

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE

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

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Desarrollo Sostenible  
para optar al grado y título de Maestría Académica en Desarrollo Sostenible con énfasis en  
Conservación de los Recursos Biológicos

MARY PAMELA PORTUGUEZ GARCÍA

Ciudad Universitaria Carlos Monge Alfaro, Costa Rica

2023

## **DEDICATORIA**

Deseo dedicar este trabajo a mi novio Andrés, quien fue un gran apoyo para lograr este proceso.

También, quiero dedicar mi trabajo de tesis a los caficultores que día a día trabajan la tierra en beneficio del país.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi director de tesis Renán Agüero Alvarado por sus consejos e impulsarme a desarrollar este trabajo de investigación.

A Adolfo Soto Aguilar por ofrecerme siempre sus consejos y su valiosa amistad, sin duda alguna, este trabajo fue desarrollado con base en sus conocimientos y experiencias, siempre inspirándome al desarrollo de una agricultura agroecológica.

A Eloy Molina Rojas por sus contribuciones al desarrollo de este trabajo y sus aportes en el área de nutrición de plantas.

A María Isabel Gonzáles Lutz por siempre fungir como una guía en el área estadística y brindarme su valiosa amistad.

A los profesores y profesoras de la Maestría en Desarrollo Sostenible, a todos y cada uno de ellos (as) les agradezco profundamente todo el conocimiento que me entregaron durante mi proceso formativo.

Agradezco al Ing. Mariano Vargas por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de campo en su finca de café.


A los trabajadores de la EEAFBM, especialmente a Gerardo García quien me ayudó con la parte operativa de este trabajo.

A mis padres Paul y Silvia, mis hermanos y hermanas, sobrino y sobrinas por ser mis impulsores para crecer profesionalmente.

Agradezco profundamente a mi novio Andrés Rosales por apoyarme infinitamente.

A mis compañeros de maestría con quienes cultivé una bonita amistad.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Posgrado en Desarrollo Sostenible de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Académica en Desarrollo Sostenible con énfasis en Conservación de los Recursos Biológicos



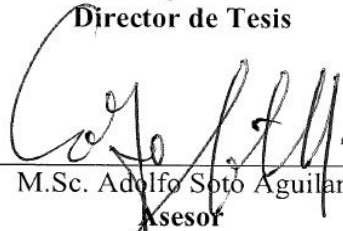
---

M.Sc. Michael Moya Calderón  
**Representante de la Decana  
Sistema de Estudios de Posgrado**



---

Dr. Renán Agüero Alvarado  
**Director de Tesis**



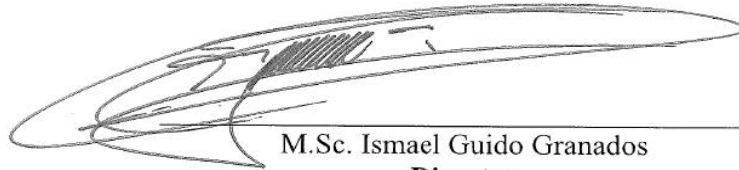
---

M.Sc. Adolfo Soto Aguilar  
**Asesor**



---

M.Sc. Eloy Molina Rojas  
**Asesor**



---

M.Sc. Ismael Guido Granados  
**Director  
Programa de Posgrado en Desarrollo Sostenible**



---

May Pamela Portuguez García  
**Sustentante**

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
TABLA DE CONTENIDO .....	v
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS .....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos específicos .....	4
REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
Cultivo del café.....	5
El concepto de arvenses.....	17
Arvenses en los agroecosistemas cafetaleros.....	19
Manejo de las arvenses en café.....	20
Manejo agroecológico de arvenses .....	24
Concepto de desarrollo sostenible .....	36
ANTECEDENTES .....	39
JUSTIFICACIÓN .....	42

MATERIALES Y MÉTODOS .....	47
Fase I.....	47
Ubicación geográfica del sitio de estudio .....	47
Metodología.....	49
Fase 2 .....	55
RESULTADOS .....	58
Fase 1 .....	58
Porcentaje de cobertura.....	58
Efecto conjunto del nitrato de amonio y del flameo .....	58
Efectos del nitrato de amonio .....	59
Efectos del flameo .....	61
Daño en la cobertura de arvenses .....	62
Efecto conjunto del nitrato de amonio y del flameo .....	62
Efectos del nitrato de amonio .....	65
Efectos del flameo .....	67
Efecto del nitrato de amonio en las propiedades químicas del suelo.....	68
Fase 2 .....	70
DISCUSIÓN .....	76
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.....	82
IMPICACIONES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE .....	83
LITERATURA CITADA .....	84
ANEXOS .....	105

## RESUMEN

La producción de café se encuentra amenazada por los efectos del cambio climático, para enfrentar tales efectos se pueden realizar prácticas agroecológicas que permitirán la rentabilidad económica y ambiental. Las plantas arvenses tienen un papel fundamental en la producción del café, pues estas protegen el suelo contra efectos de la erosión, atraen insectos polinizadores y benéficos, promueven la salud del suelo, permitiendo un sistema más equilibrado, sin embargo, deben realizarse prácticas de manejo para que estas no compitan de manera significativa por luz, espacio y nutrientes con el café y que faciliten las labores culturales de este cultivo. Este trabajo se realizó en Finca cafetalera La Hilda, ubicada en San Pedro de Poás, Alajuela entre los meses de septiembre 2022 hasta enero 2023. Se aplicaron de forma conjunta dos tratamientos alternativos de control de arvenses, el primero fue nitrato de amonio diluido en agua a tres dosis (0, 150 y 300 kg/ha) y 15 días después de la aspersión (dda) con este fertilizante se aplicó flameo a tres dosis (0, 60 y 120 kg/ha), las aplicaciones se hicieron sobre arvenses presentes en la entrecalle del café, las cuales tuvieron los siguientes tamaños, las arvenses commelináceas menor a 10 cm, 10-25 cm las de hoja ancha y 40 cm las poáceas; se siguió un diseño de parcelas divididas, la parcela grande estuvo conformada por las dosis de nitrato de amonio y tuvo un tamaño de 22 m<sup>2</sup>, mientras que las parcelas pequeñas (6 m<sup>2</sup>) fueron aplicadas con las dosis de flameo, se incluyó un testigo químico con el herbicida glifosato, cada tratamiento se asignó de forma aleatoria y se replicó seis veces. El efecto de nitrato de amonio fue dependiente del flameo sobre hojas anchas, estas resultaron dañadas de forma moderada a los 25 dda del nitrato y 10 dda del flameo; ambas dosis de nitrato de amonio dañaron de forma leve a las especies de *Commelina diffusa* y la mayor dosis causó daños moderados a las hojas anchas; el flameo sin nitrato de amonio proporcionó un daño moderado inicial en hojas angostas. El efecto de nitrato de amonio fue dependiente del flameo en este trabajo, pero solamente sobre hoja ancha, aplicaciones a especies de arvenses con un menor tamaño podrían optimizar la estrategia conjunta propuesta en este trabajo, en caso de *C. diffusa* se controló de forma exitosa con glifosato y flameo. Se encuestaron 39 productores de café de Naranjo, en su mayoría tuvieron mayor aceptación al uso de nitrato de amonio que el flameo como opción para controlar arvenses.

## ABSTRACT

Coffee production is threatened by the effects of climate change; to face such effects, agroecological practices can be carried out that will allow economic and environmental profitability. Weed plants have a fundamental role in coffee production, as they protect the soil against the effects of erosion, attract pollinating and beneficial insects, promote soil health, allowing a more balanced system; however, management practices must be carried out so that they do not compete significantly for light, space and nutrients with coffee and that they do not interfere with the cultural practices involved in the production of this crop. This work was carried out at the La Hilda coffee farm, located in San Pedro de Poás, Alajuela between the months of September 2022 and January 2023. 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 (daa) with this fertilizer, flaming was applied at three doses (0, 60 and 120 kg/ha), the applications were made on weeds present in the experimental plots, which had the following sizes, the Commelinaceae weeds less than 10 cm, 10-25 cm for the broad-leaved ones and 40 cm for the poaceae; A split plot design was established, the large plot was made up of the doses of ammonium nitrate and had a size of 22 m<sup>2</sup>, while the small plots (6 m<sup>2</sup>) were applied with the flaming doses, a chemical control was included with the herbicide glyphosate, each treatment was randomly assigned and replicated six times. The effect of ammonium nitrate was dependent on flaming for broad leaves; these were moderately damaged after 25 days of nitrate and 10 days after flaming; both doses of ammonium nitrate slightly damaged *Commelina diffusa* species and the highest dose caused moderate damage to broad leaves; flaming without ammonium nitrate provided moderate initial damage on narrow leaves. The effect of ammonium nitrate was dependent on flaming in this work, but only on broadleaf, applications to smaller weed species could optimize the joint strategy proposed in this work. *C. diffusa* was successfully controlled with glyphosate and flaming. 39 coffee producers from Naranjo were surveyed, most of them had greater acceptance of the use of ammonium nitrate than flaming as an option to control weeds.



## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Dosis de los tratamientos fitotóxicos aplicados para el control de arvenses en la entrecalle del café. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre, 2022 .....	55
<b>Cuadro 2.</b> Efectos y probabilidades asociadas al porcentaje de cobertura 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 y flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023. ....	59
<b>Cuadro 3.</b> 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, según las dosis de flameo medido a los 45 dda. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Enero, 2023. ....	59
<b>Cuadro 4.</b> 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. ....	60
<b>Cuadro 5.</b> Efecto del flameo a los 10 días después de aplicación (dda) sobre el porcentaje de cobertura promedio de Poaceae. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre, 2022. ....	62
<b>Cuadro 6.</b> Efectos y probabilidades asociadas al grado de daño 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 y flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023. ....	63
<b>Cuadro 7.</b> 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. ....	64
<b>Cuadro 8.</b> Grado de daño promedio de por grupo de plantas arvenses presentes según número de días después de la aplicación (dda) del nitrato de amonio ( $\text{KNO}_3$ ). Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023. ....	66
<b>Cuadro 9.</b> Grado de daño promedio de Poaceae a los 10 días después de aplicación (dda) del flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre 2022. ....	68

**Cuadro 10.** 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.....69

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Regiones productoras de café en Costa Rica .....	11
<b>Figura 2.</b> Morfología la planta de café. A. Hábito de crecimiento. B. Inflorescencia. C. Hojas D. Frutos .....	13
<b>Figura 3.</b> Esquema de ciclo productivo del café.....	14
<b>Figura 4.</b> Objetivos del desarrollo sostenibles a los que este trabajo pretende aportar. ....	36
<b>Figura 5.</b> Área experimental del estudio. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Septiembre, 2022. ....	48
<b>Figura 6.</b> Parcela pequeña ubicada en la entrecalle del café. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre, 2022. ....	51
<b>Figura 7.</b> 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. ....	54
<b>Figura 8.</b> Actividad de capacitación sobre las plantas arvenses en café donde se aplicó el instrumento para conocer la percepción de productores de café sobre prácticas de manejo de arvenses. Centro Recreacional Coopronaranjo R.L., Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.....	57
<b>Figura 9.</b> Efecto de los tratamientos fitotóxicos sobre la cobertura de arvenses en dos tiempos de evaluación. A-D) Cobertura presente a los 15 dda de nitrato de amonio. E-H) Cobertura presente a los 60 dda de nitrato de amonio. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023. ....	61
<b>Figura 10.</b> 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 commelináceas. 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.....	65
<b>Figura 11.</b> 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 <i>Bidens pilosa</i> 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.....	67

<b>Figura 12.</b> Cobertura de Poaceae dañada a los 10 dda del flameo A) Dosis de 60 kg propano/ha. B) Dosis de 120 kg propano/ha. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre 2022.....	68
<b>Figura 13.</b> Porcentaje de productores de café que opinaron sobre el nivel de importancia de las arvenses en el sistema de producción de ese cultivo, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023. ....	71
<b>Figura 14.</b> Porcentaje de productores de café que opinaron sobre el nivel de importancia de las labores del cultivo, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023. ....	71
<b>Figura 15.</b> Porcentaje de productores de café que seleccionaron el tipo de manejo de arvenses utilizado, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023. ....	72
<b>Figura 16.</b> Porcentaje de productores de café que utilizan diferentes tipos de herbicidas, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023. ....	72
<b>Figura 17.</b> Porcentaje de productores de café que opinaron sobre el uso de coberturas vegetales en sus sistemas de producción del café, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023. ....	73
<b>Figura 18.</b> Porcentaje de productores de café que opinaron sobre la disposición del uso de coberturas vegetales en sus sistemas de producción del café, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023. ....	73
<b>Figura 19.</b> Porcentaje de productores de café que opinaron sobre la disposición del uso de un sustituto no tóxico para el manejo de arvenses, en una encuesta realizada para estudiar la	

percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023. ....74

**Figura 20.** Porcentaje de productores de café que opinaron sobre la disposición del uso de tratamiento con calor para el manejo de arvenses, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023. ....74

**Figura 21.** Porcentaje de productores de café que opinaron sobre la disposición del uso de un producto con acción herbicida y fertilizante a la vez, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023. ....75

**Figura 22.** Porcentaje de productores de café que opinaron sobre la disposición de recibir orientación en el manejo de arvenses, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023. ....75

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Especies presentes según el grupo de arvenses la cobertura evaluada a los 0 días después de la aspersión de nitrato de amonio, glifosato y el flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022.....	105
<b>Anexo 2.</b> Especies presentes según el grupo de arvenses la cobertura evaluada a los 15 días después de la aspersión de nitrato de amonio y glifosato. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022.....	109
<b>Anexo 3.</b> Especies presentes según el grupo de arvenses la cobertura evaluada a los 25 días después de la aspersión de nitrato de amonio y glifosato y a los 10 dda del flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre 2022. ....	116
<b>Anexo 4.</b> Especies presentes según el grupo de arvenses la cobertura evaluada a los 40 días después de la aspersión de nitrato de amonio y glifosato y a los 26 dda del flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre 2022. ....	122
<b>Anexo 5.</b> Especies presentes según el grupo de arvenses la cobertura evaluada a los 60 días después de la aspersión de nitrato de amonio y glifosato y a los 45 dda del flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Enero 2022.....	128

## LISTA DE ABREVIATURAS

**% v/v:** Porcentaje volumen: volumen

**%:** Porcentaje

**° C:** Grados Celsius

**2,4-D:** Ácido 2,4-diclorofenoxiacético

**AbE:** Adaptación basada en Ecosistemas

**ANACAFE:** Asociación Nacional del Café Ca: Calcio

**cm:** Centímetros

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono

**dda:** Días después de la aspersión

**g/l<sup>-1</sup>:** Gramos por litro

**h:** hora

**ha:** Hectárea

**Hidronio:** H<sup>+</sup>

**i.a.:** Ingrediente activo

**ICA:** Acuerdo Internacional del Café

**ICAFE:** Instituto del Café de Costa Rica

**INDER:** Instituto Nacional de Desarrollo Rural

**IRET:** Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas

**K<sup>+</sup>:** Potasio

**Kg/ha<sup>-1</sup>**: Kilogramos por hectárea

**Km/h**: Kilómetros por hora

**l/ha<sup>-1</sup>**: Litros por hectárea

**l**: Litros

**lbs**: Libras

**m/s**: metros por segundo

**m**: Metros

**m<sup>2</sup>**: Metros cuadrados

**MAG**: Ministerio de Agricultura y Ganadería

**Mg<sup>2+</sup>**: Magnesio

**N**: Nitrógeno

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**: Amonio

**NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>**: Nitrato de amonio

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>**: Nitrito

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**: Nitrato

**OIC**: Organización Internacional del Café SFE: Servicio Fitosanitario del Estado

**PSI**: Libra de fuerza por pulgada cuadrada

**W/m<sup>2</sup>**: Vatio por metro cuadrado

**WSSA**: Weed Science Society of America





UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Mary Pamela Portuguez García, con cédula de identidad 114780685, en mi condición de autor del TFG titulado 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

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

*Mary Pamela Portuguez García*

**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## INTRODUCCIÓN

El café representa una importante actividad económica en el país. En el 2018 el café oro contribuyó en un 6,4% del valor total de las exportaciones agropecuarias. Se estima que el área de siembra en el país es de 84.133 hectáreas y su producción ronda las 449.159 toneladas métricas (Mora & Quirós, 2019).

En Centroamérica, la producción del café se encuentra amenazada por la variación en la temperatura y la precipitación a causa del cambio climático (Gay et al., 2006). Este problema dará paso a complicaciones fisiológicas y fitosanitarias en el café, como nuevas plagas insectiles (Constantino et al., 2013), mayor ataque de la broca (*Hypothenemus hampei*) (Constantino et al 2011), incremento de la incidencia de la enfermedad roya (*Hemileia vastatrix*), cambios en la floración, fructificación y maduración del café, y una mayor propagación de las plantas arvenses exóticas (GTZ, 2010; Fernández & González, 2017). Dichos problemas repercutirán en la obtención de una taza de calidad (Läderach et al., 2011).

Las plantas arvenses –conocidas como malezas, malas hierbas, flora espontánea o acompañante, plantas silvestres o quelites–; tienen dadas un concepto antropocéntrico pues, aunque habitan en varias clases de ecosistemas, forman parte de los problemas fitosanitarios en la producción agrícola y forestal; no obstante, desde el punto de vista ecológico, durante la regeneración secundaria se comportan como especies pioneras (FAO, 2008; Altieri, 2016; Fernández & González, 2017). La alteración del hábitat y del suelo son las principales causas de la aparición de dichas especies, a esto se le suma el uso actual de los herbicidas que ha provocado cambios en la forma de su predominio sobre los cultivos y en la ocurrencia de biotipos resistentes a herbicidas (Labrada, 2007).

Si las arvenses no se manejan adecuadamente, el rendimiento del cultivo puede reducirse hasta un 35% (Reddy & Hodges, 2000). En café, las pérdidas en la producción por la

interferencia de arvenses pueden llegar hasta un 76% (García et al. 2000). La estrategia química es uno de los manejos más utilizados para intentar suprimir, en su totalidad, las poblaciones de arvenses mediante la aplicación de herbicidas (Echegoyén, 1994). Sin embargo, esta técnica implica un alto costo económico (Reddy & Hodges, 2000) y la poca cobertura vegetal podría ocasionar erosión, pérdida del suelo y escurrimiento superficial del agua (Loch, 2000; López et al., 2013; Huerta et al., 2018).

Desde la visión de la agricultura regenerativa, las arvenses son integradas al sistema sin que estas repercutan en el rendimiento del cultivo, además, poseen beneficio medicinal y gastronómico (Altieri, 2016); asimismo, el uso de la vegetación funcional permite extraer de la atmósfera los gases de efecto invernadero que causan el cambio climático (González et al., 2005). Por ello, una de las estrategias para la adaptación agropecuaria al cambio climático en café se basa en el uso de coberturas vivas que brindan diversos beneficios, entre ellos protección al suelo contra los rayos del sol y la erosión, aporte de materia orgánica, regulación en la humedad del suelo y aumento en la biodiversidad del agroecosistema (Descamps, 2017; Viguera et al., 2017).

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 la década de 1940 hasta 1960, no obstante, ya en 1970 esta técnica fue reemplazada por el uso de herbicidas sintéticos (Ascard, 1995). Es una de las alternativas al control químico, ya que, la estrategia química ha causado presencia de especies de arvenses resistentes a herbicidas, hay un aumento en el costo de los herbicidas y el movimiento de estos hacia las aguas superficiales y subterráneas. El flameo es una alternativa en la cual se emplea Gas licuado de petróleo que se conforma sobre todo por 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, por lo tanto,

se reduce el riesgo a erosión y tampoco afecta a los organismos del suelo (Ascard, 1995; Ulloa et al. 2012).

El N es un elemento fundamental para las plantas, ya que éste es uno de los elementos que determina el crecimiento vegetal (Rincón & Gutiérrez, 2012). En sistemas agrícolas se utiliza como fuente el fertilizante químico, en el caso del cultivo del café es frecuente el uso de sulfato de amonio, nitrato de amonio y urea, usualmente, estos fertilizantes se aplican de forma fraccionada en tres aplicaciones anuales (E. Molina, 2013 comunicación personal). Aunque la fertilización representa una práctica agrícola de alto costo y puede llegar a ser contraproducente para el ambiente, es crítica para mantener la productividad del sistema (Rincón & Gutiérrez, 2012). Una limitante es que el N puede sufrir diversas pérdidas (por ejemplo, volatilización o lixiviación) (Bertsch, 1998) que evitan que este nutriente pueda ser aprovechado por el café. Sin embargo, existen estudios que han determinado el uso de nitrato de amonio como una opción viable para el control de arvenses y a su vez el aprovechamiento de su efecto fertilizante porque: 1) funciona como fertilizante para el cultivo, 2) es seguro para el medio ambiente en comparación con el efecto de los herbicidas sintéticos y representa un riesgo mínimo para el operador, 3) actúa como un herbicida de contacto, por ello la cobertura de aspersion en las hojas de las especies por controlar es fundamental para un manejo eficiente (Agamalian, 1988; Bitterlich et al. 1996).

Por lo tanto, en este trabajo, se manejará la cobertura de arvenses mediante la aplicación dirigida de flameo en combinación con  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , este actuará como desecante sobre dichas plantas, y tras la incorporación de las arvenses asperjadas con esa fuente de N se espera evitar su pérdida para que este nutriente pueda ser aprovechado por el café como un abono verde. Por su parte el uso de flameo será parte de la estrategia de manejo de arvenses, con la cual se espera conseguir un mayor control de estas plantas.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Determinar la eficacia del manejo de plantas arvenses con nitrato de amonio y flameo en un sistema de café en Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela y la disposición de algunos productores de café a utilizar ambas tácticas de manejo.

### **Objetivos específicos**

1. Comprobar el efecto potenciador de diferentes dosis de nitrato de amonio y de flameo en el control de las arvenses presentes en café después de su aplicación conjunta.
2. Comparar la eficacia fitotóxica de dos dosis del flameo sobre las arvenses.
3. Contrastar la actividad herbicida de dos dosis de nitrato de amonio en las arvenses.
4. Estimar el aporte de nitrógeno después del tratamiento fitotóxico y si el contenido de este elemento influye en las propiedades fisicoquímicas del suelo.
5. Estudiar la disposición de algunos productores de café respecto a la inclusión del uso de flameo y el nitrato de amonio para el manejo de arvenses.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Cultivo del café

- *Historia del cultivo de café en Costa Rica*

La caficultura costarricense data de la época colonial con la llegada de una planta de café, con destino a Martinica y proveniente de Francia, que accidentalmente se introdujo a Costa Rica (Stone, 1969). A pesar de que no existen registros de la fecha cuando sucedió tal evento, se menciona que, en 1791, hubo un envío de dos libras de café (*Coffea arabica* L. var. *Typica*), desde Panamá, que llegó a Costa Rica a inicios de julio de ese mismo año (Canet, 1993).

En 1821, la Municipalidad de San José distribuyó almácigos y otorgó terrenos de forma gratuita a personas interesadas en desempeñar la actividad cafetalera. En 1825, el café fue eximido del pago del diezmo, y, en 1830, se decretó que cualquier persona que cultivara café por cinco años en tierras baldías podría ser dueña legal de esas tierras (Stone, 1969; Canet, 1993).

Después de la independencia, Costa Rica era un país empobrecido, debido a sus escasas actividades económicas. No obstante, la actividad cafetalera cambió la situación del país, gracias a que grupos extranjeros, provenientes de Inglaterra, Alemania y Estados Unidos, consolidaron la élite política e impulsaron la exportación del grano, lo cual constituyó el eje central de la economía costarricense en esa época (Herrera, 1985).

En 1832, se realizó la primera exportación de café a Chile, de este país se enviaba a Inglaterra con el nombre de Café Chileno Valparaíso; no fue hasta 1843 que se envió, desde Puntarenas, un cargamento de 5600 quintales de café a Londres. Esto gracias a la gestión del Capitán Steipel, que llegó a Costa Rica de forma accidental y requería cargar su barco para continuar el viaje de forma satisfactoria; este Capitán llegó en 1845 con el monto total por el pago de

los quintales exportados, lo cual era mucho más de lo que recibían los cafetaleros al enviarlo a Inglaterra con Chile como intermediario (Stone, 1969; Mora, 2008).

Entre 1830 y 1850, el cultivo del café provocó que se capitalizara el agro, dando lugar a la privatización de la tierra y a la mercantilización de la fuerza laboral. Los campesinos eran los peones de los cafetales y recibían un alto salario como consecuencia de la escasez de mano de obra durante la época. Esta situación cambió en 1870: los salarios bajaron, ya que hubo una mayor oferta de mano de obra y un incremento en la cantidad de exportación de café proveniente de Brasil. Lo que desencadenó la denominada crisis de fin de siglo (1897-1907) (Molina, 1993).

A la crisis de fin de siglo, se añadió el conflicto de Centroamérica con los Filibusteros (1856-1857), que repercutió en la producción agrícola nacional, al punto del abandono total de las actividades cafetaleras. Sumado a lo anterior, el entonces presidente de la República, Juan Rafael Mora Porras, estableció reformas fiscales con consecuencias negativas en las exportaciones del grano de oro (Rodríguez, 2014).

El cultivo del café fue uno de los principales impulsores para el establecimiento de la ruta hacia el Pacífico (1821-1871) y la construcción del Ferrocarril al Pacífico (1897-1910) y al Atlántico (1870- 1890) (Molina, 1987; Molina, 1993; Peraldo & Rojas, 1998; Reyes, 2017). Se le atribuye a la actividad cafetalera la creación de la Banca, el Hospital de San José, el Correo, la Universidad y el desarrollo intelectual de una parte de la población costarricense (Stone, 1969; Canet,1993; Mora, 2008).

De 1922-1929, hubo disconformidad en el precio fijado por los beneficiadores a los productores, a pesar de que en dicho periodo la actividad era próspera. En 1930-1931, el conflicto de los productores y benefactores es regulado por el Estado y, en 1930, inicia la crisis económica de Costa Rica debido al descenso del precio internacional del café (Acuña, 1984).

A finales de la década de 1930, se construyó el primer beneficio húmedo, lo que puso al café del país en una posición de privilegio por su calidad de taza, ya que, con la fermentación de la fruta con el proceso de beneficiado húmedo, hubo una mejora en el sabor de la taza. Esta característica consolidó la venta del café costarricense en el mercado internacional (Instituto del Café de Costa Rica [ICAFFE], 2015).

