

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL GLIFOSATO, DE BIOTIPOS DE *Erigeron bonariensis* PROVENIENTES DE CAFETALES DE LA ZONA CAFETERA CENTRAL COLOMBIANA

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

RESUMEN

MENZA F., H. D.; SALAZAR G., L. F. Evaluación de la resistencia al glifosato, de biotipos de *Erigeron bonariensis* provenientes de cafetales de la zona cafetera central colombiana. Cenicafé 57(3):220-231. 2006.

Con el fin de determinar la resistencia de *E. bonariensis* al glifosato, se recolectó semilla de esta arvense en cuatro fincas cafeteras de Colombia, tres de ellas caracterizadas por alta frecuencia de aplicación de glifosato durante más de diez años, ubicadas en los municipios de Chinchiná y Palestina (Caldas) (Fincas A, B y C) y una finca donde no habían realizado aplicaciones de herbicidas por más de 20 años (Los Santos, Santander) (Finca D). Se evaluaron aplicaciones de glifosato con concentraciones de 0 a 144ppm y dosis de 0 a 5.760g.ha⁻¹ de i.a., en semillas dispuestas en cajas de Petri y en plantas bajo condiciones controladas en casa de mallas respectivamente, con un diseño experimental completamente aleatorio con 10 repeticiones. El biotipo D tuvo los mayores valores en el control con respecto a los demás biotipos. En casa de mallas, el biotipo D obtuvo un promedio de control superior al 90% con la dosis más baja de glifosato (480g.ha⁻¹ de i.a.), mientras que en los biotipos A, B y C, se necesitó de una dosis seis veces mayor (2.880g.ha⁻¹ de i.a.) para alcanzar estos valores de control. Con la dosis comercial (1.440g.ha⁻¹ de i.a.) no se alcanzaron valores promedios de control superiores al 60% en los tres biotipos potencialmente resistentes.

Palabras clave: Arvenses, control, concentraciones, dosis, resistencia a herbicidas.

ABSTRACT

In order to determine the resistance of *E. bonariensis* to glyphosate, seeds of this weed were collected in four coffee farms of Colombia, three of them, located in the municipalities of Chinchiná and Palestina, Caldas (biotypes A, B and C, respectively), which were characterized by high frequency of glyphosate application for more than 10 years, and the other site located in Los Santos, municipality of Santander (Farm D) which was characterized by the total absence of herbicide use during 20 years. Glyphosate applications from 0 to 144ppm and doses from 0 to 5.760g.ha⁻¹ a.i. were evaluated in seeds placed in Petri dishes and plants under controlled greenhouse conditions respectively with a randomized design and ten repetitions. Biotype D had the highest values in the control with respect to the other biotypes. Under greenhouse conditions biotype D showed a control rate higher than 90% with the lowest glyphosate dosis (480g.ha⁻¹ a.i.), whereas in biotypes A, B and C it was necessary to have a dosis six times higher (2,880g.ha⁻¹ a.i.) to reach the same control values. With the commercial dosis (1,440g.ha⁻¹ i.a.) the average control values higher than 60% were not reached in the three potentially resistant biotypes.

Keywords: Weeds, control, concentrations, doses, herbicides resistance.

* 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.

El cultivo del café es muy sensible a la interferencia de las arvenses. Aquellas de interferencia alta, pueden causar reducción en su rendimiento hasta del 66,5%, cuando no se manejan en las calles del cultivo (5).

Erigeron bonariensis L., conocido en la zona cafetera colombiana con el nombre común de venadillo, es una planta dicotiledonea de la familia Compositae, herbácea, anual, verde grisácea y de 0,60 a 1,20m de altura (10, 18, 19, 20), originaria de Suramérica (12). Mundialmente es conocida con el sinónimo de *Conyza bonariensis* L.(10), y ha comenzado a ser problema en cafetales a plena exposición solar debido a su gran capacidad invasora, de reproducción y de crecimiento, debido a que sobrepasa rápidamente la altura del cultivo lo cual dificulta su manejo (26). También se ha considerado una arvense de difícil control con el herbicida glifosato.

