



## Evaluación del nitrato de amonio y flameo para el manejo de arvenses en café\*

### Evaluation of ammonium nitrate and flaming for weed management in coffee

Mary Pamela Portuguese García<sup>1</sup>, María Isabel González Lutz<sup>2</sup>, Renán Agüero Alvarado<sup>1</sup>, Adolfo Soto Aguilar<sup>3</sup>

- \* Recepción: 30 de octubre, 2024. Aceptación: 25 de febrero, 2025. Este trabajo formó parte de la tesis de maestría de la primera autora, titulada “flameo y nitrato de amonio como nuevas opciones para el manejo de plantas arvenses en el cultivo de café en finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela.” Proyecto de acción social ED1816 “Capacitación, consultoría y diagnóstico con plantas arvenses”. Universidad de Costa Rica.
- <sup>1</sup> Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, La Garita, Alajuela, Costa Rica. [mary.portuguez@ucr.ac.cr](mailto:mary.portuguez@ucr.ac.cr) (<https://orcid.org/0000-0002-3520-7699>), [renan.aguero@ucr.ac.cr](mailto:renan.aguero@ucr.ac.cr) (<https://orcid.org/0000-0001-9053-9998>).
- <sup>2</sup> Universidad de Costa Rica, Escuela de Estadística, San Pedro, San José, Costa Rica. [mariaisabel.gonzalezlutz@ucr.ac.cr](mailto:mariaisabel.gonzalezlutz@ucr.ac.cr) (<https://orcid.org/0000-0002-3073-7746>).
- <sup>3</sup> Profesor emérito de la Universidad de Costa Rica, San Pedro, San José, Costa Rica. [adolfo6@live.com](mailto:adolfo6@live.com) (<https://orcid.org/0009-0005-3078-7718>).

## Resumen

**Introducción.** Las arvenses compiten por agua, luz y espacio con el café, por ello deben realizarse prácticas de manejo sostenibles. **Objetivo.** Evaluar la eficacia del manejo de plantas arvenses con nitrato de amonio y flameo en un sistema de café. **Materiales y métodos.** Este trabajo se realizó del 26 de septiembre del 2022 al 10 de enero del 2023 en la finca cafetalera La Hilda, en San Pedro de Poás, Alajuela, Costa Rica. Se aplicaron de forma conjunta dos tratamientos alternativos de control de arvenses, el primero fue nitrato de amonio diluido en agua en tres dosis (0, 150 y 300 kg/ha) y 15 días después se aplicó flameo en tres dosis (0, 60 y 120 kg/ha). Las aplicaciones se hicieron sobre arvenses presentes en la entrecalle del café siguiendo un diseño de parcelas divididas; la parcela grande estuvo conformada por las dosis de nitrato de amonio, mientras que las parcelas pequeñas estuvieron conformadas por las dosis de flameo. Se incluyó un testigo, control químico con glifosato, también aplicado con flameo. Cada tratamiento se asignó de forma aleatoria y se replicó seis veces. **Resultados.** Las hojas anchas resultaron moderadamente dañadas a los 25 días después de aplicación del nitrato y 10 días después de la aplicación del flameo. Ambas dosis de nitrato de amonio sin flameo dañaron levemente a las especies de *Commelina diffusa*, y la mayor dosis de nitrato de amonio sin flameo causó daños moderados a las hojas anchas; el flameo sin nitrato de amonio provocó un daño moderado inicial en hojas angostas. **Conclusiones.** El efecto herbicida del nitrato de amonio fue dependiente del flameo, pero solamente en hojas anchas, en caso de *C. diffusa*, se controló de forma exitosa con glifosato y flameo.

**Palabras clave:** propano, fertilizante foliar, herbicidas, manejo de malezas, *Commelina diffusa*.

## Abstract

**Introduction.** The weeds compete for water, light, and space with the coffee. Therefore, sustainable management practices must be carried out. **Objective.** To evaluate the effectiveness of weed management with ammonium nitrate



and flaming in a coffee system. **Materials and methods.** This work was carried out from September 26, 2022 to January 10, 2023 at La Hilda coffee farm in San Pedro de Poás, Alajuela, Costa Rica. Two alternative weed control treatments were applied jointly, the first was ammonium nitrate diluted in water, at three doses (0, 150 and 300 kg/ha) and 15 days after spraying (dda) with this fertilizer, flaming was applied at three doses (0, 60 and 120 kg/ha). Applications were made on weeds present in coffee rows following a split-plot design, the large plot was made up of the ammonium nitrate doses, while the small plots were applied with the flaming doses. A chemical control was included with the herbicide glyphosate, also applied with flaming. Each treatment was randomly assigned and replicated six times. **Results.** The broad leaves were moderately damaged at 25 days after application of nitrate and 10 days after flaming. Both doses of ammonium nitrate slightly damaged *Commelina diffusa*, and the highest dose of ammonium nitrate without flaming caused moderate damage to broadleaf weeds; flaming without ammonium nitrate provided moderate initial damage to narrowleaf weeds. **Conclusions.** The herbicidal effect of ammonium nitrate was dependent on flaming but only on broadleaf weeds, *C. diffusa* was successfully controlled with glyphosate and flaming.

**Keywords:** propane, foliar fertilizer, herbicides, weed management, *Commelina diffusa*.

## Introducción

Las arvenses que compiten con el cultivo de café en el trópico pueden reducir el rendimiento del cultivo hasta en un 20 y 60 % (Arcila et al., 2015). El control químico es una de las tácticas más utilizadas para intentar suprimir las poblaciones de arvenses (Arcila et al., 2015). Sin embargo, esta técnica implica un costo económico y la poca cobertura vegetal resultante podría ocasionar erosión, pérdida del suelo y nutrientes, así como escurrimiento superficial del agua (Huerta et al., 2018).

En café, el nitrógeno se utiliza como fertilizante químico, tal es el caso de nitrato de amonio (Montero, 2017). El uso de fuentes nitrogenadas ha dado buen resultado como potenciales herbicidas en varios sistemas de cultivos. Hay registros en la literatura del uso de nitrato de amonio (20 %) como herbicida en cultivos como cebolla y brasicáceas para el control de especies de arvenses como *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. (Magnoliopsida: Brassicaceae) *Amaranthus retroflexus* L. (Magnoliopsida: Amaranthaceae) y *Gnaphalium uliginosum* L. (Magnoliopsida: Asteraceae) los resultados demuestran que el tratamiento es más eficaz en especies que se encuentren en las primeras etapas de desarrollo, con cuatro hojas (Agamalian, 1988; Bitterlich et al., 1996). El  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tiene un índice salino de 104, el cual es un índice muy alto en comparación con otras fuentes nitrogenadas tales como urea (74,4) y el nitrato de calcio (65) (Mortvedt, 2001; Sierra, 1992). Una vez que las sales entran en contacto con el tejido vegetal puede causar lesiones y daños severos (Mortvedt, 2001; Sierra, 1992). Existe un herbicida natural certificado por la OMRI (por sus siglas en inglés, Organic Materials Review Institute) que contiene ingredientes activos a base de sales como es el caso de las sales de potasio de ácidos grasos (40 %) y nonanoato de amonio (40 %) (Roskopf, 2018).

Una limitante del nitrógeno es que se puede perder en el ambiente (González Torres et al., 2016), mediante procesos como lixiviación y volatilización (Montero, 2017), que limita el aprovechamiento por la planta de café de la totalidad del fertilizante. Sin embargo, el nitrato de amonio se podría aprovechar como fertilizante y herbicida de contacto (Agamalian, 1988; Bitterlich et al., 1996), también en mezcla con el flameo para potenciar el efecto herbicida en arvenses.

