

# Integración de sulfonilureas y carfentrazona-etilo con dosis reducidas de glifosato para control de arvenses en café

Luis Fernando Salazar Gutiérrez \* | Jhon Félix Trejos Pinzón \*\*

\* Investigador Científico II. Suelos, Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé, Manizales, Colombia   
Correspondencia: [luisfernando.salazar@cafedecolombia.com](mailto:luisfernando.salazar@cafedecolombia.com)

\*\* Asistente de Investigación. Experimentación, Cenicafé 

Se evaluaron alternativas de herbicidas que pueden mejorar el control de arvenses de hoja ancha con respecto al glifosato en dosis comercial para café, sin afectar la producción. La investigación se llevó a cabo en las Estaciones Experimentales Naranjal (Caldas) y Paraguaicito (Quindío), en siembras nuevas y renovaciones por zoca de café, respectivamente. Los tratamientos consistieron en mezclas de glifosato (720 y 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a) con metsulfurón-metilo (15 g ha<sup>-1</sup> de i.a), bensulfurón-metilo (50 g ha<sup>-1</sup> de i.a) o carfentrazona-etilo (30 g ha<sup>-1</sup> de i.a), comparadas con la dosis comercial de glifosato (1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a) y con manejo manual-mecánico. Se hicieron entre cinco a seis aplicaciones por localidad hasta los 24 meses del cultivo. Se evaluó la cobertura de arvenses (%) entre 7 a 63 días después de la aplicación (dda), la fitotoxicidad y la producción de café cereza del primer año, en un diseño de bloques completos al azar con ocho repeticiones. Las mezclas de glifosato con carfentrazona-etilo lograron un control de arvenses efectivo a los 7 y 21 dda. Las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo y bensulfurón-metilo fueron eficaces entre los 21 a 63 dda, superando a la dosis comercial de glifosato. Las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo causaron una fitotoxicidad leve en el café en siembras nuevas. No hubo diferencias significativas en la producción de café entre los tratamientos herbicidas. La integración de estas alternativas permite usar dosis de glifosato entre 25% a 50% más bajas que la dosis comercial promedio para café.

**Palabras clave:** *Coffea arabica* L., manejo de arvenses, fitotoxicidad, sostenibilidad, Colombia, Cenicafé.

## Integration of sulfonilureas and carfentrazone-ethyl with reduced glyphosate rates for weed management in coffee

This study evaluated alternative herbicide strategies to improve broadleaf weed control while reducing glyphosate application rates without compromising coffee productivity. Field experiments were conducted at the Naranjal and Paraguaicito Experimental Stations in Caldas and Quindío, Colombia, using newly established coffee plantations and stump-renewed coffee crops, respectively. Treatments consisted of glyphosate at 720 or 1,080 g a.i. ha<sup>-1</sup> combined with metsulfuron-methyl (15 g a.i. ha<sup>-1</sup>), bensulfuron-methyl (50 g a.i. ha<sup>-1</sup>), or carfentrazone-ethyl (30 g a.i. ha<sup>-1</sup>). These treatments were compared with the commercial glyphosate rate (1,440 g a.i. ha<sup>-1</sup>) and manual-mechanical weed control. Five to six herbicide applications were performed over 24 months. Weed cover was assessed between 7 and 63 days after application (DAA), together with coffee phytotoxicity and first-year cherry yield. Glyphosate combined with carfentrazone-ethyl provided rapid and effective weed suppression at 7 and 21 DAA. In contrast, mixtures containing metsulfuron-methyl or bensulfuron-methyl provided superior residual control between 21 and 63 DAA compared with the commercial glyphosate rate. Mild and transient phytotoxicity was observed only in newly established coffee plants treated with metsulfuron-methyl. Importantly, none of the herbicide treatments significantly affected coffee cherry yield. These findings demonstrate that integrating sulfonilureas or carfentrazone-ethyl into weed management programs allows glyphosate rates to be reduced by 25–50% while maintaining effective weed control and crop productivity.

**Keywords:** *Coffea arabica* L., Integrated weed management, Phytotoxicity, Sustainability, Colombia, Cenicafé.



**Recibido:** 03/12/2025

**Aceptado:** 02/2/2026

**Publicado:** 30/6/2026

**Editado por:**

Diana María Molina  
Cenicafé

### Citación (APA 7.ª ed.):

Salazar-Gutiérrez, L., & Trejos Pinzón, J. F. (2026). Integración de sulfonilureas y carfentrazona-etilo con dosis reducidas de glifosato para control de arvenses en café. *Revista Cenicafé*, 77(1), e77102. <https://doi.org/10.38141/10778/77102>



## Introducción

El establecimiento y manejo de especies de cobertura es un componente esencial del Manejo Integrado de Arvenses (MIA), el cual hace referencia a la implementación de diferentes métodos de control de las arvenses de manera oportuna (Salazar-Gutiérrez, 2021). Las arvenses de hoja ancha de interferencia alta, del grupo eudicotiledónea, pueden afectar en más del 66% la producción del café (Salazar & Hincapié, 2009). Las eudicotiledóneas comprenden el 73% de las arvenses de interferencia alta y media en el cultivo, de ellas, el 45% son de difícil manejo o poco susceptibles a los herbicidas recomendados en la actualidad para el café en Colombia (Salazar-Gutiérrez, 2021). El manejo de estas arvenses en el café se dificulta por su alta incidencia, la complejidad de su control (Salazar, 2013; Salazar & Menza, 2018) y las crecientes restricciones globales sobre el uso de pesticidas (Fairtrade International, 2019, European Commission, 2022).

Las opciones de herbicidas recomendadas para el café son cada vez más limitadas al nivel mundial, y la aplicación incorrecta puede causar daños por fitotoxicidad a la planta, afectando la productividad (Salazar et al., 2020), así como la inocuidad del café por la presencia de trazas de herbicida en el grano (Arcila & Benavides, 2019; Codex Alimentarius, 2023, Rainforest Alliance, 2025b).

Dada esta problemática, es imprescindible evaluar alternativas que mejoren la eficacia del control de arvenses en café, que reduzcan el riesgo de daños ambientales y a la salud, y que permitan sistemas de producción más sostenibles (Jaramillo, 2025). Además, la integración de herbicidas con modos de acción poco utilizados en la caficultura es importante para diversificar las estrategias de control y mitigar la aparición de arvenses resistentes a herbicidas (Menza & Salazar, 2007).

El herbicida más común en el cultivo del café, en los países productores, es el glifosato (Schrübbers et al., 2020) que ofrece alta efectividad de control a un amplio espectro de arvenses, sin embargo, algunas arvenses de hoja ancha son tolerantes o han adquirido resistencia a este (Menza & Salazar, 2006). De acuerdo con el espectro de arvenses, las dosis comerciales de glifosato para café en Colombia oscilan entre 720 a 1.920 g ha<sup>-1</sup> de i.a, y de 44 productos comerciales de glifosato con registro de venta vigente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) el promedio de la dosis comercial para café es de 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a (ICA, 2026). Otro herbicida no selectivo usado de forma común en el cultivo del café es el glufosinato de amonio (López et al. 2012), pero en la actualidad tiene grandes restricciones en los países consumidores de café por sus posibles efectos negativos en la salud reproductiva humana (Rainforest Alliance, 2025a). No obstante, otros herbicidas pueden usarse para el control de arvenses eudicotiledóneas o de hoja ancha con registro en Colombia o en otros países productores de café sin restricciones actuales por la Comunidad Europea (Anzalone et al., 2014; Arizaleta et al., 2008; Da Silva et al., 2018;

European Commission, 2025; Freitas et al., 2018; Instituto Colombiano Agropecuario – ICA, 2026; Reis & Andrade, 2024), los cuales se describen a continuación:

**Metsulfurón-metilo**, pertenece a la familia de las sulfonilureas y actúa como un inhibidor de la enzima acetolactasa sintetasa (ALS) (Heap, 2025). La inhibición de la ALS impide la síntesis de aminoácidos esenciales (isoleucina, leucina y valina), deteniendo el crecimiento de la planta; es un herbicida sistémico, absorbido tanto por el follaje como por las raíces, y se trasloca eficientemente a los meristemos (Heap, 2025). Además, presenta algún grado de residualidad en el suelo (vida media de 17-69 días) (Pubchem, 2023) (**Tabla 1**) a partir de su actividad pre-emergente y post-emergente (**Tabla 2**). En Venezuela, se ha documentado su eficacia, especialmente en mezcla con glifosato, para el control de arvenses de hoja ancha como *Anredera cordifolia* y *Pteridium aquilinum*, entre otras (Anzalone et al., 2014; Arizaleta et al., 2008). Anzalone & Silva (2010) encontraron que metsulfurón-metilo tuvo mejor eficacia de control de arvenses de hoja ancha en cultivos de café que otros herbicidas de la misma familia de las sulfonilureas, como nicosulfurón y rimsulfurón y ninguno de ellos causó fitotoxicidad por deriva al café, sin embargo el glifosato alcanzó mejor efectividad y duración del control de todos los grupos de arvenses; por lo cual, se recomienda el uso de metsulfurón-metilo como alternativa a problemas puntuales de arvenses. En Brasil se han obtenido controles eficaces de arvenses en café cuando se usan en mezcla con glifosato (Reis & Andrade, 2024).

**Bensulfurón-metilo**, también pertenece a la familia de las sulfonilureas, con las mismas características descritas previamente (Heap, 2025). Es un herbicida sistémico con acción pre-emergente y post-emergente contra arvenses de hoja ancha y ciperáceas (**Tabla 2**), absorbiéndose por el follaje y las raíces con rápida translocación. Aunque la literatura sobre su uso en café es limitada, cuenta con registro vigente para café otorgado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2025). Su solubilidad en agua es baja a moderada (**Tabla 1**), se adsorbe fácilmente a las partículas del suelo, y se degrada por los microorganismos del suelo (Sabadie, 1997). Se ha clasificado con alto potencial de lixiviación hacia aguas subterráneas y es tóxico para los organismos acuáticos (**Tabla 3**) (Pubchem, 2023).