El panorama mundial, durante la década de 1930, no fue alentador para el cultivo y la exportación de café por la coyuntura internacional que se atravesaba. Tras una pasajera mejoría en la economía, después de la crisis de los 30, el sector cafetalero fue una de las tantas actividades afectadas por el conflicto bélico de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), que impidió la venta del producto a Europa (Rodríguez, 2014).

En 1932, se fundó la Asociación de Productores de Café con el objetivo de agrupar los pequeños productores del Valle Central y fijar el precio del producto. En ese mismo año, se crea la Ley 121 que dio origen al Instituto de Defensa del Café de Costa Rica; y la Ley 171 para regular las relaciones entre productores y beneficiadores. En 1934, se funda la Junta de Liquidaciones, institución que fija los precios del café. Sin embargo, en 1935-1936, los pequeños productores se muestran descontentos con la labor de la institución (Acuña, 1984).

En 1948, La Oficina del Café de Costa Rica fue declarada organismo adscrito al Ministerio de Economía, y en 1985 pasa a ser el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE), el cual se encuentra regido por una junta directiva compuesta por miembros propietarios y suplentes nombrados por el Poder Ejecutivo. El ICAFFE se encarga del asesoramiento técnico del cultivo y regula la relación entre productores, beneficiadores, exportadores, torrefactores y Gobierno; además, se encarga de fijar el precio de liquidación que deben pagar los beneficiadores a los productores (Canet, 1993; ICAFFE, 2015).

Entre 1940-1950, el agotamiento de los suelos y las pocas variedades de café produjeron una baja en la producción (Gudmundson, 2010). En ese período, hubo un cambio en el modelo agroexportador costarricense y el café deja de ser la principal actividad económica del país



(Rodríguez, 2014). A partir de 1950, se impulsaron cambios en la forma de producción del café caracterizada por el uso de tecnologías con el fin de aumentar la rentabilidad del cultivo. Esto permitió una mejora de los precios hasta 1989 (Montero, 2018).

La Organización Internacional del Café (OIC) fue creada en 1962 mediante el primer Acuerdo Internacional del Café (ICA, por sus siglas en inglés), el cual ha operado tras varios acuerdos: el ICA 1968 (con dos extensiones), el ICA 1976 (con una extensión), el ICA 1983 (con cuatro extensiones), el Acuerdo 1994 (con una extensión), el ICA 2001 (con tres extensiones) y, el último, Acuerdo 2007. El primer acuerdo estableció un sistema de cuotas en el que se retiraron del mercado los suministros de café que excedían las necesidades de los consumidores. El sistema de cuotas dejó de funcionar en el Acuerdo 1968 y, a partir de este, la OIC se dedicó, principalmente, a ser un centro de recopilación y difusión de información (OIC, 2021).

La eliminación de las cuotas del ICA, en 1968, y la liberación de los precios en el mercado mundial, en 1989, impactaron la actividad cafetalera en Costa Rica, esto se vio reflejado en una reducción del área de siembra y en la producción. En 1990, el área cultivada era de 101 000 ha; mientras que, para el 2018, se reportaron 84 133 ha. En cuanto a la producción de café oro (café beneficiado), del año 1990 al año 2018 pasó de 150 000 a 80 600 toneladas métricas, respectivamente (Jiménez, 1991; Montero, 2018; Mora & Quirós, 2019).

La producción y exportación de cafés especiales fue una de las salidas de la crisis cafetalera, dada las nuevas políticas mundiales del libre mercado (Montero, 2018). Los cafés especiales son aquellos producidos de forma sostenible avalados por la eco-certificación, su rentabilidad ha aumentado en los últimos años: del año 2005 al año 2009 hubo un incremento del 433 % de las ventas a partir de café sostenible (Potts et al. 2010).

- ***Modo de producción del cultivo café***

Si bien el café fue exportado desde 1830, durante esta época los productores no contaban con acompañamiento técnico; sus criterios se basaron, en gran parte, en un único manual técnico, publicado en Cuba en 1823, que no recomendaba el uso de árboles en cafetales (Hilje, 2018). A pesar de las recomendaciones del manual, desde sus inicios, el café se cultivó con una sombra rústica a partir de madero negro, árboles frutales y musáceas. Estos árboles, además de proveerle materia orgánica al suelo y servir de barrera rompeviento, suplieron las necesidades alimenticias de los cafetaleros y sus familias (Naranjo, 1997).

En las últimas tres décadas del siglo XIX, los rendimientos de café empezaron a reducirse: se dio un aumento del ataque de plagas y enfermedades, disminución de la fertilidad, erosión de los suelos y las variedades estaban desgastadas. En ese período, hubo una transición del cultivo sin sombra a una intermedia (Samper y Naranjo, 2006). Otros expertos de la época opinaron que las bajas de la producción fueron causadas por la sombra excesiva y el uso de desyerba, que consistía en la eliminación total de arvenses con pala. Esta práctica fue catalogada nociva por producir la destrucción de las raíces superficiales e impermeabilizar el suelo. A pesar de eso, muchos productores no abandonaron la práctica (Naranjo, 1997).

En 1906, hubo una mejora en la producción del café debido a una nueva siembra triangular llamada “pata de gallo”, que dispuso las plantas de una forma más equidistante. En el período de 1906-1914, se incorporó el uso de las leguminosas en el cafetal, lo cual redujo el crecimiento de las arvenses y aumentó los niveles de humus y N; también permitió el uso de mecanización. Se estableció la siembra de cultivo con curvas de nivel y los cajones para reducir la erosión; se utilizaron abonos orgánicos y minerales. En cuanto al manejo fitosanitario, el suelo se dejaba completamente desprovisto de cobertura para evitar la competencia de arvenses; las plagas y enfermedades se manejaban con remedios caseros y, a veces, basados en estudios científicos (Naranjo, 1997; Hilje, 2018).

En Costa Rica, prevaleció la siembra de la variedad Typica, que posee un porte alto y un bajo rendimiento, también se utilizó la variedad Criollo, caracterizada por poseer un buen tamaño del grano y resistencia del fruto maduro a caerse por la lluvia, pero su productividad por hectárea era baja. En 1900, se introdujo una nueva variedad de porte alto llamada Bourbon proveniente de El Salvador, y, en 1930, se utilizó la variedad de porte bajo llamada Villa Sarchí (Pérez,1975; Canet, 1993; Samper y Naranjo, 2006). Sin embargo, las variedades que transformaron la producción fueron Caturra, Catuaí y Villa Sarchí de porte bajo y con rendimiento superiores, introducidas en la década de los sesenta. (Renjifo,1992; McCook, 2009).

En 1950-1980, ocurrió una transformación en la producción de café, debido a que la Revolución Verde puso a la disposición de los cafetaleros insumos como fertilizantes sintéticos, plaguicidas y herbicidas. A partir de la década de 1980, el 90% de café se convirtió en monocultivo tecnificado con el fin de producir altos rendimientos. No obstante, se redujo el asocio con árboles, se intensificó el uso de agroquímicos y se eliminaron las coberturas vegetales presentes en el café. Los efectos fueron ambiguos con dicha tecnificación, ya que, aunque se lograron incrementos en los rendimientos, hubo una disminución de la biodiversidad en los cafetales y un aumento en la erosión del suelo (Rice & Ward, 1997; Gobbi, 2000; Adams & Ghaly, 2007).

Del año 1950 al año 1975, se reportó el uso de la estrategia química de forma intensiva para el combate de arvenses. Para ese periodo, aproximadamente, un 50% del área del cultivo ya utilizaba herbicidas. Esta selección estaba basada en tres aspectos: uno, la escasez de mano de obra para realizar el desyerbe; dos, el costo asociado al desyerbe; tres, con el uso de herbicidas en los cafetales, se obtuvo un aumento en la eficiencia de la producción. (Pérez,1975).

- **Región cafetalera del Valle Central**

En Costa Rica, la producción de café está repartida en ocho regiones (Figura 1), las cuales se diferencian entre sí por la altitud a la que crecen, esto, además, determina la calidad de taza (ICAFFE, 2015). En caso de la Finca La Hilda se ubica dentro de la Región del Valle Central, es por esta razón que es la única Región que se describe a continuación.



**Figura 1.** Regiones productoras de café en Costa Rica

**Fuente:** ICAFFE, (2015)

La región del Valle Central está conformada por las provincias de San José, Heredia y Alajuela; para el 2018, la región en total produjo 78 579,5 toneladas métricas y representa un 14,8% de la producción de café. Los cantones que más aportaron a esa producción fueron Alajuela (34 372,8 toneladas métricas), Poás (15 540,7), Santa Barva (6 620,1) y Puriscal (4 395,7). El café de esta región es producido a una altitud desde los 800 hasta los 1600 metros; la recolección se hace de noviembre hasta mediados de marzo; la producción del café en esta región sigue un modelo industrial (ICAFFE, 2015). En el aspecto socioeconómico, el café jugó

un papel muy importante en la economía del Valle Central, ya que fue en esta región donde se inició la capitalización y la privatización de la tierra tras el comercio de terrenos ocupados por cafetales (Rodríguez y Molina, 1992). Las tierras del Valle Central fueron óptimas para realizar las primeras siembras de café debido, principalmente, a la fertilidad de sus suelos. No obstante, esta actividad ocasionó el uso inadecuado del suelo, provocando su explotación, por ello, después del agotamiento de los recursos, se iniciaron procesos de tecnificación del cultivo y se expandió la frontera de café hacia otras regiones del país con una mayor pendiente (López & Umaña, 2012; Montero, 2018). El Valle Central es un espacio ciudadano y urbano que concentra un poco más del 50 % de la población del país y, también, es donde se llevan a cabo las principales actividades económicas; se encuentran los servicios públicos y privados, las principales carreteras del país e infraestructuras importantes como los edificios gubernamentales. Por lo tanto, el Valle Central reúne gran parte de la actividad socioeconómica del país, de forma tal que el café no es su única actividad económica, sino que existen otras como el turismo, la industria, el desarrollo de zonas residenciales, entre otras (Arias & Murillo, 2014).

- ***Requerimientos edáficos y climáticos del café***

Las condiciones óptimas para la producción deben contemplar una altitud de 500 a 2000 msnm; una precipitación de al menos 1000 mm anuales y no mayores a 3000 mm anuales; un rango de temperatura de 17 a 23 °C, con una temperatura ideal de 18-21 °C; y una humedad relativa de menos del 85% (Instituto del Café de Costa Rica [ICAFFE], 2011). Respecto a la cantidad de radiación solar, cuando se cultiva a plena exposición se presentan mayor incidencia del patógeno *Cercospora coffeicola* y de arvenses, el manejo de estos problemas fitosanitarios aumenta los costos de producción. Por otra parte, un uso inadecuado de sombra en plantaciones de café reduce significativamente la intercepción de radiación solar y con ello la fotosíntesis; además, ocurre un incremento de la humedad relativa lo que favorece el desarrollo de ciertos patógenos fúngicos. Lo ideal es producirlo en suelos de permeabilidad moderada, relativamente profundos, con pH de 5-5,5 (acidez moderada) y, aproximadamente, 10 % de contenido de materia orgánica (Mora, 2008; Viguera et al. 2017).

- **Descripción botánica del café**

El café (*Coffea arabica* L.) es una planta perteneciente a la familia de las rubiáceas. Es un arbusto de 1,5- 5 m; las hojas poseen un peciolo de 0,6-1,5 cm, las láminas foliares son de 8-19 x 2,5-10 cm, elíptico-oblongas, tiene 7-12 nervios secundarios en cada lado del haz; estípulas de 0,3-1,2 cm. Sus inflorescencias son grupos o glomérulos de 1 y hasta 9 flores axilares con 5 pétalos. Los frutos son drupas rojas, elipsoides, sub-globosas (Tropicos.org, 2012) (Figura 2).

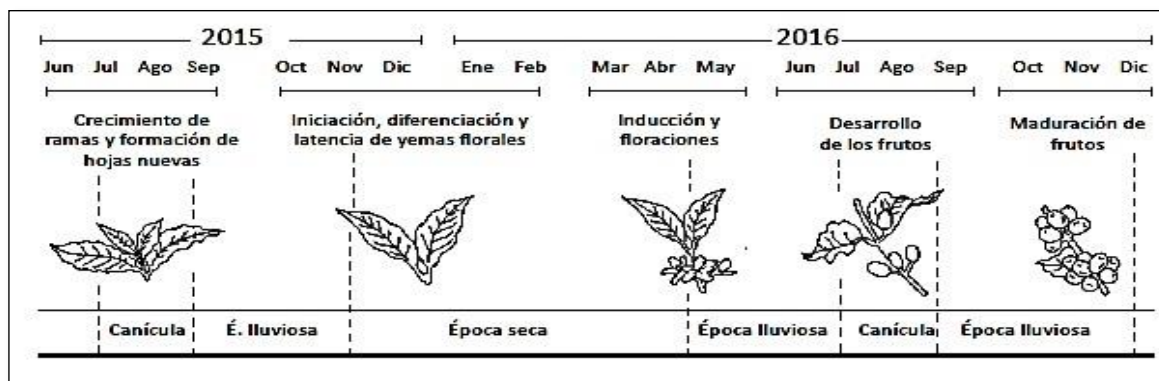


**Figura 2.** Morfología la planta de café. A. Hábito de crecimiento. B. Inflorescencia. C. Hojas D.Frutos

**Fuente:** (Tropicos.org, 2012; Ramos et al. 2014; ICAFE, 2015).

- **Ciclo de vida de la planta del café**

El café tiene un ciclo de vida perenne: puede perdurar más de 25 años, según el manejo que reciba la planta. Durante su ciclo de vida, ocurren dos etapas: una, la etapa vegetativa, que da lugar a la formación de estructuras no reproductivas como ramas, raíces, hojas; la otra, la reproductiva, en la cual se da la formación de las flores y el fruto. La fenología del café depende de las condiciones climáticas, el manejo y el tipo de variedad cultivada (Arcila et al., 2007). Según Viguera et al. (2017) el ciclo de vida del café se activa con la presencia de precipitaciones, al iniciar este evento climático se da un crecimiento vegetativo e inicio de la floración. En caso de la fructificación, el desarrollo ocurre durante la época lluviosa y, su maduración se da al inicio de la época seca siguiente (Figura 3).



**Figura 3.** Esquema de ciclo productivo del café

**Fuente:** Viguera et al. (2017)

En Costa Rica las fases fenológicas del café se dividen en seis (modificado de Vignola et al., 2018). A continuación, se describen:

**Germinación.** Etapa en la que, a partir de la semilla, se originan las plántulas; esta etapa inicia con un semillero y luego se confecciona el almácigo. La presencia del endocarpio o pergamino (Figura 2) impide el proceso de germinación, por ello este debe removerse (Vignola et al., 2018).

***Crecimiento vegetativo.*** Ocurre a partir del momento en que se trasplanta la plántula de café al campo, hasta que inicie el desarrollo de las yemas florales. En el crecimiento vegetativo se da el crecimiento de ramas, raíces, nudos y hojas (Arcila et al., 2007).

***Desarrollo y reposo de yemas florales.*** Inicia con el desarrollo de las yemas florales (inflorescencias) en las axilas de las hojas y el desarrollo de la flor en cada yema floral. La inflorescencia se conforma de cuatro a cinco flores y en cada axila de la hoja se forman entre tres y cinco inflorescencias. Al formarse los botones florales, cuando aún poseen una coloración verde, estas entran en un periodo de latencia que puede durar hasta 30 días, en ese periodo el crecimiento del botón se detiene momentáneamente hasta que los factores endógenos mejoren o haya condiciones climáticas idóneas; por ejemplo, cuando caen las primeras lluvias (Arcila et al. 2001; Arcila et al., 2007).

***Floración.*** En el desarrollo de la flor ocurren varias etapas, entre ellas están: la inducción, la iniciación, la diferenciación, el desarrollo, la latencia de la inflorescencia y la anthesis (floración). La floración es simultánea en el café y la apertura de las flores dura de tres o cuatro días, debe ocurrir un déficit hídrico para que exista un desarrollo normal de las flores; comúnmente, las yemas florales maduran en época seca. El café se auto poliniza; cuando las flores se abren, ya la mayor parte de la fecundación ocurrió (Arcila et al. 2001; Arcila et al., 2007).

***Llenado y maduración de frutos.*** El crecimiento tiene cuatro etapas: la primera, desde que los pétalos se caen hasta que se hacen visibles los frutos, estos crecen de forma lenta; la segunda etapa se da cuando el fruto crece aceleradamente y adquiere su tamaño final con coloraciones verde a verde claro, en caso de la semilla posee la consistencia gelatinosa; en la etapa tres, la semilla completa su desarrollo, esta se solidifica y aumenta de peso, el color del fruto es verde intenso; en la última etapa, el fruto alcanza la madurez fisiológica, lo que indica que el fruto ha entrado en estado de maduración, en esta etapa el color es verde a amarillo. Cuando este se torna completamente rojo o amarillo, debe cosecharse, dependiendo de la variedad (Arcila et al. 2001; Ramírez, 2014).



**Reposo.** Durante la cosecha, la planta se defolia, esto indica que el cafeto inició el proceso de senescencia, sobre todo en la parte superior del tallo principal y en las ramas bajas; la senescencia depende del sitio donde se cultive, así como de las características de manejo: la densidad de siembra, el porcentaje de sobra, la productividad, el manejo fitosanitario y los factores ambientales (Arcila et al., 2007). Es común que, después de la cosecha, se proceda a realizar la poda, esta práctica ayudará a reanudar el crecimiento rumbo a la obtención de una nueva producción. Las podas pueden ser de tres tipos: poda selectiva, poda sistemática y poda total por lote (ICAFE, 2011).

- ***Algunas variedades del café***

En Costa Rica se cultiva la especie *Coffea arabica* L. la cual forma parte del grupo de cafés suaves (Mora, 2008). Los cafés suaves son más apreciados por su sabor agradable y ligero, en el país varían según la ubicación del piso altitudinal del cultivo (García, et al., 2011).

Entre las variedades de café cultivadas en el país, se encuentran:

**Caturra.** Es una mutación de la variedad Bourbon, descubierta en Brasil. Es una planta vigorosa, posee un porte bajo con entrenudos cortos, tronco grueso y poco ramificado, ramas laterales abundantes y cortas. Las hojas son lanceoladas, anchas, con bordes ondulados y de color verde oscuro, las hojas nuevas son de color verde claro. Los frutos son de mayor tamaño y se caracteriza por su alta productividad. Es una variedad que puede adaptarse a distintas altitudes (ICAFE, 2011; Asociación Nacional del Café [ANACAFE], 2020).

**Catuái.** Esta variedad proviene del cruzamiento artificial realizado en Brasil de las variedades Mundo Novo y Caturra. Es una planta de porte pequeño, pero un poco más alta que la variedad Caturra, tiene entrenudos cortos con un gran crecimiento lateral de ramas secundarias llamadas palmillas. Las hojas nuevas o brotes son de color verde brillante, las hojas adultas son de forma redondeada y de color verde más oscuro. El color del fruto es rojo o amarillo, aunque en la caficultura costarricense predomina la variedad de frutos rojos.

Requiere de condiciones óptimas de clima y suelo, además de un adecuado manejo agronómico para alcanzar una producción estable (ICAFE, 2011; ANACAFE, 2020).

**Híbrido F1.** Es un híbrido proveniente de distintos progenitores: Centroamericano, Sarchimor T5296 x Rume Sudan (L13A44); Milenio, Sarchimor T5296 x Rume Sudan (L12A28) y Casiopea, Caturra 7 x Etiope 41 (L04A34). Son plantas que presentan tronco grueso, bandolas largas, entrenudos cortos y follaje abundante. El fruto es rojo y se caracteriza por una excelente taza y alta productividad (ICAFE, 2011; ANACAFE, 2020).

**Venecia.** Se originó en San Carlos, Alajuela, a partir de la selección de cafetos, en una plantación de café Caturra, que sobresalían por su producción y mayor resistencia a la caída de frutos por lluvia. Es una planta de porte bajo, con entrenudos cortos, hojas grandes y frutos color rojo. Es una variedad de maduración tardía, muy empleada en zonas donde la cosecha coincide con el periodo de mayor precipitación (Rojas, 2010; ICAFE, 2011).

### **El concepto de arvenses**

Las arvenses son plantas, cuya presencia repercute económica y socialmente en a la producción agrícola (FAO, 2008), pues, interfieren en el cultivo con la competencia por espacio, recursos hídricos y minerales, además, generan alelopatía, este fenómeno impide el correcto crecimiento de las especies cultivadas (Blanco, 2016). Las arvenses son las especies pioneras sobre todo en los espacios perturbados. Tal es el caso de las arvenses ruderales que son aquellas que crecen en lotes baldíos o en carreteras, basureros (Klingman y Ashton, 1975).

Las arvenses perduran en el agroecosistema porque tiene incentivos a la sucesión secundaria mediante la aplicación de insumos agrícolas y la labranza, estas modificaciones del ambiente son capturadas y almacenadas por el banco de propágulos de suelo que está conformado por semillas, frutos, rizomas o cualquier forma de propagación y es clave para la regeneración de la vegetación espontánea (Blanco, 2016).

Para que una planta sea considerada arvense debe cumplir con las siguientes características, según Baker, (1974):

- Germinar y crecer en muchos entornos.
- Germinación discontinua.
- Crecimiento rápido.
- Producción continua de semillas que luego le permitan su establecimiento.
- Autocompatibilidad.
- Polinización cruzada mediante viento o agentes no especializados.
- Alta producción de semillas en circunstancias ambientales favorables.
- Producción de ciertas semillas en una amplia gama de condiciones ambientales; tolerancia y plasticidad.
- Especies adaptadas para la dispersión a corta y larga distancia.
- Algunas con reproducción vegetativa vigorosa y perenne a partir de fragmentos de raíz y tallo.
- Si es perenne, que sea de difícil extracción del suelo.
- Habilidad para competir interespecíficamente por medios especiales (crecimiento en roseta, trepadoras y exudación de aleloquímicos).

En cuanto a su clasificación, se puede hacer de varias formas, según Zimdahl, (2018):

**Tipo de planta.** Se refiere a si son zacates o monocotiledóneas, o especies de hoja ancha llamadas dicotiledóneas.

**Hábitat.** Las especies de arvenses pueden invadir los cultivos, pastizales, bosques o ecosistemas acuáticos, o las que sean molestas para seres humanos en su cotidianidad; por ejemplo, especies venenosas.

**Ciclo de vida.** Las que completan su ciclo de vida en menos de un año o en un año (anuales); las perennes requieren de más de un año para completar su ciclo de vida. Estas especies se

reproducen de forma asexual mediante estructuras como: tallos rastreros, enraizamiento en los nudos, estolones y tallos modificados como bulbos y cormos.

**Parásitas.** Se incluyen especies de arvenses que causan daños económicos a los cultivos y son de difícil manejo. El hábitat de estas especies es particular, su crecimiento y desarrollo es muy rápido, raíces profundas, algunas son parásitas obligadas del tallo de su huésped.

### **Arvenses en los agroecosistemas cafetaleros**

La presencia de arvenses en el cultivo del café puede provocar una reducción en el rendimiento, la mayor interferencia sucede en los primeros dos años de desarrollo del cultivo, debido a que la incidencia de luz es mayor durante esta etapa, lo cual favorece el desarrollo vigoroso de las arvenses (Hincapié & Salazar, 2007). Sin embargo, se reportó que, durante la etapa de fructificación, la presencia de arvenses puede reducir la producción y, de no manejarse de forma correcta, las arvenses podrían reducir hasta en un 76 % la producción de café, por lo que no se recomienda un cultivo libre de arvenses durante todo el ciclo del cultivo, ya que estas actúan como protectoras del suelo y evitan el estrés hídrico del café (García et al., 2000).

Según la interferencia que producen estas plantas en café, se las puede clasificar en: Clase A: son plantas benéficas que pueden utilizarse como coberturas, pueden conservar el suelo y disminuir los costos de las desyerbas. Clase B: son arvenses que requieren manejo, pero su interferencia en el cultivo es poca. Clase C: arvenses que interfieren en alto grado con el cultivo y exigen control (Hincapié & Salazar, 2007).

En Costa Rica, algunas especies de arvenses frecuentes en plantaciones de café son las siguientes: Asteraceae: *Bidens pilosa*, *Emilia fosbergii*. Oxalidaceae: *Oxalis corniculata*. Commelinaceae: *Commelina diffusa*. Poaceae: *Paspalum conjugatum*, *P. paniculatum*, *Oplismenus burmanii*, *Digitaria abyssinica*, *D. ciliaris*, *Cynodon dactylon*. Cyperaceae:

*Kyllinga pumilla*, *Cyperus tenuis*. Rubiaceae: *Spermacoce latifolia*, Caryophyllaceae: *Stellaria ovata*, *Drymaria cordata*, *Drymaria villosa*. (Echegoyén, 1994).

### **Manejo de las arvenses en café**

Las tecnologías para el manejo de arvenses están dirigidas a la erradicación de las especies no deseadas, principalmente, con el uso de herbicidas. A pesar de este esfuerzo, si no se realiza un manejo adecuado, la producción agrícola mundial podría reducirse en un 30%. Sin embargo, el uso repetido de herbicidas, si bien ha sido una estrategia exitosa en términos de producción, eficiencia y facilidad, ha desencadenado problemas ambientales, sociales y económicos, como la generación de nuevos biotipos de arvenses resistentes a herbicidas. Ante ello, se buscan nuevas estrategias que mejoren la productividad, los ingresos económicos de los productores y que, a su vez, se preserve la calidad ambiental del agroecosistema (Menalled, 2010).

En café, los métodos más empleados para el control de arvenses son el cultural, el mecánico y el químico.

**Manejo cultural.** El control cultural trata de limitar el crecimiento de las arvenses, para ello se emplean altas densidades, uso de la hojarasca, uso de ramas de la planta de café para provocar sombra y asocio con árboles (Echegoyén, 1994).

**Manejo físico o mecánico.** El control mecánico se basa en la eliminación de arvenses mediante la chapea mecánica o manual (Echegoyén, 1994).

**Manejo químico.** El control químico en café se realiza con varios herbicidas registrados en el SFE, pero no son selectivos al cultivo (ICAFE, 2011). Los herbicidas post-emergentes que más se utilizan son el paraquat, así como el glifosato, carfentrazona, metsulfuron-metil y glufosinato de amonio. Mientras que oxifluorfén es el único herbicida registrado para uso en preemergencia (Echegoyén, 1994; Servicio Fitosanitario del Estado [SFE], 2020).