En los últimos años, ha crecido la inquietud entre los investigadores y el público en general, sobre el efecto que tienen los herbicidas en el medio ambiente; y, una de estas preocupaciones es el incremento de los casos de resistencia de arvenses a herbicidas (9).

La resistencia a herbicidas se define como la capacidad desarrollada por una población previamente susceptible, para resistir el efecto de la dosis recomendada de un herbicida y completar su ciclo de vida. La resistencia se confirma científicamente, cuando se observan diferencias estadísticas en la respuesta al herbicida entre las poblaciones potencialmente resistentes y una población susceptible o de referencia (13).

El desarrollo de la resistencia de una arvense a un herbicida, se atribuye principalmente a la presión de selección que ejerce el uso continuo del mismo sobre la población, lo que lleva a que el control sea cada vez

menos eficiente (8, 11, 21). En la práctica, la presión de selección depende de la dosis utilizada del herbicida, de su eficacia y de la frecuencia de aplicación (27).

En el mundo se han reportado nueve casos de resistencia de *E. bonariensis* a cinco grupos de herbicidas (14), entre estos se encuentra el grupo de las glicinas, donde está incluido el glifosato [N-(fosfometil)glicina].

El glifosato es un herbicida de amplio espectro que fue introducido a Colombia en 1974. Desde su desarrollo se ha establecido como un importante herbicida postemergente, sistémico y no selectivo, para el control de arvenses anuales, bianuales y perennes (4). Ha sido uno de los herbicidas más usados en la zona cafetera (16) y recomendado como componente del manejo integrado de arvenses en el cultivo del café (25). El mecanismo de acción del glifosato consiste en la inhibición de la enzima EPSPS (5-enolpiruvilshikimato 3-fosfatosintetasa), la cual se refleja en la acumulación del shikimato 3 fosfato (S3P), y que finalmente induce el bloqueo de la producción de aminoácidos aromáticos impidiendo la síntesis de proteínas (1).

Desde 1996 hasta la fecha, la resistencia al glifosato ha sido documentada en ocho especies de arvenses, entre éstas se encuentran: tres casos de *E. bonariensis* en España, Sudáfrica y Brasil (14); dos casos de resistencia de *Lolium rigidum* Gaud. en Australia (23, 24); y un biotipo de *Eleusine indica* (L.) Gaerth en Malasia (17), *Lolium multiflorum* Lam. en Chile (22), *Conyza canadensis* (L.) Cronq. en Estados Unidos (28), *Plantago lanceolata* L. en Sudáfrica, y *Ambrosia artemisiifolia* L. y *Amaranthus palmeri* en Estados Unidos (14).

El primer reporte de resistencia de *E. bonariensis* al glifosato (3) se registró en Sudáfrica, en huertos y viñedos, donde se

realizaban aplicaciones de glifosato en forma continua y generalizada, y se requirió de una dosis de glifosato superior a $3.600\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de i.a para obtener un control de *E. bonariensis* mayor al 90%. Entre tanto, en un sitio de referencia, donde no se realizaban aplicaciones del herbicida, con solamente $720\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de i.a se alcanzó un 100% de control de la especie en mención, es decir con una dosis 5 veces menor.

En *C. canadensis*, *L. rigidum* y *E. indica* se ha encontrado que el mecanismo de resistencia al glifosato está relacionado principalmente con la reducción de la translocación del herbicida por la planta y además, se asocia a mutaciones en la enzima EPSPS (2, 6, 29). La existencia de varios mecanismos de resistencia a herbicidas en una arvense, hace más difícil su manejo (29).

La resistencia de las arvenses a los herbicidas es un problema bien conocido en la agricultura de la mayoría de los países desarrollados (5). Una vez cierta especie de arvense se hace resistente al tratamiento con el herbicida que se aplica habitualmente, las poblaciones de éstas pueden crecer en períodos cortos y ocasionar reducciones en la producción del cultivo, similares a las que ocurren cuando no se realizan labores para el control de las arvenses (7).