**Carfentrazona-etilo**, pertenece al grupo de los inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa (PPO) y es un herbicida de contacto (**Tabla 2**), lo que le confiere mayor eficacia contra arvenses anuales que perennes. La inhibición de la PPO conduce a la acumulación de protoporfirina IX y peróxido de hidrógeno, lo que daña las membranas celulares y provoca necrosis y decoloración foliar (Heap, 2025). Su potencial de lixiviación hacia aguas subterráneas es alto y es extremadamente tóxico para organismos acuáticos (**Tabla 3**), requiriendo el manejo de franjas de protección natural cerca de las fuentes hídricas (Pubchem, 2023). La mezcla con glifosato ha mostrado sinergismo en el control de diversas arvenses de hoja ancha, aunque se ha reportado antagonismo para *Commelina* spp. (Freitas et al., 2018). En

cultivos de café variedad Mundo Novo en Brasil la aplicación de la mezcla glifosato + carfentrazona-etilo (1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a + 32 g ha<sup>-1</sup> de i.a) presentó valores medios de control (60% a 80%) de *Conyza canadensis* (venadillo) desde tres hasta 27 días después de la aplicación, mientras que con glifosato solo (1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a) no superó el 40% de control (Da Silva et al., 2018).

La mezcla de glifosato con metsulfurón-metilo ha demostrado ser más eficaz que el glifosato aplicado en forma aislada en café (Reis & Andrade, 2024). La mezcla glifosato + metsulfurón-metilo alcanzó valores de control de *Conyza* spp. del 92%, similar estadísticamente a la encontrada con glifosato + 2,4-D amina, y glifosato + saflufenacil (Ross de. et al., 2018). Por otra parte, varios autores han encontrado que la mezcla de carfentrazona-

etilo + glifosato es sinérgica en la mayoría de los casos (Costa et al. 2020). La mezcla de ciertos herbicidas inhibidores de ALS y de PPO con glifosato es viable y en algunos casos sinérgica, estas mezclas presentan respuestas eficaces con dosis menores de glifosato de 75% y 50% de la dosis comercial (Freitas et al., 2018; Shaw & Arnold, 2002). Este enfoque de reducir la dosis de glifosato al mezclarlo con inhibidores de ALS y PPO ha mostrado respuestas de control eficaces, incluso con dosis bajas de glifosato (0,5x de la dosis comercial) (Shaw & Arnold, 2002). En diferentes estudios, las dosis más efectivas de glifosato + metsulfurón-metilo han sido 720 + 15 y 940 + 16 g ha<sup>-1</sup> de i.a, respectivamente (Ortéz, 2019; Bogantes-Arias et al., 2010), y de glifosato + carfentrazona-etilo de 720 + 30 y 1.080 + 30 g ha<sup>-1</sup> de i.a, respectivamente (Costa et al., 2020; Werlang & Silva, 2002).

**Tabla 1.** Propiedades físicas y químicas de herbicidas promisorios para el control de arvenses de hoja ancha en café en Colombia.

Ingrediente activo	Peso molecular g mol <sup>-1</sup>	Solubilidad en agua mg L <sup>-1</sup>	K <sub>oc</sub> mg g <sup>-1</sup> o ml g <sup>-1</sup>	Presión de vapor mm Hg	Constante de Henry (H)	T <sub>1/2</sub> suelo días	T <sub>1/2</sub> agua días	Log K <sub>ow</sub>
Metsulfurón-metilo	381,37	270 – 9.500	345	2,5x10 <sup>-12</sup>	1,32x10 <sup>-16</sup> atm m <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup>	17-69	27-60	2,20
Bensulfurón-metilo	410,4	67	205- 561	2.10x10 <sup>-14</sup>	3,08 x 10 <sup>-7</sup> Pa m <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup>	4-14	16-21	2,18
Carfentrazona-etilo	412,2	12-22	325	7,2x10 <sup>-6</sup>	3,0 x 10 <sup>-9</sup> Pa m <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup>	77,1	13,7	3,36

Notas: K<sub>oc</sub>: Coeficiente de adsorción de carbono orgánico, Log K<sub>ow</sub>: Coeficiente de partición octanol-agua. T<sub>1/2</sub>: Duración media. National Library of Medicine. (s/f).

**Tabla 2.** Características, acción y restricciones actuales de herbicidas promisorios para el control de arvenses de hoja ancha en café.

Ingrediente activo	Acción	T	Tipo arvense que controla	P.C.	Tox. SGA	LMR UE <sup>x</sup>	LMR JP <sup>xx</sup>	UE <sup>x</sup>	RFA <sup>*</sup>	FT <sup>**</sup>	ICA Café	ICA Otros	Brasil Café <sup>**</sup>
Metsulfurón-metilo	Pre. Pos.	s	h.a., hel.	30	4	0,05	N.D.	+	+	+	+	+	+
Bensulfurón-metilo	Pre. Pos.	s	h.a., cyp., gram.	N.A.	4	0,05	N.D.	+	+	+	+	+	-
Carfentrazona-etilo	Pos.	c	h.a., comm.	15	4	0,1	0,1	+	+	+	-	+	+

T: Tipo de acción, s.: Sistémico, c.: De contacto, P.C. Período de carencia, UE.: Unión Europea, RFA.: Rainforest Alliance, FT.: Fairtrade International. ICA: Registro vigente por el Instituto Colombiano Agropecuario. LMR: Nivel máximo tolerable en el grano almendra de café en la UE: Unión Europea, JP: Japón. Pos.: Postemergente, Pre.: Preemergente, h.a.: Hoja ancha, gram.: Gramíneas, comm.: Commelinaceae, cyp.: Cyperaceae, hel.: Helechos. + Aceptado, - No aprobado. N.A: No aplica, N.D. No dato. <sup>x</sup> European commission. (2023), <sup>xx</sup> Japan Food Chemical Research Foundation, (2025), <sup>\*</sup>Rainforest Alliance (2024), <sup>\*\*</sup>Fairtrade International (2019), <sup>\*\*</sup> Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins (2023).

**Tabla 3.** Toxicología y riesgos de los herbicidas promisorios para el control de arvenses de hoja ancha en café en Colombia.

Ingrediente activo	DL50 aguda oral mg kg <sup>-1</sup>	DL50 aguda dermal mg kg <sup>-1</sup>	LC50 aguda inhalación mg L <sup>-1</sup>	DL50 abejas µg/abeja	DL50 aguda aves mg kg <sup>-1</sup>	DL50 aguda lombriz mg kg <sup>-1</sup>	LC50 aguda peces (trucha arcoíris) mg/kg	IDA mg kg <sup>-1</sup> bw día <sup>-1</sup>	AOEL mg kg <sup>-1</sup> bw día <sup>-1</sup>	Clasificación Riesgos SGA
Metsulfurón-metilo	>5000	>2000	>5	>25	>5000	N.D.	>150	0,22	0,25	Peligro ambiental H400, H410
Bensulfurón-metilo	> 5000	2000	>7,5	12,5	>2510	>1000	>66	0,2	0,12	Irritante a la piel H317 Peligro ambiental H411
Carfentrazona-etilo	5143	4000	>5,09	>27,2	>2250	> 410	1,6	0,03	0,4	Peligro ambiental H400-H410

IDA: Ingesta Diaria Aceptable, AOEL: Nivel Aceptable de Exposición del Operador, SGA: Sistema Globalmente Armonizado. N.D. Sin dato. H400: Muy tóxico para los organismos acuáticos [Advertencia Peligroso para el medio ambiente acuático, peligro agudo]. H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel [Advertencia: sensibilización, piel]. H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos con efectos duraderos [Advertencia Peligroso para el medio ambiente acuático, peligro a largo plazo]. H411: Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos duraderos [Peligroso para el medio ambiente acuático, peligro a largo plazo]. National Library of Medicine. (s/f).

Los herbicidas anteriormente mencionados, según sus bajos valores de presión de vapor y constante de Henry (**Tabla 1**), presentan bajo riesgo de volatilización. Además, como estos herbicidas se pueden disolver en el agua del suelo, se generaría un riesgo relativo de lixiviación, y también se pueden fijar en las partículas del suelo. Por su persistencia media en el suelo (mayor a nueve días), estos herbicidas podrían tener potencial relativo para contaminar aguas subterráneas. De acuerdo con lo anterior, los de mayor vida media en el suelo son carfentrazona-etilo con 77 días y metsulfurón-metilo con 69 días (**Tabla 1**). Además, presentan baja solubilidad en agua, por lo que la biodegradación se facilita. Por otro lado, las aplicaciones de los productos plaguicidas, deben hacerse alejadas de las fuentes de agua con una distancia mayor a los 30 metros para aplicaciones terrestres (Rainforest Alliance, 2025a).

Adicionalmente estos herbicidas, registran valores de Coeficiente de Adsorción de Carbono Orgánico ( $K_{oc}$  mg g<sup>-1</sup> o mL g<sup>-1</sup>) moderados. Lo anterior indicaría: 1) una adsorción por el suelo en forma moderada, 2) el herbicida podría distribuirse en cuerpos de agua o aire, 3) puede ser fijado de manera moderada a la materia orgánica del suelo, 4) la vía de exposición al plaguicida puede ser la inhalatoria, y 5) movilidad media en el suelo. Los valores de  $K_{ow} < 4$ , indican que pueden tener facilidad de ser movilizados en la planta por el xilema (Oliveira & Bacarin, 2011), y pueden fijarse con firmeza a la materia orgánica del suelo (Alfaro, 2013)

(**Tabla 1**). Los herbicidas expuestos presentan bajo riesgo toxicológico DL50 aguda oral > de 5.000 mg kg<sup>-1</sup> (**Tabla 3**), no obstante, deben manejarse con todas las medidas de precaución, ya que estudios recientes reportan impactos directos e indirectos en la salud.

De acuerdo con lo anterior, esta investigación propuso evaluar alternativas para el control químico de arvenses de hoja ancha de alta interferencia en el cultivo del café, partiendo de la hipótesis de que al menos una de las alternativas de herbicidas evaluadas superaría el control del glifosato en su dosis comercial promedio para Colombia, en al menos un 10%, sin comprometer la productividad de café.

## Materiales y métodos

### Localización

Este estudio se llevó a cabo en dos Estaciones Experimentales (E.E.) de Cenicafé: Naranjal (ubicada en Chinchiná, Caldas) y Paraguaicito (ubicada en Buenavista, Quindío). Estos sitios fueron seleccionados por sus condiciones climáticas y edáficas contrastantes, las cuales influyen sobre la presencia, desarrollo y diversidad de las poblaciones de arvenses (**Tabla 4**).

