



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA PESCA Y**  
**VETERINARIA**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,  
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como  
requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

Fitotoxicidad de herbicidas sistémicos en agroecosistemas de café  
(*Coffea arabica* L.)

**AUTOR:**

Alexander Gabriel Romero León

**TUTOR:**

Dr. Óscar Guido Caicedo Camposano

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

**2025**



**UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA**  
**Y VETERINARIA**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

Fitotoxicidad de herbicidas sistémicos en agroecosistemas de café (*Coffea arabica* L.)

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Ing. Dalton Cadena Piedrahita, PhD.

**PRESIDENTE**

Ing. Marlon Victor Hugo Pazos Roldán, MSc

**PRIMER VOCAL**

Ing. Juan Ortiz Dicado MSc.

**SEGUNDO VOCAL**

## DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría para seguir adelante aun cuando el camino se tornaba difícil. Gracias por ser mi luz en los momentos oscuros y por nunca soltarme de la mano.

A mis padres, las personas más importantes de mi vida, Mithzin Annabel León Tigrero y Ricardo Francisco Romero Choez, porque todo lo que soy se lo debo a ustedes. Ustedes me enseñaron, con su esfuerzo y sacrificio, que los sueños se construyen con constancia, disciplina y fe. Este logro es el reflejo de sus enseñanzas y lo comparto con el mismo orgullo que siento por ustedes.

A mi hermano, Dylan Gerard Romero León, a quien quiero ser un ejemplo y una inspiración. Este triunfo también es para ti, para que recuerdes siempre que con dedicación todo se puede alcanzar.

Y a ti, Kimberly Yomayra Trejo Coello, por estar conmigo en cada paso de esta etapa desde el inicio hasta el fin gracias por tu apoyo incondicional, por no dejarme solo en los momentos difíciles y por motivarme a seguir adelante cuando las fuerzas me faltaban. Este logro también lleva tu nombre.

## AGRADECIMIENTO

Llegar a este momento ha sido un camino largo, lleno de aprendizajes, desafíos, sacrificios y emociones que han marcado mi vida. Este documento no representa únicamente un logro académico, sino también el reflejo del esfuerzo constante, la fe y el apoyo de quienes han estado siempre a mi lado. Agradezco profundamente a Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría para continuar, incluso en los momentos más difíciles, y por recordarme siempre que con fe todo es posible.

A mi madre, Mithzin Annabel León Tigreiro, gracias por ser mi apoyo incondicional, por tu amor infinito y por guiarme siempre por el camino correcto. Eres el pilar más grande en mi vida, el ejemplo de lucha que me inspira cada día. Este triunfo es tan tuyo como mío, porque sin tu fuerza y tu sacrificio nada de esto habría sido posible.

A mi padre, Ricardo Francisco Romero Choez, gracias por enseñarme con tu ejemplo que la vida no es fácil, pero que con esfuerzo, constancia y trabajo honrado todo se puede alcanzar. Tus enseñanzas y tu apoyo me han dado la fortaleza para seguir adelante, y este logro es también fruto de tu esfuerzo y dedicación como padre.

A mi hermano, Dylan Gerard Romero León, gracias por ser un motivo para seguir adelante y demostrarte que con esfuerzo y dedicación se puede llegar muy lejos, deseo ser para ti un ejemplo en el que puedas apoyarte, una guía que te demuestre que los sueños se cumplen cuando se lucha con disciplina y fe. Todo lo que hago también es para ti, para que nunca dudes de que puedes alcanzar lo que te propongas.

## AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

El suscrito, **Romero León Alexander Gabriel**, portador de cédula de ciudadanía número 1251394050, libre y voluntariamente declaro que el estudio de caso titulado: "**Fitotoxicidad de herbicidas sistémicos en agroecosistemas de café (*Coffea arabica L.*)**" es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica.



Romero León Gabriel Alexander



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FECHA: 12/9/2025  
HORA: 13:45

SR(A).  
ING. EDWIN AMADO MENDOZA HIDALGO  
COORDINADOR DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
EN SU DESPACHO.-

DE MI CONSIDERACIÓN:

EN ATENCIÓN A LA DESIGNACIÓN COMO DOCENTE TUTOR PARA GUIAR EL TRABAJO DE TITULACIÓN  
CON EL TEMA:

| MODALIDAD                     | FASE            | TEMA   |
|-------------------------------|-----------------|--|
| EXAMEN DE CARACTER COMPLEXIVO | ESTUDIO DE CASO | FITOTOXICIDAD DE HERBICIDAS SISTÉMICOS EN AGROECOSISTEMAS DE CAFÉ (COFFEA ARABICA L) |

PERTENECIENTE A EL/LOS ESTUDIANTES:


| FACULTAD | CARRERA                | ESTUDIANTE                    |
|----------|------------------------|-------------------------------|
| FACIAG   | AGRONOMÍA (REDISEÑADA) | ROMERO LEON ALEXANDER GABRIEL |

AL RESPECTO TENGO A BIEN INFORMAR QUE EL/LOS ESTUDIANTES HAN CUMPLIDO CON LAS DISPOSICIONES ESTABLECIDAS EN EL REGLAMENTO E INSTRUCTIVO DE TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, EN LOS TIEMPOS ESTABLECIDOS PARA EL EFECTO.

POR LO ANTERIORMENTE EXPUESTO, EL TRABAJO DE TITULACIÓN ES APROBADO POR QUIEN SUSCRIBE, AUTORIZANDO CONTINUAR CON EL PROCESO LEGAL PERTINENTE

POR LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA DAR AL PRESENTE ME SUSCRIBO.