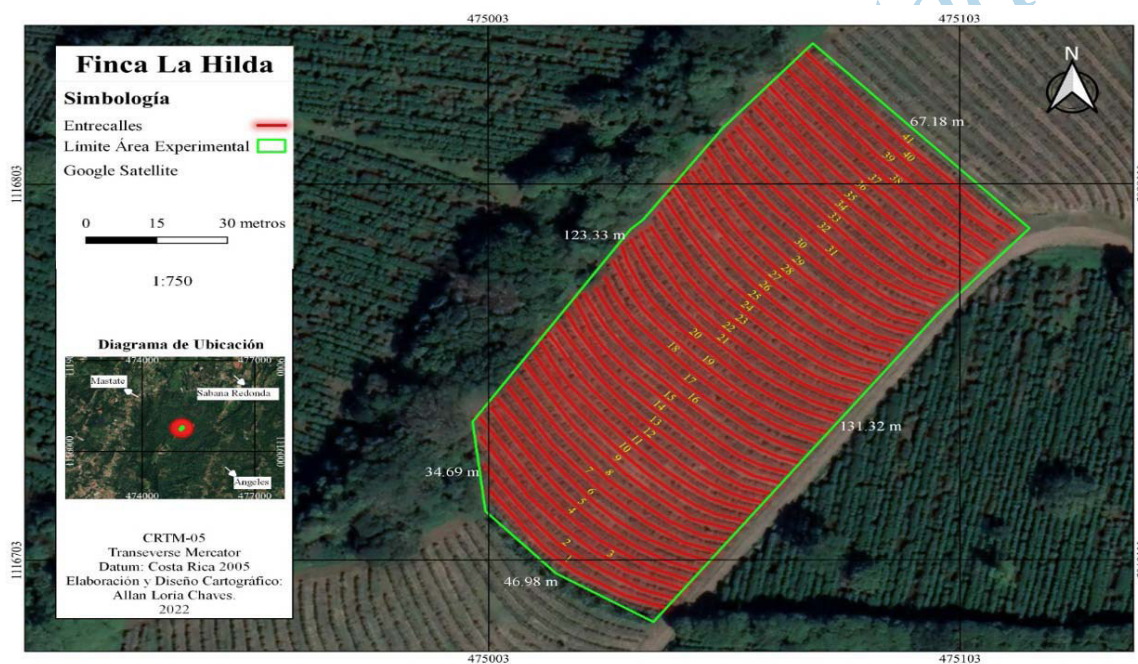
El flameo es una técnica que se utilizó para el control de arvenses en algodón, maíz, soya, frijol, alfalfa, papa, cebolla, arándano, fresa y uva en Estados Unidos durante los años de 1940 hasta 1960. No obstante, en 1970 esta técnica fue reemplazada por el uso de herbicidas sintéticos, pero nuevamente ha recobrado interés por la producción

orgánica. El uso de esta táctica permitiría reducir o incluso prescindir del control químico en el tiempo, ya que, las aplicaciones continuas de herbicidas han causado la selección de especies de arvenses resistentes a herbicidas. Además, el movimiento de los herbicidas hacia las aguas superficiales y subterráneas lo cual implica contaminación (Jhala et al., 2014).

El flameo es una alternativa en la cual se emplea gas licuado petróleo, principalmente propano. El flameador genera hasta 1900 °C, lo que eleva la temperatura de los tejidos expuestos, un incremento de más de 50 °C dentro de las células de la planta puede generar la coagulación de las proteínas de la membrana, por lo que se produce la pérdida de su integridad. El flameo no altera la superficie del suelo ya que su exposición es rápida y controlada no produce una disminución total de la cobertura, por lo tanto, se reduce el riesgo a erosión y tampoco afecta a los microorganismos del suelo (Ascard, 1995). El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia del manejo de plantas arvenses con nitrato de amonio y flameo en un sistema de café.

## Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en la provincia de Alajuela, cantón Poás, distrito San Pedro de Poás, poblado La Hilda. Bajo las coordenadas 10° 05.868 N y 084° 13.708 O (Figura 1). Se seleccionó un lote con café variedad Sarchimor T5296 de cuatro años en etapa de fructificación, sembrado en una disposición de 3,1 m entrecalle por 0,7 m entre plantas de café, a pleno sol. El suelo de la finca fue de tipo Andisol (Centro de Investigaciones Agronómicas, 2021), además, tuvo un 55 % de arena, 33 % de limo y 12 % de arcilla catalogándose como franco arenoso.

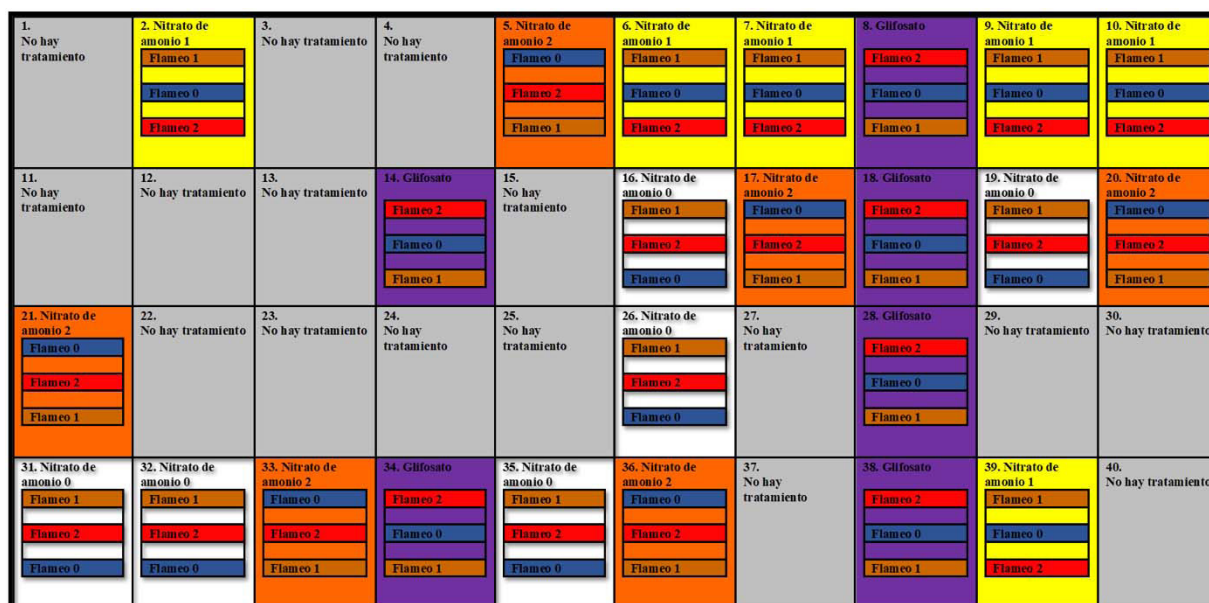


**Figura 1.** Área experimental del estudio, con entrecalles en línea roja. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Septiembre, 2022.

**Figure 1.** Experimental area, space between the crop rows in red. La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. September, 2022.

La fertilización base del área experimental se realizó en tres ocasiones al año a partir de una fórmula completa diseñada para la finca, la primera fertilización se hizo con 16 (N)-0 (P)-12 (K)-5,3 (MgO)-5,4 (CaO)-9 (S), la segunda 15,6 (N)-0 (P)-17 (K)-5,8 (MgO)- 3,5 (CaO)- 2,8 (S), la tercera fertilización se hizo con 27 (N)-6 (CaO)- 4 (MgO)-. La primera fertilización se hizo a los 30 días después de ocurrida la floración (durante la segunda semana de mayo del 2022), la segunda a los 90 días después de floración y la tercera aplicación se realizó a los 120 días después de floración. En las dos primeras fertilizaciones se aplicó una dosis de 900 kg/ha y en la tercera 350 kg/ha.