**Tabla 4.** Ubicación y condiciones climáticas de las localidades experimentales.

Característica	Naranjal	Paraguaicito
Municipio-Departamento	Chinchiná, Caldas	Buenavista, Quindío
Latitud	4°59'N	4°23'N
Longitud	75°39'W	75°44'W
Altitud (m)	1.403	1.230
Temperatura promedio (°C)	21,6	22,4
Precipitación anual (mm)	2.881	2.109
Unidad cartográfica de suelos	Chinchiná	Montenegro

En la Estación Naranjal, el experimento se estableció con la siembra de café variedad Cenicafé 1, el 5 de febrero de 2022, con una densidad de 7.143 plantas por hectárea (distancia de siembra de 1,4 m x 1,0 m), y finalizó una vez se efectuaron dos cosechas de evaluación de los registros de producción de café cereza, el 30 diciembre de 2024. Mientras que, en la Estación Paraguaicito, el estudio inició con la segunda renovación por zoca de un cultivo de café variedad Castillo®, el 15 de septiembre de 2021, a una densidad de 6.666 plantas por hectárea (distancia de siembra de 1,5 m x 1 m) y concluyó con la recolección de la cosecha del primer año el 30 de junio de 2024, evaluándose así dos cosechas de producción de café cereza.

En Paraguaicito, durante los primeros cinco meses después de la renovación por zoca se realizaron controles manuales y se favoreció el predominio de arvenses de hoja ancha. Después de cinco meses de la renovación por zoca, al momento de la primera aplicación de los tratamientos, las arvenses de hoja ancha de interferencia alta y media con mayor frecuencia relativa (%) fueron: *Talinum paniculatum* (86,2%), *Emilia sonchifolia* (76,2%), *Crassocephalum crepidioides* (65%), *Momordica charantia* (46,2%), *Spermacoce alata* (36,2%), *Melothria pendula* (32,5%), *Sida acuta* (30%) y *Conyza bonariensis* (28,7%). En Naranjal, después de 80 días de la siembra, antes de la primera aplicación de tratamientos (26 de abril de 2022), las arvenses de hoja ancha de interferencia alta y media con el cultivo por su frecuencia (%) fueron: *Cyathula achyranthoides* (77,5%), *Sida acuta* (68,7%), *Emilia sonchifolia* (66,2%), *Spermacoce alata* (62,5%), *Cuphea racemosa* (46,2%), *Pseudelephantopus spicatus* (30%), *Thunbergia alata* (23,7%) y *Talinum paniculatum* (22,5%).

## Diseño experimental y tratamientos

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con ocho repeticiones o bloques en cada localidad, con la pendiente del terreno como factor de bloqueo. Cada parcela experimental tuvo un área cultivada de café de 40 m<sup>2</sup>, mientras que la parcela efectiva para las evaluaciones fue el área central, de 15 m<sup>2</sup> en la Estación Paraguaicito y 14 m<sup>2</sup> en la Estación Naranjal, equivalentes a diez plantas. El número de repeticiones (ocho bloques) fue determinado para asegurar una confiabilidad superior al

80% en la variable de producción de café cereza, basándose en parámetros estadísticos esperados: diferencia mínima aceptable 10 kg, promedio de 55 kg, varianza 107,6 (Salazar et al., 2012).

Se evaluaron diez tratamientos y los herbicidas se seleccionaron con base en los siguientes criterios:

- Reportes previos de eficacia para el control de arvenses de hoja ancha en postemergencia.
- Aprobación vigente por la Unión Europea (UE) y según los estándares asociados a la certificación Rainforest Alliance (RFA).
- Registro de comercialización de agroquímicos vigente ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Registro vigente para el cultivo de café en Colombia o Brasil (mayor productor de café a nivel mundial).
- Límite Máximo de Residuos (LMR) en la Unión Europea (UE) igual o superior a 0,05 mg kg<sup>-1</sup>.
- Clasificación toxicológica en la Categoría Toxicológica III (ligeramente peligroso).
- Reporte de riesgo moderado de fitotoxicidad en cafetos jóvenes.

Con base en estos criterios, se seleccionaron tres herbicidas con diferentes modos de acción para ser evaluados en mezcla con glifosato: metsulfurón-metilo (sulfonilurea, inhibidor de ALS), bensulfurón-metilo (sulfonilurea, inhibidor de ALS) y carfentrazona-etilo (inhibidor de PPO).

Los tratamientos evaluados se presentan en la **Tabla 5**.

## Aplicación de los herbicidas

Las aplicaciones de los tratamientos con herbicidas se realizaron 21 días después del manejo mecánico (corte con guadaña marca Stihl), con el propósito de reducir la altura de las arvenses, previo a la aplicación del herbicida y que las arvenses se encontraran en estado vegetativo y tuvieran un máximo de 15 cm de altura. Se utilizaron equipos de aspersión de bombeo manual (marca Royal Aliada, de 20 L de capacidad), con una boquilla de abanico plano Teejet 8001 y una válvula de presión constante (CFV) de 0,145 MPa (21 psi) de referencia R1116SY. Se utilizó una pantalla protectora comercial en forma de abanico con ángulo de 80°, referencia RC-H-02, para minimizar la deriva del producto hacia las plantas de café. El volumen de aplicación, previa calibración de los equipos de aspersión, osciló entre 200 y 250 L ha<sup>-1</sup>, la altura de la boquilla sobre el suelo fue inferior a 20 cm y se orientó en el sentido del surco. Se empleó agua proveniente del acueducto veredal,

propia de cada Estación Experimental, con características estandarizadas del pH de agua entre de 6,5 a 7,5 y no se usaron coadyuvantes.

Debido a la residualidad en el suelo reportada para los herbicidas pertenecientes al grupo de las sulfonilureas (metsulfurón-metilo y bensulfurón-metilo) (**Tabla 1**), las aplicaciones se realizaron con un intervalo mínimo de 100 días entre cada aspersión. En la Estación Paraguaicito, se llevaron a cabo seis aplicaciones, entre el 10 de febrero de 2022 y el 29 de junio de 2023, mientras que en Naranjal, se realizaron cinco aplicaciones, desde el 26 de abril de 2022 hasta el 7 de junio de 2023.

## Evaluación de variables de respuesta

### Cobertura de arvenses

La variable de respuesta, cobertura de arvenses en porcentaje (%), se evaluó en la parcela efectiva, en varios períodos de tiempo, después de la aplicación del herbicida. Se asumió que un valor cercano al 100% de cobertura de arvenses, días después de la aplicación, se relacionaba con ningún control, y cercano al 0% de cobertura de arvenses obedecía a un control excelente. Las evaluaciones se realizaron a los 7, 21, 35 y 50 a 63 días después de cada aplicación (dda). El método empleado fue el visual, de manera cuantitativa por medio del lanzamiento aleatorio de un cuadrado de

**Tabla 5.** Descripción de tratamientos evaluados.

N°	Tratamientos	Dosis g ha <sup>-1</sup> de i.a
T1	Mezcla glifosato + metsulfurón-metilo	720 + 15
T2	Mezcla glifosato + bensulfurón-metilo	720 + 50
T3	Mezcla glifosato + carfentrazona-etilo	720 + 30
T4	Mezcla glifosato + metsulfurón-metilo	1.080 + 15
T5	Mezcla glifosato + bensulfurón-metilo	1.080 + 50
T6	Mezcla glifosato + carfentrazona-etilo	1.080 + 30
T7	Glifosato (Testigo relativo)	720
T8	Glifosato (Testigo relativo)	1.080
T9	Glifosato (Testigo comercial)*	1.440
T10	Manual-mecánico (Testigo relativo).	-

\* De 44 productos comerciales de glifosato, con registro de venta vigente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (ICA, 2026), el promedio de la dosis comercial para café es de 3 L ha<sup>-1</sup>, equivalente a 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a.

área conocida, para este estudio fue de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5 m x 0,5 m) y se lanzó seis veces por cada parcela efectiva. Este proceso fue asistido con el análisis de imágenes mediante la aplicación móvil Canopeo® (Patrignani & Ochsner, 2015), ajustada para estudios de control de arvenses en café realizados por Salazar et al. (2024), lo anterior para una mayor precisión en la cuantificación de la cobertura. A partir de esta información, se obtuvo el porcentaje de cobertura de arvenses, y la lectura de las seis mediciones por parcela constituyó el valor promedio de cobertura de arvenses en porcentaje por unidad experimental.

La investigación planteó la hipótesis de que, al menos una de las alternativas de herbicidas evaluadas superaría la eficacia del glifosato (en su dosis comercial promedio para Colombia) en un mínimo del 10% en el control de arvenses. Para determinar la eficacia relativa de los tratamientos alternativos (T1 a T6) respecto al tratamiento testigo (T9), se utilizó la fórmula de Abbott recomendada por Portilla y Martínez (2015) **Ecuación <1>**. Este valor de eficacia relativa se utilizó para la interpretación de los resultados y apoyar en la respuesta de la hipótesis de investigación.

Porcentaje de control relativo:

$$100 - (\text{Cobertura } T_n / \text{Cobertura } T_9) * 100 <1>$$

Donde:

T<sub>n</sub> es el porcentaje de cobertura promedio obtenido por cada (T1 a T6), y T<sub>9</sub> el porcentaje de cobertura obtenido por el testigo en este caso la dosis comercial de glifosato (T9).

### Fitotoxicidad al cultivo

La fitotoxicidad en el cultivo de café por posible deriva de los herbicidas, fue evaluada en forma visual en todas las plantas de la parcela efectiva (diez plantas) a los 21 dda, utilizando la escala de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM) reportada por Anzalone & Silva (2010) (**Tabla 6**). Con la frecuencia, en porcentaje, de plantas de café clasificadas dentro de cada índice de la escala ALAM, se construyó la variable de cafetos con fitotoxicidad (%).

### Producción de café cereza

Se registró la producción acumulada de café cereza por parcela efectiva del primer año y parte del segundo año. En la Estación Naranjal, la producción se registró desde

**Tabla 6.** Escala ALAM evaluación de daño al cultivo por efecto de herbicidas (Anzalone & Silva, 2010).

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 se desarrolla bien
70		Severo daño al cultivo, pérdida de plantas
80	Daño severo	Significa muerte de las plantas, pocas logran sobrevivir
90		Muerte casi total de las plantas
100	Muerte total	Destrucción del cultivo

junio de 2023 hasta diciembre de 2024 y, para la Estación Paraguaicito, los registros de la producción se realizaron desde febrero de 2023 hasta junio de 2024.