ATENTAMENTE,

  
OSCAR GUIDO CAICEDO CAMPOSANO  
DOCENTE TUTOR DEL EQUIPO DE TITULACIÓN



Av. Universitaria Km 2 1/2 Via Montalvo  
05 2570 368  
rectorado@utb.edu.ec  
www.utb.edu.ec



FECHA: 12/9/2025  
HORA: 13:49

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
UNIDAD DE TITULACIÓN

SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE TITULACIÓN

DOCENTE TUTOR: CAICEDO CAMPOSANO OSCAR GUIDO  
ESTUDIANTES: ROMERO LEON ALEXANDER GABRIEL  
PERIODO TITULACIÓN: ABRIL 2025 - SEPTIEMBRE 2025  
MODALIDAD DE TITULACIÓN: EXAMEN DE CARÁCTER COMPLEXIVO  
FASE DE MODALIDAD: ESTUDIO DE CASO  
PROYECTO DE TITULACIÓN: FITOTOXICIDAD DE HERBICIDAS SISTeMICOS EN AGROECOSISTEMAS DE CAFé (COFFEA ARABICA L)

INFORMACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

| FITOTOXICIDAD DE HERBICIDAS SISTeMICOS EN AGROECOSISTEMAS DE CAFé (COFFEA ARABICA L) |            |            |           |       |            |
|--|------------|------------|-----------|-------|------------|
| FASE   | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
| ESTUDIO DE CASO  | 2025-07-01 | 2025-09-12 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

INFORMACIÓN DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

| ACTIVIDAD                  | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
|----------------------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

JUSTIFICACIÓN

| ACTIVIDAD     | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
|---------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| JUSTIFICACION | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

| ACTIVIDAD             | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
|-----------------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

LINEA DE INVESTIGACIÓN

| ACTIVIDAD              | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
|------------------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| LINEA DE INVESTIGACION | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

MARCO CONCEPTUAL

| ACTIVIDAD        | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
|------------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| MARCO CONCEPTUAL | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

MARCO METODOLÓGICO

| ACTIVIDAD          | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
|--------------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| MARCO METODOLOGICO | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

RESULTADOS

| ACTIVIDAD  | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
|------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| RESULTADOS | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

| ACTIVIDAD                     | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
|-------------------------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| DISCUSIONES DE LOS RESULTADOS | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

| CONCLUSIONES |            |            |           |       |            |
|--------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| ACTIVIDAD    | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
| CONCLUSIONES | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

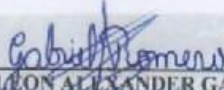
| RECOMENDACIONES |            |            |           |       |            |
|-----------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| ACTIVIDAD       | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
| RECOMENDACIONES | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |


| REFERENCIAS |            |            |           |       |            |
|-------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| ACTIVIDAD   | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
| REFERENCIAS | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

| ANEXOS    |            |            |           |       |            |
|-----------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| ACTIVIDAD | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
| ANEXOS    | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

| TRABAJO FINAL           |            |            |           |       |            |
|-------------------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| ACTIVIDAD               | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
| TRABAJO FINAL           | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |
| TRABAJO FINAL CORREGIDO | 2025-09-12 | 2025-09-12 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

| RESUMEN Y PALABRAS CLAVE |            |            |           |       |            |
|--------------------------|------------|------------|-----------|-------|------------|
| ACTIVIDAD                | F. INICIO  | F. FIN     | PROCESO   | PORC. | ESTADO     |
| RESUMEN Y PALABRAS CLAVE | 2025-08-09 | 2025-08-30 | TERMINADO | 100%  | HABILITADO |

  
 ROMERO LEON ALEXANDER GABRIEL  
 ESTUDIANTE

  
 CAICEDO CAMPOSANO OSCAR GUIDO  
 DOCENTE TUTOR

# Gabriel Romero - Trabajo final

**8%**  
Textos sospechosos

**16%** Similitudes (ignorado)

De similitudes entre similitudes  
 de entre las fuentes mencionadas

**8%** Idiomas no reconocidos

**7%** Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Gabriel Romero - Trabajo final.docx  
 ID del documento: 12f67f7abe52aacb00287e77a8705158e205e2ee  
 Tamaño del documento original: 530,77 kB





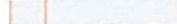










Depositante: CAICEDO CAMPOSANO OSCAR GUIDO  
 Fecha de depósito: 29/8/2025  
 Tipo de carga: interface  
 fecha de fin de análisis: 29/8/2025

Número de palabras: 7125  
 Número de caracteres: 50.703








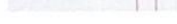


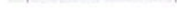




Ubicación de las similitudes en el documento:








## Fuentes principales detectadas

| N° | Descripciones   | Similitudes | Ubicaciones  | Datos adicionales   |
|----|---|-------------|--|---|
| 1  |  <b>hdl.handle.net</b>   EL DESARROLLO DE UN CATASTRO MUNICIPAL<br><a href="https://hdl.handle.net/10669/24518">https://hdl.handle.net/10669/24518</a><br>1 fuente similar   | 3%          |    |  Palabras idénticas: 3% (212 palabras)   |
| 2  |  <b>actividad1-236810.docx</b>   actividad1-236810 #c0521a<br>Viene de de mi grupo<br>11 fuentes similares   | 2%          |    |  Palabras idénticas: 2% (106 palabras)   |
| 3  |  <b>repositorio.unal.edu.co</b>   Efecto de la carga de frutos sobre el crecimiento, dese...<br><a href="https://repositorio.unal.edu.co/">https://repositorio.unal.edu.co/</a><br>4 fuentes similares                                       | 2%          |    |  Palabras idénticas: 2% (104 palabras)   |
| 4  |  <b>181.198.35.98</b><br><a href="http://181.198.35.98/Archivos/CEDERO VERA NICOLE ESTHEFANIA.pdf">http://181.198.35.98/Archivos/CEDERO VERA NICOLE ESTHEFANIA.pdf</a><br>6 fuentes similares  | 1%          |  |  Palabras idénticas: 1% (124 palabras) |
| 5  |  <b>repositorio.una.edu.ni</b>   Caracterización socioeconómicas y fitosanitaria de 25 sl...<br><a href="https://repositorio.una.edu.ni/A332/1/nh10j37c.pdf">https://repositorio.una.edu.ni/A332/1/nh10j37c.pdf</a><br>4 fuentes similares | 1%          |  |  Palabras idénticas: 1% (124 palabras) |