Una respuesta frecuente por parte de los agricultores a la aparición de la resistencia es incrementar la dosis del herbicida; sin embargo, al realizar esta práctica se acelera aun más el desarrollo de la resistencia, dado que se intensifica la selección hacia los individuos resistentes (8).

Por lo anterior, es importante conocer si en cultivos de café de la zona cafetera colombiana existen especies de arvenses que han adquirido resistencia al herbicida glifosato, ya que éstas al escapar del control

podrían afectar negativamente el rendimiento del cultivo e incrementar los costos de producción.

En respuesta a inquietudes de los caficultores y a observaciones de campo, relacionadas con la dificultad para el control de *E. bonariensis* con glifosato, se desarrolló una investigación con el objetivo de evaluar el potencial de biotipos de *E. bonariensis* resistentes al mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El experimento se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, ubicado a 05° latitud Norte, $75^{\circ}36'$ longitud Oeste, a 1.310m de altitud, en el municipio de Chinchiná (Caldas).

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

Crterios de selección de las fincas:

Las fincas A, B y C se seleccionaron con base a los siguientes criterios:

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

En el caso de la finca de referencia D, los criterios de selección fueron:

- Presencia de la especie *E. bonariensis*.
- Manejo de arvenses sin herbicidas por más de 10 años.
- Ubicación de la finca en una zona sin influencia de aplicaciones de herbicidas.
- Finca certificada como productora de café orgánico.

Evaluación de la resistencia de la arvense *Erigeron bonariensis* al glifosato

Para la evaluación de la resistencia de *E. bonariensis* al glifosato en las fincas A, B y

C con relación a la finca D de referencia, se utilizaron dos metodologías: Semillas en cajas de Petri y plantas bajo condiciones controladas en casa de mallas.

Semillas en cajas de Petri. Los tratamientos consistieron en la aplicación de siete concentraciones crecientes de glifosato (480g.L^{-1} de i.a.) (Tabla 2).

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 (22). Para la

Tabla 1. Ubicación de las fincas seleccionadas para la recolección de las semillas de *E. bonariensis*.

Finca	Departamento	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	La Mesa	6° 51' N	73° 3' O	1.646

*Fincas con aplicación reiterada de glifosato

**Finca de referencia (biotipo susceptible) sin aplicación de herbicidas, certificada como productora de café orgánico.

Tabla 2. Concentraciones de glifosato evaluadas en cada biotipo de *E. bonariensis*, 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, 1.440g i.a. en 200L de agua.

preparación de las concentraciones se utilizó agua destilada con una conductividad hidráulica de 0,5µS y pH igual a 6,5. Las unidades experimentales se trasladaron a una casa de mallas con promedios de temperatura y humedad relativa de 23°C y 73%, respectivamente. Las cajas no se sellaron con el fin de evitar un medio anaerobio. Para cada biotipo de *E. bonariensis* se evaluó el efecto de las concentraciones bajo un diseño completamente aleatorio con 10 unidades experimentales por concentración de glifosato. Después de 15 días de la aplicación de las concentraciones se registró el peso de la materia fresca para cada unidad experimental.

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

Las semillas de *E. bonariensis* 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 las más uniformes y vigorosas, y luego se transplantaron a bolsas plásticas de 25 x 30cm con una mezcla de suelo más pulpa de café descompuesta en relación 3:1. Se sembraron 3 plantas por bolsa y posteriormente se dejaron las dos plantas más uniformes (unidad experimental). Para cada dosis se tuvieron 10 unidades experimentales.

Después de 40 días del transplante, 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 aspersion de presión previa retenida (Triunfo 40-100-10), con una boquilla de baja descarga (Tee-jet 8001), una presión de salida de 20 PSI y un volumen de aplicación de 200L.ha⁻¹.