### Análisis estadístico

Para la cobertura de arvenses (%), se empleó análisis de varianza en un modelo lineal generalizado mixto (GLMM) con una distribución probabilística gamma al 5%. Las comparaciones entre tratamientos se realizaron utilizando la prueba de Dunnett al 5% para contrastar los tratamientos T1 a T8 frente al testigo T9 (glifosato 1.440 g ha<sup>-1</sup>). Adicionalmente, se llevaron a cabo pruebas de contrastes específicas al 5% (prueba F) para comparar T1, T2 y T3 con T7; y T4, T5 y T6 con T8. La primera parte de la hipótesis del estudio se consideraría corroborada si al menos un tratamiento alternativo (T1 a T6) demostrara un control de arvenses superior en al menos un 10% al del glifosato, en dosis comercial promedio, para Colombia (T9).

La incidencia de fitotoxicidad se evaluó mediante el procedimiento GLIMMIX de SAS® con distribución Binomial al 5% y prueba de Dunnett al 5%, para comparar los tratamientos herbicidas seleccionados con el tratamiento de manejo manual-mecánico (T10). El análisis se realizó para cada aplicación en la localidad de Naranjal y Paraguaicito.

Para la producción de café cereza, se aplicó el análisis de varianza al 5% para el diseño de bloques completos al azar (BCA) y la prueba de Tukey al 5% para comparaciones múltiples. En el caso de la Estación Naranjal, se realizó un análisis de varianza bajo un modelo BCA de tipo desbalanceado en el software RBio (Bhering, 2017). Esta metodología fue necesaria debido a la exclusión voluntaria del análisis de datos de ocho unidades experimentales (correspondientes a tratamientos T1, T2, T3, T4, T9 y T10) que mostraron una reducción notable en su desarrollo, a causa de un efecto indirecto de un gradual adyacente al área experimental. La segunda parte de la hipótesis, referente a la ausencia de afectación en la producción, se apoyaría si no se encontraran diferencias significativas en la producción entre los tratamientos T1 a T9.

## Resultados y discusión

### Efecto de las alternativas de herbicidas sobre la cobertura de arvenses

#### Mezcla de glifosato con metsulfurón-metilo

Las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo (T1: glifosato 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + metsulfurón-metilo 15 g ha<sup>-1</sup> de i.a. y T4: glifosato 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + metsulfurón-metilo 15 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) tanto en la Estación Naranjal como en Paraguaicito obtuvieron consistentemente valores de cobertura de arvenses significativamente menores que el testigo (T9: glifosato 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) y las dosis menores de glifosato evaluadas T7 y T8 (Figuras 1 y 2).

El menor valor de cobertura de arvenses en la Estación Naranjal (2,3%) se alcanzó con glifosato 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + metsulfurón-metilo 15 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T1) a los 21 dda, y en Paraguaicito (9,1%) con glifosato 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + metsulfurón-metilo 15 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T4) en el mismo periodo. En Naranjal el efecto en la reducción de cobertura de arvenses con las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo persistió hasta después de los 50 a 63 dda, donde se redujo la cobertura de arvenses en valores por debajo de los alcanzados con la dosis mayor de glifosato (T9).

En la Estación Naranjal las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo (T1 y T4) fueron significativamente más eficaces que glifosato en su dosis comercial (T9), donde el T1 glifosato 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + metsulfurón-metilo 15 g ha<sup>-1</sup> de i.a., superó a glifosato 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T9) hasta en 84,7%, 81,0% y 53,0%, a los 21, 35 y 50 a 63 dda, respectivamente, y la mezcla glifosato 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + metsulfurón-metilo 15 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T4) superó a T9 en 83,4%, 75,0% y 53,5% a los 21, 35 y 50 a 63 dda, respectivamente, en diferentes aplicaciones (Tabla 7).

En la Estación Paraguaicito las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo (T1 y T4) fueron consistentes con el comportamiento exhibido en Naranjal. El mejor control se evidenció desde los 21 dda, persistió a los 35 dda y se diferenció favorablemente de las dosis de glifosato por encima de los 50 dda. Las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo (T1 y T4) fueron más eficaces que glifosato 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T9), donde, el T1 glifosato 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + metsulfurón-metilo 15 g ha<sup>-1</sup> de i.a. superó a glifosato 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T9) en 55,4%, 55,0% y 58,8% a los 21, 35 y 50 a 62 dda, respectivamente, y la mezcla glifosato 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + metsulfurón-metilo 15 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T4) superó a T9 en 62,1%, 68,8%, 65,1% a los 21, 35 y 50 a 62 dda, respectivamente (Tabla 8).

Se encontró así, que las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo (T1 y T4) fueron altamente efectivas para el control de arvenses donde predominaron las hojas anchas. No obstante, el tratamiento T1 (glifosato 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + metsulfurón-metilo 15 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) presenta ventajas al permitir la reducción del 50% de la dosis de glifosato y mejorar la eficacia del control de arvenses respecto al uso de glifosato en su dosis comercial promedio para café en Colombia más alta (1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a.).

#### Mezcla de glifosato con bensulfurón-metilo

En la Estación Naranjal, los valores más bajos de cobertura de arvenses obtenidos con las mezclas de glifosato + bensulfurón-metilo, tratamientos T2 y T5, se obtuvieron a los 21 dda, con valores promedio de 10,8% y 10,6% respectivamente (Figura 1). En la misma localidad, a los 35 dda, las mismas mezclas mantuvieron los niveles de cobertura en niveles bajos (entre el 20% al 30%) con una eficacia relativa con respecto a glifosato 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T9) hasta de 51% (Tabla 7). A los 50 a 63 días las mezclas con bensulfurón-metilo (T2 y T5) superaron hasta en 33,1% el control obtenido con glifosato en su dosis comercial promedio para café en Colombia (T9) (Tabla 7).

En la Estación Paraguaicito, las mezclas de glifosato con bensulfurón-metilo (T2 y T5), superaron a glifosato 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T9) en la reducción de la cobertura de arvenses en dos de las seis aplicaciones (aplicación 2 y 6). Comparado con T9, la mezcla glifosato 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + bensulfurón-metilo 50 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T2) redujo la cobertura de arvenses en 35,3%, 55,2% y 39,3%, y la mezcla glifosato 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + bensulfurón-metilo 50 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T5) la redujo en 51,5%, 48,9% y 16,2%, a los 21, 35 y 50 a 63 dda, respectivamente (**Tabla 8**).

En general, en ambas localidades, las mezclas con bensulfurón-metilo T2 y T5 mejoraron el control de arvenses respecto a los testigos relativos de glifosato (T7: 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. y T8: 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) (**Figuras 1 y 2**).

Se encontró así, que el tratamiento T2: mezcla de glifosato 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + bensulfurón-metilo 50 g ha<sup>-1</sup> de i.a., es efectivo para el control de arvenses donde exista el predominio de arvenses de hoja ancha presentes en este estudio. Esta mezcla permite reducir el 50% de la dosis de glifosato con el mejoramiento de la eficacia de control de arvenses.

### Mezcla de glifosato y carfentrazona-etilo

En ambas localidades (Estaciones Naranjal y Paraguaicito), los tratamientos que incluyeron carfentrazona-etilo (T3: glifosato 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + carfentrazona-etilo 30 g ha<sup>-1</sup> de i.a. y T6: glifosato 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + carfentrazona-etilo 30 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) a los 7 y 21 dda mostraron bajos valores de cobertura de arvenses (%), lo que indica un efecto de control de arvenses rápido, atribuido a la acción de contacto de carfentrazona-etilo.

En ambas localidades, la los 7 y 21 días después de la aplicación, la mezcla glifosato 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + carfentrazona-etilo 30 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T6) mostró una respuesta en el tiempo más consistente que la mezcla glifosato 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + carfentrazona-etilo 30 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T3), al reducir o igualar la cobertura de arvenses más veces, frente a la alcanzada con la dosis comercial de glifosato (T9: glifosato 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a.). En la Estación Paraguaicito, al comparar la mezcla glifosato 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + carfentrazona-etilo 30 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T6) frente a glifosato 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T9), a los 21 dda, en la segunda aplicación, el primero redujo la cobertura de arvenses en forma significativa de 40,2% a 25,8% (**Figura 2**), de lo cual se interpreta que, T6 fue un 35,6% más eficaz que T9, en esta condición (**Tabla 8**).

A los 35 dda en ambas localidades, los tratamientos con carfentrazona-etilo y glifosato (T3 y T6) comenzaron a perder efectividad y en ningún caso redujeron la cobertura de arvenses más que la alcanzada con las tres dosis de glifosato evaluadas (T7 a T9). En la Estación Naranjal, en las dos primeras aplicaciones, la mezcla glifosato 720 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + carfentrazona-etilo 30 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T3) obtuvo valores de cobertura de arvenses más altos que el glifosato en su dosis más alta T9. No obstante, la mezcla glifosato 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + carfentrazona-etilo 30 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T6) fue similar al glifosato 1.440 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T9) en todas las aplicaciones, lo cual puede considerarse algo positivo, porque con el T6 es posible reducir la dosis de glifosato en

25% sin que se afecte el control de arvenses, comparado con el testigo de glifosato en la dosis comercial promedio para el café en Colombia, lo que permite integrar un nuevo ingrediente activo con distinto modo de acción para la reducción del riesgo de resistencia a glifosato.

En la Estación Paraguaicito, en cinco de las seis aplicaciones, las mezclas de glifosato y carfentrazona-etilo (T3 y T6) fueron consistentes en obtener el mismo nivel de cobertura de arvenses alcanzado con glifosato. Después de 50 dda y hasta 63 dda se perdió la duración del control, con valores de cobertura de arvenses superiores al 80%, aunque similares a los encontrados con glifosato en sus diferentes dosis evaluadas (T7 a T9).