## Fuentes con similitudes fortuitas

| N° | Descripciones   | Similitudes | Ubicaciones  | Datos adicionales  |
|----|---|-------------|--|--|
| 1  |  <b>doi.org</b>   Sequía y producción de café:<br><a href="https://doi.org/10.22201/renesl.20078064e.2023.25.84264">https://doi.org/10.22201/renesl.20078064e.2023.25.84264</a>  | < 1%        |  |  Palabras idénticas: < 1% (33 palabras) |
| 2  |  <b>Andrea Araujo_TESINA-1.docx</b>   Andrea Araujo_TESINA-1 #c24928<br>Viene de de mi biblioteca  | < 1%        |  |  Palabras idénticas: < 1% (40 palabras) |
| 3  |  <b>repositorio.unesum.edu.ec</b><br><a href="http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3669/1/TESIS CHELE CAMPOZANO JULEDY...">http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3669/1/TESIS CHELE CAMPOZANO JULEDY...</a> | < 1%        |  |  Palabras idénticas: < 1% (35 palabras) |
| 4  |  <b>doi.org</b>   Efectos de dos herbicidas orgánicos sobre la fisiología de la germinación...<br><a href="https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num2_art.3305">https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num2_art.3305</a>                | < 1%        |  |  Palabras idénticas: < 1% (40 palabras) |
| 5  |  <b>dspace.utb.edu.ec</b><br><a href="http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/10199/1/E-UTB-FACIAG-ING AGRON-000320.pdf">http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/10199/1/E-UTB-FACIAG-ING AGRON-000320.pdf</a>                   | < 1%        |  |  Palabras idénticas: < 1% (34 palabras) |

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

-  [https://sechti.mx/wp-content/uploads/publicaciones\\_conacyt/boletines\\_tematicos/Gaceta\\_MEIA\\_imprensa\\_1-27.pdf](https://sechti.mx/wp-content/uploads/publicaciones_conacyt/boletines_tematicos/Gaceta_MEIA_imprensa_1-27.pdf)
-  <https://doi.org/10.26359/EPOMEX032025>
-  [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/739?utm\\_source=ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/739&utm\\_medium=PDF&utm\\_campaign=PDFCoverPa...](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/739?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/739&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPa...)
-  <https://periodicos.unis.edu.br/agrovetsulminas/article/view/1018>
-  <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0333.pdf>



## RESUMEN

El café es uno de los productos más comercializados a nivel mundial; se cultiva en más de 50 países, debido a que es un producto muy apreciado para su consumo como bebida. La especie más importante es la *Coffea arabica*. Para satisfacer la demanda de producción, los agricultores requieren implementar métodos de prevención y emergencia una de estas técnicas es el uso de herbicidas. La fitotoxicidad en café por acción de herbicidas sistémicos como el glifosato herbicida post-emergente, el fluazifop -p- butil que tiene acción sistémica son los herbicidas químicos más empleados. Por tal razón, este estudio tiene como objetivo determinar la fitotoxicidad de herbicidas sistémicos en agro ecosistemas de café (*Coffea arabica* L.). Dado que, uno de los principales retos en el manejo de agroecosistemas de café es el control eficaz de las malezas, esto es una amenaza para la sostenibilidad del cultivo, ya que compiten por nutrientes, agua y luz, afectando significativamente el desarrollo y la productividad de las plantas. Este estudio se realizó con aplicación del tipo la investigación exploratoria, en función a una revisión bibliográfica exhaustiva de artículos científicos, sitios web y bases de datos especializadas. Se concluyó que los herbicidas sistémicos de mayor uso en agroecosistemas de café son glifosato, fluazifop-p-butil, Falcon®, Yamato® SC y 2,4-D, seleccionados por su eficacia en el control de arvenses, gramíneas y de hoja ancha.

**Palabras claves:** Arvenses, café, control químico, fitotoxicidad.

## SUMMARY

Coffee is one of the most traded commodities worldwide; it is grown in more than 50 countries, as it is highly valued for consumption as a beverage. The most important species is *Coffea arabica*. To meet production demands, farmers need to implement prevention and emergency methods, one of these techniques being the use of herbicides. Phytotoxicity in coffee due to drifts from systemic herbicides such as the post-emergence herbicide glyphosate and the systemic herbicide fluazifop-p-butyl are the most commonly used chemical herbicides. Therefore, this study aims to determine the phytotoxicity of systemic herbicides in coffee (*Coffea arabica* L.) agroecosystems. One of the main challenges in managing coffee agroecosystems is effective weed control, which is a threat to crop sustainability. Weeds compete for nutrients, water, and light, significantly affecting plant development and productivity. This study was conducted as an exploratory research project, based on an exhaustive bibliographic review of scientific articles, websites, and specialized databases. It was concluded that the most commonly used systemic herbicides in coffee agroecosystems are glyphosate, fluazifop-p-butyl, Falcon®, Yamato® SC, and 2,4-D, selected for their effectiveness in controlling grassy and broadleaf weeds.