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

Tabla 3. Dosis de glifosato evaluadas en cada biotipo de *E. bonariensis*, en plantas en casa de mallas.

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

*Dosis comercial

Análisis estadístico

Para cada metodología y biotipo de *E. bonariensis*:

-Se estimaron los promedios y la 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 el 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 de respuesta control (%) para cada una de las unidades experimentales como la relación:

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

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

Para cada metodología, dosis y concentración, se aplicó la prueba de comparación 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 Dunnett 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. bonariensis*, el análisis de varianza mostró efecto de las concentraciones de glifosato sobre la variable control (%) ($p > 0,05$). Según la prueba f al 5%, la tendencia cúbica se ajustó a la relación entre el control (%) y las concentraciones de glifosato en los biotipos de *E. bonariensis* potencialmente resistentes (A, B y C); para el caso del biotipo de referencia de la finca D, la tendencia cuadrática tuvo el mejor ajuste.

En la Tabla 5 se registran los valores promedios de control (%) y los coeficientes de variación correspondientes a los cuatro biotipos de *E. bonariensis* para cada concentración de glifosato. Con la menor concentración de glifosato (12ppm) se alcanzó un 95% de control en el biotipo de la finca de referencia D, en tanto que en los biotipos de las fincas potencialmente resistentes A, B y C, los valores promedios de control con esta concentración de glifosato fueron del 78,5; 83,9 y 76,9%, respectivamente. Con la concentración de 36ppm, se alcanzó un 99,3% de control en el biotipo de la finca de referencia D, mientras que en los biotipos A, B y C los valores fueron del 94,5; 95,6 y 98,4%, respectivamente.

El biotipo de la finca de referencia D tuvo valores en el control (%) mayores a los obtenidos en los biotipos de las fincas A, B y C. Cuando se compararon los promedios de control (Prueba de Tukey 5%) del biotipo de *E. bonariensis* de la finca de referencia D, con los biotipos de *E. bonariensis* potencialmente resistentes al glifosato (A, B y C), se observaron

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

Biotipo (Finca)	Concentración de glifosato (ppm)	\bar{X} (mg)	C.V %
A	0	15,3*	28,1
	12	3,2	24,1
	24	1,3	38,2
	36	0,8	66,4
	48	0,4	61,7
	72	0,4	51,2
	144	0,0	.
B	0	28,0*	23,3
	12	4,5	84,5
	24	1,4	42,0
	36	1,2	55,6
	48	0,9	58,4
	72	0,6	65,6
	144	0,0	316,2
C	0	15,8*	23,9
	12	3,6	45,4
	24	1,2	61,2
	36	0,2	66,3
	48	0,1	44,4
	72	0,2	75,4
	144	0,0	.
D	0	24,8*	24,5
	12	1,2	93,0
	24	0,6	74,9
	36	0,1	109,7
	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%.

Tabla 5. Promedios y coeficientes de variación de la variable control (%), por concentración de glifosato y biotipos de *E. bonariensis* en condiciones de cajas de Petri.

Biotipo (Finca)	Concentración de glifosato (ppm)											
	12		24		36		48		72		144	
	\bar{X}	C.V. %	\bar{X}	C.V. %	\bar{X}	C.V. %	\bar{X}	C.V. %	\bar{X}	C.V. %	\bar{X}	C.V. %
A	78,5b	6,6	90,9b	3,8	94,5c	3,8	97,3bc	1,7	97,3b	1,41	100a	.
B	83,9ab	16,1	94,9ab	2,2	95,6bc	2,5	96,5c	2,0	97,7b	1,52	99,8a	0,5
C	76,9b	13,5	91,8b	5,4	98,4ab	1,0	98,8ab	0,5	98,6ab	1,02	100a	.
D	94,9a	4,9	97,4a	2,0	99,3a	0,7	100a	.	99,9a	0,25	100a	.