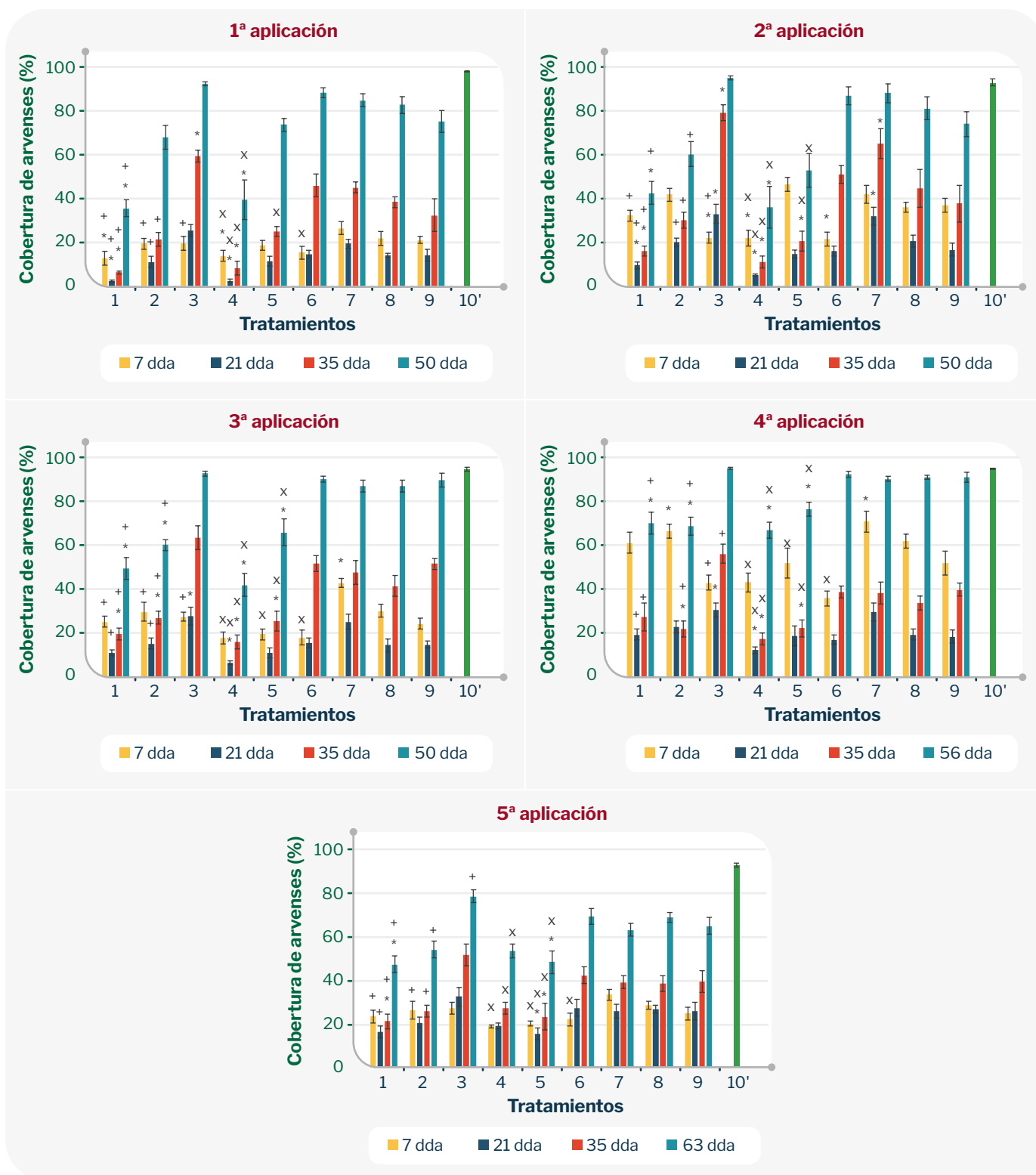
En síntesis, se encontró que la mezcla glifosato 1.080 g ha<sup>-1</sup> de i.a. + carfentrazona-etilo 30 g ha<sup>-1</sup> de i.a. (T6), es una opción viable para reducir la dosis de glifosato en un 25%, con controles efectivos entre 7 a 35 dda, tiempo de control usualmente reportado al usar herbicidas de contacto como carfentrazona-etilo (Da Silva et al., 2018).

En general, las nuevas moléculas evaluadas (metsulfurón-metilo, bensulfurón-metilo, carfentrazona-etilo) en mezcla con glifosato, son opciones viables en el control de arvenses donde haya predominio de arvenses del tipo hoja ancha. Estas favorecen la reducción de glifosato e incorporan modos de acción diferentes para la caficultura, las cuales contribuyen a disminuir el riesgo de resistencia de arvenses a los herbicidas.

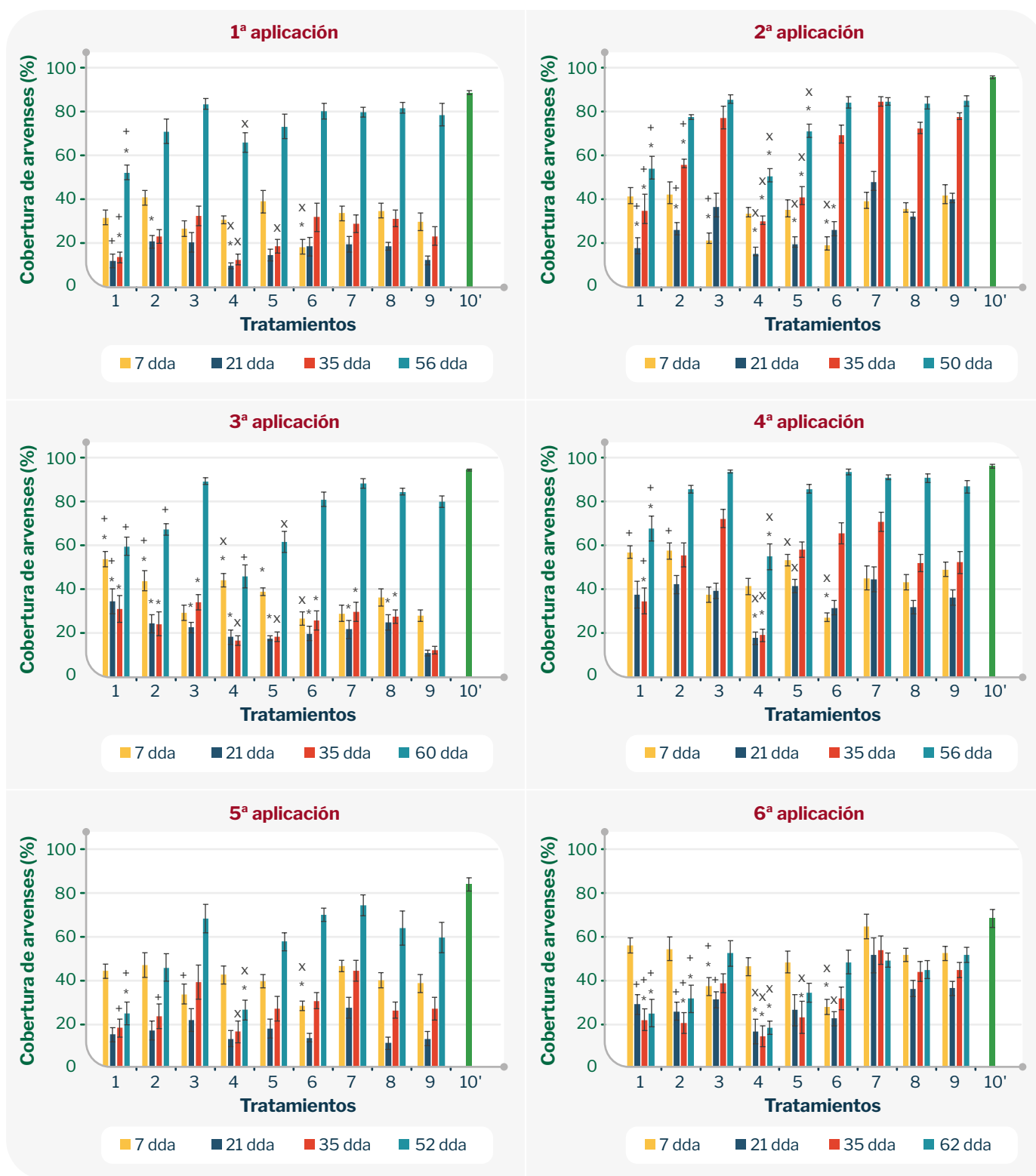
### Fitotoxicidad con herbicidas promisorios en el cultivo de café

A los 80 días de edad del cultivo, 21 dda, en Naranjal el efecto de los tratamientos en la fitotoxicidad presentó una significancia de  $p < 0,06$ . En términos descriptivos, las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo (T1 y T4) en Naranjal provocaron una mayor frecuencia de fitotoxicidad en el café (75% a 78%), clasificada como nivel de daño leve (valor de 10 a 40 en la escala ALAM, **Tabla 3**). En la segunda a la quinta aplicación no se presentó efecto estadísticamente significativo. Cuando el cultivo tenía un año, la fitotoxicidad disminuyó hasta el 24%, cuando el cultivo tenía 16 meses la fitotoxicidad presentó valores de 2,5% al 6,2%. Los síntomas de fitotoxicidad por esta mezcla herbicida fueron clorosis y atrofia de brotes, ahora bien, dado el grado de severidad leve, la planta de café se recuperó sin afectar la producción (**Figura 3**).

La fitotoxicidad en la Estación Paraguaicito no fue estadísticamente significativa. En términos descriptivos, las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo (T1 y T4) presentaron entre 19% al 8,7% de fitotoxicidad entre los cinco y los ocho meses de edad del cultivo, correspondientes a la primera y segunda aplicación, respectivamente. Esto se atribuyó posiblemente al sistema de renovación por zoca empleado y a la mayor edad de las plantas de café al inicio de las aplicaciones en esta localidad (cinco meses después del zoqueo) (**Figura 4**). Los valores de fitotoxicidad encontrados en el T10, obedecen a malformaciones propias de los brotes ortotrópicos de las zocas de café por efectos ambientales o de manejo, que pueden confundirse con síntomas de fitotoxicidad (Arcila et al., 2007).



**Figura 1.** Respuesta de la cobertura promedio de arvenses (%) a los tratamientos en la Estación Experimental Naranjal. (\*): diferencia de los tratamientos T1 a T8 respecto al testigo T9 según prueba de Dunnett al 5%. (+): diferencia de los tratamientos T1, T2 y T3 respecto a T7 según prueba de contrastes al 5%. (X): diferencia de los tratamientos T4, T5 y T6 frente a T8 según prueba de contrastes al 5%. Las líneas sobre las barras indican el error estándar. La barra de color verde indica el mayor valor de cobertura de arvenses alcanzado en el tratamiento T10 (Manejo manual-mecánico).