**Keywords:** Weeds, coffee, chemical control, phytotoxicity

## INDICE DE CONTENIDO

|  |     |
|--|-----|
| DEDICATORIA .....  | III |
| AGRADECIMIENTO .....   | IV  |
| AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL .....   | V   |
| RESUMEN .....  | X   |
| SUMMARY .....  | XI  |
| 1. CONTEXTUALIZACIÓN.....  | 1   |
| 1.1. Introducción .....  | 1   |
| 1.2. Planteamiento del problema .....  | 2   |
| 1.3. Justificación .....   | 2   |
| 1.4. Objetivos de investigación .....  | 4   |
| 1.4.1. Objetivo general .....  | 4   |
| 1.4.2. Objetivos específicos .....   | 4   |
| 1.5. Líneas de investigación.....  | 4   |
| 2. DESARROLLO .....  | 5   |
| 2.1. Marco conceptual. ....  | 5   |
| 2.1.1 Cultivo de café .....  | 5   |
| 2.1.2. Taxonomía del café.....   | 6   |
| 2.1.3. <i>Morfología del café</i> .....  | 6   |
| 2.1.4. Factores agroecológicos del cultivo de café .....                                     | 7   |
| 2.1.5. Principales malezas en los cafetales .....  | 8   |
| 2.1.6. Manejo de las arvenses .....  | 10  |
| 2.1.6.1 Control químico .....  | 11  |
| 2.1.8. Herbicidas sistémicos y síntomas de fitotoxicidad en <i>C. arabica</i> .....          | 11  |
| 2.1.9. Mecanismos de acción y modo adecuado de aplicación de los herbicidas sistémicos ..... | 13  |
| 2.2. Marco metodológico .....  | 15  |
| 2.3. Resultados.....   | 15  |
| 2.4. Discusión de resultados.....  | 17  |
| 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....   | 18  |
| 3.1. Conclusiones .....  | 18  |
| 3.2. Recomendaciones .....   | 19  |
| 4. REFERENCIAS Y ANEXOS .....  | 20  |
| 4.1. Referencias bibliográficas.....   | 20  |
| 4.2. Anexos .....  | 27  |

**INDICE DE TABLAS.**

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Principales arvenses en <i>C. arabica</i> .....                                       | 9  |
| Tabla 2. Mecanismos de acción y modo adecuado de aplicación de los herbicidas sistémicos ..... | 14 |

## 1. CONTEXTUALIZACIÓN

### 1.1. Introducción

El café es uno de los productos más comercializados a nivel mundial; se cultiva en más de 50 países, debido a que es un producto muy apreciado para su consumo como bebida. La especie más importante es la *Coffea arabica* L (Pilozo et al., 2022). Según datos proporcionados por el Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador (SIPA, 2023), la superficie nacional de café representa un tamaño de superficie de 96.373 hectáreas sembradas.

Para satisfacer la demanda de producción, los agricultores requieren implementar métodos de prevención y emergencia una de estas técnicas es el uso de herbicidas (Freire, 2022). Actualmente, en la zona costera se han encontrado arvenses significativas por sus efectos alelopáticos, entre ellas se encuentran el coyolillo (*Dichromena ciliata*), el zacate estrella (*Cynodon dactylon*) y mano de tigre (*Cyperus esculentus* L.) puesto que, poseen un rápido crecimiento vegetativo (Salazar & Jiménez 2022).

En tal sentido, los herbicidas representan alrededor de un 40% del volumen del total de agroquímicos que se utilizan en el mundo, ya que se emplean en el control de arvenses de diferentes cultivos (Vega et al., 2024). Según el estudio empleado por Portuguez et al. (2025) manifiesta que, esta metodología química de control de arvenses en el cultivo del café representa poca cobertura vegetal, que puede ocasionar erosión, pérdida del suelo y nutrientes, así como escurrimiento superficial del agua.

La fitotoxicidad en café por derivas de herbicidas sistémicos como el glifosato herbicida post-emergente, el fluazifop -p- butil con acción sistémica son los herbicidas químicos más empleados, en consecuencia, la inadecuada aplicación produce efectos adversos que provocan fitotoxicidad, reduciendo su eficacia y duración en el control de especies no deseadas (Salazar et al., 2020).

El presente estudio de revisión bibliográfica contribuye a la sistematización del conocimiento y su aplicación al manejo integrado de arvenses que proporcionará información técnica del uso de herbicidas sistémicos permitiendo la optimización de las prácticas en el manejo de arvenses sin comprometer los agroecosistemas, la rentabilidad y productividad del cafeto.

## 1.2. Planteamiento del problema

Uno de los principales retos en el manejo de agroecosistemas de café es el control eficaz de las arvenses siendo esta una amenaza para la sostenibilidad del cultivo, que compiten por nutrientes, agua y luz, afectando significativamente el desarrollo y la productividad de las plantas. No obstante, el uso indiscriminado o inadecuado de herbicidas puede generar efectos nocivos sobre el cultivo, particularmente en forma de fitotoxicidad, que se manifiesta tanto en la reducción del crecimiento vegetativo, productividad o incluso muerte de las plantas jóvenes.

El glifosato, uno de los herbicidas más utilizados en cultivos de café por su amplio espectro de acción, puede alterar las propiedades fisicoquímicas del suelo, reduciendo su capacidad para retener agua y nutrientes (Acosta & Ramos, 2024). Además, afecta directamente el metabolismo de las arvenses e interfiere en la fotosíntesis. Su uso excesivo ha generado resistencia en cultivos y malezas, y representa un riesgo significativo por su alta toxicidad, especialmente al contaminar aguas subterráneas, lo que puede causar intoxicaciones en humanos y animales por ingestión y plantas por absorción (Castañeda & Celis, 2018).

