974)

Índice de control de malezas

Los datos obtenidos en el índice de control de malezas según la escala de ALAM (1992) (Cuadro 1) indican como el mejor tratamiento al correspondiente a glifosato con un índice de “excelente”, seguido de nicosulfuron con una valoración de “muy bueno” (Cuadro 8); por otra parte el rimsulfuron obtuvo un control “regular” al igual que metsulfuron-metil, mientras el control mecánico obtuvo un nivel de control de malezas de “nulo o pobre”. Al igual que en la variable anteriormente descrita, se observa el efecto residual de nicosulfuron, que si bien no obtuvo un desempeño particularmente bueno en el control en post-emergencia de las malezas, si es capaz de limitar de forma apropiada la emergencia de nuevas generaciones de plantas malezas. Estos resultados corresponden a la evaluación realizada 56 días después de la aplicación de los tratamientos; sin embargo, resultados similares se obtuvieron en las cuatro fechas de evaluación.

Cuadro 8. Cobertura total del suelo por malezas a los 56 días después de la aplicación de tratamientos en la fase II del ensayo

Tratamiento	Cobertura del suelo por malezas (%)
Glifosato	8,50
Rimsulfuron	42,50
Nicosulfuron	20,00
Metsulfuron-metil	60,00
Control manual	87,50
Testigo (sin control)	80,00

Biomasa fresca de malezas

Para la variable biomasa fresca de malezas se aplicó un análisis de varianza y se detectó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos. La prueba de medias indicó que el glifosato produjo los menores valores de peso fresco de malezas, seguido por el nicosulfuron, rimsulfuron y metsulfuron-metil (Cuadro 9). Los tratamientos correspondientes al

control manual y testigo se comportaron como los más deficientes, con los mayores valores de biomasa fresca de malezas.

Cuadro 9. Comparaciones múltiples del índice de control evaluado visualmente a los 56 días después de la aplicación de los tratamientos en la fase II del ensayo

Tratamiento	Índice de control
Glifosato	93,00
Nicosulfuron	85,00
Rimsulfuron	40,50
Metsulfuron metil	35,00
Control manual	6,00

Diferencia significativa entre tratamientos según la Prueba de Friedman ($P \leq 0,01$)

Debido a que el peso fresco de malezas es un parámetro indirecto para estimar el control total de malezas, se puede concluir que los tratamientos con glifosato y nicosulfuron destacan ampliamente sobre los demás, seguidos del rimsulfuron y metsulfuron-metil respectivamente; tal como se esperaba, estos datos siguen la misma tendencia que los correspondientes a la cobertura total del suelo por malezas y el índice de control de malezas.

Lapso de control de malezas

Es importante destacar que este parámetro se encuentra influenciado por el manejo de malezas dado a las parcelas experimentales en la fase I del ensayo, por lo que en los resultados se indica el número de aplicaciones totales hechas para cada herbicida (incluyendo ambas fases). En el Cuadro 10 se observa que el control alcanzado por el glifosato, considerado como excelente, permite mantener al cultivo libre de malezas por un amplio período de tiempo y con un reducido número de aplicaciones. Por otra parte, el tratamiento con nicosulfuron produjo un lapso intermedio de control de malezas, mientras que el metsulfuron-metil y el rimsulfuron presentaron valores semejantes, pero con la salvedad que el metsulfuron-metil fue aplicado sólo en dos ocasiones mientras que nicosulfuron y rimsulfuron se aplicaron en tres ocasiones. En cuando al control manual se pudo observar que éste logró alcanzar un período de control de malezas muy bajo.