Se aplicaron primero los tratamientos fitotóxicos con nitrato de amonio y glifosato y 15 días después se aplicaron los tratamientos con flameo en las entrecalles del café seleccionadas de forma aleatoria (Figura 1 y Figura 2). Este experimento se realizó del 26 de septiembre del 2022 al 10 de enero del 2023, durante tal periodo las condiciones climatológicas fueron las siguientes: en promedio hubo una precipitación de 6,1 mm, la humedad relativa de 61,3 %, la temperatura de 22,8 °C, la velocidad del viento de 1 m/s y la radiación solar de 22,8 W/m<sup>2</sup>.



**Figura 2.** Esquema del diseño experimental de parcelas divididas utilizado para la aplicación conjunta de nitrato de amonio y flameo, Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Septiembre 2022 -enero 2023.

Nitrato de amonio 0: Nitrato amonio 0 kg/ha – Color blanco. Nitrato amonio 1: Nitrato de amonio 150 kg/ha -Color amarillo. Nitrato amonio 2: Nitrato de amonio 300 kg/ha – Color anaranjado. Flameo 0: 0 kg/ha – color azul. Flameo 1: 60 kg/ha – color café. Flameo 2: 120 kg/ha – color rojo.

**Figure 2.** Scheme of the split-plot experimental design used for the joint application of ammonium nitrate and flaming, La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. September 2022 – January 2023.

Ammonium nitrate 0: Ammonium nitrate 0 kg/ha – White color. Ammonium nitrate 1: Ammonium nitrate 150 kg/ha – Yellow color. Ammonium nitrate 2: Ammonium nitrate 300 kg/ha – Orange color. Flaming 0: 0 kg/ha – blue color. Flaming 1: 60 kg/ha – brown color. Flaming 2: 120 kg/ha – red color.

### Aspersión de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y glifosato

La aspersión del nitrato de amonio y glifosato se hizo sobre las arvenses presentes en la entrecalle de café (Figura 1) denominada como la parcela grande, conformada por un área de 22 m<sup>2</sup> (1 m de ancho y 22 m de largo). La distancia de la calle a la entrecalle (parcela grande) fue de 10 m, estos metros se dejaron para evitar el efecto borde. La altura promedio de las arvenses asperjadas fue la siguiente: poáceas 40 cm, commelináceas de 10 cm y hojas anchas con 10-25 cm.

En cada una de las parcelas grandes se aplicaron los tratamientos de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  que consistieron en tres dosis de este fertilizante diluido en agua: 0, kg/ha de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 150 kg/ha de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y 300 kg/ha de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (0 kg/ha de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 50, 25 kg/ha de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y 100, 5 kg/ha de N); la aspersión se hizo mediante una bomba manual modelo CARPI 18LT con un tanque de capacidad de 18 L, acoplada con una barra de aspersión de 1 metro de cobertura y dos boquillas 8003, la calibración se ajustó a un volumen de 364,33 L/ha. A cada caldo de aplicación se le añadió un adherente a base de D-Limoneno 15,00 %, a una dosis de 0,25 % v/v (Cuadro 1).

Además, se aplicó glifosato el pH de la mezcla fue de 5,84 como tratamiento testigo, también en conjunto con flameo, la dosis fue 1,068 kg/ha de i.a., se utilizó una bomba manual modelo CARPI 18LT con capacidad de 18 L/ha acoplada con una barra de aspersión de 1 metro de cobertura y dos boquillas 8001, la calibración se ajustó a un volumen de 168,83 L/ha al cada caldo de aplicación se le añadió un adherente a base de D-Limoneno 15,00 %, a una dosis de 0,25 % v/v (Cuadro 1). Los tratamientos se aplicaron entre las 9:34 am y la 1:11 pm. Durante ese tiempo las condiciones climáticas promedio fueron las siguientes: 0 mm de precipitación, 73,18 % de humedad relativa, 23,65 °C de temperatura, 0,98 m/s de velocidad de viento y 23,65 W/m<sup>2</sup> de radiación solar.

**Cuadro 1.** Dosis de las fuentes fitotóxicas aplicadas para el control de arvenses en la entrecalle del café. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre, 2022.

**Table 1.** Rates of phytotoxic sources sprayed for weed control at the spaces between crop rows. La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. November, 2022.

Tratamiento fitotóxico	Dosis de glifosato (kg/ha i.a) *
Glifosato	1,068
Nitrato amonio 0	0
Nitrato amonio 1	150
Nitrato amonio 2	300
Flameo 0	0
Flameo 1	60
Flameo 2	120

### Aplicación de flameo

Se realizó 15 días después de la aspersión de nitrato de amonio y glifosato se hizo sobre las arvenses presentes en las parcelas pequeñas que midieron 6 m<sup>2</sup> (1 m de ancho y 6 m de largo). Estas fueron aleatorizadas en cada una de las parcelas grandes en un metro de ancho en la entrecalle del café; entre cada parcela pequeña hubo una distancia de dos metros. La aplicación de flameo se hizo mediante un equipo especializado de flameo modelo VT2-23C (Deluxe Vapor Torch por sus siglas en inglés) marca línea Weed Dragon®, con una presión de operación de 18 PSI y un consumo de 2,25 lb/h, con una capacidad de asperjar una flama con 1121,11 °C (Flame Engineering, Inc, 2025).

Se emplearon tres dosis de flameo con propano (0, 60 y 120 kg/ha) (Cuadro 1). La aplicación se hizo entre las horas de 8:38 am a 2:30 pm. Las condiciones climatológicas durante ese lapso fueron en promedio: 0,6 mm de precipitación, esto se consideró insignificante, ya que no ocurrieron precipitaciones durante la aplicación, sino que, justamente al finalizar iniciaron lluvias tenues. La humedad fue de 74,72 % de, 22,76 °C de temperatura, 0,77 m/s de velocidad de viento y 22,76 W/m<sup>2</sup> de radiación solar.

### **Variables evaluadas: porcentaje de cobertura de arvenses y su daño**

El porcentaje de cobertura de arvenses se estimó de forma visual, esta medición se hizo en cada una de las parcelas pequeñas ubicadas en las entrecalles del café (Figura 1). El porcentaje de la cobertura de arvenses se clasificó en tres grupos, las especies de Poaceae, las hojas anchas conformadas por varias familias dicotiledóneas y la única especie de la Commelinaceae *Commelina diffusa* Burm.f. Se identificaron las especies de arvenses presentes en cada sitio de muestreo mediante un levantamiento taxonómico.

El daño se evaluó siguiente forma: 1) ningún daño; 2) presencia de síntomas clorosis y necrosis, sin muerte de plantas; 3) síntomas moderados, clorosis y necrosis con presencia de muerte de menos 50 % del tejido; 4) síntomas severos, clorosis, necrosis, enanismo muerte del 50 % del tejido; 5) síntomas muy severos, muerte total (Villalobos & Herrera Murillo, 1999). Las evaluaciones de la cobertura se realizaron antes de la aplicación de nitrato de amonio (0 días después de la aplicación (dda) de nitrato de amonio) y antes de aplicar flameo (los 0 dda del flameo), el daño y la cobertura se evaluaron a los 15, 25, 40 y 60 dda de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> que equivalieron a los 0, 10, 26, 45 dda del flameo.

### **Análisis de propiedades físicas y químicas del suelo**

Se realizó un muestreo de suelo un día antes de la aplicación de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Se recolectaron 20 sub-muestras de 200 g de los primeros 20 cm del suelo de forma aleatoria con un palín en todo el lote. Luego se obtuvo una muestra compuesta para todo el lote mediante la técnica del cuarteo (Henríquez & Cabalceta, 1999). Una vez recolectadas las muestras de suelo, estas fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Foliare y Laboratorio de Recursos Naturales del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica, para someterla a análisis químico y físico completo, respectivamente.