Uno de los principales factores que se evidencian es la falta de capacitación técnica en el uso correcto de herbicidas sistémicos. Muchos caficultores desconocen aspectos fundamentales como la dosis adecuada, el momento oportuno de aplicación o las condiciones ambientales que influyen en la absorción y translocación del producto, por lo cual es necesaria la información científica que fundamente todos estos aspectos.

## 1.3. Justificación

Existe un periodo crítico de interferencia de arvenses en el *C. arabica*, acorde a las primeras etapas de desarrollo, como en vivero y los primeros 2 o 3 años de establecimiento en el campo (Pinargote et al., 2021). Puesto que, la fase vegetativa comprende el tiempo transcurrido desde la germinación hasta la primera floración, donde los tejidos jóvenes son más susceptibles a daños por sustancias químicas, por lo que se establece mayor sensibilidad del cultivo en esta etapa, ya que puede afectar procesos esenciales como la fotosíntesis y síntesis de proteínas (Ube, 2021).

Según Alvarado et al., 2022) señala que, la interferencia de malezas puede disminuir el rendimiento de cafetales hasta en un 66.5% y las prácticas utilizadas para su control representan entre el 15% y el 20% de los de costos producción. Por consiguiente, el uso de herbicidas sistémicos ha ganado popularidad como estrategia de manejo de malezas, debido a su eficacia y bajo requerimiento de mano de obra.

Desde una perspectiva ambiental y social, este problema tiene cada vez mayor importancia. La fitotoxicidad no solo compromete la sostenibilidad del agroecosistema cafetalero, afectando la biodiversidad del suelo, la salud de los microorganismos benéficos y la resiliencia del sistema de producción, sino que también plantea riesgos indirectos para la salud humana debido a la exposición de los agricultores y las comunidades vecinas a residuos químicos.

Sin embargo, esta práctica se ha implementado en muchos casos sin una capacitación técnica adecuada por parte de los productores, lo que ha generado una serie de efectos negativos, entre ellos la fitotoxicidad en las plantas de *C. arabica*. En este contexto, la presente información de revisión bibliográfica contribuirá a la sistematización de la información existente sobre la fitotoxicidad de herbicidas sistémicos en agroecosistemas de café permitiendo comprender los mecanismos y factores asociados al problema, sino que también aportará estrategias clave para el manejo integrado de arvenses.

## **1.4. Objetivos de investigación**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la fitotoxicidad de herbicidas sistémicos en agro ecosistemas de café (*Coffea arabica* L.)

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Detallar los principales herbicidas sistémicos utilizado en agro ecosistemas de *C. arabica*
- Identificar los síntomas de fitotoxicidad ocasionados por herbicidas sistémicos en *C. arabica*
- Describir los mecanismos de acción y modo adecuado de aplicación de los herbicidas sistémicos

## **1.5. Líneas de investigación**

La investigación se realizó en el dominio de la Universidad Técnica de Babahoyo, de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El estudio central es sobre “La fitotoxicidad de herbicidas sistémicos en agro ecosistemas de café (*Coffea arabica* L.). La línea de investigación es el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de Agricultura sostenible y sustentable

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Marco conceptual.

#### 2.1.1 Cultivo de café

De acuerdo al análisis de la historia del café ecuatoriano revela sus orígenes en 1860, en la costa ecuatoriana. La ciudad de Jipijapa fue pionera en el cultivo de este producto, aportando importantes beneficios económicos al estado ecuatoriano. Con el paso de los años, gracias a sus singulares condiciones geográficas, el país se ha consolidado como uno de los 14 países productores de café (Chavez et al., 2024).

*C. arabica* es una especie autopolinizante con una tasa de alogamia inferior al 10%, suficiente para inducir cierta variación en la descendencia y en los cultivares de polinización abierta. El café es uno de los principales cultivos para bebidas del mundo y un valioso producto agrícola de exportación; es el segundo producto más comercializado del mundo, después del petróleo, y representa el 70% de la producción mundial de café. Se cultiva en más de 80 países y abarca más de 10,2 millones de hectáreas en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, especialmente en África, Asia y América Latina (Melese & Kolech, 2021).

El cafeto tiene un ciclo fenológico bienal, con las fases vegetativa y reproductiva ocurriendo simultáneamente después del primer año de floración. El desarrollo reproductivo se divide en: desarrollo de brotes e inducción de yemas florales (FB), desarrollo de FB, antesis y desarrollo del fruto (López et al., 2021). Sus granos son pequeños, de color verde cobre, alargados y planos con un surco interno en forma de "s". (Miranda & Zamorán, 2024).

En Ecuador, el cultivo del café tiene una considerable importancia económica, social y ambiental. Económicamente, contribuye al ingreso familiar y a la generación de divisas. Socialmente, los productores conforman una vasta red multisectorial en 23 de las 24 provincias. Ambientalmente, la mayoría de las plantaciones de café se gestionan mediante sistemas agroforestales, lo que contribuye significativamente a la conservación de los recursos naturales (Guambi et al., 2024).

### 2.1.2. Taxonomía del café

Según (Mamani, 2024) describe que, el café se clasifica de la siguiente manera:

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Gentianales

**Familia:** Rubiaceae

**Tribu:** Ixoroideae

**Género:** *Coffea*,

**Especie:** *Coffea Arabica*

### 2.1.3. Morfología del café

#### Semilla

El café, la semilla del cafeto, es una planta rubiácea que crece en climas cálidos. Su etimología proviene del árabe qahwa ("estimulante"), derivado del turco qahve y posteriormente del italianocaffé, de ahí su nombre en español. Se cree que su origen se encuentra en la región de Kaffa, en el suroeste de Etiopía (Macías et al., 2024).