Cuadro 10. Biomasa fresca de malezas al final de la fase II del ensayo

Tratamiento	Biomasa fresca de malezas ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)
Glifosato	21,95 a
Nicosulfuron	32,66 a
Rimsulfuron	90,78 b
Metsulfuron metil	91,40 b
Control manual	206,25 c
Testigo	220,31 c

Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0,05$)

Cuadro 11. Lapsos promedios de control de malezas estimados por tratamiento

Tratamiento	N° total de aplicaciones	Lapso (días)
Glifosato	2	93
Nicosulfuron	3	82
Rimsulfuron	3	67
Metsulfuron-metil	2	71
Control manual	3	39

DISCUSIÓN

Dentro de las sulfonilureas evaluadas destaca el hecho que cada ingrediente activo se comportó de manera diferente frente a sus semejantes; por ejemplo, nicosulfuron no se destacó en el control de las malezas de hojas anchas presentes en el área experimental en post-emergencia. Este herbicida es un excelente controlador de gramíneas y Strahan et al. (2000) coinciden en que es muy superior en el control de gramíneas en comparación con otras sulfonilureas debido a que, tal como lo determinó Mekki y Leroux (1995), el nicosulfuron tiene una mayor tasa de absorción y translocación en la hoja, en especial en especies gramíneas. Sin embargo, el efecto residual de este herbicida controló eficientemente la emergencia de malezas que poseían alto desarrollo foliar, por lo que mantuvo el cultivo con niveles de control aceptables. Aunque metsulfuron-metil se destacó en el control de malezas de hoja ancha, su control sobre las ciperáceas (en especial *Cyperus luzulae*) fue tan limitado que su desempeño general se observó desmejorado, situación similar a la observada por Hannan (1998) y Kim et al. (2006); es por ello que se debe seguir investigando el comportamiento del herbicida con distintas

mezclas de otros herbicidas, para ampliar así su rango de control. Por otra parte, metsulfuron-metil obtuvo excelentes niveles de control de *Pteridium aquilinum*, coincidiendo con lo reportado por Sánchez et al. (2002), en pasturas y Arizaleta et al. (2008). En el caso de rimsulfuron, este tratamiento se mantuvo a lo largo del ensayo con índices de desempeño bastantes deficientes, lo que aunado a su alto costo lo hace poco atractivo para ser utilizado en el cultivo del café.

Al observar los resultados ponderados no cabe duda que el tratamiento con glifosato superó a las sulfonilureas en el control general de la vegetación y fue el que mantuvo mayor número de días de control, con un lapso de tiempo de 93 días entre dos aplicaciones seguidas; estos resultados coinciden con los de Cornish y Burgin (2005), quienes determinaron que el efecto del glifosato puede mantenerse por períodos superiores a los 60 días, tiempo en el cual la lenta regeneración de la flora arvense produce una limitación en la sucesión ecológica natural.

Entre las sulfonilureas la que obtuvo mayor lapso de control con tres aplicaciones durante el ensayo fue el nicosulfuron (82 días), seguramente debido a su capacidad de persistencia en el suelo; sin embargo, hay que destacar que al compararlo con metsulfuron-metil y glifosato que fueron aplicados en sólo dos ocasiones durante todo el ensayo, se observa que este lapso de control está sujeto a un mayor número de aplicaciones y al efecto sobre plántulas de malezas (efecto pre-emergente) y que su desempeño como herbicida post-emergente es menos eficiente. Por último, se observa el corto lapso de control obtenido con el control manual, lo que evidencia que esta forma de control es la que posee la 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 en lo que respecta a la mano de obra necesaria, que según Sánchez y Gamboa (2004) se estima que representa hasta un 60% de la mano de obra utilizada en el cultivo. Estos resultados coinciden con los de Prematilake et al. (2004), quienes indican que el control manual es el que presenta el menor control de la vegetación en contraposición a los herbicidas, debido a la escasa capacidad que tiene el tratamiento de perdurar a lo largo del tiempo controlando la vegetación y a la facilidad de recuperación de la misma luego de aplicado.

CONCLUSIONES

En general el uso de herbicidas es más efectivo que el método de control manual para el control de malezas en cafetales.

El herbicida glifosato superó a las sulfonilureas estudiadas en el control de malezas en cafetales bajo las condiciones ensayadas.

Entre las sulfonilureas ensayadas destacaron en el control de malezas el nicosulfuron y el metsulfuron-metil, aunque con limitaciones en el control de ciertas especies por un limitado espectro de acción. Los resultados indican que las sulfonilureas nicosulfuron y metsulfuron-metil pueden ser utilizadas como alternativas a los herbicidas tradicionales de uso en cafetales para el control de especies particulares como *Ageratum conyzoides*, *Borreria laevis* o *Fimbristylis dichotoma*, por lo que pueden considerarse herramientas útiles para el manejo integrado de malezas en este cultivo.

LITERATURA CITADA

1. Abu-Qare, A. y J. Duncan. 2002. Herbicides safeners: uses, limitations, metabolism, and mechanism of action. *Chemosphere* 48: 965-974.
2. 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. 6-38.
3. Anzalone, A. 2008. Herbicidas: modos y mecanismo de acción en plantas. Fondo Editorial de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto, Venezuela. 144 p.
4. Arizaleta, M., A. Anzalone y A. Silva. 2008. Efecto del uso de metsulfuron-metil y glifosato sobre malezas asociadas a cafetales en Venezuela. *Bioagro* 20(2): 79-88.
5. Ascanio, C. 1992. *Biología del café*. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 308 p.
6. Caro, P. 2002. *Cultivo de cobertura y abono*

- verde para la lucha contra la vegetación arvense en plantación de (*Coffea arabica* L.) recién desocada. *Café Cacao* 3(3): 28-29.
7. Cornish, P. y S. Burgin. 2005. Residual effects of glyphosate herbicide in ecological restoration. *Restoration Ecology* 13(4): 695-702.
8. 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.
9. Hannan, J. 1998. The seasonal response of *Lantana camara* to selected herbicides. *Weed Research* 38(6): 413-423.
10. Holdridge, L. 1977. Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, CR. 216 p.
11. Jaramillo, A. y B. Chávez. 1999. Aspectos hidrológicos en un bosque y plantación de café al sol y bajo sombra. *Cenicafe* 50(2): 97-105.
12. Kim, D., E. Marshall, J. Caseley y P. Brain. 2006. Modelling interactions between herbicide dose and multiple weed species interference in crop-weed competition. *Weed Research* 46 (2): 175-184.
13. Mekki, M. y G. Leroux. 1995. Foliar absorption and traslocation of nicosulfuron and rimsulfuron in five annual weed species. *Weed Research* 35(5): 377-383.
14. Monaco, T., S. Weller y F. Ashton. 2002. *Weed Science: Principles and Practices*. Wiley. New York.
15. Nishimoto, R. 1996. Manejo de malezas en las plantaciones de cafeto. *In*: R. Labrada, J. Caseley y C. Parker (eds.). *Manejo de Malezas para Países en Desarrollo*. Producción y Protección Vegetal. FAO paper 120. Roma. pp. 375-381.
16. Njoroge, J. 1994a. Weed and weed control in coffee. *Experimental Agriculture* 30: 421-429.
17. Njoroge, J. 1994b. Advisory notes en management of resistant weed in coffee. *Kenya Coffee* 59(694): 1821-1823.
18. Prematilake, K., R. Froud-Williams y P. Ekanayake. 2004. Weed infestation and tea growth under various weed management methods in a young tea (*Camellia sinensis* L. Kuntze) plantation. *Weed Biology and Management* 4(4): 239-248.
19. Ronchi, C., A. Silva, y L. Ferreira. 2001. Manejo de plantas daninhas em lavouras de café. Viçosa: Suprema Grafica e Editora. Viçosa-Mina Gerais, Brasil. 94 p.
20. Sánchez, A., O. Dávila, D. Carrasco, D. García y D. Pino. 2002. Evaluación del metsulfurón en el control del helecho de los pastos (*Pteridium aquilinum*). *Revista Científica FCV-LUZ*. 12(4): 286-291.
21. Sánchez, L. y E. Gamboa. 2004. Control de malezas con herbicidas y métodos mecánicos en plantaciones jóvenes de café. *Bioagro*. 16(2): 133-136.
22. Sánchez, L. y C. Chacón. 2000. Control de malezas en café usando ovinos. *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ* 17(1): 424-433.
23. Shaner, D. 1995. Herbicide resistance: Where, are we? How did we get here? Where are we going? *Weed Technology* 9(4): 850-856.
24. Strahan, R., J. Griffin, D. Jordan y D. Miller. 2000. Influence of adjuvants on Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) control in Corn (*Zea mays*) with nicosulfuron and primisulfuron. *Weed Technology* 14(1): 66-71.