**Figura 2.** Respuesta de la cobertura promedio de arvenses (%) a los tratamientos en la Estación Experimental Paraguaito. (\*) Diferencia de los tratamientos T1 a T8 respecto al testigo T9 según prueba de Dunnett al 5%. (+) Diferencia de los tratamientos T1, T2 y T3 respecto a T7 según prueba de contrastes al 5%. (x) Diferencia de los tratamientos T4, T5 y T6 frente a T8 según prueba de contrastes al 5%. Las líneas sobre las barras indican el error estándar. La barra de color verde indica el mayor valor de cobertura de arvenses alcanzado en el tratamiento T10 (Manejo manual-mecánico).

**Tabla 7.** Eficacia relativa del control de arvenses (%) en comparación con la dosis comercial de glifosato (T9) en la Estación Experimental Naranjal.

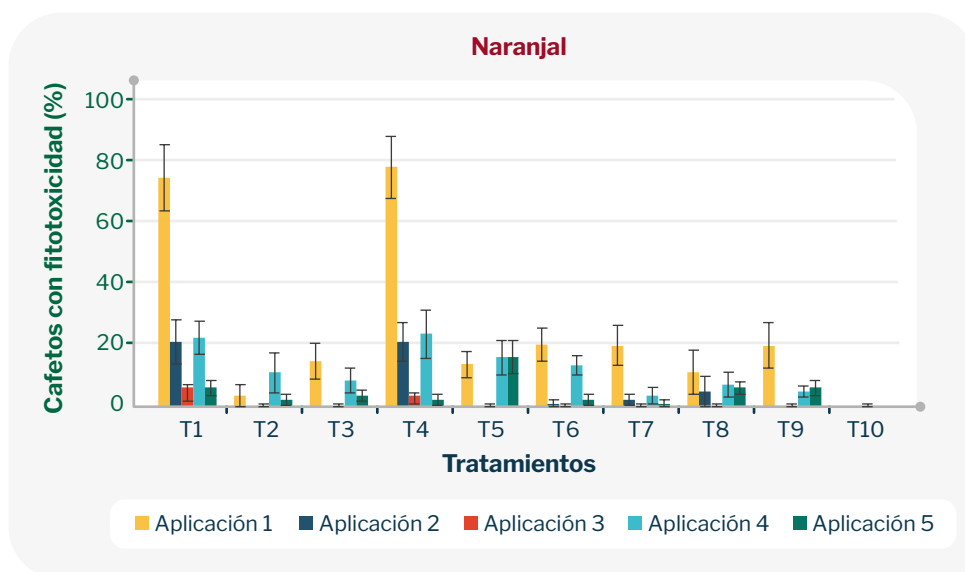
dda	7	21	35	50	7	21	35	50	7	21	35	50	7	21	35	56	7	21	35	63
Tratamientos	Aplicación 1				Aplicación 2				Aplicación 3				Aplicación 4				Aplicación 5			
T1	39,9	84,7	81,0	53,0	=	41,5	56,8	42,4	=	=	62,2	44,9	=	=	=	23,0	=	=	46,5	27,2
T2	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	48,2	33,1	-27,8	=	44,8	24,4	=	=	=	=
T3	=	=	-83,4	=	40,1	-98,1	-109,5	=	=	-90,3	=	=	=	-64,5	=	=	=	=	=	=
T4	35,2	83,4	75,0	47,8	39,9	67,5	70,1	51,1	=	=	69,5	53,5	=	33,8	56,1	26,5	=	=	=	=
T5	=	=	=	=	=	=	45,3	=	=	=	51,0	26,6	=	=	43,8	16,0	=	40,6	41,4	25,6
T6	=	=	=	=	41,8	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
T7	=	=	=	=	=	-91,2	-72,0	=	-77,4	=	=	=	-36,3	=	=	=	=	=	=	=
T8	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=

Valores positivos indican eficacia favorable del tratamiento respecto a T9, valores negativos representan menor eficacia del tratamiento respecto a T9. = significa igualdad estadística entre el tratamiento y T9. Lo anterior de acuerdo con la prueba de Dunnett al 5% realizada con datos de la variable cobertura de arvenses (%).

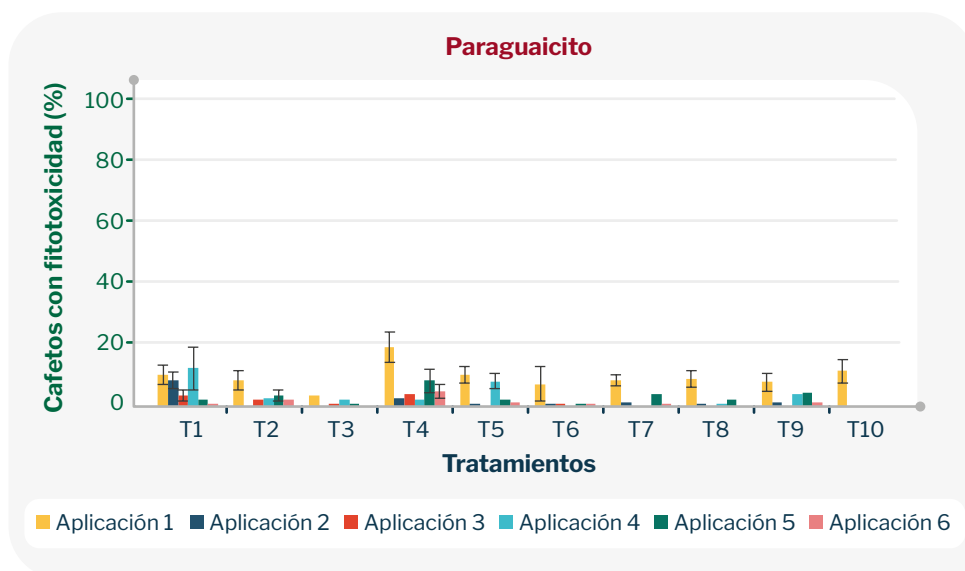
**Tabla 8.** Eficacia relativa del control de arvenses (%) en comparación con la dosis comercial de glifosato (T9) en la Estación Experimental Paraguaicito.

dda	7	21	35	56	7	21	35	50	7	21	35	60	7	21	35	56	7	21	35	52	7	21	35	62
Tratamientos	Aplicación 1				Aplicación 2				Aplicación 3				Aplicación 4				Aplicación 5				Aplicación 6			
T1	=	=	42,8	33,8	=	55,4	55,0	36,4	-92,9	-222,2	-157,5	=	=	=	33,7	22,0	=	=	=	58,8	=	=	51,9	52,2
T2	=	-71,8	=	=	=	35,3	28,1	=	-57,0	-126,4	-100,4	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	55,2	39,3
T3	=	=	=	=	48,8	=	=	=	=	-110,1	-182,7	=	=	=	=	=	=	=	=	=	29,2	=	=	=
T4	=	23,0	=	=	=	62,1	61,6	40,5	-57,7	-69,9	=	=	=	51,1	63,6	36,8	=	=	=	56,3	=	55,2	68,8	65,1
T5	=	=	=	=	=	51,5	47,2	16,2	-38,8	-64,3	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	48,9	=
T6	39,0	=	=	=	54,0	35,6	=	=	=	-84,6	-113,5	=	44,5	=	=	=	26,6	=	=	=	47,7	=	=	=
T7	=	=	=	=	=	=	=	=	=	-101,4	-144,6	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
T8	=	=	=	=	=	=	=	=	=	-131,0	-128,9	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=

Valores positivos indican eficacia favorable del tratamiento respecto a T9, valores negativos representan menor eficacia del tratamiento respecto a T9. = significa igualdad estadística entre el tratamiento y T9. Lo anterior de acuerdo con la prueba de Dunnett al 5% realizada con datos de la variable cobertura de arvenses (%).



**Figura 3.** Porcentaje promedio de plantas de café con síntomas fitotoxidad 21 dda, en la Estación Experimental Naranjal (Los valores en la escala ALAM oscilaron entre 0 a 40).



**Figura 4.** Porcentaje promedio de plantas de café con síntomas fitotoxidad 21 dda en la Estación Experimental Paraguaito, (Los valores en la escala ALAM oscilaron entre 0 a 30). **Nota:** Los valores de fitotoxidad en T10, obedecen a malformaciones propias de los brotes ortotrópicos de las zocas de café, que pueden confundirse con síntomas de fitotoxidad.

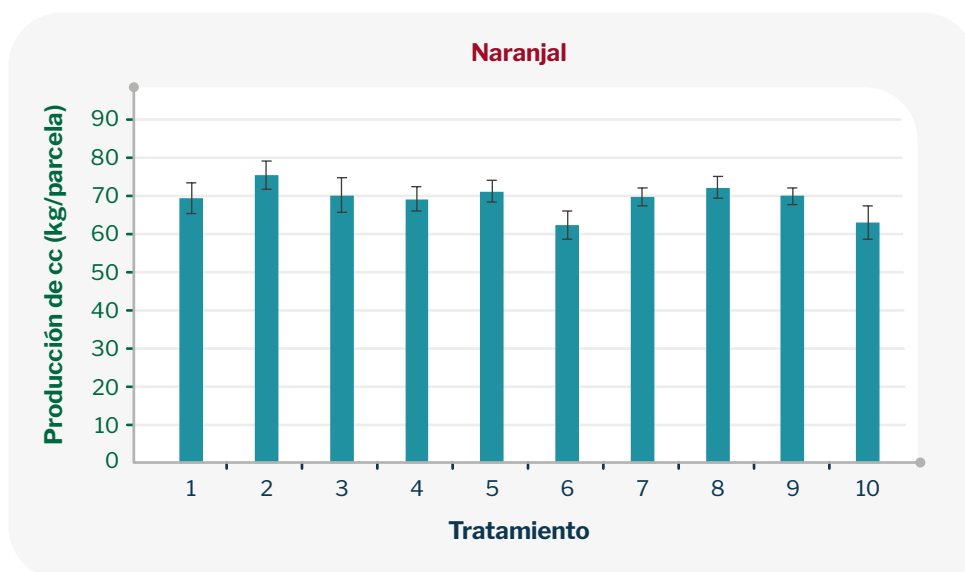
## Producción de café cereza

En la Estación Paraguaito, los tratamientos presentaron un efecto significativo sobre la producción ( $p \leq 0,05$ ); en contraste, en la Estación Naranjal no hubo diferencias estadísticas en producción (Figuras 5 y 6).