- ***Situación actual del uso de herbicidas en café***

Los siguientes ingredientes activos de los herbicidas son los que se encuentran autorizados por el Servicio Fitosanitario del Estado para uso en café (SFE, 2020).

**2,4-D.** Pertenece a la familia química de ácidos fenoxicarboxílicos, su mecanismo de acción es auxina sintética; su modo de acción es sistémico, hormonal, afecta el metabolismo de los ácidos nucleicos. Se utiliza en tratamientos foliares para el control post-emergente de arvenses de hoja ancha, muestran selectividad a especies de hoja angosta. Entre los síntomas de daño se encuentran anormalidades de crecimiento, epinastia en los tallos y peciolas, malformaciones en las hojas, formación de callos en los tallos y poco desarrollo de las raíces. En las hojas angostas susceptibles, se presentan problemas en su reproducción. La vida media en el suelo es de 10 días. La persistencia del 2,4-D es de 1 a 4 semanas en el suelo, la descomposición se da sobre todo por microorganismos (Anzalone, 2005; Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas [IRET], 2020).

**Carfentrazona.** La familia química es triazinonas, el mecanismo de acción es la inhibición de la protoporfirinógeno oxidasa; su modo de acción es absorbido por el follaje, destruye las membranas celulares y afecta la formación de la pared. Se usa como herbicida no residual, post-emergente de contacto en varias especies de hoja ancha. Causa peroxidación de los lípidos de la membrana celular, lo que conduce a necrosis en los tejidos tratados. La vida media es de menos de 0,5 días. No es persistente en el suelo, posee una ligera movilidad en este. Se descompone rápidamente en el ambiente, uno de sus principales metabolitos es móvil en el suelo y se puede lixiviar (Anzalone, 2005; IRET, 2020)

**Glifosato.** Forma parte de la familia química de las glicinas, el mecanismo de acción es la inhibición de la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSP sintasa o EPSPS, por sus siglas en inglés); su modo de acción es sistémico e inhibe la síntesis de aminoácidos aromáticos. Se emplea para el combate post-emergente, no selectivo de arvenses anuales y perennes. Las plantas susceptibles mueren de forma lenta: primero, presentan clorosis y, luego, necrosis. La vida media en campo es 47 días en suelo. Su persistencia está catalogada

de extrema a no extrema, puede acumularse en el suelo o en los sedimentos. La movilidad en el suelo es de media a inmóvil, puede llegar al agua superficial o al ambiente acuático por escorrentía. Se degrada mediante microorganismos, se produce CO<sub>2</sub>. Uno de los metabolitos liberados es el ácido amino-metilfosfórico (AMPA) soluble en agua y puede llegar a contaminar aguas superficiales (Anzalone, 2005; IRET, 2020).

***Glufosinato de amonio.*** Su familia química es el ácido fosfónico; el mecanismo de acción es inhibición de la síntesis de la glutamina sintetasa; su modo de acción es de contacto, con leve traslocación de forma translaminar, actúan sobre la producción de aminoácidos y síntesis de proteínas. Se asperja sobre arvenses de hoja ancha y angosta, es de amplio espectro. La sintomatología de este herbicida es observada a los 3 o 5 días después de asperjado, en ese periodo se observa clorosis, posteriormente, se presenta necrosis. La vida media en campo es de siete días. Es un herbicida muy soluble en agua, presenta una movilidad de extrema a ligera y se biodegrada por los microorganismos del suelo (Senseman, 2007; IRET, 2020).

***Metsulfuron-metil.*** Es un herbicida post-emergente utilizado para el control de hoja ancha, cuya familia química es sulfonilurea y su mecanismo de acción es la inhibición de la acetolactato sintetasa, que es clave para la biosíntesis de aminoácidos de cadena ramificada. Se absorbe por las raíces y hojas, posee acción sistémica. En las plantas tratadas, el crecimiento se detiene a las horas después de la aspersión, sin embargo, los síntomas son visibles hasta las dos semanas: se observan zonas meristemáticas con clorosis y necrosis. La vida media en el suelo es de alrededor de 30 días, pero puede variar de una a seis semanas. La degradación microbiana es lenta a pH alto, posee alta movilidad en el suelo y tiene una solubilidad moderada en agua (Senseman, 2007; IRET, 2020).

***Oxifluorfen.*** La familia química es difeniléter, el mecanismo de acción es la inhibición de la protoporfirinógeno oxidasa; su modo de acción es absorbido por el follaje o el brote, destruye las membranas celulares y afecta la formación de la pared. Se asperja en post-emergencia temprana o pre-emergencia en especies de hoja ancha y ciertas especies de hoja angosta. Es un herbicida de contacto y residual, produce daños como clorosis y necrosis en plantas

tratadas. La vida media en campo es en promedio de 35 días, pero puede variar de 30 a 40 días. Su persistencia en el suelo es de alta a mediana, es inmóvil en el suelo, no se lixivia (Senseman, 2007; IRET, 2020).

***Paraquat.*** Es un herbicida inhibidor del fotosistema I, de la familia química de los bipyridilos, actúa por contacto en especies de hoja ancha y angosta, no es selectivo. Se absorbe rápidamente por los tejidos de las hojas después de su aplicación. Contribuye a la oxidación de los lípidos de las membranas celulares, lo que genera una rápida destrucción del tejido; los daños son visibles en las dos o cuatro horas después de su aspersión. La vida media en campo está estimada en 1000 días. Es altamente persistente en el suelo, es inmóvil en el suelo y estable en el agua de sedimentos, posee una alta solubilidad en el agua (Anzalone, 2005; Senseman, 2007; IRET, 2020).

- ***Efectos de los herbicidas sobre el café***

Los herbicidas post-emergentes utilizados en el café no son selectivos al cultivo, la fitotoxicidad por 2,4-D y glifosato son comunes en este, pues resulta inevitable que algo del caldo de aspersión alcance el follaje de plantas del cultivo (F. Herrera Murillo & R. Agüero Alvarado, comunicación personal, 16 de abril, 2016,). El glifosato puede causar severos daños a las plantas de café, entre las lesiones presentadas, se encuentran: reducción en el crecimiento, pudrición de la raíz y síntomas similares a los que presenta la planta cuando tiene deficiencias nutricionales de hierro, zinc y nitrógeno, como proliferación anormal de tallos, deformación y reducción del tamaño de las hojas, clorosis completa o entre venas en las hojas. Además de dichas lesiones, la planta de café puede presentar predisposición al ataque de otros patógenos como *C. coffeicola* (Nelson, 2008). En Venezuela, no se reportaron daños en café de una edad de seis meses, tras aplicaciones de oxifluorfén (Sánchez & Gamboa, 2004).

En un estudio se evidenció que los herbicidas paraquat y glifosato podrían estar asociados a pérdidas de nutrientes en suelos dedicados a café en Costa Rica (Gómez, 2005). El glifosato



puede ocasionar la disminución en los niveles foliares de K, Ca, Mg y Mn del café, dicho desbalance de los nutrimentos repercute en la productividad de la planta (Galvis & Salazar, 2009).

### **Manejo agroecológico de arvenses**

La producción agroecológica busca la sostenibilidad económica, ambiental y social (Altieri, 1995). Un claro ejemplo es el manejo integrado de arvenses en el que se utilizan varias estrategias en conjunto para el combate eficaz de un problema fitosanitario (Fernández, 1982; Menalled, 2010).

- ***Uso de arvenses como coberturas***

El uso de coberturas tiene el propósito de realizar un manejo más sostenible de arvenses, entre las coberturas o arvenses nobles que se utilizan se pueden citar: *Zebrina pendula*, *Desmodium ovalifolium*, *Arachis pintoi*, *Hydrocotyle bowlesiodes*, *Oxalis corniculata* y *Commelina diffusa* (Herrera, 1997). En México, se reportó el uso de varias especies de la familia Commelinaceae como coberturas en sistemas de café con sombra, el cual se basa en el manejo del crecimiento de las arvenses y, a su vez, estas son utilizadas como fertilizantes verdes (Ramos et al., 1983).

En Costa Rica, Agüero et al. (2018) determinaron que en sistemas de café orgánico hay una mayor cobertura de especies de arvenses, pero un número reducido en comparación con sistemas convencionales, en estos se encontró un mayor número de especies, pero con una menor cobertura. Esto se debe a que, en el agroecosistema orgánico, se estableció una jerarquía competitiva de las especies dominantes, las cuales no permitieron el establecimiento de otras arvenses menos adaptadas al sitio, con esto se da una mayor cobertura y, por ende, una mayor protección del suelo.

Las coberturas en café constituyen una herramienta para la conservación del suelo y del agua; asimismo, mejoraran la sostenibilidad del cultivo. Otro beneficio es que permiten un manejo

integrado de arvenses, dado que las coberturas pueden desplazar el crecimiento de arvenses de difícil manejo (Salazar et al., 2012).

El manejo adecuado de arvenses requiere de una estrategia integral que implique una modificación del paradigma del manejo de arvenses basado solo en la erradicación. Las estrategias deben incluir, tanto el uso de combate cultural, mecánico o químico como medios genéticos o biológicos con el fin de alcanzar los siguientes objetivos propuestos por Sanyal et al. (2008):

- Suprimir el crecimiento o impacto de forma tal que se mantengan las poblaciones nocivas a un bajo nivel.
- Prevenir la producción de semillas y otras estructuras reproductivas de arvenses no deseadas.
- Agotar el banco de semillas del suelo.
- Evitar la distribución de arvenses no deseables.

El uso de coberturas vivas en sistemas de café forma parte de las estrategias para promover la adaptación agropecuaria al cambio climático, que a su vez se incluye dentro de la propuesta de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), la cual se define como:

Una adaptación estructural y preventiva, que consiste en el uso de la biodiversidad, los recursos naturales y los servicios que estos proveen como parte de una estrategia integral de adaptación a los efectos del cambio climático. Incluye actividades de conservación, restauración y manejo sostenible de los ecosistemas para asegurar la provisión de los servicios. Su uso implica beneficios adicionales como secuestro de carbono o mitigación, seguridad alimentaria y protección de los recursos naturales. El AbE es una forma de adaptarse al cambio climático, en el cual se consideran los componentes del ecosistema y de la comunidad. Es una estrategia de adaptación viable, rentable, de fácil implementación que posee beneficios sociales, económicos y ambientales (Viguera et al., 2017).

Las coberturas vivas son material vegetativo, cuyas funciones son brindar protección al suelo de la erosión, prevenir el impacto de las altas temperaturas en las fases de floración y fructificación en el café, ayudar a reducir el impacto en los suelos por las lluvias fuertes (Vignola et al., 2018). La vegetación espontánea constituye una forma de captura de carbono. Un estudio indicó que la asociación de plantas leguminosas y pastos permitieron el mayor secuestro de carbono. Los tratamientos fueron el uso de los pastos *Brachiaria humidicola* y *B. decumbens* en asocio con las leguminosas *Pueraria phaseoloides*, *Desmodium heterocarpon* Subsp. *Ovalifolium* y *Calopogonium mucunoides* y sin asocio con estas leguminosas, además, se midió la captura en pasturas degradadas donde predominó la arvense *Homolepis aturensis* (Ramírez et al., 2009).

En fincas de café, en dos regiones de tres países de Centroamérica: Costa Rica (Los Santos y Turrialba), Guatemala (Acatenango y Chiquimula) y en Honduras (Yoro), se encontró que el uso de coberturas es una de las estrategias de AbE menos empleada por los caficultores a pesar de su potente utilidad (Chain et al., 2019). En Costa Rica, se realizó una encuesta a productores de café provenientes de zonas vulnerables al cambio climático: Turrialba y Los Santos, se indicó que las medidas para adaptarse al cambio climático fueron solamente siembra de árboles y aumento en el uso de agroquímicos, sin uso de coberturas vivas (Viguera et al. 2019).

- ***Uso de fertilizantes nitrogenados para el control de arvenses y su incorporación como rastrojo en la entrecalle del café***

Es necesario iniciar esta sección con la descripción de la dinámica del N en el ambiente, ya que esto dejará en evidencia las importantes pérdidas que sufre este elemento debido a las diversas transformaciones y procesos que les ocurren a los compuestos nitrogenados en la naturaleza, lo cual puede repercutir en la salud ambiental y humana (Ávila et al. 2002).

### ***Dinámica del nitrógeno***

El 94% del N está en la corteza terrestre. Del 6% restante, el 99,86% está en la atmósfera como N elemental ( $N_2$ ), el 0,04 % se encuentra en los organismos vivos, suelos y aguas, en forma de compuestos orgánicos e inorgánicos (Rodríguez et al. 1985). El N orgánico proviene de materia proteínica no asimilable presente en las heces de los animales, en los remanentes en el cuerpo de los animales muertos y las plantas, estos, a su vez, se encuentran asociados con los compuestos húmicos (Ávila et al. 2002; Cerón & Aristizábal, 2012). La movilización del N orgánico se da, principalmente, por proteólisis, en este proceso las enzimas proteasas se encargan de la degradación de polipéptidos; tales enzimas se pueden encontrar en plantas, animales y microorganismos. Sin este proceso, el N orgánico estaría ligado en una forma que no puede ser utilizado por la biota (Loll & Bollag, 1983; Fuka et al. 2009).

El N presente en la atmósfera se presenta en forma elemental ( $N_2$ ) y en sus formas gaseosas ( $N_2O$ , NO,  $NO_2$ ,  $NH_3$ ). El  $N_2$  es fuente importante del N orgánico, (Bertsch, 1998), puede ser removido por la acción de las descargas eléctricas y por la fijación de N por bacterias y algas. Las tormentas eléctricas permiten convertir el N elemental a  $N_2O_5$  y su unión con el agua produce ácido nítrico, el cual es arrastrado al suelo mediante la lluvia (Ávila et al. 2002).

El N inorgánico se forma a partir del N orgánico procedente de la desintegración de los organismos y sus excreciones, en tal proceso se obtiene amonio ( $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) y nitrato ( $NO_3^-$ ). A este proceso se le conoce como mineralización e incluye la amonificación y la nitrificación. La amonificación es la conversión de sustancias orgánicas a  $NH_4^+$  mediante microorganismos, entre ellos bacterias aeróbicas como *Bacillus* sp. y *Pseudomonas* sp. y bacterias anaeróbicas como *Clostridium* sp. El  $NH_4^+$  en el suelo puede ser absorbido por las plantas, inmovilizado por microorganismos, absorbido por el complejo coloidal dado a su naturaleza catiónica, fijado por minerales 2:1 y oxidado hasta el nivel de nitratos. En cuanto a la nitrificación, esta es la oxidación de  $NH_4^+$  a nitrato; el proceso se da en dos etapas: en la primera etapa, se da una transformación de  $NH_4^+$  a nitrito por bacterias del género

Nitrosomonas y, en la segunda etapa, el nitrito se convierte a nitrato, esto sucede por bacterias del género Nitrobacter (Rodríguez et al. 1985; Bertsch, 1998).

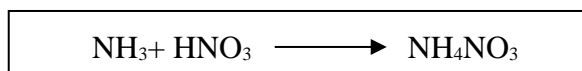
La cantidad de N en el suelo se encuentra controlada por el clima y la vegetación. En suelos tropicales, hay una mayor cantidad de N en comparación con los suelos templados, esto se debe a que, teóricamente, en los trópicos influye más la precipitación que la temperatura y, en consecuencia, hay un mayor desarrollo y acumulación de la vegetación. No obstante, hay una serie de pérdidas que el N puede sufrir, esto les resta eficacia a los fertilizantes nitrogenados aplicados al suelo, tales pérdidas son la lixiviación, la desnitrificación, la absorción por parte de las plantas y la volatilización (Bertsch, 1998).

La lixiviación es el movimiento vertical de los iones nitrato y el  $\text{NH}_4^+$  (Bertsch, 1998). La deposición de concentraciones de hasta  $10 \text{ mg/l}^{-1}$  de nitratos y de  $0,39 \text{ mg/l}^{-1}$  en aguas subterráneas y superficiales es indicativo de su contaminación. El nivel de contaminación a partir de ambas fuentes de N depende del tipo de drenaje y las prácticas de aplicación de fertilizantes en los cultivos (Estrada et al. 2007). La pérdida por desnitrificación sucede cuando se escapan, en la atmosfera, los óxidos después de la conversión de N orgánico a N molecular (Rodríguez et al. 1985). La volatilización del N ocurre mayormente cuando este se encuentra como  $\text{NH}_4^+$  a pH de 7 y, a altas temperaturas, este ion puede convertirse en gas amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Las pérdidas por volatilización pueden llegar hasta un 50 %, entre las fuentes con mayor susceptibilidad a sufrir volatilización, se encuentran: amonio anhidro, urea y carbonato de amonio (Bertsch, 1998).

### ***Fuentes nitrógeno***

La gran mayoría de fertilizantes nitrogenados se fabrican a partir de amoníaco. Este se obtiene a través de la fijación química del N atmosférico con hidrógeno gaseoso. Como fuente de hidrógeno, se utilizan hidrocarburos, comúnmente, el metano ( $\text{CH}_4$ ) (Rodríguez et al. 1985).

Hay cuatro fuentes de N: los fertilizantes nítricos, los fertilizantes amoniacales, los nítrico-amoniacales y las amidas (Bertsch, 1998). El  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  es un cristal incoloro que se produce a partir de la neutralización del ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) con amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), mediante una reacción exotérmica (Kiiski, 2009) que se muestra a continuación:



El  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  contiene un 33,5 % de N, tiene una alta solubilidad en agua de 1877 g/l a 20 °C (Kiiski, 2009). Además, este fertilizante nitrogenado puede reducir el pH del medio a través del intercambio  $\text{NH}_4^+ - \text{H}^+$  de esta forma se reduce la volatilización del amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) (Al-Kanani et al. 1990), debido a esto el  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  puede aplicarse al voleo o de forma superficial sin riesgo de sufrir pérdidas por volatilización.

### ***Efecto quemante de fertilizantes nitrogenados***

Los herbicidas post-emergentes de contacto, como el paraquat, al llegar al tejido de la planta provocan lesiones letales de forma muy rápida (Anzalone, 2005; Senseman, 2007; IRET, 2020). La rápida desecación que le causa este herbicida a las plantas hace que sea una opción muy atractiva para el control química en los cafetales. Sin embargo, el paraquat es un herbicida altamente tóxico para especies no objetivo (Cha et al. 2012; Sartori & Vidrio, 2018).

El índice salino de un fertilizante es una medida de la tendencia que tienen los fertilizantes de producir un incremento en el potencial osmótico (contenido de sal) en la solución del suelo con base en la referencia de la salinidad de un material estándar denominado nitrato sódico que posee un valor relativo de 100, dicho material fue elegido como material estándar dado a que es 100 % soluble en agua y era el fertilizante más utilizado cuando se propuso el concepto de índice salino (Sierra, 1992; Mortvedt, 2001). 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 nitrato de calcio (65) (Sierra, 1992; Mortvedt, 2001). La presencia de sales solubles en el suelo puede llegar a causar lesiones en las plantas una vez que estos contactan su tejido, disminuir la germinación de las semillas o producir daños en las plántulas (Sierra, 1992; Mortvedt, 2001) generalmente, ese daño ocurre cuando se suministra el fertilizante en una posición no localizada (Rader et al. 1943).

En el mercado solamente 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). Sin embargo, 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*, *Amaranthus retroflexus* y *Gnaphalium uliginosum*; siendo más eficaz el tratamiento sobre especies que se encuentren en las primeras etapas de desarrollo con aproximadamente 4 hojas; el nitrato de amonio causa daños como blanqueamiento en las hojas tratadas e incluso mortalidad (Agamalian, 1988; Bitterlich et al. 1996).

Las arvenses asperjadas con  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (el cual posee una alta solubilidad e índice salino), sufrirán lesiones letales, transformando estas plantas en un material vegetativo muerto (rastrajo) (Soto, 2019, comunicación personal) que, al incorporarse al suelo, conformará parte de la materia orgánica lábil, la cual está relacionada con el amortiguamiento de los nutrientes (Meléndez & Soto, 2008). Además, la incorporación de ese rastrojo podría disminuir las pérdidas del N por procesos de volatilización o lixiviación, como sucede con el  $\text{NO}_3$  y el  $\text{NH}_4$  (Bertsch, 1998), lo que se traducirá en una mayor disponibilidad de este insumo para las plantas del café; ya que, el 95% del N y entre el 20 y 75% del fósforo se encuentra en la materia orgánica (Meléndez & Soto, 2008).

Además de la funcionalidad que se espera obtener con el uso del  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  sobre el control de las plantas arvenses, es necesario recalcar que, las plantas arvenses pueden acumular más macronutrientes en las raíces en comparación con las plantas de café, lo cual representa una

interferencia negativa por competencia con el cultivo (Galvis & Salazar, 2009). No obstante, la eficiencia en la absorción de nutrientes por parte de estas plantas podría aprovecharse para su mismo combate, ya que, una vez fertilizadas, pueden incorporarse como rastrojo, generando un efecto mulch (residuo orgánico que se coloca en la superficie del suelo), que aportará múltiples beneficios, tales como: regulación de la temperatura y humedad en suelo, disminución de la erosión y mejora en la estructura y la porosidad del suelo, incremento de poblaciones de microorganismos, aporte de materia orgánica (Núñez, 2000, Labrador, 2008); evitación de la emergencia de nuevas arvenses (Zribi et al., 2011), y favorecerá la incorporación del N al agroecosistema, de manera que impide las pérdidas por volatilización, lixiviación, desnitrificación que suele tener este elemento en el ambiente (Bertsch, 1998; Arias et al. 2009). Por otra parte, los suelos que se desarrollan bajo plantas con sistemas radicales profundos presentan altos contenidos de N (Bertsch, 1998). Así, por ejemplo, se encontró que el uso de barbecho con varios tipos de arvenses resultó en una mayor extracción de nitrato ( $\text{NO}_3$ ), en comparación con las plantas de maíz en monocultivo, lo cual se atribuyó a la extracción del nitrato del subsuelo por acción de las raíces profundas de las arvenses (Hartemink et al. 1996).

### ***Concepto de abono verde***

Un abono verde es un cultivo que se utiliza como una enmienda al suelo, siendo una fuente de nutrientes para los cultivos de siembra posteriores o cultivos perennes, usualmente se utilizan cultivos cobertura de la familia botánica Fabaceae, debido su capacidad de incorporar N mediante la fijación de nitrógeno atmosférico y la evitación de las pérdidas de ese nutriente por lixiviación (Cherr et al. 2006). Los abonos verdes contribuyen a la mejora de la productividad del suelo, debido a que reducen el agua de escorrentía, la erosión del suelo, el aumento de la materia orgánica del suelo y la salud del suelo (Hartwig y Ammon, 2002); además, favorecen la disminución de la contaminación ambiental tras la aplicación de fertilizantes nitrogenados, (Danso et al. 1991).



Los abonos verdes pueden ser cultivos de cobertura sembrados a partir de leguminosas, principalmente, algunas especies de esta familia son *Cajanus cajan* (L.) Millsp., *Canavalia ensiformis* (L.) DC., *Crotalaria juncea* L., *Indigofera tintocria* L. *Vigna radiata* (L.) R. Wilezek., entre otras más (Cherr et al. 2006) Sin embargo, las arvenses también pueden utilizarse como abonos verdes debido a que la biomasa de estas especies contiene diferentes cantidades de elementos nutricionales, aunque tales cantidades dependen del manejo agronómico (Córdoba y Patriño, 2019). El mantillo a partir de malezas muertas después de recibir algún tipo de control también puede contribuir a la reducción de la erosión del suelo (Hartwig y Ammon, 2002), asimismo el mantenimiento de cobertura en el suelo a partir arvenses, sobre todo en terrenos cultivados en altas pendientes como el café, permite mantener la fertilidad del suelo (Sarno et al. 2004).

- ***Uso del flameo para el control de arvenses***

El flameo es una técnica que utiliza gas licuado de petróleo (GLP) que es una mezcla de gas propano y butano, para manejo no selectivo de arvenses como alternativa al uso de manejo químico y manejo manual, la aplicación de este gas genera un aumento rápido de la temperatura logrando la ruptura de las membras celulares y posterior desecación del tejido de las plantas expuestas a este tipo de tratamiento (Datta y Knezevic, 2013). Una forma de evaluar el éxito del flameo es mediante la “prueba de huellas dactilares” que consiste en colocar una hoja tratada con flameo (unos minutos después de recibir ese tratamiento) entre el dedo pulgar y el índice; en caso de que se observe una impresión oscurecida después de presionar la superficie de la hoja es indicativo de que ocurrió pérdida de presión interna debido a la fuga de agua de las células (Knezevic, 2018).

El gas GLP está compuesto por al menos un 90 % de propano y el resto de algún otro hidrocarburo siendo el más común el butano; debido al alto porcentaje de propano las propiedades GLP se estiman como un contenido de puro propano. La reacción química del propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) ocurre de la siguiente forma (Knezevic, 2018):

Un flameador se compone de: un tanque abastecido con gas propano, la capacidad del depósito que oscila de 5 kg hasta los 2500 kg; este tanque debe tener una válvula de seguridad de fuente de líquido vapor. La red de suministro que es una combinación de partes que controlan el flujo de propano y su distribución. Las válvulas manuales que controlan el flujo del propano desde el tanque a un regulador de presión, que reduce la presión a 100-150 libras por pulgada cuadrada (PSI) (7 a 11 bares) a una presión de funcionamiento de 5 a 80 PSI (0,3 a 5,5 bares). Las válvulas adicionales controlan flujos hacia las antorchas. Soportes para mangueras o tubos compatibles con la presión del propano del tanque de suministro a la antorcha. Las antorchas son generalmente planas o tubulares y puede aceptar propano líquido o gaseoso. El soplete o quemador es el punto de combustión del propano. El armazón sostiene el tanque, la red de suministro y las antorchas y permite la orientación de las antorchas (Knezevic, 2018).

La temperatura generada por el flameador oscila de 1200 - 1900 °C (Ascard, 1995). Una temperatura de entre 50 °C - 94 ° C puede producir una coagulación de las proteínas de la membrana, seguida de la deshidratación del tejido de la planta (Ascard, 1995; Datta y Knezevic, 2013). Dicha deshidratación ocurre debido a la expansión del contenido celular, este se compone de hasta un 95 % de agua, por lo que se produce un estallido de las membranas celulares (Datta y Knezevic, 2013).