A los 60 dda de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> se recolectó suelo de la misma forma que se describió anteriormente, pero en este caso se hizo el muestreo por tratamiento. Se eligieron al azar tres de las seis repeticiones por tratamiento y en la parcela correspondiente a cada tratamiento se tomaron seis sub-muestras para conformar una muestra compuesta, esto se realizó para cada una de las tres repeticiones por tratamiento (en total 12 muestras). El propósito de esto fue ver la variación del contenido de nitrógeno y otros elementos según el tipo de tratamiento aplicado. Las muestras también fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos y Foliare del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica, para someterla a un análisis químico.

### **Diseño experimental**

El diseño experimental fue de parcelas divididas, conformado por las parcelas grandes para cada dosis de nitrato de amonio (Nitrato 0: 0 kg NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>/ha, Nitrato 1: 150 kg NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>/ha, Nitrato 2: 300 kg NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>/ha), y glifosato y las parcelas pequeñas que se ubicaron dentro de las parcelas grandes y fueron conformadas por cada dosis de flameo con propano (Flameo 0: 0 kg/ha, Flameo 1: 60 kg/ha, Flameo 2: 120 kg/ha). La unidad experimental

de la parcela grande fue el área de 22 m<sup>2</sup> (1 m de ancho por 22 m de largo) de la entrecalle del café, mientras que la unidad experimental de la parcela pequeña fue un área de 6m<sup>2</sup> (1 m de ancho por 6 m de largo). Cada tratamiento se replicó 6 veces (Figura 2).

### Análisis de datos

El porcentaje de cobertura y grado de daño se analizaron mediante ANCOVA para parcelas divididas, se utilizó como covariable la cobertura inicial y/o la cobertura medida en la anterior evaluación según correspondiera. Cuando se presentó una interacción significativa se aplicaron contrastes de hipótesis con la prueba Bonferroni, con los que se comparó el efecto de las dosis del flameo (0 vs. 120 kg/ha) en cada nivel de nitrato de amonio y/o glifosato. Además, cuando la interacción no fue significativa pero los efectos simples sí, se hizo una prueba Tukey al 5 %. Se utilizó el programa estadístico JMP versión Pro 17.

## Resultados

### Efecto en porcentaje de cobertura por grupo de arvenses

En la cobertura de poáceas, el efecto del flameo no fue igual al cambiar la dosis aplicada de nitrato de amonio. Esto se evidencia porque la única interacción significativa entre el nitrato de amonio y el flameo se dio para poáceas fue a los 60 dda. Se identificaron también efectos significativos del flameo para poáceas a los 25 dda y del nitrato de amonio para *Commelina diffusa* Burm.f a los 40 dda y para hojas anchas a los 60 dda (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Probabilidades asociadas a la prueba de los efectos de las diferentes dosis de nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) y/o glifosato y de flameo sobre el porcentaje de cobertura por grupo de arvenses de acuerdo con los días después de la aplicación. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023.

**Table 2.** Probabilities associated to the test of effects of the different rates of ammonium nitrate (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) and/or glyphosate and flaming on the percent weed cover, based on days after treatment. La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. November 2022-January 2023.

Efectos (dosis)	Probabilidad											
	15 dda			25 y 10 dda <sup>1</sup>			40 y 26 dda <sup>2</sup>			60 y 45 dda <sup>3</sup>		
	C. d.	Ha	Poa	C.d	Ha	Poa	C.d	Ha	Poa	C.d	Ha	Poa
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> /Gli	<0,0001*	<0,0001*	0,0791	0,5972	0,1658	0,0767	0,0154*	0,1875	0,8085	0,1380	0,0010*	0,0150*
Flameo	-	-	-	0,4807	0,2918	0,0446*	0,5140	0,6101	0,5959	0,0902	0,1595	0,8959
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> * flameo	-	-	-	0,1550	0,0923	0,9267	0,6652	0,6865	0,0864	0,2386	0,1610	0,0153*

<sup>1</sup> 25 días después de la aplicación de (dda) de nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) y/o glifosato y 10 dda de flameo. / <sup>1</sup> 25 days after treatment (dat) of ammonium nitrate (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) and/or glyphosate and 10 dat with flaming.

<sup>2</sup> 40 días después de la aplicación de (dda) de nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) y/o glifosato y 26 dda de flameo. / <sup>2</sup> 40 days after treatment (dat) of ammonium nitrate (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) and/or glyphosate and 26 dat with flaming.

<sup>3</sup> 60 días después de la aplicación de (dda) de nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) y 45 dda de flameo. / <sup>3</sup> 60 days after treatment (dat) of ammonium nitrate (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) and 45 dat with flaming.

C.d. *Commelina diffusa*, Ha: hoja ancha, Poa: Poaceae, Gli: Glifosato. / C.d. *Commelina diffusa*, Ha: broadleaf, Poa: Poaceae, Gli: glyphosate.

\* Significativo al 5 % / \* Significant at 5 %.

### Efecto del flameo y el nitrato de amonio en cobertura de Poaceae

Para simplificar se compararon únicamente la dosis 0 y la dosis 120 de flameo, para cada dosis de nitrato de amonio. El flameo solamente fue efectivo en poáceas cuando no se aplicó nitrato de amonio ni glifosato, se pasó de una cobertura de 54,6 % a una de 37,3 %. Por lo que se puede apreciar que no hubo efecto sinérgico entre la aplicación de glifosato o nitrato de amonio con flameo en Poaceae (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Porcentaje de cobertura promedio de Poaceae en cada uno de los niveles de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y glifosato evaluado a los 60 dda, de acuerdo con las dosis de flameo medido a los 45 dda. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Enero, 2023.

**Table 3.** Average Poaceae cover percentage at each of the rates of ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) and glyphosate evaluated at 60 dat, based on rates of flaming evaluated at 45 dat. La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. January 2023.

Dosis de $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (kg/ha i.a)	Dosis de flameo con propano (kg/ha i.a)	
	0	120
0	54,6 <sup>a</sup>	37,3 <sup>b</sup>
150	49,7 <sup>a</sup>	59,1 <sup>a</sup>
300	43,3 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>
Glifosato	29,8 <sup>a</sup>	31,9 <sup>a</sup>

Promedios que no comparten la misma letra en cada una de las dosis de nitrato, son significativamente diferentes al realizar la comparación de las dosis de flameo 0 vs. 120. / Averages of rates of nitrate that do not show the same letter are significant different, when comparing the rates of flaming 0 vs 120.

### Efectos del nitrato de amonio en cobertura de *Commelina diffusa* Burm.f

El efecto del nitrato de amonio fue independiente del uso del flameo en la cobertura de especies de Commelinaceae y en las especies de hojas anchas en todas las mediciones (Cuadro 2). *Commelina diffusa* Burm.f. fue la única especie de la familia Commelinaceae encontrada en el presente estudio a los 15 dda. La cobertura de esta especie fue menor cuando no se aplicó nitrato de amonio y/o glifosato (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Porcentaje de cobertura promedio por grupo de arvenses según el número de días después de la aplicación (dda) de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y/o glifosato. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023.

**Table 4.** Average cover percentage for groups of weeds, based on days after treatment (dat) of ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) and/or glyphosate. La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. November 2022 – January 2023.