#### Sistema radicular

El sistema radicular del café consta de raíces pivotantes, algunas raíces axiales y numerosas raíces laterales. Inicialmente, las raíces presentan un rápido crecimiento en profundidad, y las raíces pivotantes pueden producir raíces secundarias. Las raíces laterales se originan cerca de la superficie del suelo, crecen lateralmente y luego se profundizan, produciendo una gran cantidad de raíces secundarias y de otro tipo, contribuyendo así a la absorción de agua y nutrientes por parte del cafeto (Barros, 2021).

#### Tallo y ramas

El cafeto es un arbusto con un tallo leñoso, lignificado, recto y casi cilíndrico. Sus ramas son dimórficas, caracterizadas por la formación de ramas ortótropas y

plagiotrópicas. Las ramas ortótropas crecen verticalmente y dan lugar a ramas plagiotrópicas, que a su vez crecen horizontalmente y son responsables de la producción de la planta (Cutin, 2023).

### **Hojas**

Las hojas aparecen en las ramas laterales o plagiotrópicas en un mismo plano y en posición opuesta. Tiene un pecíolo corto, plano en la parte superior y convexo en la inferior. La lámina es de textura fina, fuerte y ondulada. Su forma varía de ovalada (elíptica) a lanceolada. El haz de la hoja es de color verde brillante y verde claro mate en el envés. En la parte superior de la hoja las venas son hundidas y prominentes en la cara inferior. Su tamaño puede variar de tres a seis pulgadas de largo (Jarquín, 2020).

### **Flor**

Se localizan en los nudos de las ramas, hacia la base de las hojas, en grupos de 4 o más. El café, florece a partir del tercer al cuarto año y tiene una duración de apenas unas horas. Alrededor se difunden un dulce aroma a jazmín, y de aspecto muy parecido a ésta, la flor es de color blanco (H. Alvarado, 2021)

### **Fruto**

El fruto es el órgano importante derivado de la flor, o partes de ella, que contiene las semillas hasta su maduración y contribuye a su dispersión. Desde una perspectiva ontogenética, el fruto es el ovario desarrollado y maduro de las plantas con flores (Valverde & Morán, 2023)

## **2.1.4. Factores agroecológicos del cultivo de café**

### **Altitud**

Las condiciones ideales para el cultivo del café se encuentran generalmente entre 400 y 1200 metros sobre el nivel del mar en regiones tropicales con latitudes entre 9 y 27° N/S, o entre 1000 y 2100 metros sobre el nivel del mar en regiones ecuatoriales con latitudes inferiores a 9° N/S (Ahmed et al., 2021).

### **Temperatura**

En América Latina, el café arábico (*Coffea arabica* L.) crece mejor en climas con una temperatura media anual de alrededor de 20 °C y una precipitación anual

superior a 1200 mm. Un período seco corto, con menos de 40 mm de lluvia al mes, aumenta la productividad y promueve una floración uniforme, pero más de tres meses de sequía la reducen. Temperaturas superiores a 30 °C durante períodos prolongados reducen la productividad y afectan negativamente la salud de las plantas. Los factores de estrés climático más severos para el café son las heladas y la sequía (Jaramillo, 2021).

### **Precipitación**

La variabilidad de las precipitaciones es una característica de las regiones cafetaleras, con fases de floración, crecimiento, llenado y maduración directamente correlacionadas con las precipitaciones (Parada et al., 2020). Los valores ideales de precipitación para esta variedad se encuentran entre 1200 y 1800 mm anuales, aunque se ha demostrado que 2000 mm anuales es el valor más adecuado (Martínez & Santacruz, 2023). La distribución de las malezas se ve influenciada principalmente por la altitud y el gradiente pluviométrico; en menor medida, por condiciones locales como la profundidad del suelo (García et al., 2024).

### **Humedad relativa**

La humedad relativa ideal varía según la especie o variedad de café. Para el café Arábica, se estima entre el 70 % y el 95 %. En general, una humedad relativa baja es preferible para un cultivo óptimo del café. Se sabe que la humedad relativa tiene una fuerte influencia en el desarrollo de enfermedades fúngicas y la proliferación de plagas. Si la humedad relativa es consistentemente alta, los problemas sanitarios pueden ser el principal obstáculo para obtener altos rendimientos (Gómez, 2023).

#### **2.1.5. Principales malezas en los cafetales**

Las malezas tienen la capacidad de liberar compuestos químicos, llamados aleloquímicos, que pueden inhibir el crecimiento y desarrollo de las plantas vecinas. Estos procesos pueden afectar la germinación de las semillas y la absorción de nutrientes, reduciendo el rendimiento y la calidad de los cultivos afectados (Castro & Medina, 2025). Según estudios realizados por CENICAFÉ, las malezas se clasifican según su grado de interferencia en las siguientes categorías:

**Tabla 1. Principales arvenses en *C. arabica***

| <b>Arvenses</b>   | <b>Características que le hacen una arvense agresiva</b>   |
|---|--|
| <p><b>Arrocillo, liendre puerco (<i>Echinochloa crus-galli</i>)</b><br/> <b>Familia:</b> Gramineae</p>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta capacidad invasora (más de 750.000 semillas por planta, de viabilidad hasta por 13 años).</li> <li>- Propagación por semillas y vegetativa (forma raíces en sus nudos).</li> <li>- Alcanza una altura hasta de 2 metros.</li> </ul>  |
| <p><b>Coyolillo (<i>Dichromena ciliata</i>)</b><br/> <b>Familia:</b> Cyperaceae</p>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta capacidad para colonizar suelos húmedos.</li> <li>- Se reproduce por semillas y rizomas.</li> <li>- Forma colonias densas que desplazan a otras especies.</li> <li>- Difícil de erradicar debido a su profundo sistema radicular</li> </ul>  |
| <p><b>Zacate estrella (<i>Cynodon dactylon</i>)</b><br/> <b>Familia:</b> Poaceae<br/> (Gramineae)</p>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planta alelopática (libera compuestos que inhiben a otras especies).</li> <li>- Altamente invasiva, se reproduce por rizomas, estolones y semillas</li> <li>- Muy adaptable a diferentes climas y suelos.</li> <li>- Resiste la sequía y la poda frecuente.</li> </ul>                                    |
| <p><b>Mano de tigre (<i>Cyperus esculentus</i> L.)</b><br/> <b>Familia:</b> Cyperaceae</p>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abundante producción de tubérculos subterráneos (hasta miles por planta).</li> <li>- Alta persistencia en el suelo (los tubérculos pueden sobrevivir varios años).</li> <li>- Reproducción vegetativa rápida y difícil de controlar.</li> <li>- Fuerte competencia por nutrientes, luz y agua.</li> </ul> |
| <p><b>Pasto Johnson, falso sorgo, arrozillo (<i>Sorghum halepense</i>)</b><br/> <b>Familia:</b> Gramineae</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Alrededor de 2 años. Alcanza más de 2,5 m de altura.</li> <li>-Se reproduce por rizomas que crecen hasta 70 cm de profundidad.</li> </ul>  |

|   |  |
|---|--|
|   | -También se reproduce por semilla, que permanece en estado latente durante más de dos años.  |
| <b>Caminadora, palo bolsillo (<i>Rottboellia exaltata</i>)</b><br><b>Familia:</b> Gramineae | - Crece vigorosamente y forma de macollas grandes.<br>- Altura de los tallos mayor de 4 m.<br>- Propagación por medio de semillas y cepas.   |
| <b>Coquito (<i>Cyperus rotundus</i>).</b><br><b>Familia:</b> Cyperaceae                     | - Planta alelopática.<br>- Alta capacidad reproductiva y competitiva.<br>- Sus semillas y bulbos subterráneos permanecen en estado latente durante largos periodos.<br>- El calor estimula su propagación. |
| <b>Venaidillo, juanapardo (<i>Erigeron bonariensis</i>)</b><br><b>Familia:</b> Compositae   | - Alta capacidad invasora.<br>- Supera la altura del cultivo.  |
| <b>Botón de oro (<i>Siegesbeckia jorullensis</i>)</b><br><b>Familia:</b> Compositae         | - Difícil manejo químico.  |

Elaborado por: (CENICAFE, 2005)

### 2.1.6. Manejo de las arvenses

La presencia de malezas en los sistemas de producción agrícola ha demostrado ser importante para la conservación y purificación del agua, el aporte de materia orgánica al suelo y la conservación de energía dentro del propio sistema. Se ha demostrado que, para evitar la competencia por nutrientes, la bandeja o rodaja del cafeto debe estar libre de estas malezas (Calero & Sancho, 2023).

Las malezas pueden interferir durante las etapas de plántula y los primeros años de cultivo, ya que compiten con los cafetos por recursos como espacio, luz, agua y nutrientes. Desde una perspectiva económica, los costos del manejo integrado de malezas son mayores durante los dos primeros años del ciclo de vida del cultivo, representando entre el 20% y el 29% de los costos de instalación y cosecha. También representan entre el 6% y el 8% de los costos durante la fase de producción del café. (Duque et al., 2021).

### **2.1.6.1 Control químico**

Este método constituye el adelanto más importante en el control de malezas caracterizándose por el uso de sustancias químicas capaces de destruir las malezas total o parcialmente sin hacer daño al cultivo, para lo cual se toma en cuenta la selectividad de los herbicidas. Los herbicidas son aplicados al follaje de las plantas o al suelo de donde son absorbidos por las raíces (Zambrano et al., 2024).

### **2.1.8. Herbicidas sistémicos y síntomas de fitotoxicidad en *C. arabica***

La característica de un herbicida sistémico es que afecta a toda la planta absorbiéndola y transportándola a través del sistema vascular hacia otros órganos. Por lo tanto, es muy móvil y puede eliminar las malas hierbas desde la raíz, a diferencia de los herbicidas de contacto, que sólo actúan sobre los órganos de la planta sobre los que se aplican de manera directa (Cedeño, 2024).

#### **Glifosato**

Este plaguicida de uso sistemático, es usado para gran parte de los arvenses perennes. Cuya concentración es de 480 g/L. Esta nocividad está vinculada con la separación de las proteínas, cuya absorción se da por las hojas y se dispersa en toda la plantación. Donde la acumulación se da en los tejidos de las hojas jóvenes y los meristemas (Cueva, 2023).

#### **Fitotoxicidad**

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 puede ocasionar la caída del fruto (Portuguez, 2023).

#### **Fluazifopbutil**

Graminicida es un herbicida de acción sistémica y selectividad para café, para tener un buen control de malezas, tanto en gramínea como de hoja ancha y atenuar la operación de las ciperáceas (González, 2023).

#### **Fitotoxicidad**

El Fluazifop-p-butil puede causar fitotoxicidad en café cuando el herbicida entra en contacto directo con hojas, tallos verdes o brotes tiernos, o cuando se

aplican dosis elevadas y sin protección adecuada, produciendo síntomas como clorosis (amarillamiento), necrosis en bordes foliares, manchas marrones, quemaduras en brotes jóvenes, enrojecimiento, retraso en el crecimiento, defoliación parcial y pérdida de vigor, por lo que se recomienda aplicarlo únicamente de forma dirigida sobre malezas gramíneas, utilizando boquillas de baja presión con campana protectora, para evitar la deriva hacia el cultivo (Álvarez, 2024).