La eficacia del flameo depende de varios factores como la dosis del GLP, ángulo, altura, velocidad y duración de la aplicación. Las diferencias morfológicas de las especies de plantas, como por ejemplo el tipo de hoja, su grosor y cutícula, naturaleza de los órganos de almacenamiento, orientación de la hoja, presencia de pilosidades, el nivel de estrés en que se encuentre la planta sea por humedad o por nutrientes, etapa de crecimiento que influye en la ubicación del punto de crecimiento siendo este uno de los factores más importantes para la eficacia del flameo (Ascard, 1995, Cisneros y Zandstra, 2008, Knezevic, 2018).

El tipo de arvense sea esta hoja ancha u hoja angosta y su tamaño, ambos son factores que determinan el éxito de flameo; en general las especies de hoja angosta son más difíciles de

controlar que las de hoja ancha; para la obtención de un 90 % de control de *Abutilon theophrasti* y *Amaranthus retroflexus* se requirió 53 kg de propano/ha y 67 kg de propano/ha, respectivamente, mientras que, para obtener ese mismo control pero de *Echinochloa crus-galli* y *Setaria viridis* se necesitaron alrededor de 182 kg/ha y 153 kg/ha de propano, respectivamente (Knezevic y Ulloa, 2007).

Las hojas angostas resultan más tolerantes debido a que poseen el punto de crecimiento poco expuesto (por debajo de la superficie del suelo), en cambio, en las hojas anchas este se encuentra expuesto (por encima del suelo) por lo que se facilita la llegada de la llama contrario a hoja angosta que se encuentra protegido al contacto con el flameo (Knezevic y Ulloa, 2007). Con una dosis de más de 60 kg/ha de propano/ha las especies de hoja ancha en las primeras etapas (con hasta 20 cm de altura) suelen secarse por completo a los pocos días de recibir el flameo y no ocurre el rebrote. Las especies de hoja angosta presentan un blanqueamiento después de la aplicación de flameo, no obstante, dentro de dos semanas sucede su recuperación; por lo que se recomiendan dos aplicaciones de flameo para el éxito en control de estas especies, una segunda aplicación se podría realizarse 7 a 10 días posterior al primer flameo (Datta y Knezevic, 2013).

Por su parte el tamaño, las especies de 2 a 8 cm de altura, con 1 a 6 hojas fueron más fáciles de controlar con flameo que aquellas con un mayor tamaño (de 8 a 50 cm, con 7 a 20 hojas o más) (Datta y Knezevic, 2013). La velocidad de aplicación también puede determinar la eficacia del flameo de acuerdo con el estado de crecimiento y tipo de arvenses, así pues, hubo una tendencia a un mejor control (alrededor del 100 %) de *Setaria viridis* en la etapa de 0-2 hojas con una velocidad lenta de 2 km/h en comparación con el control proporcionado por el resto de las velocidades de 4 km/h (95 %), 6 km/h (91 %) y 8 km (70 %), sin embargo, cuando esta planta se encontró en etapa de 2-4 hojas solamente la velocidad de 2 km/h pudo ejercer control. Asimismo, el flameo de *Amaranthus retroflexus* en la etapa de 0-2 hojas fue efectivo a 2, 4 y 6 km/ha con estas velocidades se obtuvo un control de 97, 94 y 96, respectivamente, mientras que a 8 km/ha el control fue de 84 % (Cisneros y Zandstra, 2008)

Los factores ambientales también pueden influir en el éxito de control con flameo. La humedad como el rocío o gotas en las hojas reducirá la eficacia, debido a que, la presencia de humedad puede reducir la cantidad de calor que alcanza el interior del tejido vegetal, ya que, el calor se desperdicia al evaporar el agua superficial presente en la hoja. Sin embargo, la humedad puede ser útil para evitar daños al cultivo y humedecer los residuos del cultivo y de esta forma reducir los riesgos a incendio (Datta y Knezevic, Knezevic, 2018, 2013).

Las ventajas del uso del flameo son que el uso de propano no deja residuos químicos en el cultivo, en el suelo o en las aguas subterráneas, tampoco afectará cultivos posteriores debido a que no ocurre transferencia química. Los costos del propano suelen ser más bajos que los de herbicidas. El flameo puede ser eficaz para ampliar la gama de especies de arvenses controladas, incluso aquellas que han desarrollado resistencia a herbicidas. El flameo muestra mínimo efecto en los organismos benéficos del suelo, esto se debe a que el suelo es un buen aislante y puede absorber gran cantidad de energía térmica; debido a que el tratamiento térmico con flameo es breve, sólo se calientan temporalmente los pocos milímetros superiores del suelo; por lo tanto, no se espera un daño significativo en la microflora y microfauna en el suelo después de un tratamiento de flameo (Ascard, 1995).

Las desventajas del flameo son que el efecto puede ser a corto plazo, hay baja selectividad y necesidad de aplicar repetidamente para aumentar su eficacia. Los costos del equipo y mano de obra para la aplicación son más altos en comparación con los costos de aplicación de un herbicida. El ambiente de trabajo, con presencia de gas y llamas podría ser incómodo para algunas personas. Desde el punto de vista ambiental requiere energía y libera CO<sub>2</sub>, sin embargo, la combustión del propano es relativamente limpia en comparación con otros combustibles fósiles (Ascard, 1995). Además, la cantidad de propano puede reducirse considerablemente cuando los tratamientos se hacen sobre hileras o bandas estrechas en lugar de una aplicación que abarque la totalidad de un terreno (Knezevic, 2018).

## Concepto de desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible se define como la satisfacción de las necesidades de la generación actual, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas (Butlin, 1989); este concepto se hizo oficial en el informe Our Common Future del discurso de un representante de la Comisión de Brundtland en 1987 (Mitcham, 1995). Esta concepción incluye los siguientes ejes: económico, es necesario el recurso económico para lograr la financiación del desarrollo; social, la sociedad es fundamental en el desarrollo, mediante la generación de espacios educativos, salud y otras que integren a la sociedad; ambiental, se refiere al uso sostenible de los recursos naturales, lo cual es óptimo para generar desarrollo, sin el cuidado de estos recursos no habría futuro para generar economía; institucional, las estructuras nacionales, las leyes y las estructuras de poder son componentes para llevar a cabo el desarrollo (Solano, 2007).

Los objetivos del desarrollo sostenible son 17. No obstante, este trabajo de investigación pretende contribuir, especialmente, con los descritos a continuación (Figura 4):



**Figura 4.** Objetivos del desarrollo sostenibles a los que este trabajo pretende aportar.

Fuente: (Naciones Unidas, S.f.).

**Metas del objetivo 2.** 1. Para 2030, poner fin al hambre y asegurar el acceso de todas las personas. 2. Poner fin a todas las formas de malnutrición 3. Duplicar la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala, en particular los sectores de la población más desfavorecidos. 4. Asegurar la sostenibilidad de los sistemas de

producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes. 5. Mantener la diversidad genética de las semillas, las plantas cultivadas y los animales de granja y domesticados y sus especies silvestres conexas (Naciones Unidas, S.f.).

**Metas del objetivo 8.** 1. Mantener el crecimiento económico per cápita de conformidad con las circunstancias nacionales. 2. Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación. 3. Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas; la creación de puestos de trabajo decentes; el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de microempresas y de pequeñas y medianas empresas. 4. Mejorar la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente. 5. Lograr el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todas las mujeres y hombres, incluidas personas jóvenes y l personas con discapacidad. 6. Reducir, considerablemente, la proporción de personas jóvenes desempleadas que no cursan estudios ni reciben capacitación. 7. Adoptar medidas inmediatas y eficaces para erradicar el trabajo forzoso; poner fin a las formas contemporáneas de esclavitud y la trata de personas. 8. Proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores. 9. Elaborar y poner en práctica políticas encaminadas a promover un turismo sostenible que crea puestos de trabajo y promueve la cultura y los productos locales. 10. Fortalecer la capacidad de las instituciones nacionales financieras para fomentar y ampliar el acceso a los servicios bancarios y financieros (Naciones Unidas, S.f.).

**Metas del objetivo 11.** 1. Asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, 2. Proporcionar acceso a sistemas seguros de transporte, asequibles y sostenibles, y mejorar la seguridad vial. 3. Aumentar la urbanización inclusiva y sostenible; y la capacidad para la planificación y la gestión participativa integrada y sostenible de los asentamientos humanos en todos los países. 4. Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo. 5. Reducir significativamente el

número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua. 6. Reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales. 7. Proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles (Naciones Unidas, S.f.).

***Metas del objetivo 12.*** 1. Aplicar el Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles con la participación de todos los países bajo el liderazgo de los países desarrollados. 2. Lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales. 3. Reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores. 4. Lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida. 5. Reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización. 6. Alentar a las empresas, en especial las grandes empresas y las empresas transnacionales, a que adopten prácticas sostenibles. 7. Promover prácticas de adquisición pública que sean sostenibles, de conformidad con las políticas y prioridades nacionales (Naciones Unidas, S.f.).

***Metas del objetivo 13.*** 1. Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países. 2. Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales. 3. Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto a la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana (Naciones Unidas, S.f.).

***Metas del Objetivo 15.*** 1. Velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce. 2. Promover la gestión sostenible de todos los tipos de bosques, poner fin a la deforestación, recuperar los bosques degradados e incrementar la forestación y la reforestación a nivel mundial. 3. Luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras

afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo. 4. Velar por la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica. 5. Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica. 6. Promover la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos y promover el acceso adecuado a esos recursos. 7. Adoptar medidas urgentes para poner fin a la caza furtiva y el tráfico de especies protegidas de flora y fauna. 8. Adoptar medidas para prevenir la introducción de especies exóticas invasoras y reducir de forma significativa sus efectos en los ecosistemas terrestres y acuáticos y controlar o erradicar las especies prioritarias. 9. Integrar los valores de los ecosistemas y la diversidad biológica en la planificación nacional y local, los procesos de desarrollo, las estrategias de reducción de la pobreza y la contabilidad (Naciones Unidas, S.f.).

### **ANTECEDENTES**

El N y el P son nutrimentos esenciales para los cultivos; en café, son fundamentales para obtener la productividad deseada (Cerón & Aristizábal, 2012). Tanto en las fuentes nitrogenadas orgánicas como las químicas, el efecto sobre los microorganismos no está del todo claro (Cerón & Aristizábal, 2012). En un cultivo de sorgo, se midió el efecto de fuentes de N (la orgánica a partir de estiércol y paja, y la química con urea) sobre la población de diferentes genes bacterianos, todos relacionados con el ciclo del N. Los resultados indicaron que sólo la fertilización orgánica con estiércol provocó la mayor abundancia en las poblaciones fijadoras de N. Mientras que la urea no influyó en el crecimiento de algunas bacterias, pero sí lo hizo en las bacterias oxidantes de amoníaco, en las que este fertilizante mineral produjo el aumento de su población (Hai et al. 2009).

La lixiviación del N en su forma de nitrato y de amonio constituye una de las pérdidas que sufre este elemento en suelos agrícolas (Bertsch, 1998; Arias et al. 2009). Para realizar las mediciones de lixiviación in situ en condiciones del Trópico, se recomienda el uso de los lisímetros, estos aparatos colectan el agua percolada de una determinada área, de esta manera,



proporcionan información sobre la dinámica del flujo de la cantidad de N que puede lixiviarse hacia el manto acuífero (Nkrumah et al. 1989; Sadeghian et al. 2015).

La lixiviación del N puede estar influenciada por una serie de condiciones, entre ellas: tipo de drenaje establecido en campo, la forma de aplicación del fertilizante nitrogenado en los cultivos (Estrada et al. 2007), las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, junto con las condiciones climáticas y la cobertura vegetal (Nkrumah et al. 1989).

Respecto a la influencia de la cobertura vegetal y la evitación de lixiviación del N, en un estudio realizado en condiciones subhúmedas en Kenia, la menor proporción de  $\text{NO}_3$  contenida en el subsuelo se encontró en los barbechos a partir de arvenses (26 y 38 kg/ha) y el uso del árbol *Sesbania sesban* (L.) Merr como cobertura (22 kg/ha), en comparación con los suelos desprovistos de cobertura y la siembra de maíz sin cobertura (Hartemink et al. 1996). En otro trabajo realizado en la Región Pampeana, en Argentina, se redujo la pérdida del  $\text{NO}_3$  por lixiviación en 60-90 % al utilizar cultivos cobertura (*Avena sativa* L. y *Vicia sativa* L.) en un cultivo de rotación soya-maíz (Portela et al. 2016). En un estudio realizado en el cultivo de banano, en Costa Rica, se colocaron lisímetros en dos profundidades de 40 y 90 cm para determinar el contenido de  $\text{NO}_3$ , potasio ( $\text{K}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) en parcelas con presencia de arvenses utilizadas como cobertura vegetal en varios porcentajes 0, 20, 40, 60 y 70 %. En general, a mayor cobertura de arvenses, se disminuyeron las concentraciones de los elementos mencionados a las dos profundidades evaluadas. La mayor concentración de los elementos estudiados se dio en el tratamiento sin cobertura de malezas, a diferencia de la parcela con 70% de cobertura. En esta las concentraciones de los elementos fueron las más bajas en comparación con los otros porcentajes de cobertura (De la Cruz et al. 2001).

Las prácticas sostenibles en el manejo de arvenses en café tienen un beneficio sobre la sostenibilidad del cultivo, tal es el caso en fincas de café en Naranjo, Costa Rica, durante el año 2018. Se determinó que la abundancia y la cobertura de arvenses se modificaron de acuerdo con el tipo de manejo de arvenses. El uso de glifosato favoreció el número de

arvenses, pero no su cobertura. En cambio, el uso de chapias produjo una mayor cobertura natural de dichas especies, pero redujo su número. Este reporte dejó en evidencia que el manejo orgánico de arvenses (uso de chapias) propició la cobertura natural en el suelo, lo que resulta en una estrategia ambiental más sostenible para el agroecosistema, debido a que se reduce el uso de herbicidas y, por consiguiente, el suelo estaría protegido por una cobertura local (Agüero et al., 2018). Asimismo, otro estudio que tuvo lugar en Masatepe, Nicaragua, en el período del año 2000 al año 2015, incluyó el tratamiento de café con sombra y sin ella, y cuatro tipos de manejo (convencional intensivo, orgánico intensivo, convencional moderado y orgánico moderado). Los resultados del estudio evidenciaron que hubo un menor crecimiento de arvenses en cafetales con sombra, en parte, por la presencia de hojarasca; las arvenses predominantes establecieron una cobertura que se caracterizó por conformarse con especies anuales de crecimiento bajo raíces poco profundas (Staver et al., 2020).

Sobre la percepción de los productores hacia la inclusión de nuevas prácticas, en Costa Rica, se realizó un diagnóstico sobre el uso de cultivos cobertura a base de leguminosas en palma aceitera y papaya, y uso de coberturas nativas en banano; para ello, se utilizó como instrumento una encuesta de 28 preguntas con respuesta de falso y verdadero. Con base en esas preguntas, se creó un indicador de conocimiento; además, se incluyeron preguntas referentes a la implementación de coberturas de respuesta sí o no. Con base en las respuestas de los productores encuestados, los autores de este trabajo obtuvieron proporciones a través de dos índices: uno, basándose en el conocimiento, y, el otro índice, en la disposición a la implementación de coberturas en sus cultivos (Gómez et al. 2017).

## JUSTIFICACIÓN

En Costa Rica, hay 27,393 productores de café, cuyas familias dependen de este cultivo (ICAFFE, 2021). Sin embargo, la caficultura se ha vuelto poco rentable (Guido & Castro, 2007).

A pesar de que el café es la segunda bebida caliente que más se comercializa en el mundo y la más consumida en el hemisferio occidental (Euromonitor International, 2009); la sobre oferta mundial del grano, la mala campaña que han generado los medios publicitarios (Guido & Castro, 2007) y la volatilidad en los precios mundiales contribuyen a la actual crisis cafetalera que atraviesa el país (ICAFFE, 2015). La baja en el precio del grano ocurrió desde que Estados Unidos y Europa, en 1980, impulsaron la liberación de los precios; actualmente, la bolsa de Nueva York es quien fija el precio por fanega (Guido & Castro, 2007).

El alto costo de producción, también, representa un inconveniente para la producción de café. Entre ellas, resalta el combate de arvenses: algunos productores optan por minimizar el costo de esta práctica y solo hacen una chapea al año (Guido & Castro, 2007).

Entre los plaguicidas más empleados, se encuentran los herbicidas (Fernández et al., 2011), estos fueron introducidos a Estados Unidos, entre el año 1950 y el año 1960, sustituyendo, así, el uso de mano de obra y la labranza para el manejo de arvenses. La estrategia química logró reducir los costos de producción y permitió el aumento en los rendimientos en varios cultivos de ese país (Gianessi & Reigner, 2007; Swinton & Van Deynze, 2017). En Latinoamérica, el manejo químico de arvenses, como única herramienta, resulta muy costoso; difícilmente, se producen herbicidas de forma local, como consecuencia los productos se importan y, por ello, sus precios son altos (Fernández, 1982).

Entre los años 1950 y 1980, sucedió un cambio en la producción cafetalera nacional: la revolución verde trajo consigo nuevas tecnologías como variedades de café, renovación de plantaciones, uso de irrigación y drenajes, a su vez, hubo un aumento en la cantidad de

plaguicidas, entre ellos los herbicidas (Hall & Gutiérrez, 1976; Rice, 1999). Rodríguez et al. (1986) reportaron que el 80% de los productores de café empleaban herbicidas, entre ellos resaltan: paraquat (es muy utilizado, con una frecuencia de aspersión de 1 a 3 veces al año), 2,4-D (es empleado de forma frecuente de 1 a 3 veces al año), terbutilazina (uso medianamente frecuente), glifosato (uso menos general, según reportes de los autores en esa época), oxifluorfen, diurón y dalapón (actualmente se utilizan en menor escala, excepto oxifluorfen).

Los plaguicidas producen riesgos potenciales a la salud humana y el medio ambiente (Fernández et al., 2011). Los problemas a la salud, a causa de herbicidas, son más evidentes en los aplicadores que en los consumidores (Harper & Zilberman, 1992). En Costa Rica, operarios que asperjaron paraquat en café, banano y palma aceitera presentaron mayores niveles de esa molécula en la orina, en comparación con los otros trabajadores que no lo manipularon (Lee et al., 2009). El paraquat es altamente persistente en suelos de café, por lo que es muy probable que sea absorbido por las raíces de esa planta y se trastoque a los frutos (Rojas, 1984). Esto hace reflexionar sobre si los residuos de paraquat están presentes en las bebidas de café de los consumidores finales.

El glifosato, uno de los herbicidas más asperjados en cafetales (Durán et al., 2013), puede repercutir en la salud humana: actúa como disruptor endocrino y es tóxico para las células humanas. El surfactante denominado POEA, presente en una de las formulaciones de glifosato, también causa daños gastrointestinales, afecta el sistema nervioso y respiratorio, destruye los eritrocitos en la sangre humana (Salazar & Aldana, 2011). Recientemente, se reportó que existe un vínculo significativo entre la exposición al glifosato y un mayor riesgo a padecer de linfoma non-Hodgking, sobre todo los individuos más expuestos a dicho herbicida y a los ingredientes con que este se formula (Zhang et al., 2019).

Cuando los plaguicidas llegan a un destino diferente del objetivo final, causan daños medioambientales; por ejemplo, en sitios como: las aguas subterráneas, las aguas superficiales y la cadena alimentaria (Menalled, 2010). Ese es caso del paraquat,

ampliamente utilizado en café (Granados, 2004), considerado ecotóxico para abejas, plantas, peces y otras especies acuáticas; en anfibios y en la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*), actúa como agente teratogénico; es un contaminante embriológico para aves (Sartori & Vidrio, 2018). El glifosato afecta gravemente la ecología porque retrasa el crecimiento de algas y peces, les provoca cambios histopatológicos y bioquímicos e induce cambios enzimáticos (Salazar & Aldana, 2011).

El exceso en las aplicaciones de herbicidas desencadenó el desarrollo de biotipos de arvenses resistentes a herbicidas (Menalled, 2010). La resistencia a herbicidas se define como: “La capacidad hereditaria de una planta de sobrevivir y reproducirse después de ser expuestas a una dosis de herbicida que normalmente es letal para el tipo silvestre. En una planta, la resistencia puede ocurrir de forma natural o inducida por técnicas como ingeniería genética o la selección de variantes producidas por mutagénesis” (Weed Science Society of America [WSSA], 1998).

El uso sostenible de herbicidas se encuentra amenazado por la resistencia, ya que este fenómeno podría desencadenar un aumento en las dosis de los herbicidas, lo cual representa un peligro para la salud humana (Swinton & Van Deynze, 2017). La resistencia, no es solo un problema técnico, sino que, también, es un problema que repercute directamente en la sociedad, la economía, el desarrollo tecnológico y los sistemas biofísicos, razón por la cual debe abordarse con una estrategia integral y no mediante una herramienta simplista (Kremer et al., 2014).

Las tecnologías de manejo del agroecosistema tropical tienen sus bases en las técnicas que se desarrollaron bajo ecosistemas templados, principalmente, de Europa. La introducción de dichas técnicas provocó una destrucción paulatina del suelo, ya que el suelo tropical requiere de cobertura para su protección y fertilización (Forero, 2005). En suelos templados, la mayor cantidad de nutrientes se encuentran en el suelo (90-95%); en las regiones tropicales, se encuentra en la biomasa (75-80%) (A, Soto, 2019, comunicación personal) y la hojarasca (Sánchez & Camacho, 1981).

La necesidad impetuosa de tratar de eliminar las arvenses podría contribuir a la pérdida de la biodiversidad (Menalled, 2010). Una forma de manejo sostenible es integrar las arvenses como un componente clave para mantener la biodiversidad florística funcional en los agroecosistemas (Altieri et al. 2007; Blanco, 2016). Actualmente, uno de los mayores retos que enfrenta el medio ambiente es la pérdida de biodiversidad, impulsada por el desconocimiento científico y la falta de investigación con énfasis en programas de conservación biológica (National Research Council 1988). El desconocimiento de prácticas alternativas, en el caso de agroecosistemas cafetaleros, induce al incremento del uso indebido de herbicidas (Bellamy, 2011).

Como parte de la propuesta para enfrentar la crisis cafetalera, se plantea una producción que se adapte a las condiciones propias del Trópico (Granados, 2004; Bellamy, 2011), mediante la implementación de la producción ecológicamente sostenible (Marín & Soto, 2002). La ventaja de los agroecosistemas cafetaleros es que pueden ofrecer cierta versatilidad en cuanto al manejo de arvenses con estrategias no químicas, sobre todo aquellos que cuentan con árboles que limitan el crecimiento de la vegetación de arvenses dentro de la plantación (Bellamy, 2011; Staver et al., 2020).

El uso de la fuente de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  a dosis de 500, 750, 1000 y 1500 g/l tendrían un aporte de 33,5; 50,25; 67 y 100,5 kg de N/ha, respectivamente, por lo tanto, esta aplicación podría realizarse con dos objetivos, uno añadir una de las fertilizaciones de N que requiere el café y la segunda realizar un combate de las especies de arvenses. El mulch generado por las plantas asperjadas generaría un efecto de fertilización de liberación lenta (abono verde); que podría favorecer la disponibilidad del N para el café.

La caficultura, en el país, además de representar una actividad económica, es una actividad de índole social (Stone, 1971). Las labores del cultivo, incluida la cosecha, depende en gran medida de mano de obra extranjera, especialmente, nicaragüenses, panameños e indígenas costarricenses. Estos grupos sociales se ven afectados por actitudes racistas y xenofóbicas por parte de los locales (Loría, 2012).

Las estrategias propuestas en este trabajo podrían generar un ambiente de trabajo más seguro para los pobladores, los trabajadores y los consumidores de café. Dentro de las BPA (buenas prácticas agrícolas), se incluyen acciones como la conservación de recursos naturales, garantía de ambientes de trabajo más seguros y alimentos producidos bajo sistemas sostenibles o ambientalmente seguros, que le dan al producto una mejor calidad, tanto en atributos como el olor, el sabor, el color etc. como en credibilidad (por ejemplo, un producto libre de pesticidas) (Burrell, 2011).

La valoración de la percepción de los productores (as) de café será un recurso importante para obtener un escenario sobre la implementación de las estrategias sostenibles en el manejo de arvenses del café. De la misma manera, lo reportaron Chain et al. (2019) y Vigera et al. (2019) en estudios que realizaron sobre la percepción de los productores para afrontar el cambio climático. Ambos estudios servirán como base para la toma acertada de decisiones en torno al cambio climático. En este caso, mediante entrevistas a productores, se espera conocer el nivel de aceptación del uso de prácticas sostenibles en el manejo de arvenses.

La relación o cumplimiento con los ODS, mencionados en la revisión de literatura al realizar esta tesis, es la siguiente:

- Objetivo 2. Cero hambre: con este trabajo se pretende realizar una mejora en la productividad del café mediante el uso eficiente y sostenible de los recursos.
- Objetivo 8. Trabajo decente y crecimiento económico: una reducción en el uso de agroquímicos, en específico herbicidas, proveerá condiciones de trabajo más saludables a los trabajadores de campo y demás personas relacionadas con esta actividad.
- Objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles: la actividad cafetalera repercute de forma directa e indirecta a la comunidad vecina de este cultivo; con estrategias más sostenibles en el cultivo, estas comunidades se beneficiarán.