Dosis de $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (kg/ha i.a)	15 dda		40 dda	60 dda
	<i>C. diffusa</i>	Hoja ancha	<i>C. diffusa</i>	Hoja ancha
0	7,7 <sup>c</sup>	88 <sup>a</sup>	8,8 <sup>ab</sup>	85,2 <sup>a</sup>
150	24 <sup>b</sup>	74 <sup>a</sup>	9,9 <sup>ab</sup>	59 <sup>b</sup>
300	21,5 <sup>b</sup>	84,7 <sup>a</sup>	4 <sup>b</sup>	79,3 <sup>a</sup>
Glifosato	64,6 <sup>a</sup>	47,1 <sup>b</sup>	17,4 <sup>a</sup>	45,6 <sup>c</sup>

Promedios que no comparten la misma letra en cada columna son significativamente diferentes al 5 %. / Averages that do not show the same letters in each column are significantly different at 5 % probability.



### Efectos del nitrato de amonio y del glifosato en cobertura de hoja ancha

A los 15 dda el glifosato produjo un menor promedio de la cobertura de arvenses de hoja ancha, este efecto fue consistente en la última evaluación a los 60 dda. En esta última evaluación se encontró una menor cobertura promedio con la aplicación de 150 kg/ha de nitrato de amonio, esto al compararla con el testigo sin aplicación (Cuadro 4) (Figura 3). Entre las principales arvenses presentes en la parcela conformada por el tratamiento de glifosato y nitrato de amonio fueron *Bidens pilosa* L. y *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav.



**Figura 3.** Efecto de los tratamientos fitotóxicos sobre la cobertura de arvenses en dos tiempos de evaluación. Cobertura presente a los 15 dda de nitrato de amonio A) 0 kg/ha, B) 150 kg/ha, C) 300 kg/ha, D) glifosato. Cobertura presente a los 60 dda de nitrato de amonio E) 0 kg/ha F) 150 kg/ha, G) 300 kg/ha, H) glifosato. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023.

**Figure 3.** Effect of phytotoxic treatments on the weed cover for two evaluations. Weed cover at 15 dat of ammonium nitrate A) 0 kg/ha, B) 150 kg/ha, C) 300 kg/ha, D) glyphosate. Weed cover at 60 dat of ammonium nitrate E) 0 kg/ha, F) 150 kg/ha, G) 300 kg/ha, H) glyphosate. La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. November 2022-January 2023.

### Efectos del flameo en cobertura de Poaceae

El efecto del flameo fue independiente del nitrato de amonio a los 10 días después de su aplicación (dda) en la cobertura de las especies de Poaceae (Cuadro 2). Sin embargo, la prueba de Tukey no identificó el origen de las diferencias en el porcentaje de cobertura de esta familia al aplicar las tres dosis de flameo. No obstante, la menor cobertura se encontró al aplicar la dosis intermedia de flameo (39 % contra 44 % en las otras dos dosis).

### Efecto del nitrato de amonio y del flameo en el daño de la cobertura de arvenses

En la presente investigación se esperaba que el daño producido por el flameo variara de acuerdo con la dosis de nitrato. Esto ocurrió en la especie *C. diffusa* en las evaluaciones a los 10 y 26 dda (flameo), y 25 y 40 dda  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y/o glifosato. También se encontró tal efecto en el daño de las hojas anchas a los 25 días después de la aplicación (dda) de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y 10 dda de flameo (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Probabilidades asociadas a los efectos de la dosis de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) o flameo, sobre el grado de daño promedio por grupo de arvenses. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023.

**Table 5.** Probabilities associated to the effects of the different rates of ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) or flaming on the average damage by weed groups. La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. November 2022-January 2023.

Efectos (dosis)	Probabilidad											
	15 dda			25 y 10 dda <sup>1</sup>			40 y 26 dda <sup>2</sup>			60 y 45 dda <sup>3</sup>		
	C.d.	Ha	Poa	C.d.	Ha	Poa	C.d.	Ha	Poa	C.d.	Ha	Poa
$\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{Gli}$	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	0,0067*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	-	<0,001*	<0,001*
Flameo	-	-	-	<0,001*	<0,001*	0,0280*	<0,001*	0,0789	0,2056	-	0,3769	0,8665
$\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{Gli}$ * flameo	-	-	-	0,0255*	<0,001*	0,7239	<0,001*	0,6026	0,3785	-	0,4388	0,9991

<sup>1</sup>25 días después de la aplicación de (dda) de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y/o glifosato y 10 dda de flameo. / <sup>1</sup>25 days after treatment (dat) of ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) and/or glyphosate and 10 dat with flaming.

<sup>2</sup>40 días después de la aplicación de (dda) de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y/o glifosato y 26 dda de flameo. / <sup>2</sup>40 days after treatment (dat) of ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) and/or glyphosate and 26 dat with flaming.

<sup>3</sup>60 días después de la aplicación de (dda) de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y 45 dda de flameo. / <sup>3</sup>60 days after treatment (dat) of ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) and 45 dat with flaming.

C.d. *Commelina diffusa*, Ha: hoja ancha, Poa: Poaceae, Gli: Glifosato. / C.d. *Commelina diffusa*, Ha: broadleaf, Poa: Poaceae, Gli: glyphosate.

\* Significativo al 5 %. / \* Significant at 5 %.

### Efecto del nitrato de amonio y del flameo en el daño de la cobertura de *Commelina diffusa* Burm.f

En las evaluaciones a los 25 dda del  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y a los 10 dda del flameo y 40 del  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y 26 dda del flameo, se evidenció que el efecto del glifosato se potenció al aplicar 120 kg propano/ha, ya que tal combinación produjo la mortalidad de las plantas presentes de *C. diffusa*; también, a los 25 dda del  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y 10 dda del flameo sobre tal arvense se pudo observar un daño medio al utilizar la mayor dosis del tratamiento térmico en la parcela sin fertilizante (0 kg/ha de nitrato de amonio), sin embargo, sobre las parcelas aplicadas con las dosis de fertilizante no se encontró diferencia entre los promedios de grado de daño al no utilizar flameo (0 kg propano/ha) y usar la dosis más alta de este tratamiento térmico. A los 40 del  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y 26 dda del flameo debido a la recuperación de esa arvense, el daño en cada uno de los niveles del  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  fue el mismo indistintamente de si se usó o no el flameo (Cuadro 6).

### Efecto del nitrato de amonio y del flameo en el daño de la cobertura de hojas anchas

En hojas anchas el flameo incrementó el efecto del nitrato de amonio, pero no el del glifosato (Cuadro 6) (Figura 4). Las especies de hoja ancha predominantes fueron *Bidens pilosa* L. y *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav.

**Cuadro 6.** Grado de daño promedio por grupo de plantas arvenses en cada uno de los niveles de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y glifosato evaluado a los 25 y 40 dda, según las dosis de flameo medido a los 10 y 26 dda. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre-enero, 2023.

**Table 6.** Average damage by group of weeds at each of the rates on ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) and glyphosate, evaluated at 25 and 40 dat, based on flaming rates evaluated at 10 and 26 dat. La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. December-January, 2023.

Dosis de $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (kg/ha i.a)	25 dda del $\text{NH}_4\text{NO}_3$ y 10 dda del flameo				40 dda del $\text{NH}_4\text{NO}_3$ y 26 dda del flameo	
	<i>C. diffusa</i>		Hoja ancha		<i>C. diffusa</i>	
	Dosis de flameo (kg/ha i.a)		Dosis de flameo (kg/ha i.a)		Dosis de flameo (kg/ha i.a)	
	0	120	0	120	0	120
0	0,3 <sup>a</sup>	1,5 <sup>b</sup>	1 <sup>a</sup>	3 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>
150	1,2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	3 <sup>b</sup>	1 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>
300	1 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	3 <sup>b</sup>	0,7 <sup>a</sup>	0,3 <sup>a</sup>
Glifosato	3 <sup>a</sup>	5 <sup>b</sup>	3,8 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	5 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>25 días después de la aplicación de (dda) de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y/o glifosato y 10 dda de flameo. / <sup>1</sup>25 days after treatment (dat) of ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) and/or glyphosate and 10 dat with flaming.