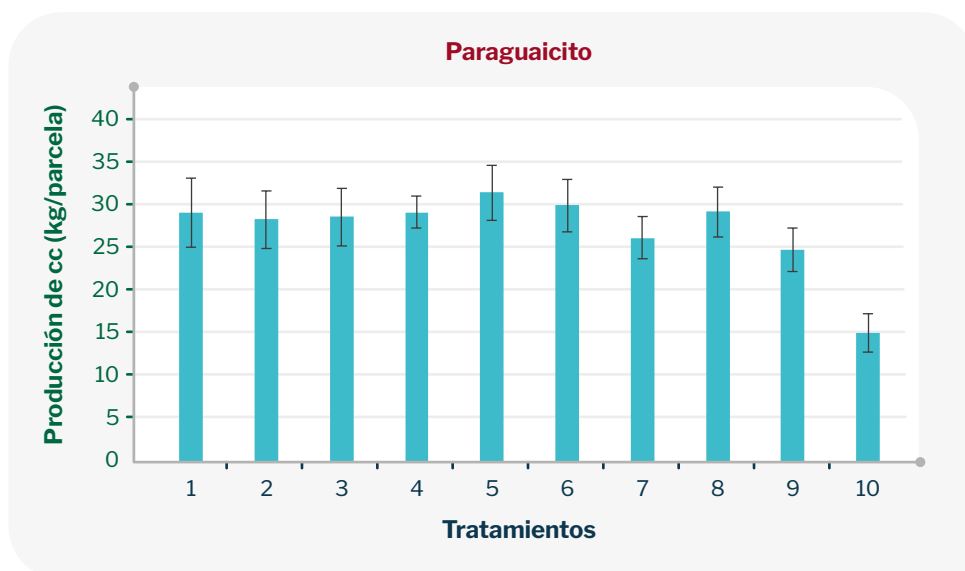
El tratamiento de manejo manual-mecánico con guadañadora (T10) obtuvo la menor producción de café cereza en Paraguaito y se diferenció estadísticamente de los demás tratamientos (T1-T9), según la prueba de Tukey al 5% (Figura 6). Esto sugiere que en condiciones similares el manejo manual-mecánico como única opción, puede afectar negativamente la producción, posiblemente por el estímulo de un mayor predominio de arvenses de la familia Poaceae y Cyperaceae, y una menor duración del control entre 35 a

45 días, relacionado directamente con la competencia de las arvenses con el cultivo. En comparación, las opciones de herbicida evaluadas, no se usaron como único método de control, ya que se implementó el corte de las arvenses con guadañadora 15 a 21 días antes de la aplicación, como un enfoque de manejo integrado.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la producción de café cereza entre los tratamientos T1 al T9 en ninguna de las localidades, según la prueba de Tukey al 5% (Figuras 5 y 6). Lo anterior indica que las mezclas de metsulfurón-metilo y bensulfurón-etilo y carfentrazona-etilo con glifosato son viables, permitiendo una reducción de la dosis de glifosato (entre el 25% y el 50%) sin afectar la productividad del cultivo.



**Figura 5.** Valores promedio de la producción de café cereza (cc), evaluada durante junio de 2023 a diciembre de 2024, en respuesta a diferentes tratamientos de control de arvenses en la Estación Experimental Naranjal. Las líneas sobre las barras indican el error estándar.



**Figura 6.** Valores promedio de la producción de café cereza (cc), evaluada durante febrero de 2023 a junio de 2024, en respuesta a diferentes tratamientos de control de arvenses en la Estación Experimental Paraguaicito. Las líneas sobre las barras indican el error estándar.

En síntesis, los resultados corroboran que varias de las alternativas de herbicidas evaluadas ofrecen un control de arvenses donde predominan hojas anchas, igual o superior al glifosato en su dosis comercial promedio para el café en Colombia, al tiempo que permiten una reducción en el uso de glifosato sin impactar negativamente la producción de café. Mientras que el control manual-mecánico sin herbicidas es una opción de alto costo, y se asoció con una producción significativamente menor en la Estación Paraguaicito.

Los resultados de control de arvenses respaldan la primera parte de la hipótesis, demostrando que las alternativas evaluadas mejoran el control del glifosato en su dosis comercial promedio para el café en Colombia y superan su eficacia en más del 10%. La ausencia de diferencias significativas en la producción entre T1-T9 confirma la segunda parte de la hipótesis, indicando que

estas mezclas no afectan negativamente la producción en comparación con la dosis comercial promedio de glifosato para café en Colombia.

La posibilidad de reducir la dosis de glifosato en un 25% al 50% con las mezclas evaluadas es totalmente viable; considerando las restricciones globales y las preocupaciones ambientales y de salud asociadas a los pesticidas (European Commission, 2022; Rainforest Alliance, 2025a).

Aunque metsulfurón-metilo en mezcla con glifosato (T1 y T4) mostró la mejor eficacia en el control de arvenses, también mostró fitotoxicidad leve en siembras nuevas en la Estación Naranjal cercana al 80%, sin afectar la producción. Por consiguiente, lo anterior determina la importancia de la recomendación de la calibración precisa de los equipos, el empleo en cultivos de café mayores a 12 meses en el campo,

aplicaciones con pantalla protectora, boquilla 80-01, altura de la boquilla sobre el suelo no superior a 20 cm y regulador de presión de 21 psi (145 kPa) para minimizar el daño, algunas de estas prácticas soportadas en resultados de Gómez y Rivera (1994) y Salazar et al. (2024). Consecuentemente, la menor fitotoxicidad en la Estación Paraguaicito (zocas) indica que la edad y el sistema de renovación del cultivo pueden interferir en la tolerancia del café.

La práctica del manejo manual-mecánico (T10), aunque evita el uso de herbicidas, resultó en una producción significativamente menor en la Estación Paraguaicito. Esta práctica de manejo estimula un mayor predominio de arvenses de alta competencia de la familia Poaceae y Cyperaceae y una menor duración del control entre 35 a 45 días, que sumado a la condición de baja retención de humedad en los suelos de Paraguaicito, puede aumentar la competencia de este tipo de arvenses por agua y nutrientes. Este resultado confirma lo expuesto por FAO (2006), de que el uso de un único método de control no siempre se traduce en una ventaja para el productor, resaltando que la estrategia de control químico debe emplearse con un enfoque de manejo integrado como el llevado a cabo en este estudio.

La eficacia de la mezcla glifosato + metsulfurón-metilo coincide con los resultados de Anzalone et al. (2014), Arizaleta et al. (2008) y Ross et al. (2018), quienes encontraron mejor control de arvenses con esta mezcla. La variabilidad y la rápida acción en los efectos de carfentrazona-etilo en mezcla con glifosato había sido reportada por Werlang & Silva (2002) y Freitas et al. (2018). Los reportes de las propiedades físico-químicas de los herbicidas estudiados (Pubchem, 2023), relacionados con la persistencia y movilidad en el suelo y el potencial de lixiviación, evidencian la necesidad de prácticas de aplicación controladas para mitigar el riesgo ambiental.

La menor efectividad observada en la tercera aplicación en Paraguaicito fue atribuida a la aparición de arvenses tolerantes a herbicidas (ciperáceas, gramíneas), lo cual sugiere la necesidad de investigar estrategias de control que aborden un espectro más amplio de arvenses y combatan la tolerancia, posiblemente mediante la rotación de modos de acción o la integración con otras herramientas de MIA.

## Conclusiones

Las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo, bensulfurón-metilo y carfentrazona-etilo son alternativas eficaces para el control de arvenses de hoja ancha de alta interferencia en el cultivo del café. Estas alternativas permiten una reducción significativa (25% al 50%) de la dosis de glifosato sin comprometer la producción de café cereza.

Se corroboró la hipótesis de investigación, ya que las alternativas con metsulfurón-metilo y bensulfurón-metilo, superaron la eficacia del glifosato comercial en más de

un 10% (alcanzando hasta un 84,7% y 55,2% de mejora, respectivamente), sin comprometer la productividad del café cereza.

El manejo manual-mecánico como única estrategia de control resultó en una menor producción de café en condiciones de la Estación Paraguaicito, destacando la importancia del manejo integrado que incluya opciones diversas como el uso de herbicidas cuando sean técnica y ambientalmente viables.

La aplicación de metsulfurón-metilo debe contar con prácticas que eviten la fitotoxicidad del cultivo de café, tales como: dosificación correcta del producto, calibración de los equipos de aplicación, pantalla, boquilla específica, presión regulada; especialmente cuando el cultivo en la etapa de levante no sobrepase los 12 meses de edad.

## Agradecimientos

Agradecimiento a la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, a Carlos Gonzalo Mejía M.Sc., líder de la Disciplina de Experimentación de Cenicafe, Daniel Franco I.A. coordinador de la Estación Experimental Paraguaicito, Siavosh Sadeghian K. Ph.D. Investigador Científico III de la disciplina de Suelos de Cenicafe (hasta diciembre de 2025). Luis Carlos Imbachí Quinchua de la Disciplina de Biometría. A Jhon Anderson Bartolo Becerra, pasante universitario de la Universidad de Caldas por su colaboración. A Jaroliver Cardona, Arturo Gómez Valencia, Diego Osorio por su apoyo en las labores de campo.

## Contribución de los autores

Conceptualización, Investigación, Visualización, Administración de proyecto, Análisis formal, Metodología: **LFSG**; Curación de datos, Redacción-borrador original, Administración de proyecto, Redacción- revisión y edición: **LFSG** y **JFTP**; Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

## Financiación

Los Autores declaran que recibieron apoyo financiero para la investigación y/o publicación de este artículo. Esta investigación fue financiada por el Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe (Crossref Funder ID 100019597), proyecto SUE103008.

## Declaración de disponibilidad de datos

Los datos de investigación no están disponibles debido a que están sujetos a restricciones institucionales. Las solicitudes de acceso pueden dirigirse al autor de correspondencia y serán consideradas previa aprobación.

## Declaración de conflictos de interés

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

## Declaración de uso de IA

Durante el proceso de redacción se empleó tecnología asistida por inteligencia artificial con el fin de mejorar la legibilidad y la calidad del lenguaje del manuscrito.

## Material suplementario

El presente artículo no incluye material suplementario.

## Literatura citada

Alfaro, R. (2013). *Herbicidas asociados a la caña de azúcar y su potencial de contaminación del medio ambiente*. Dieca.