- Objetivo 12. Producción y consumo responsables: la forma de producir café con métodos más sostenibles, en cuanto al manejo de arvenses, pretende ser un beneficio para la calidad del café.
- Objetivo 13. Acción por el clima: el uso y manejo de coberturas, a partir de arvenses, podría representar una contribución para reducir la emisión gases provocados por el efecto invernadero y una mayor captación del CO<sub>2</sub> por parte de este tipo de cobertura.
- Objetivo 15. Vida de ecosistemas terrestres: la reducción en la carga química y residuos tóxicos en el suelo y el ambiente ayudará a evitar el daño en especies no objetivo que habitan sistemas terrestres.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

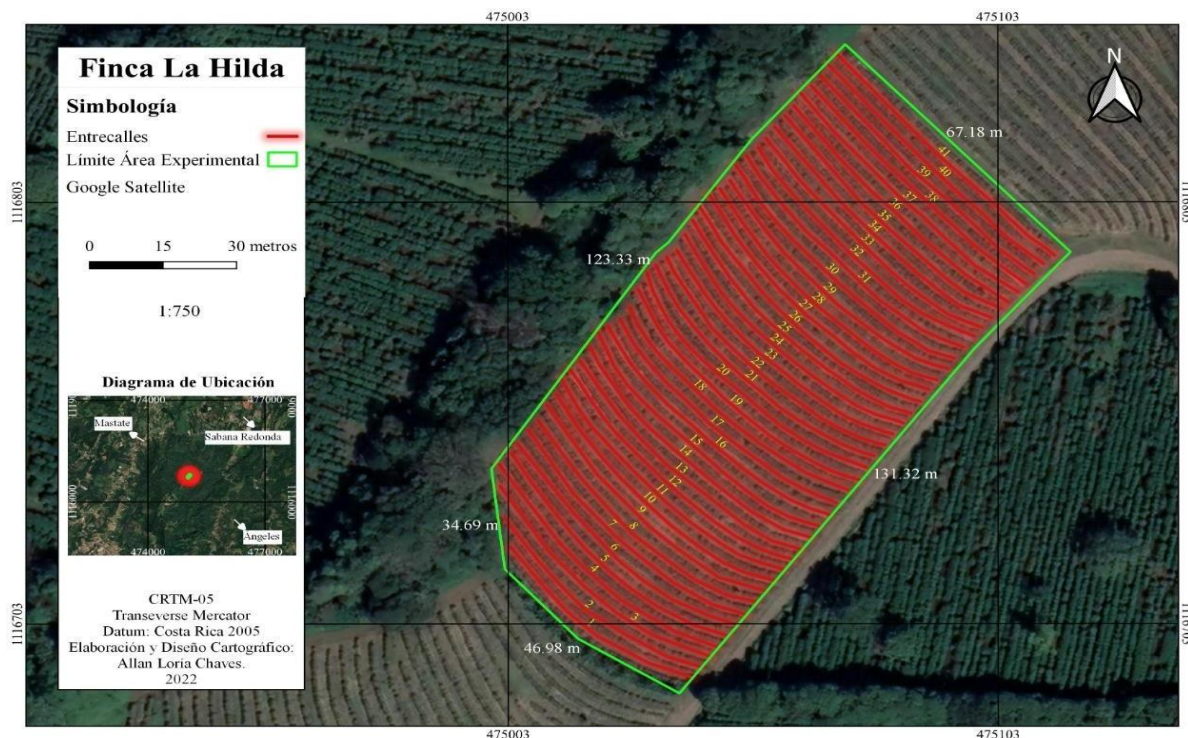
### **Fase I**

En la primera fase del presente trabajo se desarrollaron los objetivos 1 al 4, siendo necesario realizar el trabajo de campo en una finca dedicada a café. A continuación, se detallan los aspectos metodológicos que implicaron la realización de la fase 1

#### ***Ubicación geográfica del sitio de estudio***

El proyecto se llevó a cabo en la provincia de Alajuela, cantón Poás, distrito San Pedro de Poás, poblado La Hilda donde se ubica la Finca La Hilda. Bajo las coordenadas N 10° 05. 868 y W 084° 13.708(Figura 5).





**Figura 5.** Área experimental del estudio. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Septiembre, 2022.

En el lote seleccionado había café variedad Sarchimor T5296 con una edad aproximada de 4 años (siembra octubre del 2018) en etapa de fructificación, sembrado en una disposición de 3,1 m entrecalle por 0,7 m entre plantas de café. El café se encontraba a pleno sol.

La fertilización base de la parcela fue de 3 ciclos al año a partir de una fórmula completa preparada por Disagro, 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 900 kg/ha y en la tercera 350 kg/ha (M. Vargas, 2022, comunicación personal).

El suelo de la finca fue de tipo Andisol (CIA, 2021), además, tuvo un 55 % de arena, 33 % de limo y 12 % de arcilla catalogándose como franco arenoso.

### ***Metodología***

Se aplicaron tratamientos fitotóxicos primero con nitrato de amonio y 15 días después de la aplicación de este tratamiento ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) se aplicó un tratamiento térmico a base de propano (flameo) en las entrecalles del café (Figura 5) seleccionadas de forma aleatoria. 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  $\text{W/m}^2$  (Datos proporcionados por el Eddy covariance system).

Los datos climatológicos transcurridos durante la ejecución del experimento se solicitaron al Programa de la Ecofisiología de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica, tal programa cuenta con una torre micro meteorológica denominada Eddy Covariance ubicada en café a pleno sol, cerca de la parcela experimental, específicamente en la posición 10.087481, -84.235185 (10°05'14.9"N 84°14'06.7"W); dicha torre consiste en una estación meteorológica para la estimación de flujos de superficie a través de la técnica de covarianza de torbellino; que consiste en un arreglo de sensores para la implementación de la técnica de covarianza de torbellino (R. Ramírez, 2022, comunicación personal).

- **Aspersión de nitrato de amonio**

La aspersión del nitrato de amonio se hizo sobre las arvenses presentes en la entrecalle de café (Figura 5) denominada como la parcela grande conformada por un área de 22  $\text{m}^2$  (1 metro de ancho y 22 metros de largo), y el trayecto de la calle a la parcela grande fue de 10 metros, 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, 150 y 300 kg de  $\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{ha}^{-1}$  (0; 50, 25 y 100, 5 kg de N/ha); 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  $\text{l/ha}^{-1}$ . 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 como tratamiento testigo, la dosis fue 1,068 kg de i.a./ $\text{ha}^{-1}$ , 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  $\text{l/ha}^{-1}$  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 hasta 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  $\text{W/m}^2$  de radiación solar.

- **Aplicación de flameo**

La aplicación de flameo se realizó 15 días después de la aspersión de nitrato de amonio, y se hizo sobre las arvenses presentes en las parcelas pequeñas que midieron 6  $\text{m}^2$  (1 metro de ancho y 6 metros de largo), las cuales estuvieron contenidas en cada una de las parcelas grandes presentes en la entrecalle del café (Figura 5); entre cada parcela pequeña hubo una distancia de dos metros (Figura 6).



**Figura 6.** Parcela pequeña ubicada en la entrecalle del café. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre, 2022.

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 lbs/h. El equipo presentó los siguientes aditivos: un tanque de 10 lbs con gas propano, una antorcha con una capacidad de asperjar una flama de aproximadamente 1121,11 °C, a esta se encontraba acoplada una válvula de aguja ajustadora, una manguera certificada U.L, un regulador y un accesorio P.O.L. de ajuste manual (Weed Dragon, 2023).

Se emplearon tres dosis de flameo (0, 60 y 120 kg de propano/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, 74,72 % de humedad relativa, 22,76 °C de temperatura, 0,77 m/s de velocidad de viento y 22,76 W/m<sup>2</sup> de radiación solar.

- **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 (Figura 6) ubicadas en las entrecalles del café (Figura 5), el porcentaje de la cobertura de arvenses se clasificó en tres grupos, las especies de Poaceae, Commelinaceae y las hojas anchas conformadas por varias familias dicotiledóneas. Se identificaron las especies de arvenses presentes en cada sitio muestral mediante un levantamiento taxonómico.

Además, se categorizó el daño de cada grupo de arvenses de la 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, 1999).

Las evaluaciones de la cobertura se realizaron a los 0 días después de la aplicación (dda) de nitrato de amonio y a 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 a los 0 dda de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> recolectando 20 sub-muestras en el lote donde se realizó el experimento (Figura 5), tales sub-muestras se tomaron de 0-20 cm de profundidad del suelo y en una cantidad de 200 gramos, esto se hizo con la ayuda de un palín;

una vez colectadas las 20 sub-muestras, se obtuvo una muestra compuesta mediante la técnica del cuarteo, que consiste en la colocación del suelo de las sub-muestras en un plástico, el suelo se homogeniza, la muestra se divide en cuatro partes, de los cuales dos de los extremos opuestos son eliminados, las dos partes restantes se vuelven a mezclar y a cuartear hasta obtener una muestra de 500 g (Henríquez y Cabalceta, 1999).

La metodología de recolección de muestra compuesta a los 0 dda del nitrato de amonio se hizo con el fin de someterlo a un análisis químico y a un análisis físico completo, los cuales se analizaron en el Laboratorio de Suelos y Foliare y Laboratorio de Recursos Naturales del del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), respectivamente

A los 60 dda de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  se recolectó suelo de la misma forma que se describió anteriormente, pero en este caso se hizo el muestreo por tratamiento (Cuadro 1), 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.

- **Diseño experimental**

El diseño experimental fue de parcelas divididas, conformada por las parcelas grandes para cada dosis de nitrato de amonio (Nitrato 0: 0 kg  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ /ha, Nitrato 1: 150 kg  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ /ha, Nitrato 2: 300 kg  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ /ha) y las parcelas pequeñas que se ubicaron dentro de las parcelas grandes y fueron conformadas por cada dosis de flameo (Flameo 0: 0 kg propano/ha, Flameo 1: 60 kg propano/ha, Flameo 2: 120 kg propano/ha) (Figura 7) (Cuadro 1). La unidad experimental de la parcela grande fue el área de 22 m<sup>2</sup> (1 metro de ancho por 22 metros 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 metro de ancho por 6 metros de largo). Cada tratamiento se replicó 6 veces.

1. No hay tratamiento	2. Nitrato de amonio 1 Flameo 1 Flameo 0 Flameo 2	3. No hay tratamiento	4. No hay tratamiento	5. Nitrato de amonio 2 Flameo 0 Flameo 2 Flameo 1	6. Nitrato de amonio 1 Flameo 1 Flameo 0 Flameo 2	7. Nitrato de amonio 1 Flameo 1 Flameo 0 Flameo 2	8. Glifosato Flameo 2 Flameo 0 Flameo 1	9. Nitrato de amonio 1 Flameo 1 Flameo 0 Flameo 2	10. Nitrato de amonio 1 Flameo 1 Flameo 0 Flameo 2
11. No hay tratamiento	12. No hay tratamiento	13. No hay tratamiento	14. Glifosato Flameo 2 Flameo 0 Flameo 1	15. No hay tratamiento	16. Nitrato de amonio 0 Flameo 1 Flameo 2 Flameo 0	17. Nitrato de amonio 2 Flameo 0 Flameo 2 Flameo 1	18. Glifosato Flameo 2 Flameo 0 Flameo 1	19. Nitrato de amonio 0 Flameo 1 Flameo 2 Flameo 0	20. Nitrato de amonio 2 Flameo 0 Flameo 2 Flameo 1
21. Nitrato de amonio 2 Flameo 0 Flameo 2 Flameo 1	22. No hay tratamiento	23. No hay tratamiento	24. No hay tratamiento	25. No hay tratamiento	26. Nitrato de amonio 0 Flameo 1 Flameo 2 Flameo 0	27. No hay tratamiento	28. Glifosato Flameo 2 Flameo 0 Flameo 1	29. No hay tratamiento	30. No hay tratamiento
31. Nitrato de amonio 0 Flameo 1 Flameo 2 Flameo 0	32. Nitrato de amonio 0 Flameo 1 Flameo 2 Flameo 0	33. Nitrato de amonio 2 Flameo 0 Flameo 2 Flameo 1	34. Glifosato Flameo 2 Flameo 0 Flameo 1	35. Nitrato de amonio 0 Flameo 1 Flameo 2 Flameo 0	36. Nitrato de amonio 2 Flameo 0 Flameo 2 Flameo 1	37. No hay tratamiento	38. Glifosato Flameo 2 Flameo 0 Flameo 1	39. Nitrato de amonio 1 Flameo 1 Flameo 0 Flameo 2	40. No hay tratamiento

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 -  
 Flameo 1: 60 kg/ha -  
 Flameo 2: 120 kg/ha -

**Figura 7.** 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.



**Cuadro 1.** Dosis de los tratamientos fitotóxicos aplicados para el control de arvenses en la entrecalle del café. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre, 2022

<b>Tratamiento fitotóxico</b>	<b>Dosis de glifosato (kg i.a./ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Dosis de nitrato de amonio (kg/ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Dosis de flameo (kg/ha<sup>-1</sup>)</b>
Glifosato	1,068	-	-
Nitrato amonio 0	-	0	-
Nitrato amonio 1	-	150	-
Nitrato amonio 2	-	300	-
Flameo 0	-	-	0
Flameo 1	-	-	60
Flameo 2	-	-	120

- **Análisis estadístico**

El porcentaje de cobertura y grado de daño se analizaron mediante ANCOVA para parcelas divididas, utilizando 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, al hacer esta prueba de contrastes de hipótesis 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.

## **Fase 2**

En la segunda fase de este trabajo se llevó a cabo el objetivo 5, que implicó el diseño de un instrumento para medir la disposición de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Tal instrumento se hizo mediante una encuesta de 10 preguntas cerradas, que fueron las siguientes:

1. Importancia tienen las arvenses (malezas) para la productividad del café, con respuestas de cinco escalas puntuales desde muy importante hasta no es importante.
2. Costo económico y de mano de obra de labores del cultivo del café, con respuestas de cinco escalas puntuales desde muy bajo costo hasta muy alto costo.



3. Control de arvenses, con opción de seis respuestas incluyendo los principales tipos de manejo agronómico de las arvenses.
4. Uso de coberturas vegetales, con tres opciones de respuestas sí, no y no sé.
5. Frecuencia de uso de los siete herbicidas autorizados para uso en café (SFE, 2020), con respuestas de cuatro escalas puntuales desde
6. Disposición a utilizar un sustituto no tóxico para controlar las arvenses en lugar del uso de un herbicida, con respuestas de cinco escalas puntuales desde poco dispuesto hasta muy dispuesto.
7. Disposición a utilizar un herbicida, sustancia o planta que a su vez sirva de fertilizante, con respuestas de cinco escalas puntuales desde poco dispuesto hasta muy dispuesto.
8. Disposición a incorporar arvenses como coberturas vegetales, con respuestas de cinco escalas puntuales desde poco dispuesto hasta muy dispuesto.
9. Disposición a utilizar un tratamiento con calor (alta temperatura) para controlar las arvenses, con respuestas de cinco escalas puntuales desde poco dispuesto hasta muy dispuesto.
10. Recibir más orientación para manejar las arvenses con tres opciones de respuestas sí, no y tal vez.

La muestra no fue aleatoria porque se realizó al 4,10 % de los productores de café de la Región de Occidente del cantón de Naranjo de la cooperativa Coopronaranjo R.L. (39 productores de un total de 950 productores asociados a Coopronaranjo) se hizo en el marco de una actividad de capacitación (Figura 8).

Los datos recopilados se tabularon en Excel, y a partir de las respuestas de las 10 preguntas se calcularon los porcentajes promedio para cada ítem y con base en dichos porcentajes se elaboraron los gráficos descriptivos.



**Figura 8.** Actividad de capacitación sobre las plantas arvenses en café donde se aplicó el instrumento para conocer la percepción de productores de café sobre prácticas de manejo de arvenses. Centro Recreacional Coopronaranjo R.L., Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.

## RESULTADOS

### Fase 1

#### Porcentaje de cobertura

#### *Efecto conjunto del nitrato de amonio y del flameo*

- **Poaceae**

El interés principal con esta investigación fue ver el efecto conjunto del nitrato de amonio y del flameo en el control de las arvenses presentes en café, lo cual solamente ocurrió en la última evaluación sobre la cobertura de especies de Poaceae, indicando que ambos tipos de manejo fueron dependientes entre sí para esta familia (Cuadro 2), hubo una menor cobertura de Poaceae cuando se utilizó la dosis más alta del flameo en la parcela sin fertilizante, por lo que, tal cobertura promedio no pareció estar asociada al uso del nitrato de amonio y/o el glifosato, pues se obtuvo la misma cobertura promedio al emplear la mayor dosis del flameo versus la obtenida en el testigo (0 kg propano/ha ) en cada una de las parcelas aplicadas con nitrato de amonio o con el glifosato (Cuadro 3). La comparación de dosis de flameo 0 versus 120 kg propano/ha se hizo para simplificar el análisis, porque al observar los datos fue notorio que no hubo un cambio importante con la comparación con la dosis intermedia (60 kg propano/ha). Las especies dominantes en la parcela fueron *Urochloa eminii* (Mez) Davidse y *Cynodon dactylon* (L.) Pers., en menor proporción *Paspalum paniculatum* L. (Anexo 5).

**Cuadro 2.** Efectos y probabilidades asociadas al porcentaje de cobertura 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 y flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 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>		
	Com	Ha	Poa	Com	Ha	Poa	Com	Ha	Poa	Com	Ha	Poa
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	<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
$\text{NH}_4\text{NO}_3$ * 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 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y/o glifosato y 10 dda de flameo

<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>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

Com: Commelinaceae

Ha: hoja ancha

Poa: Poaceae

\* Significativo al 5%

**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, según las dosis de flameo medido a los 45 dda. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Enero, 2023.

Dosis de $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (Kg/ha)	Dosis de flameo (Kg propano/ha)		
	0	60	120
0	54,6 <sup>a</sup>	40,6	37,3 <sup>b</sup>
150	49,7 <sup>c</sup>	46	59,1 <sup>c</sup>
300	43,3 <sup>d</sup>	54	44 <sup>d</sup>
Glifosato	29,8 <sup>e</sup>	33	31,9 <sup>e</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.

### *Efectos del nitrato de amonio*

El efecto del nitrato de amonio fue independiente del uso del flameo en la cobertura de especies de Commelinaceae y en las hojas anchas en todas las mediciones (Cuadro 2).

- **Commelinaceae**

*Commelina diffusa* Burm.f. fue la única especie de la familia Commelinaceae encontrada en las parcelas utilizadas en el presente estudio, la cobertura de esta especie fue menor cuando no se aplicó nitrato de amonio y/o glifosato; posteriormente, a los 40 dda del nitrato de amonio, en la parcela conforma por la dosis más alta de este tratamiento se encontró la menor cobertura promedio de *C. diffusa*, sin embargo, el efecto posiblemente fue aleatorio, pues este promedio no se diferenció del obtenido al no aplicar fertilizante (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 (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) y/o glifosato. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023.

Dosis de NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (Kg/ha)	15 dda		40 dda		60 dda	
	Commelinaceae	Hoja ancha	Commelinaceae	Hoja ancha	Commelinaceae	Hoja ancha
0	7,7 <sup>c</sup>	88 <sup>a</sup>	8,8 <sup>ab</sup>	85,2 <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>	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>	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>	17,4 <sup>a</sup>	45,6 <sup>c</sup>

Promedios que no comparten la misma letra son significativamente diferentes al 5 % en cada uno de los grupos de arvenses

- **Hojas anchas**

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, esto al compararla con el testigo sin aplicación (Cuadro 4) (Figura 9). Entre las principales arvenses presentes en la parcela conformada por el tratamiento de glifosato fueron *Bidens pilosa* L. y *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav. (Anexo 1)



**Figura 9.** Efecto de los tratamientos fitotóxicos sobre la cobertura de arvenses en dos tiempos de evaluación. A-D) Cobertura presente a los 15 dda de nitrato de amonio. E-H) Cobertura presente a los 60 dda de nitrato de amonio. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023.

### *Efectos del flameo*

- **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 (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Efecto del flameo a los 10 días después de aplicación (dda) sobre el porcentaje de cobertura promedio de Poaceae. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre, 2022.

<b>Dosis de flameo (Kg propano/ha)</b>	<b>Promedio del porcentaje cobertura (%)</b>
0	44, 1 <sup>a</sup>
60	39 <sup>a</sup>
120	44, 4 <sup>a</sup>

Promedios que no comparten la misma letra son significativamente diferentes al 5 %

### **Daño en la cobertura de arvenses**

#### ***Efecto conjunto del nitrato de amonio y del flameo***

En la presente investigación se esperaba que el daño producido por el flameo fuera diferente si se aplicaba una dosis baja de nitrato que si se aplicaba una dosis alta. Esto ocurrió en las *C. diffusa* en las evaluaciones a los 10 y 26 dda (flameo) y 25 y 40 dda (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>); 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 (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) y 10 dda de flameo (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Efectos y probabilidades asociadas al grado de daño 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 y flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 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>		
	Com	Ha	Poa	Com	Ha	Poa	Com	Ha	Poa	Com	Ha	Poa
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	<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
$\text{NH}_4\text{NO}_3$ * 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>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>3</sup>60 días después de la aplicación de (dda) de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y/o glifosato y 45 dda de flameo

Com: Commelinaceae

Ha: hoja ancha

Poa: Poaceae

\* Significativo al 5%

#### • Commelinaceae

En las evaluaciones a los 10 y 26 dda y 25 y 40 dda 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 sobre estas arvenses se pudo observar un daño medio al utilizar la mayor dosis del flameo en la parcela sin fertilizante (0 kg/ha de nitrato de amonio), sin embargo, sobre ambas parcelas aplicadas con 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 y 26 dda al analizar las comparaciones del daño en cada uno de los niveles del  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , este fue el mismo indistintamente del uso o no del flameo (Cuadro 7).



**Cuadro 7.** 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.

Dosis de $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (Kg/ha)	25 y 10 dda <sup>1</sup>						40 y 26 dda <sup>2</sup>		
	Commelinaceae			Hoja ancha			Commelinaceae		
	Dosis de flameo (Kg/ha)			Dosis de flameo (Kg/ha)			Dosis de flameo (Kg/ha)		
	0	60	120	0	60	120	0	60	120
0	0,3 <sup>a</sup>	1,2	1,5 <sup>b</sup>	1 <sup>a</sup>	2	3 <sup>b</sup>	-0 <sup>a</sup>	0,3	0,2 <sup>a</sup>
150	1,2 <sup>c</sup>	1,7	2 <sup>c</sup>	1 <sup>c</sup>	2	3 <sup>d</sup>	1 <sup>b</sup>	0,8	0,7 <sup>b</sup>
300	1 <sup>d</sup>	1,3	1,3 <sup>d</sup>	1,8 <sup>e</sup>	2,2	3 <sup>f</sup>	0,7 <sup>c</sup>	-0	0,3 <sup>c</sup>
Glifosato	3 <sup>e</sup>	4	5 <sup>f</sup>	3,8 <sup>g</sup>	4	4,2 <sup>g</sup>	3 <sup>d</sup>	4,8	5 <sup>e</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>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

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.

- **Hojas anchas**

A los 25 dda del  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y a los 10 dda del flameo, a pesar de que hubo sinergismo entre ambos tipos de control, ya que las hojas anchas fueron dañadas de forma moderada con el flameo en las tres parcelas aplicadas con  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , se observó que el daño en la parcela conformada con la mayor dosis de nitrato de amonio fue mayor que en el resto de las parcelas con este fertilizante, pero se potenció al aplicar flameo (Cuadro 7) (Figura 10). Las especies de hoja ancha predominantes fueron *Bidens pilosa* L. y *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav. (Anexo 3).



**Figura 10.** 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 commelináceas. A) efecto conjunto del glifosato con el flameo. B) Efecto con 0 kg  $\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{a}$  y flameo. C). Efecto con 300 kg  $\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{a}$  y flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre, 2023.

### *Efectos del nitrato de amonio*

A los 15 dda del nitrato de amonio produjo daños en los tres tipos de cobertura (Cuadro 6), esto sucedió porque a la fecha de evaluación las parcelas no habían recibido el tratamiento con flameo.

- **Poaceae**

Las poáceas fueron afectadas por el nitrato de amonio y el daño fue consistente durante todas las evaluaciones (Cuadro 6). Sin embargo, el daño fue producido por el glifosato (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Grado de daño promedio de por grupo de plantas arvenses presentes según número de días después de la aplicación (dda) del nitrato de amonio ( $\text{KNO}_3$ ). Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022-enero 2023.

Dosis de $\text{KNO}_3$ (Kg/ha)	15 dda		25 dda		40 dda		60 dda	
	Commelinaceae	Hoja ancha	Poaceae	Poaceae	Hoja ancha	Poaceae	Hoja ancha	Poaceae
0	0,72 <sup>c</sup>	1 <sup>d</sup>	1 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	1,1 <sup>b</sup>	0,9 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	0,9 <sup>b</sup>
150	2 <sup>b</sup>	2 <sup>c</sup>	1 <sup>b</sup>	1,6 <sup>b</sup>	0,9 <sup>b</sup>	1,1 <sup>b</sup>	0,9 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>
300	2 <sup>b</sup>	2,9 <sup>b</sup>	1,9 <sup>b</sup>	1,9 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	0,9 <sup>b</sup>
Glifosato	3 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	3,9 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>

Promedios que no comparten la misma letra son significativamente diferentes al 5 %

- **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 (Figura 11) (Cuadro 8).



**Figura 11.** 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.

- **Commelinaceae**

A los 15 dda  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 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*, mientras que, el glifosato dañó de forma moderada el tejido de esta especie (Cuadro 8).

### *Efectos del flameo*

- **Poaceae**

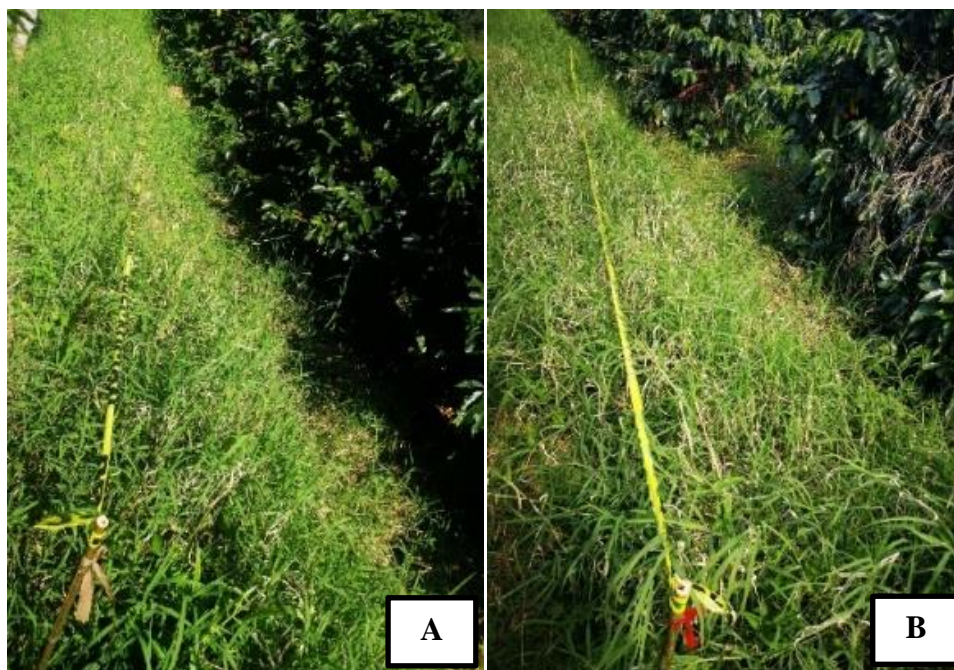
El flameo evaluado a los 10 dda produjo un daño de forma independiente del que causó el nitrato de amonio en las poáceas (Cuadro 6). Ambas dosis del flameo causaron un efecto fitotóxico leve, siendo innecesario el uso de una mayor dosis de este tratamiento (Cuadro 9) (Figura 12); las especies más abundantes en la parcela pequeña de flameo 1 y 2 fueron *Urochloa eminii* (Mez) Davidse, *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst y *Paspalum paniculatum* L. (Anexo 3)



**Cuadro 9.** Grado de daño promedio de Poaceae a los 10 días después de aplicación (dda) del flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre 2022.