<sup>2</sup>40 días después de la aplicación de (dda) de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y/o glifosato y 26 dda de flameo. / <sup>2</sup>40 days after treatment (dat) of ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) and/or glyphosate and 26 dat with flaming.

Promedios que no comparten la misma letra son significativamente diferentes al realizar la comparación de las dosis de flameo 0 vs.120 para cada parcela grande. / Averages with different letters are significantly different when comparing flaming rate of 0 vs 120 kg propane for each big plot.

1= Ningún daño, 2= Presencia de síntomas clorosis y necrosis, sin muerte de plantas, 3=Síntomas moderados, clorosis y necrosis con presencia de muerte de menos 50 % del tejido, 4= Síntomas severos, clorosis, necrosis, enanismo muerte del 50 % del tejido, 5= Síntomas muy severos, muerte total. / 1= no damage, 2= chlorosis and slight necrosis, no death plants, 3= moderate symptoms, chlorosis and necrosis, with less than 50% death foliar tissue, 4= severe symptoms, chlorosis, necrosis, dwarfism, 50 % of death foliar tissue, 5= very severe symptoms, all plants death.



**Figura 4.** Daño observado a los 25 días después de la aplicación de (dda) de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y/o glifosato a los 10 dda de flameo a 120 kg propano/ha sobre hojas anchas y *Commelina diffusa*. A) efecto conjunto del glifosato con el flameo. B) Efecto con 0 kg  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ /a y flameo. C). Efecto con 300 kg  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ /a y flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre, 2023.

**Figure 4.** Observed damage at 25 dat of ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) and/or glyphosate at 10 dat of flaming at 120 kg propane/ha over broadleaf weeds and *Commelina diffusa*. A) joint effect of glyphosate and flaming. B) Effect with 0 kg  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  and flaming. C) Effect with 300 kg  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  and flaming. La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. December, 2023.

### Efectos del nitrato de amonio y glifosato en el daño de la cobertura de Poaceae

A los 15 dda el nitrato de amonio y el glifosato produjo daños en los tres tipos de cobertura (Cuadro 5), esto sucedió porque a la fecha de evaluación las parcelas no habían recibido el tratamiento con flameo. Las poáceas fueron afectadas por el glifosato y el daño fue consistente durante todas las evaluaciones. No hubo daño en Poaceae con ninguna de las dosis de nitrato de amonio (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Grado de daño promedio de por grupo de plantas arvenses presentes según número de días después de la aplicación (dda) del nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023.

**Table 7.** Average damage by group of weeds according to number of days after treatment of ammonium nitrate (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. November 2022-January 2023.

Dosis de NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (kg/ha i.a)	15 dda			25 dda		40 dda		60 dda	
	C.d.	Ha	Poa	Poa	Ha	Poa	Ha	Poa	
0	0,72 c	1,00 d	1,00 b	1,20 b	1,10 b	0,90 b	1,00 b	0,90 b	
150	2,00 b	2,00 c	1,00 b	1,60 b	0,90 b	1,10 b	0,90 b	1,00 b	
300	2,00 b	2,90 b	1,90 b	1,90 b	1,20 b	1,20 b	1,00 b	0,90 b	
Glifosato	3,00 a	5,00 a	3,20 a	3,90 a	4,20 a	4,10 a	4,20 a	4,20 a	

Promedios que no comparten la misma letra en cada columna son significativamente diferentes al 5 %. / Averages that do not show the same letters in each column are significantly different at 5 % probability.

C.d.: *Commelina diffusa*, Ha: hoja ancha, Poa: Poaceae. / C.d.: *Commelina diffusa*, Ha: broadleaf, Poa: Poaceae.

1= Ningún daño, 2= Presencia de síntomas clorosis y necrosis, sin muerte de plantas, 3= Síntomas moderados, clorosis y necrosis con presencia de muerte de menos 50 % del tejido, 4= Síntomas severos, clorosis, necrosis, enanismo muerte del 50 % del tejido, 5= Síntomas muy severos, muerte total. / 1= no damage, 2= chlorosis and slight necrosis, no death plants, 3= moderate symptoms, chlorosis and necrosis, with less than 50% death foliar tissue, 4= severe symptoms, chlorosis, necrosis, dwarfism, 50% of death foliar tissue, 5= very severe symptoms, all plants death.

### Efectos del nitrato de amonio y glifosato en el daño de la cobertura de hoja ancha

A los 15 dda (nitrato y glifosato), el glifosato propició daños severos a las hojas anchas, aunque a los 40 dda hubo cierta recuperación, el daño siempre fue severo. Mientras que la dosis más alta de nitrato de amonio les produjo un daño inicial moderado. No obstante, la actividad herbicida de esta sustancia no fue consistente en el tiempo, pues a los 40 y 60 dda, el efecto desapareció. Es decir, el efecto de nitrato de amonio en hoja ancha solo es inicial lo cual podría retrasar el crecimiento de las arvenses, esto para evitar la competencia inicial de las arvenses con el cultivo (Figura 5) (Cuadro 7).

### Efectos del nitrato de amonio y glifosato en el daño de la cobertura de *Commelina diffusa* Burm.f

A los 15 dda NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, a pesar de que ambas dosis de este tratamiento causaron un daño significativamente diferente al testigo, el nitrato apenas produjo leves marcas cloróticas sobre las hojas de *C. diffusa*. El glifosato dañó de forma moderada el tejido de esta especie. No se encontró significancia en el tratamiento con nitrato de amonio o glifosato en las posteriores evaluaciones (Cuadro 7).



**Figura 5.** Efecto del nitrato de amonio a una dosis de 300 kg/ha sobre hoja ancha, evaluado en diferente tiempo A) Efecto inicial a los 5 dda B) Efecto general a los 15 dda. C) Daño en *Bidens pilosa* una de las principales especies que conformaron el grupo de hojas anchas en las parcelas evaluadas. D) Efecto general a los 60 dda. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023.

**Figure 5.** Effect of ammonium nitrate at 300 kg/ha over broadleaf weeds, during two evaluations. A) initial effect at 5 dat B) General effect at 15 dat C) Damage on *Bidens pilosa*, one of the main species among broadleaf weeds of this study. D) General effect at 60 dat. La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. November 2022-January 2023.

### Efectos del flameo en el daño de la cobertura de Poaceae

A los 10 dda, el efecto de las dosis de flameo fue independiente de las dosis de nitrato y la aplicación de glifosato, solamente se da un incremento al pasar de la dosis 0 (1,7 grado de daño) de flameo a la dosis 60 kg/ha (2,5 grado de daño) (Figura 6). Las especies más abundantes en la parcela pequeña de flameo 1 y 2 fueron *Urochloa eminii* (Mez) Davidse, *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst y *Paspalum paniculatum* L.



**Figura 6.** Cobertura de Poaceae dañada a los 10 dda del flameo A) Dosis de 60 kg/ha de propano. B) Dosis de 120 kg/ha de propano. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre 2022.

**Figure 6.** Cover by damaged Poaceae at 10 dat with flaming. A) 60 kg/ha of propane. B) 120 kg/ha of propane. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. November 2022-January 2023.

### Efecto del nitrato de amonio en las propiedades químicas del suelo

No fue posible recolectar el agua suficiente para obtener los contenidos de nitratos y amonios en el suelo, esto probablemente debido a la poca precipitación transcurrida durante el periodo de evaluación del experimento. Sin embargo, a los 60 dda del nitrato de amonio no se presentaron desbalances nutricionales ni alteraciones negativas en los valores del pH y la acidez a causa de la aplicación de ese fertilizante. Por lo anterior se puede apreciar que no hay alteraciones de los parámetros del suelo medidos tras la aplicación de nitrato de amonio en las dosis estudiadas (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Valores nutricionales y de acidez promedio en el suelo según el tratamiento fitotóxico a partir de nitrato de amonio  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  a los 60 días después de la aplicación (dda). Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Enero, 2023.