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

diferencias en concentraciones de glifosato de 12, 24, 36, 48 y 72ppm con el biotipo A; y concentraciones de 36, 48 y 72ppm con el biotipo B. Entre tanto el biotipo de la finca C presentó diferencias con el biotipo de referencia D en concentraciones de glifosato de 12 y 24ppm; sin embargo, el nivel de resistencia fue muy bajo en este tipo de prueba.

En la Figura 1 se observa el comportamiento de los biotipos de *E. bonariensis* de las fincas A, B, C y D. Se encontró que el biotipo de la finca de referencia D es levemente más susceptible al glifosato.

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 ($p>0,05$), y la prueba de comparación Dunnet 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 el control

(%) en los biotipos de *E. bonariensis* potencialmente resistentes (fincas A, B y C). Para el caso del biotipo de la finca de referencia D, no hubo efecto de las dosis de glifosato sobre la variable control (%), es decir, que no se observaron diferencias en el control entre la dosis más baja (480g. ha⁻¹ de i.a) y la dosis más alta (5.760g i.a.ha⁻¹) de glifosato. Según la prueba f al 5%, la tendencia lineal se ajustó a la relación entre el control (%) y las dosis de glifosato en los biotipos potencialmente resistentes (fincas A, B y C).

En la Tabla 7 se muestran para cada biotipo y dosis de glifosato, los valores promedios y los coeficientes de variación de la variable control (%). Con la dosis más baja de glifosato (480g.ha⁻¹ de i.a.) se obtuvo un control superior al 90% en el biotipo de *E. bonariensis* de la finca de referencia D; mientras que para los biotipos de *E. bonariensis* potencialmente resistentes (fincas A, B y C) se necesitó una dosis de 2.880g.ha⁻¹ de i.a. para obtener promedios de control mayores al 90%. Con la dosis comercial (1.440g.ha⁻¹ de i.a.) no

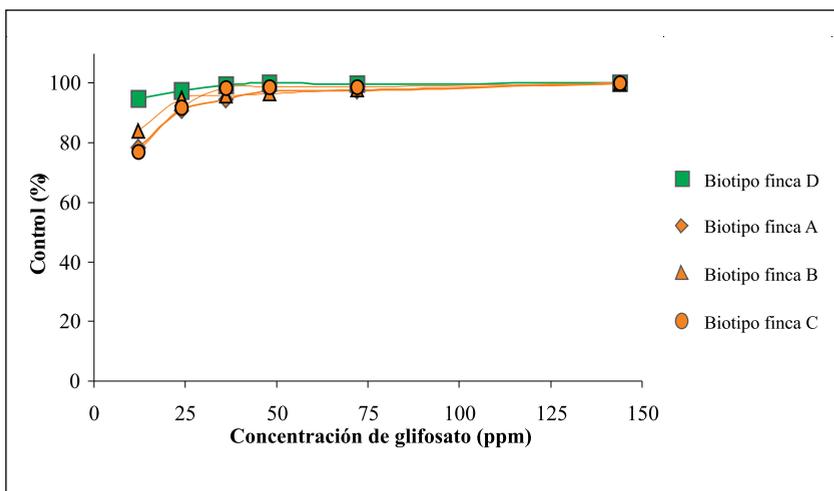


Figura 1. Control de biotipos de *E. bonariensis* con concentraciones crecientes de glifosato 15 días después de realizada la aplicación, en semillas en cajas de Petri.

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

Biotipo (Finca)	Dosis de glifosato (g.ha ⁻¹ de i.a.)	\bar{X} (g)	C.V. (%)
A	0	48,3*	19,7
	480	29,9	21,5
	960	23,0	41,9
	1.440	19,3	61,5
	1.920	11,7	60,7
	2.880	1,8	55,6
	5.760	1,6	96,0
B	0	34,6*	29,5
	480	22,7	32,4
	960	20,0	35,2
	1.440	16,1	41,4
	1.920	11,2	65,0
	2.880	1,8	74,5
	5.760	1,5	33,7
C	0	34,1*	21,3
	480	21,3	20,6
	960	14,0	32,0
	1.440	13,4	76,9
	1.920	6,7	95,1
	2.880	3,9	155,5
	5.760	1,3	30,3
D	0	32,8*	25,9
	480	2,3	92,1
	960	1,9	47,5
	1.440	1,9	48,9
	1.920	1,8	34,0
	2.880	1,7	42,7
	5.760	1,1	71,2

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

Tabla 7. Promedios y coeficientes de variación de la variable control (%) por concentración de glifosato y biotipos de *E. bonariensis* en condiciones de casa de mallas.