Dosis de flameo (Kg/ha)	Promedio del grado de daño
0	1,7 <sup>b</sup>
60	2,5 <sup>a</sup>
120	2,4 <sup>ab</sup>

Promedios que no comparten la misma letra son significativamente diferentes al 5 %



**Figura 12.** Cobertura de Poaceae dañada a los 10 dda del flameo A) Dosis de 60 kg propano/ha. B) Dosis de 120 kg propano/ha. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre 2022.

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

Los parámetros químicos del suelo donde se ejecutó el experimento antes de aplicar el nitrato de amonio fueron los siguientes: 5,7 de pH, 0,22 cmol (+)/L de acidez, 5,5 cmol (+)/L de calcio, 1,52 cmol (+)/L de magnesio, 0,36 cmol (+)/L de potasio, 7,6 cmol (+)/L de capacidad

de intercambio de cationes efectiva, 3 % de saturación de acidez, 4 mg/l de fósforo, 3,2 mg/l de zinc, 5 mg/l de cobre, 70 mg/l de hierro, 7 mg/l de manganeso, una conductividad eléctrica de 0,2 mS/cm, 9,05 % de carbón, 0,84 % de nitrógeno y 12,9 % de materia orgánica. No fue posible recolectar el agua suficiente para obtener los contenidos de nitratos y amonios en el suelo, esto probablemente 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 tampoco alteraciones negativas en los valores del pH y la acidez a causa de la aplicación de ese fertilizante (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** 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.

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

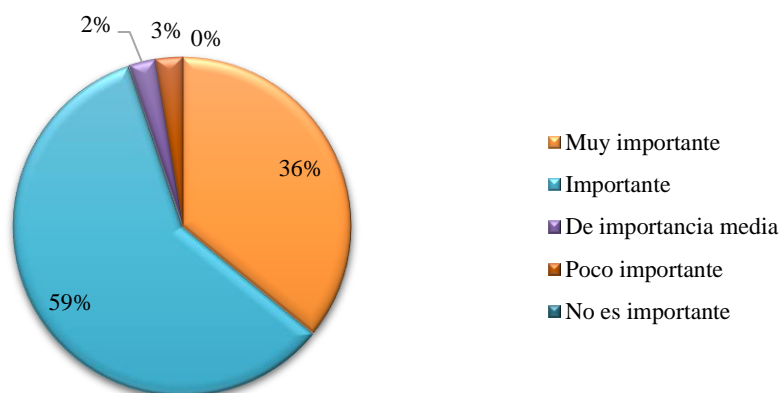
<sup>1</sup> capacidad de intercambio de Cationes Efectiva=Acidez+Ca+Mg+K.

<sup>2</sup> porcentaje de Saturación de Acidez=(Acidez/CICE) \*100.

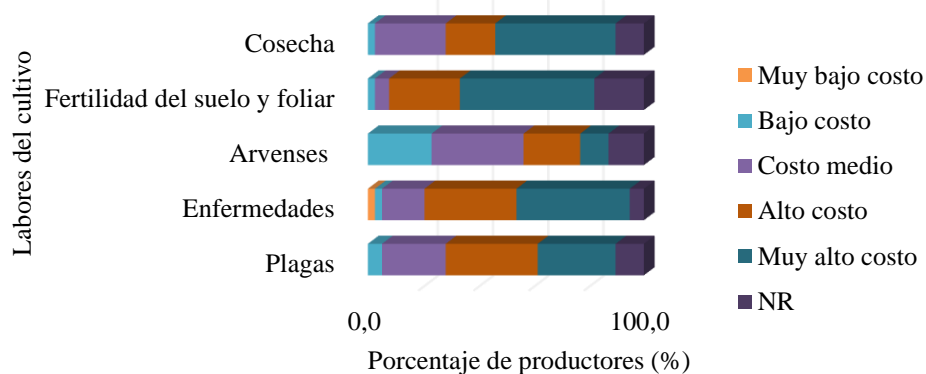
<sup>3</sup> materia orgánica = % C total \* 1,43.

## **Fase 2**

En la muestra evaluada se pudo constatar que los productores de café consideran que las arvenses juegan un papel importante en la productividad del café, seguidamente el mayor porcentaje de productores consideraron que estas plantas tienen un rol muy importante (Figura 13); no obstante, la mayoría de productores consideró que el manejo de estas especies es de costo medio, mientras que las labores de cosecha, fertilización y manejo de enfermedades implica un muy alto costo, también el costo de manejo de plagas se consideró como alto (Figura 14). Más de la mitad de los productores utilizan una combinación de la estrategia química con la mecánica (Figura 15). Los herbicidas de frecuente uso fueron paraquat y glifosato, sin embargo, el resto de los productores también consideró el glifosato se utiliza de forma poco frecuente, en general el resto de los herbicidas que se encuentran registrados para uso en café no son utilizados por los productores de la muestra (Figura 16). La gran mayoría de productores encuestados no utilizan coberturas vegetales en sus fincas de café (Figura 17), no obstante, la mayoría opinaron que estarían dispuestos a utilizarlas (Figura 18). La respuesta por parte de los productores fue positiva al consultar sobre el uso de un sustituto no tóxico para el manejo de arvenses, en lugar de herbicidas (Figura 19), sin embargo, el mismo porcentaje de productores opinó tanto que si estaría dispuesto a utilizar tratamiento con calor como que le es indiferente este tipo de manejo (Figura 20), por su parte, la gran mayoría estuvo dispuesta a utilizar un fertilizante con acción herbicida (Figura 21). Finalmente se pudo verificar que los productores de café desean recibir más orientación en el manejo de arvenses (Figura 22).

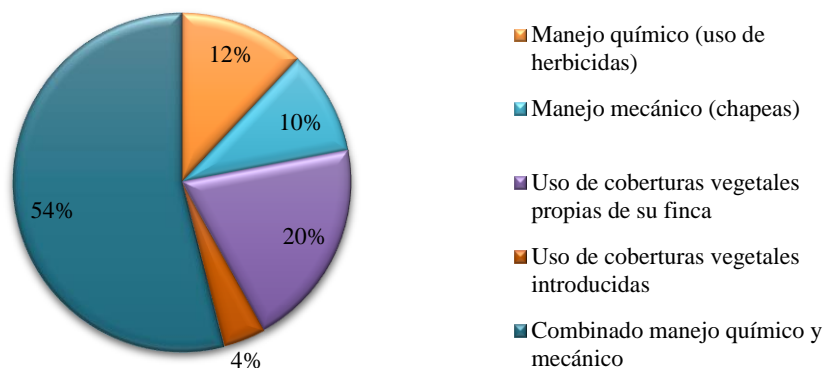


**Figura 13.** Porcentaje de productores de café que opinaron sobre el nivel de importancia de las arvenses en el sistema de producción de ese cultivo, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.

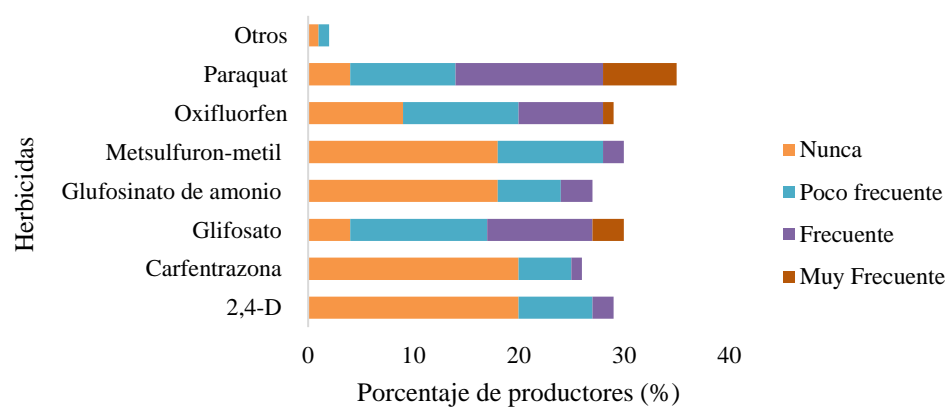


**Figura 14.** Porcentaje de productores de café que opinaron sobre el nivel de importancia de las labores del cultivo, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.

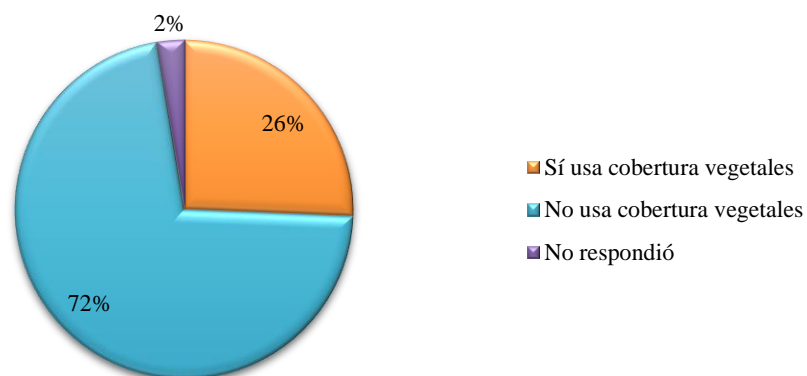




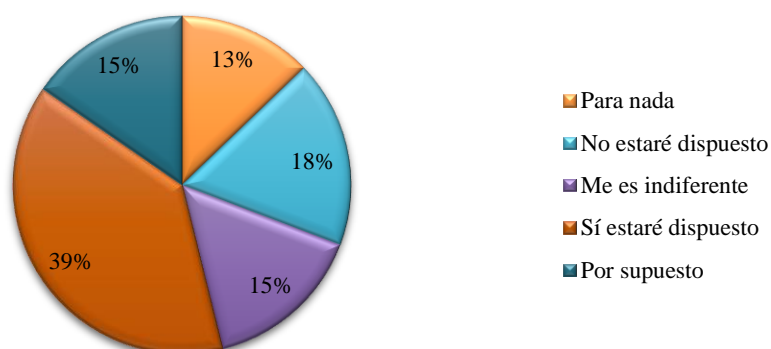
**Figura 15.** Porcentaje de productores de café que seleccionaron el tipo de manejo de arvenses utilizado, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.



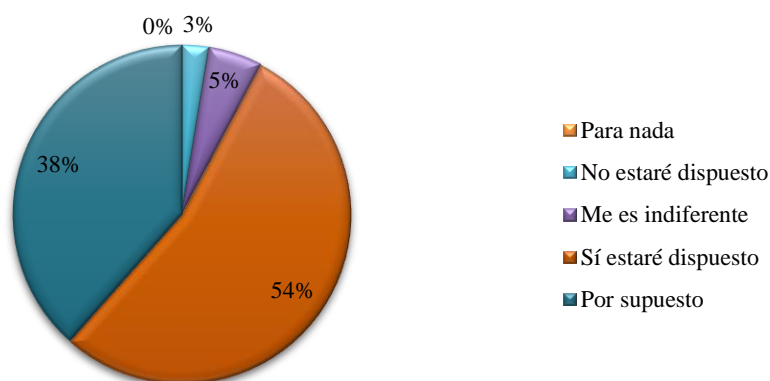
**Figura 16.** Porcentaje de productores de café que utilizan diferentes tipos de herbicidas, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.



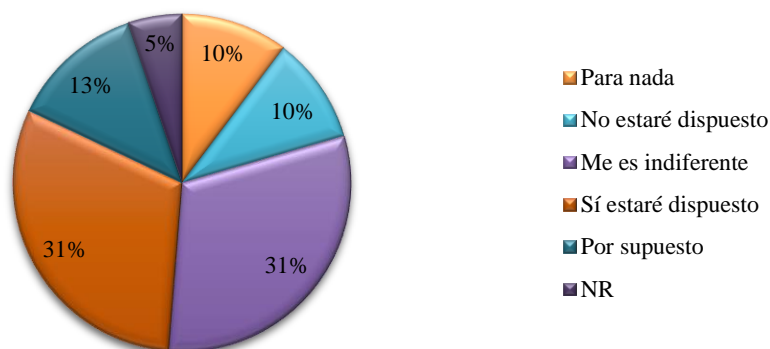
**Figura 17.** Porcentaje de productores de café que opinaron sobre el uso de coberturas vegetales en sus sistemas de producción del café, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.



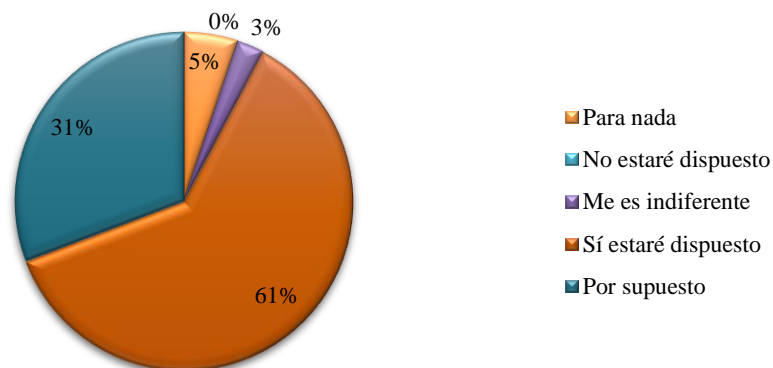
**Figura 18.** Porcentaje de productores de café que opinaron sobre la disposición del uso de coberturas vegetales en sus sistemas de producción del café, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.



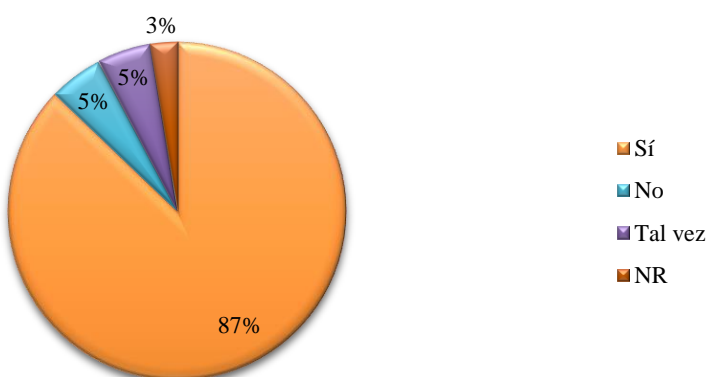
**Figura 19.** Porcentaje de productores de café que opinaron sobre la disposición del uso de un sustituto no tóxico para el manejo de arvenses, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.



**Figura 20.** Porcentaje de productores de café que opinaron sobre la disposición del uso de tratamiento con calor para el manejo de arvenses, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.



**Figura 21.** Porcentaje de productores de café que opinaron sobre la disposición del uso de un producto con acción herbicida y fertilizante a la vez, en una encuesta realizada para estudiar la percepción de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.



**Figura 22.** Porcentaje de productores de café que opinaron sobre la disposición de recibir orientación en el manejo de arvenses, en una encuesta realizada para estudiar la percepción

de Percepción de los productores de café respecto a la inclusión de prácticas propuestas en el manejo de arvenses. Coopronaranjo, Naranjo, Alajuela. Julio, 2023.

## DISCUSIÓN

El efecto conjunto de nitrato de amonio o glifosato con el flameo ocurrió en los tres tiempos de evaluación 25, 40, y 60 dda nitrato de amonio y 10, 26 y 45 dda del flameo, siendo efectivo en las dos primeras evaluaciones sobre Commelinaceae, esto sucedió cuando se hizo la combinación de glifosato y flameo. También, se determinó que, en la primera evaluación del efecto conjunto de ambos tipos de manejo, el nitrato de amonio a una dosis de 300 kg/ha potenció el efecto fitotóxico del flameo aplicado a 120 kg de propano/ha sobre las especies de hoja ancha (Cuadro 6 y 10). Pese a que en la última evaluación se detectó una sinergia entre ambos tipos de control sobre el porcentaje de cobertura de poáceas, no se pudo determinar la eficacia de la combinación del flameo con nitrato de amonio o glifosato, pues la menor cobertura de esta familia se encontró en la parcela sin nitrato con la dosis más alta de flameo (Cuadro 2 y 6).

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 (Nelson, 2008), por su parte, también tal producto perjudica la nutrición foliar y del suelo en sistemas de producción de café (Gómez, 2005; Galvis & Salazar, 2009). El glifosato posee enlaces de carbono-fósforo (C-P) que contaminan el suelo; además, la degradación de esta molécula da lugar a otras, entre ellas el ácido amino-metilfosfónico (AMPA), que trae efectos negativos para el ADN y ARNm de plantas y animales (Sviridov et al. 2015); afecta la microbiota del suelo, sobre todo aquellos microorganismos benéficos para las plantas (Conde, 2011). Pero otra de las razones y no menos importante por la cual el uso del glifosato como estrategia de combate de la *C. diffusa* no se considera sostenible, es

que su uso indebido causa daños en la salud humana, ya que existe un vínculo significativo entre la exposición al glifosato y un mayor riesgo a padecer de linfoma non-Hodgking, sobre todo en los individuos más expuestos a dicho herbicida y a los ingredientes con que este se formula (Zhang et al., 2019). Adicionalmente, en Costa Rica se determinó como el principal agente tóxico para la tentativa de suicidio con plaguicidas (Anchía et al. 2021).

Según Herrera y Picado (2023), el control eficaz de *C. diffusa* se puede alcanzar mediante el uso del herbicida preemergente metribuzin, pues su control post emergente con herbicidas como el glifosato no suele ser eficaz (Santos et al. 2001; Herrera y Picado, 2023), esto se debe a que esta especie se propaga de forma exitosa tanto asexual como sexual, la reproducción asexual ocurre mediante enraizamiento en los tallos, esquejes producidos a partir del tallo y fragmentos de la planta (Isaac et al. 2013), esto explica porque en este trabajo para la obtención de una mortalidad del 100 % de la especie fue necesaria la combinación del glifosato con el flameo, siendo afectada 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, 199; Knezevic y Ulloa, 2007), tal como la que posee *C. diffusa*. El uso de dos estrategias para el combate de la *C. diffusa* coincide con otros autores los cuales reportaron que para el manejo de esta especie se debe seguir un programa de manejo integrado de arvenses (Isaac et al. 2013). Aunque *C. diffusa* ha sido considerada como arvense noble en sistemas de café (Cubero, 1994; Herrera, 1997; alemán, 2004), puede constituir un riesgo potencial para el café, puesto que hospeda nematodos que son una plaga importante en ese cultivo (Peraza & Orozco 2018). 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, queda por determinar si es posible utilizar un herbicida menos impactante para el ambiente y la salud humana.

El uso de 300 kg/ha de nitrato de amonio en conjunto con flameo a 120 kg/ha a los 25 y 10 dda, respectivamente, produjo una sintomatología moderada en las arvenses de hoja ancha, en estas plantas se pudo observar una clorosis generalizada y posterior necrosis del tejido interceptado por ambos tratamientos, este efecto no perduró en la última evaluación, pues las plantas se recuperaron, las razones por las cuales el efecto conjunto de ambos tratamientos no fue persistente es que: 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, como sucede cuando se utiliza un herbicida sistémico (Anzalone, 2005; Senseman, 2007; 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 encontrado en este trabajo coincide con lo reportado por Bitterlich et al. (1996) quienes determinaron que las plantas de 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, en el presente trabajo el nitrato de amonio causó un daño leve, posteriormente, con el flameo el daño fue mayor, pero en conjunto ninguno de los dos tratamientos produjo la muerte de las plantas.

Segundo, la eficacia de ambos tratamientos pudo estar influenciada por la edad de las plantas aplicadas, pues el control térmico disminuye cuando las plantas se encuentran en etapas más avanzadas (Kolberg & Wiles, 2002; Rifai et al 2002; Astatkie et al. 2007), en este trabajo las plantas se encontraban en posemergencia tardía, al hacer la aplicación conjunta las plantas tenían alrededor de 30-40 cm de altura. En cuanto a la influencia del tratamiento con nitrato de amonio y la edad de la planta también está registrado, ya que una planta con mayor crecimiento será menos susceptible a la aplicación de nitrato de amonio (Agamalian, 1988; Bitterlich et al. 1996).

Tercer factor, la densidad 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 (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  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (Cuadro 6 y 11), 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  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (Cuadro 6 y 11). Si bien 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 (Cuadro 6 y 11). Las razones por las cuales el efecto de nitrato de amonio solo causó un daño inicial sobre Commelinaceae y hoja ancha pueden deberse a que este compuesto actúa por contacto (Agamalian, 1988; Bitterlich et al. 1996), en caso de *C. diffusa* es una especie que produce propágulos asexuales lo que le permite perpetuarse en el campo (Isaac et al. 2013), en las hojas anchas el efecto inicial fue más severo con la mayor dosis (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, sin embargo, el volumen de aplicación fue de 800 l/ha (Bitterlich et al. 1996), en comparación con el volumen empleado en la presente investigación que fue de 364,33 l/ha, esto explicaría la menor eficacia encontrada en este trabajo, ya que, los herbicidas que actúan por contacto deben mojar por completo el tejido susceptible de planta y por ello se recomienda un mayor volumen de agua versus los herbicidas que son sistémicos que pueden ser efectivos cuando se utiliza un bajo volumen, debido a que el producto se transloca en la planta (Espinoza, 1981), sin embargo, el bajo nivel de grado de daño con nitrato de amonio encontrado en este estudio también fue reportado en otra investigación pero con el uso de otra fuente de nitrógeno a base de nonanoato de amonio (ácido octano-1-carboxílico, sal de amonio), la cual no produjo eficaz control de especies de hoja ancha, los autores mencionaron que se debe que herbicidas naturales con acción disruptiva de la membrana celular suelen tener baja



eficacia (Johnson y Luo, 2018). En otra investigación con nonanoato de amonio se produjo un mayor daño en hojas anchas que en hojas angostas (Webber et al. 2010), esto coincide con lo que se pudo contrastar en el presente trabajo, ya que las poáceas no fueron dañadas por el nitrato de amonio, lo cual se debe a que este tipo de plantas poseen hojas en disposición vertical lo cual dificulta la llegada del producto al punto de crecimiento, limitando su eficacia, siendo necesaria la aplicación a plantas Poáceas con tamaño pequeño que puedan tener expuesto el meristema apical (Webber et al. 2010)

Respecto al efecto independiente del flameo (sin nitrato de amonio), este tratamiento térmico solamente fue significativo en el porcentaje de cobertura y el daño de especies de poáceas (Cuadro 2 y 6), esto sucedió a los 10 dda del flameo, siendo la dosis de 60 kg/ha la óptima, sin embargo, con dicha dosis no se obtuvo un porcentaje de cobertura menor al testigo (Cuadro 5), pero si un mayor daño al compararlo con este (Cuadro 9). No obstante, el daño en poáceas no persistió; también en otros reportes el flameo fue menos efectivo a especies de hoja angosta (Knezevic y Ulloa, 2007; Datta y Knezevic, 2013), en este trabajo las poáceas que se dañaron tuvieron expuesta la lámina foliar debido a que el tamaño de estas fue de alrededor de 40 cm y por lo tanto solo presentaron una clorosis inicial a los 10 dda del flameo (Figura 12), al no existir un daño en su punto de crecimiento, no pudieron controlarse efectivamente con el flameo, este efecto fue reportado por Datta y Knezevic, (2013), por lo que estos autores recomiendan dos aplicaciones de flameo a especies que tengan un tamaño menor a 8 cm de altura y con 1 a 6 hojas. Además, otros autores reportaron que las especies de poáceas deben ser aplicadas con mayores dosis de flameo (Knezevic y Ulloa, 2007), sin embargo, en este trabajo la mayor dosis no implicó un daño más severo en las especies de poáceas predominantes.

Los productores de café encuestados opinaron que el costo de manejo de plantas arvenses es medio (Figura 14), lo cual podría estar asociado a que la mayoría de estos utiliza una estrategia combinada para el manejo de arvenses control químico y mecánico, además un 20 % de la muestra evaluada utiliza coberturas vegetales propias de la finca como parte de la

estrategia de control (Figura 15), según Rivera (1999) el manejo integrado de arvenses podría implicar un menor costo económico para la producción de café.

El paraquat y el glifosato fueron los herbicidas que los productores encuestados utilizan de forma frecuente en sus fincas de café, pero el mayor porcentaje de caficultores seleccionó el paraquat como herbicida de uso frecuente y muy frecuente (Figura 16). A diferencia del glifosato, el paraquat es un herbicida con acción de contacto, el cual solamente tiene eficacia sobre el tejido que es interceptado y no se transloca en la planta como si ocurre con el glifosato (Anzalone, 2005; Senseman, 2007; IRET, 2020), la preferencia de la muestra hacia este tipo de modo de acción aporta información relevante para el presente estudio, pues el nitrato de amonio también actúa por contacto por lo que su uso quizás sea aceptado por parte de los productores, adicionalmente, se pudo constatar que estos tuvieron una respuesta positiva al uso de un producto herbicida con acción combinada con fertilizante (Figura 21).

Sobre el uso de coberturas vegetales, el mayor porcentaje de productores opinó que no son utilizadas (Figura 17), no obstante, estarían dispuestos a utilizarlas (Figura 18), otros autores encontraron similares resultados, determinando que los productores de tres cultivos perennes tuvieron disposición a utilizar coberturas vegetales, pero que se requiere una labor de capacitación para aumentar el conocimiento en la temática de coberturas Gómez et al. (2017); hubo un alto porcentaje de respuestas afirmativas hacia la capacitación en el área de arvenses (Figura 22), lo cual podría ser beneficioso para las actividades de transferencia.

A pesar de que el mayor porcentaje estuvo de acuerdo con el uso de un sustituto no tóxico para el manejo de arvenses (Figura 19), cuando se consultó sobre la utilización de calor para ese fin un mismo porcentaje opinó tanto que le es indiferente como que estaría de acuerdo en usar el tratamiento térmico (Figura 20); el flameo es una tecnología en estudio para el control de arvenses en Costa Rica, solamente se encontraron dos reportes de su investigación en el país (Hernández, 2019; Olivo & Vega, 2015), por lo que se asume que los productores desconocen el uso de propano como método de control de arvenses.