**Table 8.** Nutrient values and average acidity of soil according to treatment with ammonium nitrate  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  at 60 days after treatment (dat). La Hilda farm, Poás of San Pedro, Alajuela. January, 2023.

Característica	Unidad	Nivel crítico	Nivel inicial*	Mediciones en las parcelas grandes*			
				0 kg/ha i.a	150 kg/ha i.a	300 kg/ha i.a	Glifosato
pH del agua	-	5,50	5,7	5,90	5,80	5,83	5,57
Acidez	cmol (+) /L	0,50	0,22	0,20	0,22	0,21	0,20
Calcio	cmol (+) /L	4,00	5,5	5,98	6,09	5,65	6,19
Magnesio	cmol (+) /L	1,00	1,52	1,69	1,66	1,74	1,77
Potasio	cmol (+) /L	0,2	0,36	0,73	0,54	0,56	0,53
CICE <sup>1</sup>	cmol (+) /L	5,00	7,6	8,60	8,52	8,16	8,69
Saturación de acidez <sup>2</sup>	%	-	2,9	2,43	2,63	2,60	2,40
Fósforo	mg/L	10,00	4	4,67	5,33	4,33	5,00
Zinc	mg/L	3,00	3,2	5,93	6,83	5,97	5,77
Cobre	mg/L	1,00	5	7,00	6,00	6,00	6,33
Hierro	mg/L	10,00	70	78,00	90,33	79,67	79,33
Manganeso	mg/L	5,00	7	6,67	6,00	7,33	7,00
Conductividad eléctrica	mS/cm	1,5	0,20	0,17	0,17	0,20	0,37
Carbono	%	-	9,05	10,20	10,20	10,24	10,62
Nitrógeno	%	-	0,84	0,94	0,94	0,94	1,00
Carbono/nitrógeno	Relación	-	10,8	10,83	10,83	10,83	10,60
Materia orgánica <sup>3</sup>	%	-	12,9	14,58	14,58	14,64	15,18

\* Para extraer los elementos se utilizó la solución KCL-Olsen modificado. El % C y N totales se determinaron con el autoanalizador de C/N por combustión seca. / \* KCL-Olsen modified solution was used to extract the nutrients. Total % C and N was determined with the Autoanalyzer of C/N by dry combustion.

<sup>1</sup> capacidad de intercambio de cationes efectiva= acidez+Ca+Mg+K. / <sup>1</sup> effective exchange cation capacity= acidity+Ca+Mg+K.

<sup>2</sup> porcentaje de saturación de acidez= (acidez/CICE) \*100. / <sup>2</sup> percent acidity saturation= (acidity/CICE) \*100.

<sup>3</sup> materia orgánica = % C total \* 1,43. / <sup>3</sup> organic matter = % C total \* 1.43.

## Discusión

La combinación del glifosato y el flameo produjo la muerte total de *C. diffusa*, aunque esta estrategia podría resultar útil para el combate de esta especie, al recurrir al uso de glifosato habría implicaciones en la sanidad de las plantas de café, ya que este herbicida puede causar síntomas como el debilitamiento en su crecimiento y un aumento en la susceptibilidad del ataque de patógenos (Muñoz, 2021).

El difícil control de *C. diffusa* se debe a que esta especie se propaga de forma exitosa tanto asexual como sexualmente, la reproducción asexual ocurre mediante enraizamiento en los tallos, esquejes producidos a partir del tallo y fragmentos de la planta (Isaac et al., 2013). El tipo de reproducción de *C. diffusa* explica por qué, en este trabajo, para la obtención de una mortalidad del 100 % de la especie fue necesaria la combinación del glifosato con el flameo, primero se afectó parcialmente por el primer manejo y posteriormente el tratamiento térmico culminó el efecto letal.

Consistente con otras publicaciones que han utilizado el flameo como estrategia, es difícil que éste proporcione un control eficaz sobre especies con reproducción vegetativa (Ascard, 1995), tal como la que posee *C. diffusa*. El uso de dos estrategias para el combate de esta planta coincide con otros autores los cuales reportaron que para su control se debe seguir un programa de manejo integrado de arvenses (Isaac et al., 2013). De acuerdo con el resultado encontrado en este trabajo, se pudo evidenciar que la *C. diffusa* podría controlarse mediante la combinación del método químico con un tratamiento térmico.

El uso de 300 kg/ha de nitrato de amonio con flameo a 120 kg/ha a los 25 y 10 dda, respectivamente, produjo una sintomatología moderada en las arvenses de hoja ancha. Los efectos por nitrato de amonio y flameo en hoja ancha fueron clorosis generalizada y posterior necrosis del tejido interceptado por ambos tratamientos, este efecto no perduró en la última evaluación, pues las plantas se recuperaron. A continuación se detallan las razones por las cuales el efecto conjunto de ambos tratamientos no fue persistente:

Primero, ambos tratamientos actúan por contacto, similar a los herbicidas de este tipo en cuyo caso no ocurre translocación del producto dentro de la planta, (Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas [IRET], 2020). Sobre el efecto del flameo, se subrayó que se da al momento de la aplicación y esta no deja residuos dentro de la planta que puedan producir un efecto a largo plazo (Ascard, 1995). En cuanto al daño del nitrato de amonio en hoja ancha encontrado en este trabajo coincide con lo reportado por Bitterlich et al. (1996), quienes determinaron que las plantas arvenses pueden sobrevivir o recuperarse de este tratamiento, pero retrasan su crecimiento lo suficiente para no producir un efecto adverso en el rendimiento del cultivo.

Segundo, la eficacia de ambos tratamientos pudo estar influenciada por la edad de las plantas. El control térmico disminuye cuando las plantas se encuentran en etapas de desarrollo más avanzadas (Astatkie et al., 2007; Knezevic et al., 2014; Rifai et al., 2002). En este trabajo las plantas se encontraban en posemergencia tardía, al hacer la aplicación conjunta las plantas tenían 10-25 cm de altura. En cuanto a la influencia de la edad de la planta en el tratamiento con nitrato de amonio, también está registrado, ya que una planta con mayor crecimiento será menos susceptible a la aplicación con ese fertilizante (Agamalian, 1988; Bitterlich et al., 1996).

Tercer factor, la cobertura de las plantas, según Bitterlich et al. (1996), la alta cobertura de especies previo a la aspersión de nitrato de amonio puede causar una superposición de las hojas, lo que reduce la cobertura de la aspersión foliar y el control de arvenses. En el área experimental de este trabajo se encontró una cobertura inicial de arvenses del 75 al 100 %. La alta densidad de las plantas también puede afectar la eficacia del tratamiento térmico en hojas anchas (Ascard, 1995).

En cuanto al efecto independiente del nitrato de amonio (sin flameo), se evidenció un daño inicial (15 dda) leve en *C. diffusa* con ambas dosis de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Se observó que con la menor dosis de este fertilizante las hojas anchas fueron dañadas levemente y con la mayor dosis se obtuvo un daño moderado, no obstante, el daño producido con ambas dosis no persistió, ya que en la última evaluación (60 dda) fue el mismo que el que se obtuvo sin  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

A pesar de que el efecto del nitrato de amonio fue significativo en poáceas a los 25 y 60 dda, el daño causado por ambas dosis de ese fertilizante fue el mismo que el ocurrido en las parcelas sin nitrato

El efecto de nitrato de amonio causó un daño inicial sobre *C. diffusa* y hoja ancha, porque este compuesto actúa por contacto (Agamalian, 1988; Bitterlich et al., 1996). En las hojas anchas el efecto inicial fue más severo con la mayor dosis de nitrato de amonio (300 kg/ha), esto difiere con lo reportado por otros autores que encontraron que con dosis de 160 kg/ha el control de ciertas especies de hoja ancha fue eficaz, aunque con altos volúmenes de aplicación 800 L/ha (Bitterlich et al. 1996), en comparación con el volumen empleado en la presente investigación que fue de 364,33 L/ha. Por lo tanto, posiblemente el volumen utilizado en esta investigación pudo influir en la eficacia del nitrato de amonio.