Biotipo (Finca)	Dosis de glifosato (g.ha ⁻¹ de i.a.)											
	480		960		1.440*		1.920		2.880		5.760	
	\bar{X}	C.V. %	\bar{X}	C.V. %	\bar{X}	C.V. %	\bar{X}	C.V. %	\bar{X}	C.V. %	\bar{X}	C.V. %
A	38,2b	34,8	52,4b	38,0	59,9b	41,1	75,7a	19,3	96,0a	2,2	96,5a	3,4
B	34,2b	62,4	42,1b	48,4	53,4b	36,1	67,4b	31,3	94,5a	4,26	95,5a	1,5
C	37,4b	34,4	58,7b	22,4	60,5b	50,1	80,3a	23,3	88,5a	20,0	96,0a	1,2
D	93,0a	6,8	93,9a	3,0	93,9a	3,1	94,2a	2,0	94,6a	2,4	96,3a	2,7

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

se alcanzaron valores promedios de control mayores al 60% en los biotipos potencialmente resistentes (A, B y C).

El biotipo de *E. bonariensis* de la finca de referencia D tuvo valores promedios en el control (%) superiores a los obtenidos en los biotipos de *E. bonariensis* de las fincas A, B y C. Cuando se compararon los valores promedios (Tukey 5%) del biotipo de la finca de referencia D con los valores de control de los biotipos potencialmente resistentes (A, B y C), se observaron diferencias en dosis de glifosato de 480, 960 y 1.440g.ha⁻¹ de i.a con los biotipos de las fincas A y C; y para el caso del biotipo de la finca B hubo diferencias con dosis de glifosato de 480, 960, 1.440 y 1.920g.ha⁻¹ de i.a.

En la Figura 2 se muestra la respuesta de los cuatro biotipos de *E. bonariensis* a diferentes dosis de glifosato. Se puede observar que el biotipo de la finca de referencia D es más susceptible al herbicida, debido a que con la dosis más baja del glifosato (480g.ha⁻¹ de i.a.) se obtuvo un promedio de control superior al 90%, mientras que con esta misma dosis no se alcanzaron promedios

de control superiores al 40% en los biotipos de las fincas A, B y C.

Reporte de la resistencia. De acuerdo a los resultados obtenidos con las dos metodologías, se puede realizar el reporte de resistencia al glifosato en los biotipos de *E. bonariensis* de las fincas A, B y C, debido a que hubo diferencias estadísticas en la respuesta (control) al herbicida, con respecto al biotipo de la finca de referencia D. Esto concuerda con la definición científica y la confirmación de la resistencia de una arvense a un herbicida planteada por Heap (11). Sin embargo, la metodología con plantas bajo condiciones controladas en casa de mallas mostró los resultados más contundentes, por tanto, el reporte de resistencia de *E. bonariensis* al glifosato en las fincas A, B y C, se realizó con base en esta metodología. Cabe destacar que la metodología de las plantas bajo condiciones controladas en casas de malla es la más confiable para confirmar y reportar la resistencia de una arvense a un herbicida, de acuerdo a lo mencionado por Heap (14), HRAC (15) y Valverde *et al.* (27).