## CONCLUSIONES.

Se pudo comprobar el efecto potenciador de nitrato de amonio y flameo en el control de las especies de hoja ancha con la mayor dosis de ambos tipos de control, no obstante, el daño no perduró, por otra parte, que hubo sinergia cuando se combinó el glifosato con el flameo para el control exitoso de *C. diffusa*. La dosis más eficaz del flameo fue a 60 kg/ha a pesar de esto, no hubo diferencias entre el porcentaje de cobertura de poáceas al utilizar las tres dosis de propano (0, 60 y 120 kg/ha), sin embargo, tal dosis produjo efectos leves a moderados en esta familia. El nitrato de amonio aplicado a 300 kg/ha produjo síntomas moderados a las especies de hoja ancha, no obstante, el efecto no perduró a los 60 dda, pues las plantas se recuperaron. Las aplicaciones con ese fertilizante en este estudio no modificaron los parámetros químicos evaluados del suelo como pH, contenido de elementos y conductividad eléctrica. Los productores de café que fueron encuestados tuvieron mayor disposición al uso de nitrato de amonio en comparación con la implementación del flameo como parte de la estrategia de manejo de arvenses.

## RECOMENDACIONES

- El flameo y el nitrato de amonio podrían funcionar como nuevas opciones para el manejo de arvenses, principalmente de hojas anchas, sin embargo, para potenciar el efecto de ambos tipos de manejo, se podrían realizar futuras pruebas en plantas de ese tipo con estadíos de emergencia más jóvenes.
- El flameo combinado con un herbicida sistémico podría ser una opción para el manejo efectivo de la *C. diffusa*.
- El uso de nitrato de amonio podría ser una opción para el manejo de especies de hoja ancha, no obstante, para su mayor eficacia estas deben encontrarse en un estadio de emergencia joven y en condición de baja cobertura.
- El uso de flameo podría constituir una alternativa para reducir la cobertura de Poaceae.

## **IMPICACIONES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Los productores agrícolas de café han sufrido la baja en los precios del grano debido al mercado mundial, además, la producción del cultivo del café está amenazada por el cambio climático. Las arvenses son un componente más en la producción del café, pero éstas plantas tienen múltiples funciones positivas en el agroecosistema, sin embargo, aquellas plantas cuyo efecto es negativo para el café deben manejarse. La búsqueda de nuevas opciones para el manejo de arvenses debe realizarse basadas en la sostenibilidad ambiental, social y económica. Cuando se aplica una única estrategia de manejo fitosanitario en un cultivo se desencadenan otros problemas colaterales, tal es el caso del uso repetido de herbicidas, aunque son productos de gran utilidad, dentro de un programa de manejo de arvenses estos deben utilizarse de forma complementaria a otras estrategias y no recurrir a su uso indiscriminado, puesto que esto ha causado contaminación del ambiente y daños a la salud de las personas. La investigación de nuevas estrategias para manejar problemas fitosanitarios incluyendo las arvenses es un aspecto muy importante para llegar a producir alimentos de forma sostenible. Las secuelas de una revolución verde y los paradigmas que pregonan que sin agroquímicos no se puede producir de forma rentable deben cambiar, el futuro de la agricultura debe ser basada en una agricultura regenerativa, que conserve los recursos biológicos, pero a su vez que se haga un uso eficiente para otorgar una actividad económica rentable a los productores agrícolas y ofrezca un ambiente de calidad a las comunidades vecinas y personas implicadas en la actividad cafetalera.

## LITERATURA CITADA

- Acuña-Ortega, V. H. (1984). Clases y conflicto sociales en la economía cafetalera costarricense: productores contra beneficiadores: 1932-1936. *Avance de Investigación*, 10.
- Adams, M., & Ghaly, A. E. (2007). Maximizing sustainability of the Costa Rican coffee industry. *Journal of Cleaner Production*, 15 (17), 1716-1729. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.08.013>
- Agamalian, H. (1988). Weed control in crucifer crops with nitrogen fertilizers. *California Agriculture*, 42(6), 16-17.
- Agüero-Alvarado, R., Rodríguez-Ruiz, A. M., González-Lutz, M. I., Portuguez-García, P., & Brenes-Prendas, S. (2018). Abundancia y cobertura de arvenses bajo manejo convencional y orgánico de café y banano. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 85-93. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.28053> 58
- Alemán Zeledón, F. (2004). *Manejo de arvenses en el trópico*. Universidad Nacional Agraria.
- AL-Kanani, T., Mackenzie, A.F. & Blenkhorn, H. (1990). The influence of formula modifications and additives on ammonia losses from surface-applied urea-ammonium nitrate solutions. *Fertilizer Research* 22, 49–59 <https://doi.org/10.1007/BF01054807>
- Altieri, M. (1995). Bases y estrategias agroecológicas para una agricultura sustentable. *Agroecología y Desarrollo*, 8(9), 21-30.
- Altieri, M. A. (2016). Los quelites. *Leguminosas y plantas silvestres en la alimentación y la agricultura*. *Leisa Revista de agroecología*, 32(2), 28.
- Altieri, M. A., Ponti, L., & Nicholls, C. I. (2007). El manejo de las plagas a través de la diversificación de las plantas. *Leisa Revista de agroecología*, 22(4), 9-13.

ANACAFE (Asociación Nacional del Café). (2020). Guía de variedades de café. ANACAFE. 3 ed. Guatemala. 55p.

Anchía-Jiménez, G., Chaverri-Vásquez, S., Cordero-Solís, J. J., & Mora-López, I. (2021). Intoxicaciones agudas con pesticidas para fines suicidas en Costa Rica durante la década de 2010-2020. *Medicina Legal de Costa Rica*, 38(1), 131-145.

Anzalone, A. (2005). Herbicidas. Modos y mecanismos de acción. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

Arcila, J., Buhr, L., Bleiholder, H., Hack, H., & Wicke, H. (2001). *Aplicación de la escala BBCH ampliada para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café Coffea sp.*

Arcila, J., Farfan, F., Moreno, A. M., Salazar, L. F., & Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. <https://cutt.ly/lvSQMkw>

Arias, A. C., & Murillo, M. (2014). Las sociedades ancestrales del Valle Central de la actual Costa Rica (1000 aC-1550 dC). *Revista de Historia*, (70), 197-226.

Arias, E., Sadeghian, S., & Mejía, B. (2009). Lixiviación del nitrógeno en algunos suelos de la zona cafetera y su relación con la textura. *Cenicafé* 60 (3), 239-252.

Ascard, J. (1995). *Thermal weed control by flaming: biological and technical aspects* (Doctoral dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences). 59

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>

Ávila, J. P., Canul, R. P., & Sansores, A. C. (2002). Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. *Ingeniería*, 6(3), 73-81.

Baker, H. G. (1974). The evolution of weeds. *Annual review of ecology and systematics*, 5(1), 1-24.

Bellamy, A. S. (2011). Weed control practices on Costa Rican coffee farms: Is herbicide use necessary for small-scale producers? *Agriculture and Human Values*, 28(2), 167–177. <https://doi.org/10.1007/s10460-010-9261-2>

Bertsch Hernández, F. (1998). *La fertilidad de los suelos y su manejo* (No. P35/6458). Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, San José (Costa Rica).

Bitterlich, I., Upadhyaya, M. K., & Shibairo, S. I. (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>

Blanco, Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56.

Burrell, A. (2011). ‘Good Agricultural Practices’ in the Agri-Food Supply Chain. *Environmental Law Review*, 13(4), 251–270. <https://doi.org/10.1350/enlr.2011.13.4.251>

Butlin, J. (1989). Our common future. By World commission on environment and development. (London, Oxford University Press, 1987, pp.383. *Journal of International Development*, 1(2), 284-287.

Canet, G. (1993). Evolución de la caficultura costarricense y situación actual de la actividad:(enfoque a nivel nacional y mundial). In 9. *Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales 18-22 Oct 1993 San José (Costa Rica)* (No. 630.97286 C749a 1993). Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, San José (Costa Rica).

Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA). (2021) *Suelos Costa Rica* [Aplicación móvil]. Google Play.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.techbitecr.sueloscr&hl=es&gl=US> 60

Cerón, L.E. & Aristizábal, F. A. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista colombiana de Biotecnología*, 14(1), 285-295.

Cha, E. S., Lee, Y. K., Moon, E. K., Kim, Y. B., Lee, Y. J., Jeong, W. C., & Lee, W. J. (2012). Paraquat application and respiratory health effects among South Korean farmers. *Occupational and environmental medicine*, 69(6), 398-403. <http://dx.doi.org/10.1136/oemed-2011-100244>.

Chain, A., Martínez, M. R., Cárdenas, J. M., Vílchez, S., y Harvey, C. A. (2019). Uso de prácticas de Adaptación basada en Ecosistemas por pequeños cafetaleros en Centroamérica. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 1-18.

Cherr, C. M., Scholberg, J. M. S., & McSorley, R. (2006). Green manure approaches to crop production: A synthesis. *Agronomy journal*, 98(2), 302-319. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0035>

Cisneros, J. J., & Zandstra, B. H. (2008). Flame weeding effects on several weed species. *Weed Technology*, 22(2), 290-295. <https://doi.org/10.1614/WT-07-113.1>

Conde, A. P. (2011). Efecto del glifosato sobre comunidades microbianas benéficas y patógenas del suelo en Uruguay. [Maestría, disertación Universidad de la República (Uruguay)]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/4130>

Constantino, L. M., Flórez, J. C., Benavides, P., y Bacca, R. (2013). Minador de las hojas del café: Una plaga potencial por efectos del cambio climático. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).



Constantino, L. M., Gil, Z. N., Jaramillo, A., Benavides, P., y Bustillo, A. E. (2011, July). Efecto del cambio y la variabilidad climática en la dinámica de infestación de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en la zona central cafetera de Colombia. In Proceedings, Simposio: Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN (pp. 27-29).

Cooperación Técnica y Financiera de Alemania (GTZ). (2010). El cambio climático influye en la agricultura, la agricultura influye en el cambio climático. GTZ. Recuperado: <http://www.riesgoycambioclimatico.org/biblioteca/archivos/DC1010.pdf> 61

Córdoba Barón, J. C., & Patiño Bocanegra, A. M. P. (2019). Análisis del aporte de las arvenses a la dinámica nutricional del suelo en tres sistemas productivos de café en el municipio del Libano (Tolima). [Maestría disertación, Universidad de Manizales] <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/3578>

Cubero Fernández, D. (1994). Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. (2. edición. ed.). San José, C.R.: EUNED.

Danso, S. K. A., & Curbelo, S. (1991). Herbage yield and nitrogen-fixation in a triple-species mixed sward of white clover, lotus and fescue. *Soil Biology and Biochemistry*, 23(1), 65-70. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(91\)90163-E](https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90163-E)

Datta, A., & Knezevic, S. Z. (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>

De la Cruz, R., Rojas, E., Lobón, H., & Burgos, C. (2001). El papel de las malezas en la reducción de la lixiviación de nutrientes en cultivos de banano en el trópico húmedo. *Manejo Integrado de Plagas*, 62, 29-37.

Descamps, P. (2017). Técnicas para la producción sostenible de café frente al cambio climático (No. F08/10929). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, San José (Costa Rica).

Durán, B., Malavassi, D. C., Ledezma, H., & Muñoz, R. (2013). Uso de plaguicidas en cultivos agrícolas Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

Echegoyén, P. (1994). Acción conjunta del paraquat y el 2,4-D en malezas asociadas al café en Costa Rica. Tesis sometida para optar por el Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 136p.

Espinoza, N. (1981) *Control químico de malezas. Equipos, calibración, aplicación de herbicidas* (No. 83-874339. CIMMYT.).

Estrada-Botello, M. A., Nikolskii-Gavrilov, I., Mendoza-Palacios, J. D., Cristóbal-Acevedo, D., de La Cruz-Lázaro, E., Brito-Manzano, N. P., Bakhlaeva-Egorova, O. (2007). Lixiviación de nitrógeno inorgánico en un suelo agrícola bajo diferentes tipos de drenaje en el trópico húmedo. *Universidad y ciencia*, 23(1), 1-13. 62

Euromonitor International. (2009). “Hot Drinks Performance in the Face of Recessionary Pressure”. Recuperado de: <https://www.businesswire.com/news/home/20091103005906/en/Research-Markets-Hot-Drinks-Performance-Face-Recessionary>

Fernández, C., & González, J.L. (2017). *Las malas hierbas* (Vol. 86). Los libros de la Catarata. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Fernández, O. A. (1982). Manejo integrado de malezas. *Planta Daninha*. <https://doi.org/10.1590/s0100-83581982000200010>

- Fernández-Cornejo, J., Nehring, R., Osteen, C., Wechsler, S., Martin, A., & Vialou, A. (2011). Pesticide use in U.S. agriculture: 21 selected crops, 1960-2008. *Agricultural Pesticides: Usage Trends and Analysis of Data Sources*, 1–102. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2502986>
- Forero, R. 2005. Agricultura y Ganadería Tropical. IICA, 33. chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/[https://www.rds.org.co/aa/img\\_upload/aea709feb9d6e6499a219fa83c2c5451/Agricultura\\_y\\_Ganader\\_a\\_Tropical\\_1.pdf](https://www.rds.org.co/aa/img_upload/aea709feb9d6e6499a219fa83c2c5451/Agricultura_y_Ganader_a_Tropical_1.pdf)
- Fuka, M. M., Engel, M., Hagn, A., Munch, J. C., Sommer, M., & Schloter, M. (2009). Changes of diversity pattern of proteolytic bacteria over time and space in an agricultural soil. *Microbial ecology*, 57(3), 391-401 <https://doi.org/10.1007/s00248-008-9416-5>
- Galvis, C. A., & Salazar, L. F. (2013). *Identifique y prevenga los daños en cafetales por herbicidas*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- García, F., García, P., & Gil, M. (2011). Operaciones básicas y servicios en bar y cafetería. Editorial Paraninfo. 265p.
- García, M., Cañizares, A., Salcedo, F., & Guillén, L. (2000). Un aporte a la determinación del período crítico de interferencia de malezas en cafetales del estado Monagas. *Bioagro*, 12(3), 63-70.
- Gay, C., Estrada, F., Conde, C., Eakin, H., and Villers, L. (2006). Potential impacts of climate change on agriculture: A case of study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change*, 79(3-4), 259-288.
- Gianessi, L. P., & Reigner, N. P. (2007). The Value of Herbicides in U.S. Crop Production. *Weed Technology*, 21(2), 559–566. <https://doi.org/10.1614/wt-06-130.1> 63

Gobbi, J. A. (2000). Is biodiversity-friendly coffee financially viable? An analysis of five different coffee production systems in western El Salvador. *Ecological Economics*, 33(2), 267-281.

Gómez, R. G. (2005). Efecto del control de malezas con paraquat y glifosato sobre la erosión y pérdida de nutrimentos del suelo en cafeto. *Agronomía Mesoamericana*, 16(1), 77-87.

Gómez-Gómez, R., González-Lutz, M. I., Agüero-Alvarado, R., Mexzón-Vargas, R., Herrera-Murillo, F., & Rodríguez-Ruiz, A. M. (2017). Conocimiento sobre coberturas vivas y disposición a utilizarlas por productores de varios cultivos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 489-497. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23403>

González, M. R. M., Padrino, M. V. C., Ramírez, E. M., y García, M. F. (2005). Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura. *Ingeniería de recursos naturales y del ambiente*, (4), 14-18.

Granados, C. (2004). El impacto ambiental del café en la historia de costarricense. *Revista electrónica de historia*, 44 (2)

Gudmundson, L. (2010). *Costa Rica antes del café*. EUNED. San José, Costa Rica. 312 p.

Guido Cruz, F., & Castro Sánchez, S. (2007). Crisis cafetalera y condiciones de vida. Pequeños y medianos productores de café en San Ramón, Alajuela, Costa Rica. *Pensamiento Actual*, 7(8), 9-18.

Hai, B., Diallo, N. H., Sall, S., Haesler, F., Schauss, K., Bonzi, M., & Schloter, M. (2009). Quantification of key genes steering the microbial nitrogen cycle in the rhizosphere of sorghum cultivars in tropical agroecosystems. *Applied and environmental microbiology*, 75(15), 4993-5000. <https://doi.org/10.1128/AEM.02917-08>

Hall, C., & Gutiérrez, J. M. (1976). *El café y el desarrollo histórico-geográfico de Costa Rica*. San José: Editorial Costa Rica.

- Harper, C. R., & Zilberman, D. (1992). Pesticides and Worker Safety. *American Journal of Agricultural Economics*, 74(1), 68–78. <https://doi.org/10.2307/1242991> 64
- Hartemink, A. E., Janssen, B. H., Buresh, R. J., & Jama, B. (1996). Soil nitrate and water dynamics in Sesbania fallows, weed fallows, and maize. *Soil Science Society of America Journal*, 60(2), 568-574.
- Hartwig, N. L., & Ammon, H. U. (2002). Cover crops and living mulches. *Weed science*, 50(6), 688-699. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0688:AIACCA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0688:AIACCA]2.0.CO;2)
- Henríquez C., Cabalceta G. (1999). Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque Agrícola. ACCS. 1 ed. San José, Costa Rica. 111 p.
- Hernández Zúñiga, K. G. (2019). *Evaluación de diferentes alternativas para el manejo sostenible de malezas en el cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum), bajo el sistema de producción orgánico*. [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad de Costa Rica.
- Herrera, E. (1985). Los inmigrantes y el poder en Costa Rica. *Revista de historia*, (11), 131-159.
- Herrera, F. (1997). Plantas invasoras y su potencial de uso en agricultura tropical: coberturas en café (*Coffea arabica*) y banano (*Musa acuminata*). *BOLTEC* 30(1): 51-61.
- Herrera-Murillo, F., & Picado-Arroyo, G. (2023). Evaluación de herbicidas preemergentes para el control de arvenses en camote. *Agronomía costarricense*, 47(1): 59-71.
- Hilje, L. (2018). El poró en la historia de la caficultura costarricense. *Revista Herencia*, 31(1), 169-232. <https://doi.org/10.15517/H.V31I1.34078>
- Hincapié, G., E., Salazar, G., L. F. (2007). Manejo integrado de arvenses en la zona cafetera central de Colombia. *Avances Técnicos, CENICAFE*. 359:1-12.

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.

ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). (2011). Guía técnica para el cultivo del café. ICAFFE.1 ed. Heredia, Costa Rica. 72p.

ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). (2015, Marzo). Las 8 Regiones Cafetaleras. <http://www.icafe.cr/>

ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). (2021, Noviembre 21). *Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica*. Recuperado Abril 13, 2022, de [http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion\\_mercado/informes\\_actividad/actual/Informe%20Actividad%20Cafetalera.pdf](http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/informes_actividad/actual/Informe%20Actividad%20Cafetalera.pdf) 65

Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas (IRET). (2020, noviembre). Manual de Plaguicidas de Centroamérica. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>

International Coffee Organization. (OIC) (2021, 6 de mayo). *History*. [https://www.ico.org/icohistory\\_e.asp?section=About\\_Us](https://www.ico.org/icohistory_e.asp?section=About_Us)

Isaac, W. A., Gao, Z., & Li, M. (2013). *Managing Commelina species: Prospects and limitations*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/55842>

Jiménez, P. (1991). *Análisis del comportamiento de la actividad cafetalera en Costa Rica; período 1980-1991* (No. 633.7397286 J61). Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José (Costa Rica). Dirección General de Sanidad Vegetal. Convenio Costarricense Alemán (GTZ).

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>

Kiiski, H. (2009). *Properties of ammonium nitrate based fertilisers*. [Doctoral dissertation, University of Helsinki] <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/21085>

Klingman, G., & Ashton, F. (1975). *Weed science: Principles and practices* (1.st ed.). Nueva York: Willey.

Knezevic, S.V. (2018). Flame weeding techniques. En Zimdahl, R. (Ed.) *Fundamentals of Weed Science* (Fifth ed). Burleigh Dodds Science Publishing Limited. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2017.0025.16>

Kolberg, R. L., & Wiles, L. J. (2002). Effect of steam application on cropland weeds. *Weed Technology*, 16(1), 43-49. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0043:EOSAOC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2002)016[0043:EOSAOC]2.0.CO;2)

Kremer, R. J., Ervin, D., & Jussaume, R. (2014). Environmental Implications of Herbicide Resistance: Soil Biology and Ecology Published by: *Cambridge University Press on behalf of the Weed Science Society of America Stable*, 62(2), 403–414. <https://doi.org/10.1614/WS-D->

Labrada, R. (2007). *Recomendaciones para el manejo de malezas*. Roma, Italia: FAO.

Labrador, J. (2008). Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica. *SEAE-Sociedad Española de Agricultura Ecológica*, 1-47. [chrome-66 extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/MENEJO-DEL-SUELO-AGROECOLOGICA.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/MENEJO-DEL-SUELO-AGROECOLOGICA.pdf)

Läderach, P., Hagggar, J. P., Lau, C., Eitzinger, A., Ovalle Rivera, O., Baca, M., & Lundy, M. (2011). *Café mesoamericano: Desarrollo de una estrategia de adaptación al cambio climático*.

Política en Síntesis No. 2. Cali, Colombia: International Center for Tropical Agriculture (CIAT).

Lee, K., Maria, E. P., Koivunen, S. M. E., Gee, S. J., Hammock, B. D., Beckett, L. A., & Schenker, M. B. (2009). *Occupational paraquat exposure of agricultural workers in large Costa Rican farms*. 455–462. <https://doi.org/10.1007/s00420-008-0356-7>

Loch, R. J. (2000). Effects of Vegetation Cover on Runoff and Erosion under Simulated Rain and Overland Flow on a Rehabilitated Site on the Meandu Mine, Tarong, Queensland. *Australian Journal of Soil Research*, 38: 299-312.

Loll, M. J., & Bollag, J. M. (1983). Protein transformation in soil. *Advances in Agronomy*, 36, 351-382.

López, H. E. F., de la Mora Orozco, C., Corral, J. A. R., & Durán, Á. A. C. (2013). Efecto de la cobertura de suelo de tres cultivos sobre la erosión hídrica. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 12(1), 19-25.

López, M. L., & Umaña, W. P. (2012). Plantas, fertilizantes y transición energética en la caficultura contemporánea de Costa Rica. Bases para una discusión. *Revista de Historia*, (65-66), 17-51.

Loría, R. (2012). Los límites socioculturales al espacio de recolectores inmigrantes del café. *Reflexiones*, 91(1), 255–263.

Marín, G., & Soto, G. (2002). Caficultura orgánica como alternativa a la crisis. *Manejo Integrado de Plagas*, 63, 104-108

McCook, S. (2009). La roya del café en Costa Rica: epidemias, innovación y medio ambiente, 1950-1995. *Revista de Historia*, 59-60, 99-117. 67



- Meléndez, G., Soto, G. (2003). *Memoria taller de abonos orgánicos*. Disponible chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf
- Menalled, F. D. (2010). Programas De Manejo Integrado De Malezas. *Agroecología*, 73–78. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/160581/140441>
- Mitcham, C. (1995). The concept of sustainable development: Its origins and ambivalence. *Technology in Society*, 17(3), 311-326.
- Molina, I. (1987). *El País del Café. Génesis y Consolidación del Capitalismo Agrario en Costa Rica. (1821-1890)*. Universidad de Costa Rica.
- Molina, I. (1993). Los pequeños y medianos caficultores, la historia y la nación. Costa Rica (1890-1950). *Caravelle (1988)*, 61-73.
- Montero-Mora, A. (2018). *Café, Revolución Verde, regulación y liberalización del mercado: Costa Rica (1950-2017)* [Doctoral disertación], Universidad de Barcelona.
- Mora, N. (2008). Agrocadena de café. *Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección Regional Huetar Norte*. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-9314.pdf>.
- Mora, S; Quirós Y. (2019). Boletín Estadístico Agropecuario №29 |Serie Cronológica 2015-2018. *Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria*.
- Mortvedt, J. J. (2001). Calculating salt index. *Fluid J*, 9(2), 8-11.
- Naciones Unidas. (S.f.). Objetivos de desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Naranjo, C. (1997). La primera modernización de la caficultura costarricense (1890-1950). *Revista de Historia*, 36, 79-105.

National Research Council. (1988). *Biodiversity*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/989>.

Nelson, S. C. (2008). *Glyphosate herbicide injury to Coffee*. University of Hawai at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Cooperative Extension Service. 68

Nkrumah, M., Griffith, S. M., Ahmad, N., & Gumbs, F. A. (1989). Lysimeter and field studies on  $^{15}\text{N}$  in a tropical soil: I. Applied  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}-^{15}\text{N}$  and the movement of  $\text{NO}_3-^{15}\text{N}$  in a loam soil: The effect of initial soil moisture content on infiltration rate. *Plant and Soil*, 3-12. <https://doi.org/10.1007/BF02203075>

Núñez, M. Á. (2000). *Manual de técnicas agroecológicas* (1ra ed). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/IldefonsoPla/publication/48216162\\_Manual\\_de\\_tecnicas\\_agroecologicas/links/00b4953b5c48b219bb000000/Manual-de-tecnicas-agroecologicas.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/IldefonsoPla/publication/48216162_Manual_de_tecnicas_agroecologicas/links/00b4953b5c48b219bb000000/Manual-de-tecnicas-agroecologicas.pdf)

Olivo Rodríguez, B., & Vega Vargas, K. E. (2015). *Evaluación del efecto de flameo como control alternativo de Rottboellia cochinchinensis en el trópico húmedo de Costa Rica*. [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad EARTH

Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura (FAO). (2008). Recomendaciones para el manejo de malezas. 1, 1–61. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0884s/a0884s00.pdf>

Peraldo, G., & Rojas, E. (1998). La deslizable historia del ferrocarril al Caribe de Costa Rica. *Anuario de Estudios Centroamericanos*, 97-128.

Peraza-Padilla, W., & Orozco-Aceves, M. (2018). Evaluación de arvenses como hospedantes alternos de nematodos fitoparásitos en cafetales en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 201-214. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.28078>

Pérez-Solano, V. M. (1975). *Veinticinco años de investigación sistemática del cultivo del café, 1950-1975* (No. 633.737 P438). Compañía Costarricense del Café, San José (Costa Rica).