El bajo nivel encontrado en el grado de daño con nitrato de amonio también se reportó con el uso de otra fuente de nitrógeno a base de nonanoato de amonio, debido a que herbicidas naturales con acción disruptiva de la membrana celular suelen tener baja eficacia (Johnson & Luo, 2018). En otra investigación con nonanoato de amonio se produjo un mayor daño en hojas anchas que en hojas angostas (Johnson & Luo, 2018), esto coincide con lo que se pudo contrastar en el presente trabajo, lo cual se debe a que las Poaceae poseen hojas en disposición vertical, esto dificulta la llegada del producto al punto de crecimiento y se limita su eficacia (Johnson & Luo, 2018).

Respecto al efecto independiente del flameo, solo fue significativo en el porcentaje de cobertura y el daño de especies de poáceas a los 10 dda, en la cual la dosis de 60 kg/ha fue la óptima, sin embargo, con dicha dosis no se obtuvo un porcentaje de cobertura menor a la encontrada en el testigo. También en otros reportes el flameo fue menos efectivo en especies de hoja angosta (Datta & Knežević, 2013). En este trabajo las poáceas solo fueron dañadas en la hojas, por lo tanto, no pudieron controlarse efectivamente con el flameo, este efecto fue reportado por Datta y Knežević (2013).

## Conclusiones

Después de evaluar la eficacia del manejo de plantas arvenses con nitrato de amonio y flameo en un sistema de café, se concluye que este tipo de manejo solo fue eficaz para control de arvenses de hoja ancha, pero no se encontró eficacia para manejar Poaceae y *C. diffusa* que eran los otros grupos de arvenses evaluadas.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Programa de Apoyo a Trabajos Finales de Graduación del Fondo Especial de Becas del Sistema de Estudios de Posgrado (SEP) y al proyecto de acción social ED-1816 “Capacitación, consultoría y diagnóstico con plantas arvenses” de la Universidad de Costa Rica, gracias a ambos por financiar este trabajo.

## Conflicto de intereses

No hay conflicto de intereses.

## Referencias

Agamalian, H. S. (1988). Weed control in crucifer crops with nitrogen fertilizers. *California Agriculture*, 42(6), 16-17.



- Altieri, M. A. (2016). Los quelites. Leguminosas y plantas silvestres en la alimentación y la agricultura. *Leisa Revista de Agroecología*, 32(2), 28-29. <https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol32n2.pdf>
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L., & Hincapié, E. (2015). Sistemas de producción de café en Colombia. En H. F. Ospina, & S. M. Marín (Eds.), *Las arvenses y su manejo en los cafetales* (pp. 102-130). Centro Nacional de Investigaciones de Café.
- Ascard, J. (1995). Thermal weed control by flaming: biological and technical aspects [Doctoral dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences]. [http://pub.epsilon.slu.se/3853/1/ascard\\_j\\_091026.pdf](http://pub.epsilon.slu.se/3853/1/ascard_j_091026.pdf)
- Astatkie, T., Rifai, M. N., Havard, P., Adsett, J., Lacko Bartosova, M., & Otepka, P. (2007). Effectiveness of hot water, infrared and open flame thermal units for controlling weeds. *Biological Agriculture & Horticulture*, 25(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/01448765.2007.10823205>
- Bitterlich, I., Upadhyaya, M., & Shibairo, S. (1996). Weed control in cole crops and onion (*Allium cepa*) using ammonium nitrate. *Weed Science*, 44(4), 952-958. <https://doi.org/10.1017/S0043174500094984>
- Centro de Investigaciones Agronómicas. (2021). Suelos CR (1.1.0) [Aplicación móvil]. App Store. <https://apps.apple.com/cr/app/suelos-cr/id1550353003>
- Datta, A., & Knežević, S. (2013). Flaming as an alternative weed control method for conventional and organic agronomic crop production systems: a review. *Advances in Agronomy*, 118, 399-428. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405942-9.00006-2>
- Flame Engineering, Inc. (2025). Weed Dragon® Torch Kits. Retrieved February 23, 2025, from <https://flameengineering.com/collections/heavydutytorches>
- Henríquez C., & Cabalceta G. (1999). Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque Agrícola. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Huerta, J. D. J., Oropeza Mota, J. L., Guevara Gutiérrez, R. D., Ríos Berber, J. D., Martínez Menes, M. R., Barreto García, O. A., & Mancilla Villa, O. R. (2018). Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *Idesia (Arica)*, 36(2), 153-162. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005000701>
- Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas. (2020, noviembre 24). Manual de Plaguicidas de Centroamérica. <https://www.iret.una.ac.cr/index.php/es>
- Isaac, W. A., Gao, Z., & Li, M. (2013). Managing Commelina species: Prospects and limitations. In A. J. Price, & J. A. Kelton (Eds.), *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use* (pp.543-562). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/55842>
- Jhala, A. J., Knezevic, S. Z., Ganie, Z. A., & Singh, M. (2014). Integrated weed management in maize. In B. S. Chauhan, & G. Mahajan (Eds.), *Recent Advances in Weed Management*, (pp.177-196). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1019-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1019-9_8)
- Johnson, W. C., & Luo, X. (2018). Cool-season weed control using ammonium nonanoate and cultivation in organic *Vidalia*® sweet onion production. *Weed Technology*, 32(1), 90-94. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.91>
- Knezevic, S. Z., Stepanovic, S., & Datta, A. (2014). Growth stage affects response of selected weed species to flaming. *Weed Technology*, 28(1), 233-242. <https://doi.org/10.1614/WT-D-13-00054.1>
- Luna Ortega, J. G., & Antuna Grijalva, O. (2016). Uso eficiente y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero en suelos diferentes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2), 301-309.

- Montero, D (2017). Manual de buenas prácticas de manejo en la fertilización nitrogenada del café. Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible & Fondo Multilateral de Inversiones. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1419.pdf>
- Muñoz, F. (2021, feb). El herbicida glifosato y sus alternativas (Serie Informes Técnicos IRET N° 44). Universidad Nacional, & Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas. [https://conahcyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/Documentos-recopilatorios-relevantes/El\\_herbicida\\_glifosato\\_y\\_sus\\_alternativas\\_UNA.pdf](https://conahcyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/Documentos-recopilatorios-relevantes/El_herbicida_glifosato_y_sus_alternativas_UNA.pdf)
- Rifai, M. N., Astatkie, T., Lacko-Bartosova, M., & Gadus, J. (2002). Effect of two different thermal units and three types of mulch on weeds in apple orchards. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 1(5), 331-338. <https://doi.org/10.1139/s02-027>
- Roskopf, E. N. (2018). Bioherbicidas: An overview. In R. Zimdahl, (Ed.) *Fundamentals of weed science* (5th ed., pp 367-399). Elsevier. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2017.0025.20>
- Sierra, C. (1992, Julio). Características fisicoquímicas de algunos fertilizantes. *Boletín Técnico-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. Recuperado Marzo 20, 2022, de <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/39239>
- Villalobos, A., & Herrera Murillo, F. (1999). Control químico de *Polygonum aviculare* y otras malezas en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota*). *Revista de Agricultura Tropical* 32, 07-16.

Manuscrito aceptado