La metodología a partir de semillas en cajas de Petri puede ser una alternativa rápida

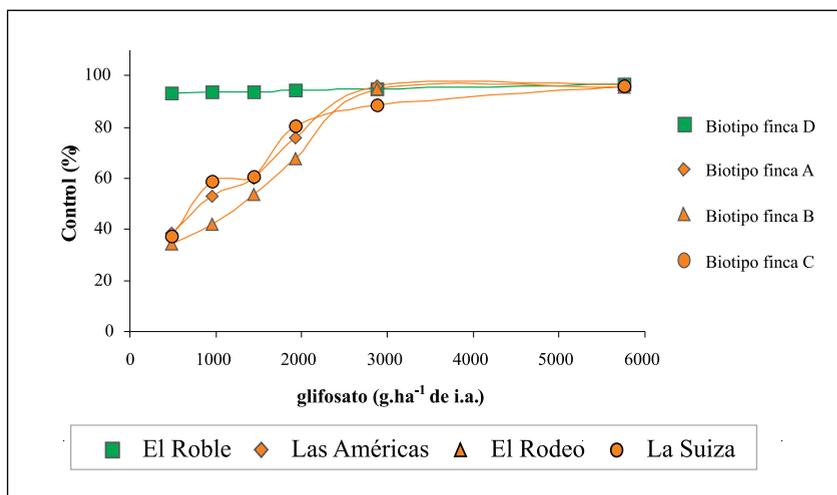


Figura 2. Control en biotipos de *E. bonariensis* con dosis crecientes de glifosato, 21 días después de realizada la aplicación. Plantas bajo condiciones controladas en casa de mallas.

para seleccionar muestras o biotipos de *E. bonariensis* posiblemente resistentes, más no para realizar el reporte de resistencia. Posiblemente las características de la arvense y del herbicida hacen que esta metodología no sea aplicable para realizar el reporte de resistencia, a pesar de demostrar diferencias estadísticas entre el biotipo de referencia D y los biotipos A, B y C.

Los resultados obtenidos con la metodología de plantas bajo condiciones controladas en casa de mallas son muy similares a los encontrados por Cairns (3), en el primer reporte de resistencia de *E. bonariensis* al glifosato registrado en Sudáfrica.

El biotipo de la finca de referencia D presentó mayor susceptibilidad al herbicida glifosato, lo que significa que en las fincas A, B y C, se está generando una presión de selección en la especie *E. bonariensis*, ocasionada por la utilización de un herbicida (glifosato) con un solo mecanismo de acción en forma continua y generalizada. Esto concuerda con lo mencionado por Gressel y Segel (11), Fischer y Pabón (8), y Morrison y Friesen (21), quienes consideran 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.

Los resultados de esta investigación confirman las observaciones de campo realizadas por los agricultores, relacionadas con la dificultad para controlar *E. bonariensis* con glifosato. Actualmente, los caficultores por la necesidad de controlar la arvense utilizan el método manual, labor que demanda altos costos en mano de obra, o incrementan la dosis de glifosato, con lo cual se intensifica la selección a favor de individuos resistentes (8).

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Diógenes Villalba y la doctora Esther Cecilia Montoya, de las Disciplinas de Entomología y Biometría, respectivamente. A los propietarios y administradores de las fincas que colaboraron en la investigación. A los Comités de Cafeteros de Chinchiná y Palestina (Caldas), a la Subestación Experimental Santander y a las Disciplinas de Fitotecnia y Suelos de Cenicafé.

LITERATURA CITADA

1. BAYLIS, A., D. Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects. *Pest Management Science* 56: 299-308. 2000.
2. BERSON S., R.; RODRIGUEZ D., J.; TRAN M.; FENG Y.; BIEST A., N.; DILL M., G. Glyphosate-resistant goosegrass. Identification of a mutation in the target enzyme 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase. *Plant Physiology* 129: 1265-1275.
3. CAIRNS, A. Group G/9 resistant hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) South Africa. Online Internet. Disponible en: www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=5192. 2003. (Consultado en enero de 2005).
4. CASELY, J.; COPPING, L. Twenty-five years of increasing glyphosate use: the opportunities ahead. *Pest Management Science* 56: 297. 2000.
5. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ - Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Resumen del informe anual de actividades 2003 - 2004. Chinchiná, Cenicafé, 2004. 188 p.
6. CLIFFORD H., K.; KRISHNA N., R. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Science* 53(1):84-89. 2005.
7. FAO, Servicio de Protección Vegetal (AGPP). Reunión regional. Resistencia de malezas a herbicidas. (Octubre: 27: 1997). Jaboticabal, Brasil. 1997.
8. FISCHER, A.; PABÓN, H. Desarrollo de resistencia a herbicidas en poblaciones de malezas. *Revista Comalí* 23(2):7-19. 1995.