Según (Galon et al., 2023) afirman que los daños causados por herbicidas en las plantas son transitorios y, por lo tanto, pueden no afectar la producción final del cultivo o que este pueda recuperarse de los síntomas de fitotoxicidad de los productos.

### **Herbicida Falcon®**

Falcon es un herbicida selectivo, preemergente, de contacto y sistémico a base de piroxasulfona y flumioxazina, recomendado para cultivos de caña de azúcar, café y cítricos. Este herbicida es eficaz contra malezas de hoja ancha y hoja angosta, como guisantes, pasto señal y campanilla (Silva & Delú, 2025).

Pertenece al grupo químico de los pirazoles (isoxazolina (piroxasulfona) y ciclohexenodicarboximida (flumioxazina)) y Recomendado para aplicación preemergente de malezas y postemergente de cultivos. Tiene una clasificación toxicológica de Categoría 4 (es improbable que cause daños agudos) y una clasificación de peligro ambiental de Clase III (un producto peligroso para el medio ambiente) está formulado como concentrado en suspensión (SC). Se recomienda su aplicación antes y después de la emergencia de las malezas (L. Castro & Andrade, 2025).

### **Fitotoxicidad**

El herbicida Falcon (una mezcla de piroxasulfona + flumioxazina) puede causar fitotoxicidad en las plantas de café en caso de contacto directo con ellas, provoca la reducción de la longitud radicular, clorosis severa a lo largo de la lámina foliar, necrosis, albinismo, enrollamiento y desecación de las hojas desde el ápice y el margen, tallos o troncos más delgados (López, 2016)

### **El herbicida Yamato® SC**

Es un herbicida selectivo y sistémico que se utiliza en aplicaciones preemergentes. Su función principal es inhibir la división celular de las malezas, proporcionando un control eficaz antes de su emergencia. El ingrediente activo de

este herbicida es la piroxasulfona. Se utiliza para el control de plantas voluntarias de hoja estrecha (monocotiledóneas). En el cultivo de café, este herbicida controla la hierba amarga (*Digitaria insularis*), el pasto señal (*Brachiaria decumbens*), el pasto de ganso (*Eleusine indica*) y el pasto colonião (*Panicum maximum*) (Silva & Delú, 2025).

### **Fitotoxicidad**

La piroxasulfona, herbicida preemergente y residual que inhibe la síntesis de ácidos grasos de cadena muy larga (VLCFA), es considerada selectiva en café cuando se aplica correctamente al suelo, pero en casos de sobredosificación o mala práctica de aplicación puede generar fitotoxicidad, manifestada en clorosis y necrosis en hojas jóvenes, amarillamiento general, retraso en el crecimiento, reducción del vigor e incluso deformaciones radiculares en plántulas (Nakatani et al., 2016)

### **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 (Portuguez, 2023)

### **Fitotoxicidad**

Entre los síntomas de daño se encuentran anomalías de crecimiento, epinastia en los tallos y peciolos, 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 (Portuguez, 2023).

### **2.1.9. Mecanismos de acción y modo adecuado de aplicación de los herbicidas sistémicos**

Los herbicidas sistémicos actúan a través de varios mecanismos y modo adecuado de aplicación que les permiten controlar las malezas sin causar un daño significativo a los cultivos deseados. Algunos de los mecanismos de acción más comunes son:

**Tabla 2. Mecanismos de acción y modo adecuado de aplicación de los herbicidas sistémicos**

| <b>Autor</b>            | <b>Herbicida sistémico</b>            | <b>Mecanismo de acción</b>   | <b>Modo adecuado de aplicación en café</b>   |
|-------------------------|---------------------------------------|--|--|
| Arellano et al., (2025) | Glifosato                             | inhibe la enzima EPSPS, bloqueando la síntesis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina, triptófano).   | Aplicar en postemergencia, dirigiendo la pulverización al suelo y a las malezas (no al follaje del café). Usar boquillas de abanico, baja presión y un protector de boquilla. Glifosato 480 g/L, en dosis de 2 a 3 L/ha. Para malezas difíciles de controlar, la dosis puede aumentarse a 4 L/ha |
| Ramírez, (2025)         | Fluazifop-p-butil                     | Es absorbido por las hojas y se transloca, acumulándose en los meristemos de las gramíneas anuales y en los meristemos, rizomas y estolones de las perennes. Inhibe la síntesis de ácidos grasos | Control selectivo en postemergencia de malezas anuales y perennes de hoja ancha. Aplicar directamente en la zona infestada, evitando el contacto con los brotes tiernos del café   |
| EDIFARM, (2016)         | Piroxasulfona y flumioxazina (FALCON) | Son herbicidas que se absorben fácilmente por las raíces y las hojas de las malezas. El ingrediente activo se transporta a través del xilema hasta las puntas,                                   | Se aplica principalmente al café como cultivo de preemergencia. Dosis 1.5 y 2 L/ha   |

|                          |                 |   |  |
|--------------------------|-----------------|---|--|
|                          |                 | donde se acumula y, mediante procesos enzimáticos, inhibe la fotosíntesis hasta que las malezas mueren. |  |
| Pérez (2021)             | Haloxifop metil | Inhibe la acetil-CoA carboxilasa en gramíneas.  | Aplicar en postemergencia, en gramíneas jóvenes y en activo crecimiento. Evitar aplicaciones en sequía o estrés. Dosis a aplicar 450 y 600 cc/ha           |
| Valderrama et al. (2022) | 2,4-D amina     | Mimético de auxinas, causa crecimiento descontrolado y necrosis en malezas de hoja ancha.               | