

RESISTENCIA DE *Eleusine indica* AL GLIFOSATO EN CAFETALES DE LA ZONA CAFETERA CENTRAL DE COLOMBIA

Hernán Darío Menza-Franco*; Luis Fernando Salazar-Gutiérrez**

RESUMEN

MENZA F., H.D.; SALAZAR G., L.F. Resistencia de *Eleusine indica* al glifosato en cafetales de la zona cafetera central de Colombia. 57(2):146-157. 2006

En Cenicafé se evaluó la resistencia de *Eleusine indica* a glifosato para lo cual se recolectó semilla en cuatro fincas cafeteras, tres de ellas con alta frecuencia de aplicación de glifosato durante diez años y ubicadas en Chinchiná y Palestina, Caldas (biotipos A, B y C) y una donde no se realizaron aplicaciones de herbicidas durante 20 años, en Los Santos, Santander (biotipo D). Se utilizaron semillas en cajas de Petri y plantas en casa de mallas, y concentraciones de 0 a 144ppm agua y dosis de 0 a 5.760g i.a.ha⁻¹ del herbicida, respectivamente. Para cada biotipo se determinó la respuesta al herbicida como porcentaje de control. El biotipo D, presentó valores en el control superiores a los obtenidos en los biotipos A, B y C. Con semillas en cajas de Petri, con 48 ppm, se obtuvo el 100% de control para el biotipo D, y en el caso de los biotipos A, B y C el control fue del 53, 75 y 89%, respectivamente. Con plantas bajo condiciones controladas, con 960 g i.a.ha⁻¹ de glifosato, se obtuvo control superior al 80% en el biotipo D. Los biotipos de las fincas A, B y C requirieron dosis de 1.920 g i.a.ha⁻¹ para alcanzar los mismos valores de control. Los resultados confirmaron la resistencia al glifosato en los biotipos A, B y C.

Palabras clave: *Eleusine indica*, biotipo, resistencia a herbicidas, pategallina.

ABSTRACT

At Cenicafé the resistance of *Eleusine indica* to glyphosate was evaluated by collecting seeds in four coffee farms, three of them exhibited high frequency of glyphosate use during ten years and were located in Chinchiná and Palestina, Caldas (biotypes A, B and C) and the other farm where there had not been herbicides application for twenty years was located in Los Santos, Santander (biotype D). Seeds in Petri dishes and pot dose techniques were used with concentrations from 0 to 144ppm water and doses from 0 to 5,760 g a.e. ha⁻¹ of the herbicide, respectively. For each biotype the response to the herbicide as control percentage was determined. Biotype D showed higher values of weed control than those of biotypes A, B and C. In the methodology of Petri dishes with a concentration of 48ppm biotype D obtained a control of 100 %, with respect to biotypes A, B and C the control was 53 %, 75 % and 89 % respectively. In the methodology of pot dose with 960 g i.a.ha⁻¹ of glyphosate, a control above 80% was obtained in biotype D. The biotypes of farms A, B and C required 1,920 g i.a.ha⁻¹ to reach the same control values. The results confirmed that biotypes A, B and C were resistant to glyphosate.

Keywords: *Eleusine indica*, biotype, herbicide resistance, pategallina.

* Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Becario Disciplina de Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Asistente de Investigación. Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Eleusine indica (L) Gaerth, conocida en la zona cafetera colombiana con el nombre común pategallina, es una planta monocotiledonea, herbácea y anual, de 40 a 50cm de altura (3, 17). Pertenece a la familia Gramineae, originaria de África e islas del Pacífico (10), y es una arvense muy frecuente en la zona cafetera colombiana con interferencia alta en el cultivo del café (8, 22, 24). Se encuentra en la lista de las diez arvenses más agresivas del mundo y existen registros sobre la producción hasta de 30.000 y 140.000 semillas por planta (8, 24).

El uso de herbicidas es un componente del manejo integrado de arvenses, en condiciones adecuadas proporciona beneficios como la disminución de costos y la alta efectividad en el control; sin embargo, cuando éstos se usan inadecuadamente, pueden presentarse desventajas como la erosión y la degradación de los suelos, los daños a los cultivos y al hombre, la contaminación de aguas y la resistencia de arvenses, entre otras (6, 7).

La resistencia a herbicidas se define como la capacidad desarrollada por una población previamente susceptible para resistir el efecto de la aplicación de un herbicida y completar su ciclo de vida. La resistencia se confirma científicamente, si se observan diferencias estadísticas en la respuesta al herbicida entre las poblaciones potencialmente resistentes y la población susceptible o de referencia (11).

A diferencia de la resistencia, el término tolerancia se refiere a la capacidad innata que tienen todos los individuos de una especie de arvense para soportar la dosis de un herbicida, debido a características morfológicas o fisiológicas que le son propias. Las poblaciones tolerantes a un herbicida nunca antes fueron susceptibles (20, 25).

El glifosato [N-(fosfonometil)glicina] introducido al mercado en 1974, se ha

considerado como un importante herbicida de acción postemergente, sistémico y de amplio espectro para el control de arvenses en la mayoría de cultivos (4, 26). Éste es uno de los herbicidas más utilizados en la zona cafetera colombiana (14) y recomendado por Cenicafé, como componente del manejo integrado de arvenses (23).

Actualmente en el mundo se reportan ocho especies de arvenses resistentes al glifosato (12), entre éstas se encuentra *E. indica*. El primer registro de resistencia de esta especie al glifosato se realizó en Malasia, en cultivos de palma africana, en donde un biotipo de *E. indica* de una provincia en particular, mostró 8 a 12 veces más resistencia al herbicida glifosato en comparación con un biotipo susceptible, tomado como referencia de zonas donde no se realizaban aplicaciones de glifosato (16). Baerson *et al.* (1) encontraron que la resistencia de *Eleusine indica* a glifosato, se debe a la mutación o sustitución de un aminoácido simple en la enzima EPSPS. En el mundo, se han reportado 13 casos de resistencia de esta arvense a cinco grupos de herbicidas. Hasta el año 2006 se encuentran reportados en 59 países, 307 biotipos de arvenses resistentes a herbicidas en 183 especies (110 dicotiledoneas y 73 monocotiledoneas).

El desarrollo de la resistencia de una especie arvense a un herbicida se atribuye principalmente a la presión de selección que ejerce el uso del mismo sobre la población, lo que lleva a que el control sea cada vez menos eficiente. La presión de selección e intensidad de la resistencia se incrementa con la eficacia, la frecuencia de uso y la persistencia del herbicida (5, 9, 18).

Existen diferentes metodologías para evaluar la resistencia de arvenses a herbicidas, una de ellas consiste en colocar a germinar

en cajas de Petri, semillas de una arvense en presencia de concentraciones crecientes del herbicida. Esta metodología se utiliza como una herramienta rápida y es la menos costosa para determinar arvenses resistentes a herbicidas, y facilitar así la selección de muchas muestras posiblemente resistentes; sin embargo, no es aplicable para todas las arvenses y para todos los herbicidas (11, 13). La metodología con semillas en cajas de Petri se ha utilizado para documentar la resistencia de *Setaria viridis* (L.) a trifluralina (2), *Avena fatua* a aryloxfenoxipropionatos y cyclohexanodionas (19), y la resistencia de *Lolium multiflorum* a glifosato (21), entre otras.

La metodología más recomendable para evaluar y reportar un nuevo caso de resistencia consiste en la aplicación de dosis crecientes del herbicida en plantas bajo condiciones controladas (casa de mallas o invernadero) (11, 13, 25).

En la zona cafetera colombiana, especialmente en las áreas de café tecnificado, se evidencian factores del manejo de las arvenses que pueden generar casos potenciales de resistencia a los herbicidas, como son: el uso de un herbicida con un solo mecanismo de acción, la alta frecuencia en la aplicación del mismo (por más de 20 años), las aplicaciones

en forma generalizada, la calibración poco técnica de equipos y la utilización del método químico como única alternativa de control.

Por lo anterior, en respuesta a las inquietudes de los caficultores y a las observaciones de campo relacionadas con la dificultad para el control de *E. indica* con glifosato, se realizó una investigación con el objetivo de determinar la resistencia de esta arvense al mismo herbicida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El experimento se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones de Café –Cenicafé, ubicado a 05° Latitud Norte, 75°36' Longitud Oeste y 1.310m de altitud en el municipio de Chinchiná (Caldas).

Poblaciones o biotipos estudiados. Se recolectaron semillas de *E. indica* en cultivos de café de cuatro fincas cafeteras de Colombia, tres de ellas caracterizadas por el elevado uso de glifosato (Fincas A, B y C) y una finca de referencia (D) donde no se han realizado aplicaciones de herbicidas, caracterizada y certificada como productora de café orgánico. En la Tabla 1, se presenta la ubicación de las fincas seleccionadas.

Tabla 1. Ubicación de las fincas (biotipos) seleccionadas para la recolección de semillas de *E. indica*.

FINCA	DEPTO	MUNICIPIO	VEREDA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
				Lat.	Long.	Altitud (m)
A*	Caldas	Palestina	La Muleta	5° 0' N	75° 42' O	1.325
B*	Caldas	Palestina	Cartagena	5° 01' N	75° 40' O	1.550
C*	Caldas	Chinchiná	El Trébol	4° 59' N	75° 39' O	1.300
D**	Santander	Los Santos	El Roble	6° 51' N	73° 3' O	1.646

* Fincas con aplicación reiterada de glifosato

** Finca de referencia sin aplicación de herbicidas, certificada como productora de café orgánico

Criterios utilizados para la selección de las fincas con manejo químico

- Presencia de la especie *E. indica*.
- Manejo químico con glifosato por más de 10 años.
- Frecuencia de aplicación mayor o igual a cuatro veces por año.
- Control deficiente de *E. indica* con glifosato.
- Cultivo de café a libre exposición solar.

Criterios utilizados para la selección de la finca sin manejo químico

- Presencia de la especie *E. indica*.
- Manejo de arvenses sin herbicidas por más de 20 años.
- Ubicación en una zona sin influencia de aplicaciones de herbicidas.
- Finca certificada como productora de café orgánico.
- Cultivo de café con semi-sombra

Para la evaluación de la resistencia al glifosato en los biotipos de *E. indica* potencialmente resistentes (A, B y C) con relación al biotipo de la finca de referencia D, se utilizaron dos metodologías: Semillas en cajas de Petri y plantas bajo condiciones controladas en casa de mallas.

Semillas en cajas de Petri. Como tratamientos se aplicaron siete concentraciones de glifosato (480g de i.a.L⁻¹) (Tabla 2).

Las semillas de cada biotipo fueron tratadas con un fungicida (carboxin + captan al 0,5%). Posteriormente en una caja de Petri de 9cm de diámetro se ubicaron 50 semillas (unidad experimental) en medio de dos láminas de papel absorbente, para llevar a cabo la aplicación del herbicida en distintas concentraciones. Esta metodología fue adaptada de Pérez y Kogan (21). Para obtener las concentraciones se utilizó agua destilada con una conductividad hidráulica de 0,7μS y pH de 6,7. A cada unidad experimental se

Tabla 2. Concentraciones de glifosato evaluadas en cada biotipo de *E. indica*, en semillas en cajas de Petri.

Concentración de glifosato (ppm)	Equivalente en producto comercial (L. ha ⁻¹)
0 (Testigo)	0
12	1
24	2
36*	3
48	4
72	6
144	12

* Equivalente a la dosis comercial de 1.440g i.a en 200L de agua

le aplicaron 5cm³ de las distintas soluciones y después se hizo el traslado a una casa de mallas con temperatura y humedad relativa promedio de 23°C y 73%, respectivamente. Las tapas de las cajas no se sellaron para evitar la formación de un medio anaerobio. En cada biotipo de *E. indica* se evaluó el efecto de las concentraciones bajo un diseño completamente aleatorio con diez unidades experimentales por concentración de glifosato. Luego de 15 días de aplicadas las concentraciones se registró el peso de la materia fresca de cada unidad experimental.

Plantas bajo condiciones controladas en casa de mallas. Se evaluaron siete dosis de glifosato, desde cero hasta cuatro veces la dosis comercial recomendada para esta arvense en el cultivo del café (Tabla 3).

Las semillas de *E. indica* recolectadas en cada una de las fincas (biotipos) se sembraron en bandejas plásticas de 0,1m² sobre arena previamente lavada y esterilizada en autoclave.

Después de 25 días, cuando las plantas desarrollaron sus primeras hojas verdaderas, se seleccionaron aquellas más uniformes y vigorosas, y luego se transplantaron a bolsas plásticas de 25cm x 30cm con una mezcla de suelo más pulpa de café descompuesta, en relación 3:1. Se sembraron tres plantas por bolsa y posteriormente se dejaron las dos plantas más uniformes (unidad experimental). Para cada dosis se tuvieron diez unidades experimentales.

Después de 30 días del trasplante, en estado vegetativo y cuando el 50% de la población alcanzó 20cm de altura, se realizó la aplicación de las dosis de glifosato; para ello se empleó un equipo de aspersión de presión previa retenida (40-100-10), una boquilla de baja descarga (Tee-jet 8001) con una presión de salida de 20 PSI y un volumen de aplicación de 200L.ha⁻¹.

Para cada biotipo de *E. indica*, se evaluó el efecto de las dosis de glifosato bajo un diseño completamente aleatorio. Después de 21 días de realizada la aplicación se registró el peso de la materia fresca total (raíz y parte aérea).

Análisis estadístico. Para cada metodología y biotipo de *E. indica*.

Tabla 3. Dosis de glifosato evaluadas en cada biotipo (finca) de *E. indica*, en plantas en casa de mallas.

Dosis de glifosato (g i.a.ha ⁻¹)	Equivalente en producto comercial (L. ha ⁻¹)
0 (Testigo)	0
480	1
960	2
1.440*	3*
1.920	4
2.880	6
5.760	12

*Dosis comercial, en 200L de agua.

- Se estimaron los promedios y variación de la variable materia fresca por cada concentración y dosis de glifosato.

- Análisis de varianza al 5% bajo el modelo de análisis para el diseño completamente aleatorio con la variable peso de la materia fresca. Teniendo en cuenta el resultado del análisis de varianza, se aplicó la prueba Dunnett al 5% para determinar las dosis y las concentraciones con pesos de materia fresca menores al promedio de la concentración y la dosis 0.

- Con aquellas dosis y concentraciones que tuvieron el menor promedio de materia fresca que la concentración y la dosis 0, se construyó la variable respuesta Control (% de reducción en el peso de la materia fresca) para cada una de las unidades experimentales como la relación:

$$Control = \frac{\bar{\chi}_{Testigo} - observación}{\bar{\chi}_{Testigo}} \times 100$$

<<1>>

- Se evaluó la tendencia lineal, cuadrática, cúbica, de cuarto y quinto orden, de las dosis y concentraciones con la variable Control (%), según prueba f al 5%.

- Para cada metodología, dosis y concentración, se aplicó la prueba de comparación de promedios de Tukey al 5%, para determinar las diferencias de promedios de control (%) entre el biotipo de la finca de referencia D y los biotipos potencialmente resistentes (A, B y C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Semillas en cajas de Petri. El análisis de varianza mostró efecto de las concentraciones

de glifosato sobre el peso de la materia fresca ($p > 0,05$), y la prueba de comparación Dunnet al 5% corroboró en cada biotipo, la diferencia de todas las concentraciones de glifosato con respecto a la concentración 0 (Tabla 4).

En cada biotipo de *E. indica*, el análisis de varianza mostró efecto de las concentraciones de glifosato sobre la variable Control (%). Según la prueba *f* al 5%, la tendencia lineal se ajustó a la relación entre el control (%) y las concentraciones de glifosato en los

Tabla 4. Promedios y coeficientes de variación del peso de la materia fresca (PMF) en biotipos de *E. indica* en cajas de Petri para cada concentración de glifosato.

Biotipo (Finca)	Concentración de glifosato (ppm)	\bar{x} (mg)	C.V. %
A	0	8,9*	55,3
	12	6,6	46,7
	24	5,0	43,3
	36	3,5	36,3
	48	4,1	38,8
	72	1,1	144,6
	144	0,0	.
	B	0	21,1*
12		13,7	46,3
24		10,0	31,4
36		6,3	43,8
48		5,2	48,8
72		0,8	114,8
144		0,0	.
C		0	59,3*
	12	17,3	46,3
	24	10,4	40,8
	36	9,0	38,8
	48	6,1	45,7
	72	1,0	93,7
	144	0,0	.
	D	0	50,8*
12		9,2	51,3
24		5,5	79,6
36		1,6	102,7
48		0,0	.
72		0,0	.
144		0,0	.

* Para cada biotipo, diferencias de todas las concentraciones con respecto a la concentración 0, según la prueba Dunnet al 5%.

biotipos de *E. indica* potencialmente resistentes (A, B y C); para el caso del biotipo de referencia D, la tendencia cuadrática tuvo el mejor ajuste.

Las diferencias en el promedio del peso de la materia fresca de los testigos (concentración 0) de cada una de las fincas, estuvo relacionada con el tiempo de recolección de la semilla; esto significa que en las fincas A y B, las semillas fueron recolectadas con anterioridad a las fincas C y D. Sin embargo, esto no afecta los resultados ya que la variable respuesta control (%) se analiza con base al testigo de cada finca y no entre éstas.

En la Tabla 5 se registran los valores promedio y los coeficientes de variación de la variable control (%), correspondientes a los cuatro biotipos de *E. indica* para cada concentración de glifosato. Con la concentración más baja (12ppm), se alcanzó un 82% de control en el biotipo de la finca de referencia D, este valor fue superior al obtenido con la misma concentración en los biotipos de

las fincas A, B y C con valores de 25, 35 y 71% de control, respectivamente.

El biotipo de la finca de referencia D tuvo valores en el control (%) superiores a los obtenidos en los biotipos de las fincas A, B y C. Cuando se compararon los promedios de control (Tukey 5%) del biotipo de *E. indica* de la finca de referencia D, con los promedios de los biotipos de *E. indica* potencialmente resistentes al glifosato (A, B y C), se observaron diferencias en concentraciones de glifosato de 12, 24, 36, 48 y 72ppm con el biotipo A; concentraciones de 12, 24, 36 y 48ppm con el biotipo B; entre tanto, el biotipo de la finca C no presentó diferencias estadísticas en el control (%) con el biotipo de referencia D para ninguna de los concentraciones de glifosato.

En la Figura 1 se observa el comportamiento del biotipo de *E. indica* de la finca de referencia D, con relación a los biotipos de *E. indica* potencialmente resistentes al glifosato (fincas A, B y C). Se puede apreciar que el

Tabla 5. Promedios y coeficientes de variación de la variable Control (%), por concentración de glifosato y biotipo en cajas de Petri.

Biotipos	Concentración de glifosato (ppm)											
	12		24		36		48		72		144	
	\bar{x} (%)	C.V.%	\bar{x} (%)	C.V.%	\bar{y} (%)	C.V.%	\bar{x} (%)	C.V.%	\bar{x} (%)	C.V.%	\bar{x} (%)	C.V.%
A	25,0b*	133,4	43,8b	55,7	60,2b	24,0	53,2c	34,0	86,7b	22,1	100a	.
B	35,0b	86,2	52,0b	28,6	70,0b	18,7	75,2b	16,0	95,8b	5,0	100a	.
C	70,7a	19,2	82,3a	8,7	84,8a	6,9	89,5a	5,3	98,2a	1,7	100a	.
D	82,0a	11,3	89,1a	9,7	97,0a	3,3	100a	.	100a	.	100a	.

* Letras distintas indican diferencias entre promedios de control (%) de los biotipos para cada concentración, según la prueba Tukey al 5%.

biotipo de la finca de referencia D mostró mayor susceptibilidad al herbicida.

Plantas bajo condiciones controladas en casa de mallas. El análisis de varianza indicó efecto de las dosis de glifosato sobre el peso de la materia fresca, y la prueba de comparación Dunnett al 5% corroboró en cada biotipo la diferencia de todas las dosis de glifosato con respecto a la dosis 0 (Tabla 6).

El análisis de varianza mostró efecto de las dosis de glifosato sobre la variable control (%) en los biotipos de *E. indica*. Según la prueba *f* al 5%, la tendencia cuadrática se ajustó a la relación entre el control (%) y las dosis de glifosato en los biotipos A, B C y D.

La Tabla 7 muestra para cada biotipo de *E. indica* y dosis de glifosato, los valores promedio y los coeficientes de variación de la variable control (%). Con 960g i.a.ha⁻¹ se obtuvo un promedio de control superior al 80% en el biotipo de *E. indica* de la finca de referencia D (82%). En el caso de los biotipos de las fincas A, B y C se requirieron dosis mayores o iguales a 1.920g i.a.ha⁻¹ para obtener promedios de control superiores al 80%.

El biotipo de *E. indica* de la finca de referencia D, alcanzó valores promedios en el control (%) superiores a los promedios obtenidos en los biotipos de las fincas A, B y C. El análisis estadístico (Tukey al 5%), realizado para comparar los promedios de control (%) del biotipo de la finca de referencia D con relación a los promedios de los biotipos potencialmente resistentes (A, B y C), indicó diferencias con el biotipo A para 1.920g i.a.ha⁻¹; en el caso del biotipo B, se observaron diferencias con la mayoría de las dosis de herbicida evaluadas a excepción de la más alta (5.760g i.a.ha⁻¹); en tanto que el biotipo de la finca C fue diferente del biotipo de referencia D con todas las dosis de glifosato.

La Figura 2 muestra el comportamiento del biotipo de *E. indica* de la finca de referencia D, con relación a los biotipos de *E. indica* potencialmente resistentes al glifosato (fincas A, B y C). Al igual que la metodología con semillas en cajas de Petri, se puede observar una mayor susceptibilidad al glifosato en el biotipo de la finca de referencia D.

Reporte de resistencia. De acuerdo a los resultados obtenidos con las dos metodologías planteadas, los biotipos de *E. indica* de las fincas A y B pueden reportarse como

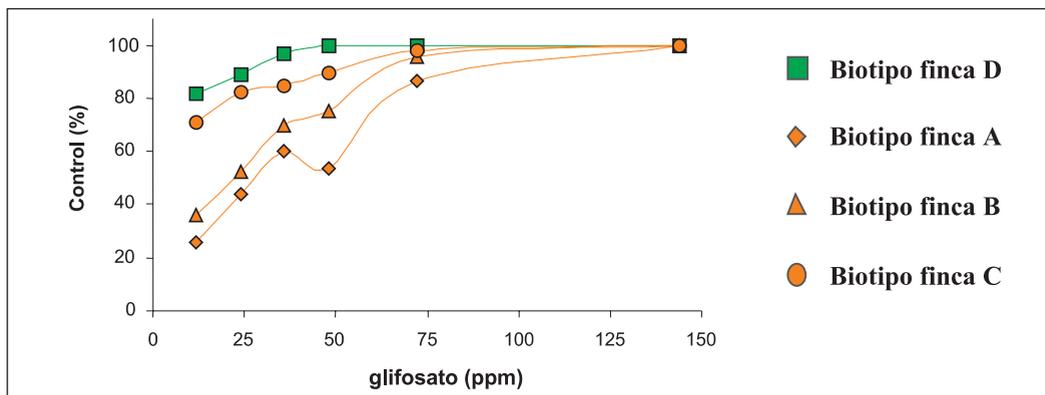


Figura 1. Control de biotipos de *E. indica* con concentraciones crecientes de glifosato, 15 días después de realizada la aplicación. Semillas en cajas de Petri.

Tabla 6. Promedios y coeficientes de variación del peso de la materia fresca (PMF) en biotipos de *E. indica* bajo condiciones controladas en casa de mallas para cada dosis de glifosato.

Biotipo (Finca)	Dosis de glifosato (g i.a.ha ⁻¹)	x (g)	C.V. %
A	0	93,6*	20,0
	480	42,9	17,8
	960	27,7	18,1
	1.440	21,5	27,0
	1.920	17,7	17,3
	2.880	14,0	38,0
	5.760	9,8	51,5
B	0	44,6*	19,2
	480	37,8	27,1
	960	20,8	35,6
	1.440	17,5	26,4
	1.920	11,1	30,2
	2.880	8,5	42,5
	5.760	4,0	26,8
C	0	81,3*	32,3
	480	51,0	27,3
	960	29,8	19,2
	1.440	20,7	46,0
	1.920	14,1	50,4
	2.880	12,6	40,1
	5.760	9,6	66,8
D	0	99,8*	29,8
	480	39,2	37,3
	960	17,8	45,6
	1.440	12,6	41,0
	1.920	8,5	32,4
	2.880	7,8	20,6
	5.760	5,4	42,8

* Para cada biotipo, diferencias de todas las concentraciones con respecto a la concentración 0, según la prueba Dunnet al 5%.

Tabla 7. Promedios y coeficientes de variación de la variable Control (%), por concentración de glifosato y biotipo bajo condiciones controladas en casa de mallas.

Biotipos (Fincas)	Dosis de glifosato (g i.a.ha ⁻¹)											
	480		960		1.440*		1.920		2.880		5.760	
	x	C.V.%	x	C.V.%	x	C.V.%	x	C.V.%	x	C.V.%	x	C.V.%
A	54,1a	15,0	70,3ab	7,6	76,9ab	8,10	81,0b	4,0	84,9ab	6,7	89,5ab	6,0
B	15,2b	150,8	53,3b	31,1	60,7b	17,0	75,0b	10,0	80,8b	10,0	90,9a	2,6
C	37,2b	46,0	63,2b	11,1	74,5b	15,7	82,6b	10,6	84,4b	7,4	88,1b	8,9
D	60,6a	24,2	82,1a	9,9	87,3a	5,9	91,4a	3,0	92,1a	1,7	94,5a	2,4

Letras distintas indican diferencias entre promedios de control (%) de los biotipos para cada dosis, según la prueba Tukey al 5%. *Dosis comercial.

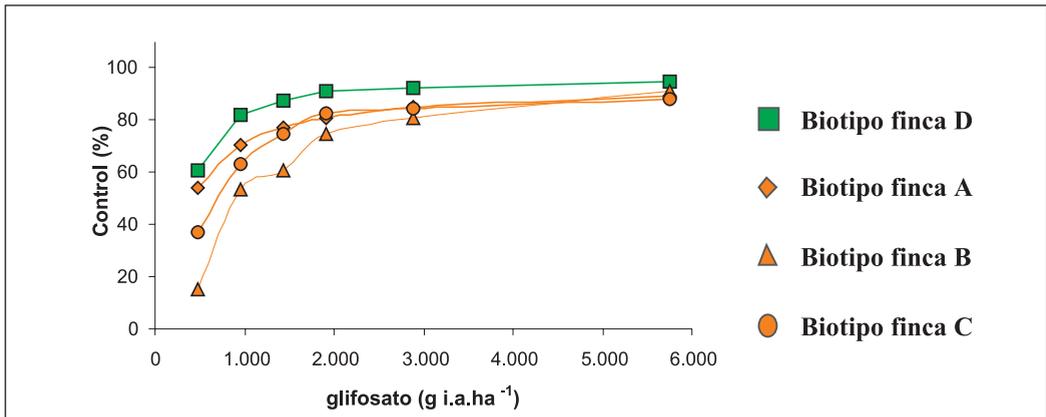


Figura 2. Control de biotipos de *E. indica* con dosis crecientes de glifosato, 21 días después de realizada la aplicación. Plantas bajo condiciones controladas en casa de mallas.

resistentes al glifosato, debido a que éstos mostraron diferencias estadísticas en el control (%) con el biotipo de *E. indica* de la finca de referencia D, con distintas dosis y concentraciones de glifosato.

Con base al estudio con semillas en cajas de Petri, el biotipo de *E. indica* de la finca C no mostró resistencia al glifosato; sin embargo, en el estudio con plantas en casa de mallas se observó la resistencia de este biotipo al herbicida, lo cual es suficiente para realizar el reporte de resistencia, debido a que esta última metodología es la más confiable para confirmar y reportar la resistencia de una arvense a un herbicida (11, 13, 25). El estudio con semillas en cajas de Petri, puede ser una alternativa rápida para seleccionar muestras o biotipos de *E. indica* posiblemente resistentes, más no, para reportar casos de resistencia de esta arvense al glifosato.

Los resultados encontrados en la metodología con plantas bajo condiciones controladas, concuerdan con los encontrados por Lee y Ngim (16), en un biotipo de *E. indica* proveniente de una provincia de Malasia, que mostró resistencia al glifosato, después de estar expuesto a dicho herbicida cuatro veces por año, durante cuatro años. El

grado de resistencia encontrado no fue tan alto como el registrado en Malasia, donde la arvense mostró resistencia a dosis de 8 a 12 veces por encima de la comercial, en este estudio la resistencia de *E. indica* a glifosato es posible que esté en progreso. Los resultados confirman las observaciones de campo realizadas por los agricultores, sobre las fallas en el control de esta arvense con la dosis comercial de glifosato. Esto coincide además, en que los agricultores de las fincas A, B y C, han aumentado las dosis para su control.

Con las dos metodologías utilizadas, el biotipo de *E. indica* de la finca de referencia D tuvo mayor susceptibilidad al glifosato, comparado con los biotipos de las Fincas A, B y C, donde han realizado aplicaciones de glifosato como mínimo cuatro veces por año en forma generalizada por más 10 años. Esto concuerda con lo planteado por Gressel y Segel (9), Ficher y Pabón (5), Morrison y Friesen (18) quienes reportan que el desarrollo de la resistencia de una arvense a un herbicida, se debe principalmente a la presión de selección que ejerce el uso continuo del mismo, con un solo mecanismo de acción para el control de arvenses.

AGRADECIMIENTOS

A Cenicafé, al Dr. Diógenes Villalba y la Dra. Esther Cecilia Montoya, adscritos a las Disciplinas de Entomología y Biometría, respectivamente. A los propietarios y administradores de las fincas utilizadas para la investigación. A los Comités de Cafeteros de Chinchiná y Palestina (Caldas), a la Subestación Santander y a las Disciplinas de Fitotecnia y Suelos.