- 9.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.
- 10.GÓMEZA, A.; RIVERA P., J.H. Descripción de arvenses en plantaciones de café. 2. ed. Chinchiná, Cenicafé, 1995. 490 p.
- 11.GRESSEL, J.; SEGEL, L.A. Modeling the effectiveness of herbicide rotations and mixture as strategies to delay or preclude resistance. *Weed Technology* 4: 86 – 98. 1990.
- 12.HAWAIIAN ECOSYSTEMS AT RISK PROJECT (HEAR). Pacific Island Ecosystems at Risk (PIER). Online Internet. Disponible en: www.hear.org/pier/species/conyza_bonariensis.htm. (Consultado en enero de 2006).
- 13.HEAP, M.I. Criteria for confirmation of herbicide resistant weeds. Online Internet. Disponible en: www.weedscience.org. (Consultado en enero de 2005).
- 14.HEAP, M.I. The International Survey of herbicide resistant weeds. Online Internet. Disponible en: www.weedscience.org. (Consultado en enero de 2006).
- 15.HRAC – HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. La resistencia de las malas hierbas a los herbicidas. Online Internet. Disponible en: www.plantprotection.org/HRAC/Cindex.cfm?doc=spanish_resistencia.html. 1999. (Consultado en enero de 2005).
- 16.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).
- 17.LEE, L.; NGIM, J.A. first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica* (L.) Gaerth) in Malaysia. *Pest Management Science* 56: 336 – 339p. 2000.
- 18.LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil. Nova Odessa, H. Lorenzi, 1982. 424 p.
- 19.LORENZI, H. Manual de identificacao e controle de plantas daninhas. 2. ed. Nova Odessa, H. Lorenzi, 1986. 220 p.
- 20.MIFSUD, S. Wild plants of the maltese Islands. Contents: Family of wild plants. 2002. Online Internet. Disponible en: www.maltawildplants.com. (Consultado en diciembre de 2004).
- 21.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.
- 22.PÉREZ J., A.; KOGAN A., M. Glyphosate – resistant *Lolium multiflorum* in Chilean orchards. *Weed Research* 43: 12 – 19. 2003.
- 23.POWLES, S.B.; LORRAINE C., D.F.; DELLOW, J.J.; PRESTON, C. Evolved resistance to glyphosate in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia. *Weed Science* 46: 604 – 607. 1998.
- 24.PRATLEY, J.; URWIN, N.; STANTON, R.; BAINES, P.; BROSTER, J.; CULLIS, K.; SCHAFER, D.; BOHN, J.; KRUEGER, R. Resistance to glyphosate in *Lolium rigidum*. I. Bioevaluation. *Weed Science* 47: 405 – 411p. 1999.
- 25.RIVERA P., J.H. El selector de arvenses modificado. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 271: 1-4. 2000.
- 26.SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. Arvenses de mayor interferencia en los cafetales. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 333: 1-12. 2005.
- 27.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, Grafos S.A., 2000. 135 p.
- 28.VANGESSEL, M.J. Rapid publication glyphosate resistant horseweed (*Conyza canadensis* L.) from Delaware. *Weed Science* 49: 703 – 705. 2001.
- 29.WAKELIN AM., PRESTON C. A target –site mutation is present in a glyphosate-resistant *Lolium rigidum* population. *Weed Research* 46 (5) 432-440. 2006.