Portela, S. I., Restovich, S. B., González, H. M., & Torti, M. J. (2016). Reducción del drenaje profundo y la lixiviación de nitrógeno en rotaciones agrícolas con cultivos de cobertura. *Ecología austral*, 26(3), 212-220.

Potts, J., Van Der Meer, J., & Daitchman, J. (2010). The state of sustainability initiatives review 2010: Sustainability and transparency.

Rader, L. F., White, L. M., & Whittaker, C. W. (1943). The salt index-A measure of the effect of fertilizers on the concentration of the soil solution. *Soil Science*, 55(3), 201-218.

Ramírez, B. L., Ramírez, H. F., Suárez, J. C. (2009). Captura de carbono y desarrollo radicular de sistemas de uso del suelo en la Amazonia Colombiana. *Livestock Research for Rural Development*, 21(6): 1-5. 69

Ramírez, R., & Alfaro, A. (2002). Mapa de vulnerabilidad hidrogeológica de una parte del Valle Central de Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 27 (1), 53-60. [https://DOI 10.15517/RGAC.V0I27.7804](https://doi.org/10.15517/RGAC.V0I27.7804)

Ramírez, V. (2014). La Fenología de Café, Una Herramienta para Apoyar la Toma de Decisiones. Avance Técnico Cenicafe.

Ramos, L., Anaya, A.L. and de Pascual, J.N. (1983). Evaluation of allelopathic potential of dominant herbaceous species in a coffee plantation. *Journal of Chemical Ecology*, 9, 1079–1097. <https://doi.org/10.1007/BF00982213>.

Ramos, P. J., Sanz, J., & Oliveros, C. (2014). Identificación y clasificación de frutos de café en tiempo real a través de la medición de color. *Cenicafé*, 61(4):315-326.

Reddy, KR y Hodges, HF (Eds.). (2000) Cambio climático y productividad global de los cultivos. CABI

Renjifo, A. (1992). El café en Costa Rica. *Economía Cafetalera (Colombia)*, (7).

Reyes, M.A. (2017). *Valoración de los caminos de carretas antes de la construcción del ferrocarril de 1821 a 1871 en Costa Rica*. <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal16/Teoriaymetodo/Geografiahistoricaehistoriadelageografia/09.pdf>

Rice, R. A. (1999). A place unbecoming: The coffee farm of Northern Latin America. *Geographical Review*, 89(4), 554–579. <https://doi.org/10.2307/216102>

Rice, R., & Ward, J. (1997). From Shade to Sun: The Industrialization of Coffee Production. *Global Pesticide Campaigner*, 7(3), 1.

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>

Rincón, L. E. C., & Gutiérrez, F. A. A. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista colombiana de Biotecnología*, 14(1), 285-295.

Rivera P., J. H. (1999). El manejo integrado de arvenses en cafetales aumenta los ingresos y evita la erosión. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 259: 1-4.

Rodríguez, A. (2014). Costa Rica, historia de crisis con aroma y sabor a café. *Tiempo y sociedad*, 14, 5-33. 70

Rodríguez, A., Campos, E., & Javed, Z. U. (1986). Uso de plaguicidas en la caficultura costarricense. In *Curso Regional sobre el Control de Residuos de Pesticidas en Café* 7-11 Oct

1985 *San Salvador (El Salvador)* (No. IICA PM-A1/SV 86-004). IICA, San Salvador (El Salvador). Oficina en El Salvador.

Rodríguez, C., Sevillano, F., & Subramaniam, P. (1985). *La fijación de nitrógeno atmosférico. Una biotecnología en la producción agraria*. CSIC-Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca (CEBA).

Rodríguez, E., & Molina, I. (1992). Compraventas de cafetales y haciendas de café en el Valle Central de Costa Rica (1834-1850). *Anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica*, 18 (1), 29-50.

Rojas, C. E. (1984). *Estudio de residuos, degradación y comportamiento del paraquat en tres suelos cafeteros en Costa Rica*. [no publicada Licenciatura disertación,]. Universidad de Costa Rica.

Rojas, H. (2010). La Variedad Venecia. *Revista informativa II. ICAFE*.

Roskopf, E.N. (2018). Bioherbicidas: an overview. En Zimdahl, R. (Ed.) *Fundamentals of Weed Science* (Fifth ed). Burleigh Dodds Science Publishing Limited. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2017.0025.20>

Sadeghian, S., González, H., & Arias, E. (2015). *Lixiviación de nutrientes en suelos de la zona cafetera: Prácticas que ayudan a reducirla*. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/636>

Salazar, L.F., J.G. Arango, y C.S. Morales. (2012). Interferencia de coberturas vegetales en la zona de raíces y entre calles del cultivo del café. *Cenicafé*, 63(2), 50-5.

Salazar, N. J., & Aldana, M. L. (2011). Glyphosate Herbicide: Uses, Toxicity and Regulation. *Revista de Ciencias Biológicas y de La Salud de La Universidad de Sonora*, 13, 23–28.

Samper, M., & Naranjo, C. (2006). La innovación tecnológica de la agricultura costarricense, 1880-1920. *Revista de Historia*, 53-54, 99-114 71

Sánchez, L., & Gamboa, E. (2004). Control de malezas con herbicidas y métodos mecánicos en plantaciones jóvenes de café. *Bioagro*, 16(2), 133-136.

Sánchez, P. A., & Camacho, E. (1981). *Suelos del trópico: características y manejo* (No. 48). IICA Biblioteca Venezuela.

Santos, I. C., Silva, A. A., Ferreira, F. A., Miranda, G. V., & Pinheiro, R. A. N. (2001). Eficiência de glyphosate no controle de *Commelina benghalensis* e *Commelina diffusa*. *Planta Daninha*, 19, 135-143.

Sanyal, D., Bhowmik, P. C., Anderson, R. L., and Shrestha, A. (2008). Revisiting the perspective and progress of integrated weed management. *Weed Science*, 56(1), 161-167. <https://doi.org/10.1614/WS-07-108.1>

Sarno, L., Adachi, T., Oki, Y., Senge, M., & Watanabe, A. (2004). Effect of weed management in coffee plantation on soil chemical properties. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 69(1), 1-4. <https://doi.org/10.1023/B:FRES.0000025309.62716.13>

Sartori, F., & Vidrio, E. (2018). Environmental fate and ecotoxicology of paraquat: a California perspective. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 100(5-7), 479-517. <https://doi.org/10.1080/02772248.2018.1460369>

Senseman, S. A. (Ed). (2007). *Herbicide Handbook*. Lawrence, United States. Weed Science Society of America.

Servicio Fitosanitario del Estado (SFE), (2020, octubre). Sistema de Insumos y fiscalización. <https://app.sfe.go.cr/SFEInsumos/asp/Seguridad/Home.aspx>

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>

Solano, D. (2007). Desarrollo, sostenibilidad y capacidades: una trilogía indesligable. *The bi-annual academic publication of Universidad ESAN*, 12(23).

Staver, C., Juventia, S., Navarrete, E., Navarrete, L., Sepulveda, N., & Barrios, M. (2020). Long-term response of groundcover components to organic and conventional weed control in shaded and open-sun coffee in Nicaragua. *Crop Protection*, 133, 105150.

Stone, S. (1971). *Los cafetaleros*. San José, C.R.: Universidad de Costa Rica, Facultad de Derecho.

Stone, S. Z. (1969). Los cafetaleros. Un estudio de los caficultores de Costa Rica. *Revista de Ciencias Jurídicas*, (13). 72

Sviridov, A., Shushkova, T., Ermakova, I., Ivanova, E., Epiktetov, D., & Leontievsky, A. (2015). Microbial degradation of glyphosate herbicides. *Applied Biochemistry & Microbiology*, 51(2). <https://doi.org/10.1134/S0003683815020209>.

Swinton, S. M., & Van Deynze, B. (2017). Hoes to Herbicides: Economics of Evolving Weed Management in the United States. *European Journal of Development Research*, 29(3), 560–574. <https://doi.org/10.1057/s41287-017-0077-4>

Tropicos.org. (2012). *Coffea arabica* L. En *Manual de Plantas de Costa Rica* [Base de datos del proyecto]. Missouri Botanical Garden. <https://cutt.ly/VvIz6eC>

Ulloa, S. M., Datta, A., Bruening, C., Gogos, G., Arkebauer, T. J., & Knezevic, S. Z. (2012). Weed control and crop tolerance to propane flaming as influenced by the time of day. *Crop Protection*, 31(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.09.005>

Vignola, R; Watler, W; Poveda K; Vargas A. (2018) Prácticas Efectivas Para La Reducción De Impactos Por Eventos Climáticos En El Cultivo De Café En Costa Rica. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).

Viguera, B., Alpízar, F., Harvey, C. A., Martínez, M. R., & Saborío, M. (2019). Percepciones de cambio climático y respuestas adaptativas de caficultores costarricenses de pequeña escala. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 333-351. <https://doi:1015517/am.v30i2.32905>.

Viguera, B; Martínez, M; Donatti, C; Harvey, C; Alpízar, F., y Cascada, P. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). Turrialba, Costa Rica. 47 páginas.

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

Webber III, C. L., Shrefler, J. W., Brandenberger, L. P., Taylor, M. J., Carrier, L. K., & Shannon, D. K. (2010). Weed control efficacy with ammonium nonanoate for organic vegetable production. *International journal of vegetable science*, 17(1), 37-44. <https://doi.org/10.1080/19315260.2010.501850>

Weed Dragon. (2016). Weed dragon® model vt2-23c 100,000 btu deluxe vapor torch kit LaCrosse, Kansas (US): Flame Engineering (2023, agosto). <http://flameengineering.com/products/weed-dragon-model-vt2-23c-100-000-btu-deluxe-vapor-torch-kit>>.

Weed Science Society of America (WSSA). (1998). *Technology Notes Published by : Cambridge University Press on behalf of the Weed Science Society of America Stable URL : https://www.jstor.org/stable/3989101 Technology Notes. 12(4), 789–790.*



Zhang, L., Rana, I., Shaffer, R. M., Taioli, E., & Sheppard, L. (2019). Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: A meta-analysis and supporting evidence. *Mutation Research - Reviews in Mutation Research*, 781, 186–206. <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2019.02.001>. 73 Z

Zimdahl, R. (Ed.). (2018). *Fundamentals of Weed Science* (Fifth ed). Burleigh Dodds Science Publishing Limited. 8M

Zribi, W., Faci González, J. M., & Aragüés Lafarga, R. (2011). Mulching effects on moisture, temperature, structure and salinity of agricultural soils. *ITEA 107* (2), 148-162

## ANEXOS

**Anexo 1.** Especies presentes según el grupo de arvenses la cobertura evaluada a los 0 días después de la aspersión de nitrato de amonio, glifosato y el flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022.

Parcela grande	N° parcela grande	Parcela pequeña	Poáceas	Comelináceas	Hojas anchas
Nitrato 0	16	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	16	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	16	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 0	19	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 0	19	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.
Nitrato 0	19	Flameo 2			<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 0	26	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	26	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 0	26	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 0	31	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Ipomoea</i> sp., <i>Calyptocarpus wendlandii</i> Sch. Bip.
Nitrato 0	31	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Ipomoea</i> sp.

Nitrato 0	31	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.
Nitrato 0	32	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	32	Flameo 1	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Calypocarpus wendlandii</i> Sch. Bip., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 0	32	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Calypocarpus wendlandii</i> Sch. Bip., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 0	35	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 0	35	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Calypocarpus wendlandii</i> Sch. Bip., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Drymaria</i> <i>cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.
Nitrato 0	35	Flameo 2		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 1	2	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	2	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Salvia occidentalis</i> Sw., <i>Oxalis</i> <i>corniculata</i> L.
Nitrato 1	2	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 1	6	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L.
Nitrato 1	6	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	6	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	7	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L.
Nitrato 1	7	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 1	7	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L.

Nitrato 1	9	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 1	9	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	9	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 1	10	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	10	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 1	10	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 1	39	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Spananthe paniculata</i> Jacq.
Nitrato 1	39	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	39	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	5	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	5	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	5	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L.
Nitrato 2	17	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 2	17	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 2	17	Flameo 2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Calyptracarpus wendlandii</i> Sch. Bip., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	20	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 2	20	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 2	20	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.

Nitrato 2	21	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	21	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 2	21	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Oxalis</i> <i>corniculata</i> L.
Nitrato 2	33	Flameo 0	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 2	33	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 2	33	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.
Nitrato 2	36	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 2	36	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 2	36	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp.
Glifosato	8	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Glifosato	8	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L.
Glifosato	8	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Melothria pendula</i> L.
Glifosato	14	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Glifosato	14	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Glifosato	14	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Ipomoea</i> sp.
Glifosato	18	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Oxalis corniculata</i> L.
Glifosato	18	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Ipomoea</i> sp.
Glifosato	18	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy

Glifosato	28	Flameo 0	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Glifosato	28	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Glifosato	28	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Glifosato	34	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp.
Glifosato	34	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Phaseolus lunatus</i> L.
Glifosato	34	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Glifosato	38	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Calypocarpus wendlandii</i> Sch. Bip., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Glifosato	38	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Arachis pintoi</i> Krapov. & W.C. Greg.
Glifosato	38	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.

**Anexo 2.** Especies presentes según el grupo de arvenses la cobertura evaluada a los 15 días después de la aspersión de nitrato de amonio y glifosato. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Noviembre 2022.

Parcela grande	N° parcela grande	Parcela pequeña	Poáceas	Comelináceas	Hojas anchas
----------------	-------------------	-----------------	---------	--------------	--------------

Nitrato 0	16	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	16	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 0	16	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	19	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 0	19	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 0	19	Flameo 2			<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen
Nitrato 0	26	Flameo 0	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	26	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 0	26	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson
Nitrato 0	31	Flameo 0	<i>Paspalum paniculatum</i> L., <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Ipomoea</i> sp., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 0	31	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	31	Flameo 2	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	32	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.

Nitrato 0	32	Flameo 1	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	32	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	35	Flameo 0	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 0	35	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Iresine</i> <i>diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
Nitrato 0	35	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
Nitrato 1	2	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 1	2	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 1	2	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell.
Nitrato 1	6	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 1	6	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 1	6	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 1	7	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.



Nitrato 1	7	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.
Nitrato 1	7	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	9	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 1	9	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.
Nitrato 1	9	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 1	10	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 1	10	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	10	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.,
Nitrato 1	39	Flameo 0	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 1	39	Flameo 1	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum</i> <i>paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Phaseolus lunatus</i> L.
Nitrato 1	39	Flameo 2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum</i> <i>paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 2	5	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy

Nitrato 2	5	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 2	5	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	17	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
Nitrato 2	17	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 2	17	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	20	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 2	20	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 2	20	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 2	21	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 2	21	Flameo 1	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum</i> <i>paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson

Nitrato 2	21	Flameo 2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Phaseolus lunatus</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 2	33	Flameo 0	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.
Nitrato 2	33	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.
Nitrato 2	33	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.
Nitrato 2	36	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 2	36	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	36	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Lepidium costaricense</i> Thell.
Glifosato	8	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	8	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	8	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	14	Flameo 0	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	

Glifosato	14	Flameo 1		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	14	Flameo 2		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	18	Flameo 0	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	18	Flameo 1		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	18	Flameo 2		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	28	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	28	Flameo 1		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	28	Flameo 2		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	34	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	34	Flameo 1		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	34	Flameo 2		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	38	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	38	Flameo 1		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	38	Flameo 2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	

**Anexo 3.** Especies presentes según el grupo de arvenses la cobertura evaluada a los 25 días después de la aspersión de nitrato de amonio y glifosato y a los 10 dda del flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre 2022.

<b>Parcela grande</b>	<b>N° parcela grande</b>	<b>Parcela pequeña</b>	<b>Poáceas</b>	<b>Comelináceas</b>	<b>Hojas anchas</b>
Nitrato 0	16	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 0	16	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	16	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	19	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 0	19	Flameo 1		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 0	19	Flameo 2			<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.

Nitrato 0	26	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 0	26	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 0	26	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 0	31	Flameo 0	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Ipomoea</i> sp., <i>Lepidium costaricense</i> Thell.
Nitrato 0	31	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 0	31	Flameo 2	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 0	32	Flameo 0	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 0	32	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 0	32	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.
Nitrato 0	35	Flameo 0	<i>Paspalum paniculatum</i> L., <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
Nitrato 0	35	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L. <i>Digitaria</i> sp.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
Nitrato 0	35	Flameo 2		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 1	2	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i>

					<i>L.</i> , <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 1	2	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson
Nitrato 1	2	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 1	6	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson
Nitrato 1	6	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell.
Nitrato 1	6	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	7	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 1	7	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.
Nitrato 1	7	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	9	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Nitrato 1	9	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 1	9	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L.
Nitrato 1	10	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth

Nitrato 1	10	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell.
Nitrato 1	10	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L.
Nitrato 1	39	Flameo 0	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 1	39	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 1	39	Flameo 2	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 2	5	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 2	5	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 2	5	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L.
Nitrato 2	17	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 2	17	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less., <i>Calyptocarpus wendlandii</i> Sch. Bip.
Nitrato 2	17	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Lepidium costaricense</i> Thell.
Nitrato 2	20	Flameo 0	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy,



Nitrato 2	20	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy,
Nitrato 2	20	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy,
Nitrato 2	21	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 2	21	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 2	21	Flameo 2	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Oxalis corniculata</i> L.,
Nitrato 2	33	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 2	33	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 2	33	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L.
Nitrato 2	36	Flameo 0	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 2	36	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.

Nitrato 2	36	Flameo 2	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Ipomoea</i> sp.
Glifosato	8	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	8	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	8	Flameo 2			
Glifosato	14	Flameo 0	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.
Glifosato	14	Flameo 1	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.
Glifosato	14	Flameo 2			
Glifosato	18	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Sida rhombifolia</i> L
Glifosato	18	Flameo 1		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	18	Flameo 2			
Glifosato	28	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	28	Flameo 1		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	28	Flameo 2			
Glifosato	34	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	34	Flameo 1			
Glifosato	34	Flameo 2			
Glifosato	38	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	38	Flameo 1			
Glifosato	38	Flameo 2			

**Anexo 4.** Especies presentes según el grupo de arvenses la cobertura evaluada a los 40 días después de la aspersión de nitrato de amonio y glifosato y a los 26 dda del flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Diciembre 2022.

Parcela grande	N° parcela grande	Parcela pequeña	Poáceas	Comelináceas	Hoja ancha
Nitrato 0	16	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	16	Flameo 1			<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell.
Nitrato 0	16	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	19	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 0	19	Flameo 1			<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 0	19	Flameo 2			<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen
Nitrato 0	26	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 0	26	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 0	26	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell.

Nitrato 0	31	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 0	31	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 0	31	Flameo 2	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Lepidium costaricense</i> Thell.
Nitrato 0	32	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth
Nitrato 0	32	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson
Nitrato 0	32	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.
Nitrato 0	35	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Browallia americana</i> L.
Nitrato 0	35	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L. <i>Digitaria</i> sp.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze, <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore
Nitrato 0	35	Flameo 2			<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 1	2	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Richardia</i>

					<i>scabra</i> L., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze
Nitrato 1	2	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Lepidium costaricense</i> Thell.
Nitrato 1	2	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	6	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson
Nitrato 1	6	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson
Nitrato 1	6	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		<i>Bidens pilosa</i> L.
Nitrato 1	7	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 1	7	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Sonchus oleraceus</i> L.
Nitrato 1	7	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 1	9	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	

Nitrato 1	9	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 1	9	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Nitrato 1	10	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 1	10	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Sonchus oleraceus</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 1	10	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.,
Nitrato 1	39	Flameo 0	<i>Digitaria</i> sp., <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 1	39	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 1	39	Flameo 2	<i>Paspalum paniculatum</i> L., <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 2	5	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.

Nitrato 2	5	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Emilia</i> <i>fosbergii</i> Nicolson
Nitrato 2	5	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	17	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Browallia americana</i> L.
Nitrato 2	17	Flameo 1	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less., <i>Galinsoga</i> <i>quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium</i> <i>costaricense</i> Stuessy,
Nitrato 2	17	Flameo 2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Browallia americana</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 2	20	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	20	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Browallia americana</i> L.
Nitrato 2	20	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 2	21	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Digitaria</i> sp.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Browallia americana</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Sida</i> <i>rhombifolia</i> L., <i>Marsypianthes</i> <i>chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze
Nitrato 2	21	Flameo 1	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Ipomoea</i> sp.

Nitrato 2	21	Flameo 2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 2	33	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze, <i>Melampodium</i> <i>costaricense</i> Stuessy
Nitrato 2	33	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 2	33	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen, <i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult., <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 2	36	Flameo 0	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Ipomoea</i> sp.
Nitrato 2	36	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 2	36	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Ipomoea</i> sp., <i>Lepidium</i> <i>costaricense</i> Thell.
Glifosato	8	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	8	Flameo 1			
Glifosato	8	Flameo 2			
Glifosato	14	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	14	Flameo 1			
Glifosato	14	Flameo 2			
Glifosato	18	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	18	Flameo 1			



Glifosato	18	Flameo 2			
Glifosato	28	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	28	Flameo 1		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	28	Flameo 2			
Glifosato	34	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	34	Flameo 1			
Glifosato	34	Flameo 2			
Glifosato	38	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	38	Flameo 1			
Glifosato	38	Flameo 2			

**Anexo 5.** Especies presentes según el grupo de arvenses la cobertura evaluada a los 60 días después de la aspersión de nitrato de amonio y glifosato y a los 45 dda del flameo. Finca La Hilda, San Pedro de Poás, Alajuela. Enero 2022.

<b>Parcela grande</b>	<b>N° parcela grande</b>	<b>Parcela pequeña</b>	<b>Poáceas</b>	<b>Comelinácea</b>	<b>Hojas anchas</b>
Nitrato 0	16	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell.
Nitrato 0	16	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen

Nitrato 0	16	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 0	19	Flameo 0	<i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth
Nitrato 0	19	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Richardia scabra</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell.
Nitrato 0	19	Flameo 2			<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Phaseolus lunatus</i> L.
Nitrato 0	26	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC.
Nitrato 0	26	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore
Nitrato 0	26	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore
Nitrato 0	31	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze, <i>Richardia scabra</i> L., <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Erechtites valerianifolius</i> (Wolf ex Rchb.) DC., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth,
Nitrato 0	31	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen
Nitrato 0	31	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Richardia scabra</i> L., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen
Nitrato 0	32	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen, <i>Richardia scabra</i> L., <i>Melanthera nivea</i> (L.) Small

Nitrato 0	32	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore, <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen, <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze
Nitrato 0	32	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore, <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen, <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze, <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 0	35	Flameo 0	<i>Paspalum paniculatum</i> L. <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd., <i>Browallia americana</i> L.
Nitrato 0	35	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L. <i>Digitaria</i> sp., <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze, <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd., <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore, <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen, <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 0	35	Flameo 2		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Lepidium costaricense</i> Thell.,
Nitrato 1	2	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze, <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 1	2	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze
Nitrato 1	2	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen
Nitrato 1	6	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Sonchus oleraceus</i> L.

Nitrato 1	6	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson
Nitrato 1	6	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		<i>Bidens pilosa</i> L.
Nitrato 1	7	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Browallia americana</i> L.
Nitrato 1	7	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	7	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L.
Nitrato 1	9	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Cyclanthera carthagenensis</i> (Jacq.) H. Schaeff. & S. S. Renner
Nitrato 1	9	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze, <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 1	9	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		
Nitrato 1	10	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.
Nitrato 1	10	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Sonchus oleraceus</i> L.
Nitrato 1	10	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		<i>Bidens pilosa</i> L.
Nitrato 1	39	Flameo 0	<i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Melampodium</i> <i>perfoliatum</i> (Cav.) Kunth, <i>Sida rhombifolia</i> L.

Nitrato 1	39	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy,
Nitrato 1	39	Flameo 2	<i>Paspalum paniculatum</i> L., <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore
Nitrato 2	5	Flameo 0	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Sonchus oleraceus</i> L.
Nitrato 2	5	Flameo 1	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst, <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	5	Flameo 2	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	17	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Browallia americana</i> L.
Nitrato 2	17	Flameo 1	<i>Paspalum paniculatum</i> L.		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Verbena litoralis</i> Kunth, <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Richardia scabra</i> L., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Sonchus oleraceus</i> L., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen
Nitrato 2	17	Flameo 2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L., <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Browallia americana</i> L., <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze, <i>Richardia scabra</i> L.
Nitrato 2	20	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy
Nitrato 2	20	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze, <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen, <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore
Nitrato 2	20	Flameo 2			<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze, <i>Richardia scabra</i> L.

Nitrato 2	21	Flameo 0	<i>Paspalum paniculatum</i> L., <i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Emilia fosbergii</i> Nicolson, <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore, <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze
Nitrato 2	21	Flameo 1	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Oxalis corniculata</i> L.
Nitrato 2	21	Flameo 2	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Browallia americana</i> L.
Nitrato 2	33	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze, <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth
Nitrato 2	33	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse, <i>Paspalum paniculatum</i> L.	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Verbena litoralis</i> Kunth, <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen, <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd., <i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less., <i>Sida rhombifolia</i> L.
Nitrato 2	33	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Richardia scabra</i> L., <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen, <i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Oxalis corniculata</i> L., <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore
Nitrato 2	36	Flameo 0	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse	<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Acmella radicans</i> (Jacq.) R. K. Jansen, <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore, <i>Sida rhombifolia</i> L., <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Sonchus oleraceus</i> L., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth

Nitrato 2	36	Flameo 1	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Lepidium costaricense</i> Thell., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Sonchus oleraceus</i> L., <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth, <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze
Nitrato 2	36	Flameo 2	<i>Urochloa eminii</i> (Mez) Davidse		<i>Bidens pilosa</i> L., <i>Melampodium costaricense</i> Stuessy, <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., <i>Sonchus oleraceus</i> L., <i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze
Glifosato	8	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	8	Flameo 1			
Glifosato	8	Flameo 2			
Glifosato	14	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	14	Flameo 1			
Glifosato	14	Flameo 2			
Glifosato	18	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	18	Flameo 1			
Glifosato	18	Flameo 2			
Glifosato	28	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	28	Flameo 1			
Glifosato	28	Flameo 2			
Glifosato	34	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	34	Flameo 1			
Glifosato	34	Flameo 2			

Glifosato	38	Flameo 0		<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	
Glifosato	38	Flameo 1			
Glifosato	38	Flameo 2			