LITERATURA CITADA

1. BAERSON S. R.; RODRIGUEZ D. J.; TRAN M.; FENG N. Y.; BIEST, A.; DILL G. M. Glyphosate-Resistant Goosegrass. Identification of a Mutation in the Target Enzyme 5-Enolpyruvylshikimate-3-Phosphate Synthase. *Plant Physiology* 129, 1265-1275 2002.
2. BECKIE, H.J.; FRIESEN, L.F.; NAWOLSKY, K.M.; MORRISON, I.N. A rapid bioassay to detect trifluralin resistant green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Technology* 4: 505 – 508. 1990.
3. CÁRDENAS, J.; REYES E., C.; PARDO, F. Malezas tropicales. Vol. 1. Bogotá, ICA, 1972. 341 p.
4. CASELY, J.; COPPING, L. Twenty-five years of increasing glyphosate use: the opportunities ahead. *Pest Management Science* 56: 297. 2000.
5. FISCHER, A.; PABÓN, H. Desarrollo de resistencia a herbicidas en poblaciones de malezas. *Arrocero Moderno* 53 - 62p. 1995.
6. FUENTES, C.L. Avances en el manejo de malezas: redireccionando los objetivos de investigación. *In: Congreso Anual COMALFI*, 23. Montería, Abril 8-12, 2003. Memorias. Montería, COMALFI, 2003. p. 87 – 89.
7. GÓMEZ A., A.; RAMÍREZ H., C.J.; GRUZ K., R.G.; RIVERA P., H. Manejo y control integrado de malezas en cafetales y potreros de la zona cafetera. Chinchiná, Cenicafé, 1987. 254 p.
8. GÓMEZ A., A.; RIVERA P., J.H. Descripción de arvenses en plantaciones de café. 2. ed. Chinchiná, Cenicafé, 1995. 490 p.
9. GRESSEL, J.; SEGEL, L.A. Modeling the effectiveness of herbicide rotations and mixture as strategies to delay or preclude resistance. *Weed Technology* 4:186–198. 1990.
10. HAWAIIAN ECOSYSTEMS AT RISK PROJECT (HEAR). Pacific Island Ecosystems at Risk (PIER). Online Internet. Disponible en: www.hear.org/pier/species/eleusine_indica.htm. 2006 (Consulta Enero de 2005).
11. HEAP, M.I. Criteria for confirmation of herbicide resistant weeds. Online Internet. Disponible en: <http://www.weedscience.org>. 2005. (Consulta Enero de 2005).
12. HEAP, M.I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online Internet. Disponible en: <http://www.weedscience.org>. 2006. (Consulta Enero de 2006)
13. HRAC – HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. La resistencia de las malas hierbas a los herbicidas. Online Internet. Disponible en: http://www.plantprotection.org/HRAC/Cindex.cfm?doc=spanish_resistencia.html. 1999. (Consulta Enero de 1999)
14. HERRERA O., M. Expectativas sobre la aplicación de herbicidas en áreas cafeteras de los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda. Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 1983. 221 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
15. KOGAN A., M.; PÉREZ J., A. Resistencia de malezas a glifosato. *In: Congreso Anual COMALFI*, 22. Santa Marta, Marzo 20-22, 2002. Memorias. Santa Marta, COMALFI, 2002. p. 154 -163.
16. LEE, L.; NGIM, J.A. First report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica* (L) Gaerth) in Malaysia. *Pest Management Science* 56: 336 – 339. 2000.
17. LEITAO FILHO, H. DE F.; ARANHA, C.; BACCHI, O. Plantas invasoras de culturas. Vol. 1. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1982. 291 p.
18. MORRISON, I.N.; FRIESEN, L.F. Herbicide resistant weeds: mutation, selection, misconception. *In: International Weed Control Congress*, 2. Copenhagen, June 25 – 28, 1996. Proceedings. Flakkebjerg, Department of Weed Control and Pesticide Ecology, 1996. p. 377 – 385.

19. MURRAY, B.G.; FRIESEN, L.F.; BEAULIEU, K.J.; MORRISON, I.N. A seed bioassay to identify acetyl-CoA carboxylase inhibitor resistant wild oat (*Avena fatua*) populations. *Weed Technology* 10: 85 – 89. 1996.
20. PAPA, J.C. Malezas tolerantes y resistentes a herbicidas. *In: Seminario JICA - INTA. Buenos Aires, Marzo 29-30, 2004. Sobre sustentabilidad de la producción agrícola. Buenos Aires, 2004. p. 80-85.*
21. PÉREZ J., A.; KOGAN A., M. Glyphosate – resistant *Lolium multiflorum* in chilean orchards. *Weed Research* 43: 12 – 19p. 2003.
22. RIVERA P., J. H. Arvenses y su interferencia en el cultivo del café. *Avances Técnicos Cenicafé No. 237: 1-8. 1997.*
23. RIVERA P., J.H. El selector de arvenses modificado. *Avances Técnicos Cenicafé No.271: 1-4. 2000.*
24. SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. Arvenses de mayor interferencia en los cafetales. *Avances Técnicos Cenicafé No. 333: 1-12. 2005.*
25. VALVERDE, B.E.; RICHIES, C.R.; CASELEY, J.C. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz: Experiencias en América Central con *Echinochloa colona*. Cartago (Costa Rica), Grafos S.A., 2000. 135 p.
26. WOODBURN, A. Glyphosate: production, pricing and use worldwide. *Pest Management Science* 56: 309 – 312. 2000.