Anzalone, A., Arizaleta, M., & Vargas, J. (2014). Respuesta del caféto (*Coffea arabica*) 'Catuai' a los herbicidas glifosato, clomazone, linuron, 2,4-D, metsulfuron-metil, rimsulfuron y clorimuron-etil. *Bioagro*, 26(1), 3–12. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612014000100001](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612014000100001)

Anzalone, A., & Silva, A. (2010). Evaluación de herbicidas sulfonilureas para el control de malezas en cafetales. *Bioagro*, 22(2), 95–104. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3707084>

Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A. M., Salazar, L. F., & Hincapié, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/720>

Arizaleta, M., Anzalone, A., & Silva, A. (2008). Efecto del uso de metsulfuron-metil y glifosato sobre malezas asociadas a cafetales en Venezuela. *Bioagro*, 20(2), 79–88. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612008000200001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000200001)

Arcila, A., & Benavides, P. (2019). Determinación de trazas de pesticidas recomendados en la producción de café en Colombia. *Revista Cenicafé*, 70(2), 7-18. <https://doi.org/10.38141/10778/70201>

Bhering, L. L. (2017). Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17(2), 187–190. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2s29>

Bogantes-Arias, A., Hernández-Chávez, M., & Mora-Newcomer, E. (2010). Herbicidas para el control de *Spermacoce tenuior* L. en papaya (*Carica papaya*).

*Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 185–192. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v21n1/a19v21n1.pdf>

Codex Alimentarius. (2023). *Café en grano* (No. SB 0716). [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities-detail/es/?c\\_id=240](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities-detail/es/?c_id=240)

Costa, G. A., Tuffi-Santos, L. D., Santos, S. A. D., Da Cruz, L. R., Sant'Anna-Santos, B. F., Santos, I. T. D., & Tanaka, F. A. O. (2020). Efficiency of glyphosate and carfentrazone-ethyl in the control of *Macroptilium atropurpureum* (DC.) Urb. Under different light intensities. *South African Journal of Botany*, 131, 302–309. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.028>

Da Silva, C. A., Miranda, G. R. B., Alves, A. D., & Goulart, R. R. (2018). Chemical control of *Conyza canadensis* (L.) in mixtures of herbicides with glyphosate in coffee crop. *Coffee Science*, 13(2), 252–256. <https://coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1430>

European Commission. (s/f). *EU Pesticides Database*. Food Safety. Recuperado el 16 de abril de 2026, de [https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/eu-pesticides-database\\_en](https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en)

European Commission (2022). *Farm to Fork: New rules to reduce the risk and use of pesticides in the EU*. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ganda\\_22\\_3694](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ganda_22_3694)

Fairtrade International. (2019). *Criterio de Comercio Justo Fairtrade para Organizaciones de pequeños productores* (Versión 03.04.2019\_v2.9).

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). *Recomendaciones para el manejo de malezas*. <https://www.fao.org/4/a0884s/a0884s.pdf>

Freitas, N. M., Freitas, F. C. L., Furtado, I. F., Teixeira, M. F. F., & Silva, V. F. (2018). Herbicide Mixtures to Control Dayflowers and Drift Effect on Coffee Cultures. *Planta Daninha*, 36. e018169798. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582018360100047>

Gómez, A. J., & Rivera, J. H. (1994). Aplicación segura de los herbicidas en el manejo integrado de malezas. *Avances Técnicos Cenicafé*, 205, 1-4. <https://doi.org/10.38141/10779/0205>

Heap, I. (2025). *The International Herbicide-Resistant Weed Database*. <http://www.weedscience.org/>

Instituto Colombiano Agropecuario. (2026). *Reporte de plaguicidas químicos de uso agrícola*. <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos.aspx>

Japan Food Chemical Research Foundation. (2025). MRs of agricultural chemicals, feed additives and veterinary

- drugs in foods (as of December 16, 2025). Residue Limits of Agricultural Chemicals. <https://www.ffcr.or.jp/en/zanryu/mrls-of-agricultural-chemicals-feed-additives-and-veterinary-drugs-in-food/-revision-of-mrls-of-agricultural-chemicals-feed-additives-and-veterinary-drugs-in-foods-september-1.html>
- Jaramillo, S. (2025). *Evaluación del efecto bioherbicida de ácidos orgánicos obtenidos a partir del mucilago del café: Un enfoque sostenible para el control de arvenses* [Tesis de Doctorado, Universidad de Manizales]. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/7447>
- López, J. A., Villalba, D. A., Salazar-Gutiérrez, L. F., & Cárdenas-Salazar, O. A. (2012). Manejo integrado de arvenses en el cultivo de café: Nueva alternativa de control químico. *Avances Técnicos Cenicafé*, 417, 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0417>
- Menza, H. D. & Salazar, L. F. (2006). Evaluación de la resistencia al glifosato, de biotipos de *Erigeron bonariensis* provenientes de cafetales de la zona cafetera central colombiana. *Revista Cenicafé*, 57(3), 220-231. <http://hdl.handle.net/10778/216>
- Menza, H. D. & Salazar, L. F. (2007). Alternativas de control químico para la prevención y manejo de la resistencia de arvenses al glifosato. *Revista Cenicafé*, 58(2), 91-98. <http://hdl.handle.net/10778/221>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2023). *Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários AGROFIT*. [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)
- National Library of Medicine. (s/f). *About PubChem*. Recuperado el 28 de enero de 2026, de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/docs/about>
- Oliveira, R. S., & Bacarin, M. A. (2011). Absorção e Translocação de Herbicidas. En M. F. Oliveira, J. Constantin, & M. H. Inoue (Eds.), *Biologia e manejo de plantas daninhas* (pp. 215–242). Omnipax.
- Ortiz Serrano, G. G. (s. f.). Evaluación de nueve mezclas de glifosato y metsulfuron para el control de malezas en el área de plateo del cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*), en finca Santa Lucía II, San José El Ídolo, Suchitepéquez [Tesis de pregrado]. Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12903/1/Tesis%20Gianni%20Ortez.pdf>
- Patrignani, A., & Ochsner, T. E. (2015). Canopeo: A Powerful New Tool for Measuring Fractional Green Canopy Cover. *Agronomy Journal*, 107(6), 2312–2320. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0150>
- Portilla, F. A., & Martínez, R. (2015). *Manual para elaboración de protocolos para ensayos de eficacia con PQUA*. Cámara Procultivos ANDI.
- Rainforest Alliance. (2024). *Estándar de Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance Requisitos para Fincas. Anexo Capítulo 4: Agricultura* (SA-S-SD-1; Versión 1.3). <https://knowledge.rainforest-alliance.org/docs/es/annex-chapter-4-farming-previous-annex-s07>
- Rainforest Alliance. (2025a). *Anexo de Agricultura* (A-07-SCRL-B-FA; Versión 1.2).
- Rainforest Alliance. (2025b). *Estándar de Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance: Requisitos para Fincas* (A-1-S-B-F; Versión 1.4). <https://knowledge.rainforest-alliance.org/>
- Reis, F. A. A., & Andrade, P. P. (2024). Controle e efeito residual de diferentes herbicidas posemrgentes em plantas daninhas no cafeeiro. *Revista Agroveterinária do Sul de Minas*, 6(3), 66–80. <https://ojs.periodicos.unis.edu.br/agrovetsulminas/article/view/952>
- Ronchi, C. P., Silva, A. A., Terra, A. A., Miranda, G. V., & Ferreira, L. R. (2005). Effect of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid applied as a herbicide on fruit shedding and coffee yield. *Weed Research*, 45(1), 41–47. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2004.00427.x>
- Ross de, M. L., Basso F., B. V., Dal Magro, T. & Damiani C. E. (2018). Associations of Herbicides on the Simultaneous Control of Horseweed and Italian Ryegrass. *Journal of Agricultural Science*, 10(4), 150-157.
- Sabadie, J. (1997). Degradation of bensulfuron-methyl on various minerals and humic acids. *Weed Research*, 37(6), 411–418. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.1997.d01-74.x>
- Salazar-Gutiérrez, L. (2013). Prevenga la infestación de la enredadera espinaca en los cafetales. *Avances Técnicos Cenicafé*, 427, 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0427>
- Salazar-Gutiérrez, L. (2021). *Arvenses frecuentes en el cultivo del café en Colombia*. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0015>
- Salazar-Gutiérrez, L., Cañón, M., Franco, D. A., & Trejos Pinzón, J. F. (2024). Evaluación de equipos y métodos de aplicación de herbicidas en el cultivo del café. *Revista Cenicafé*, 75(1), e75106. <https://doi.org/10.38141/10778/75106>
- Salazar-Gutiérrez, L., & Hincapié, E. (2009). Interferencia de arvenses en diferentes etapas del cultivo del café en la zona cafetera central. *Revista Cenicafé* 60(2), 126-134. <http://hdl.handle.net/10778/227>
- Salazar-Gutiérrez, L., Hincapié, É., Menza, H. D., & Torres, F. A. (2020). Manejo de arvenses en los sistemas de producción de café. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), *Manejo Agronómico de los Sistemas de Producción de Café* (pp. 150–196). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/10791/0002\\_5](https://doi.org/10.38141/10791/0002_5)

Salazar-Gutiérrez, L., & Menza, H. D. (2018). Manejo del Venadillo: Arvense de alta interferencia en la caficultura colombiana. *Avances Técnicos Cenicafé*, 491, 1-4. <https://doi.org/10.38141/10779/0491>

Schrübbers, L. C., Valverde, B. E., Sørensen, J. C., & Cedergreen, N. (2014). Glyphosate spray drift in *Coffea arabica* – Sensitivity of coffee plants and possible use of shikimic acid as a biomarker for glyphosate exposure. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 115, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.08.003>

Shaw, D. R., & Arnold, J. C. (2002). Weed Control from Herbicide Combinations with Glyphosate. *Weed Technology*, 16(1), 1–6.

Werlang, R. C., & Silva, A. A. (2002). Interação de glyphosate com carfentrazone-ethyl. *Planta Daninha*, 20(1), 93–102. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582002000100013>

## Nota del editor

Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en los textos publicados en la Revista Cenicafé son responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente la posición del editor, del responsable de la publicación ni del equipo editorial, quienes no asumen responsabilidad por eventuales daños a personas o bienes derivados del uso de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados.

La referencia a productos químicos específicos, maquinaria o equipos comerciales en los textos publicados no implica, en ningún caso, su respaldo o aprobación por parte del editor.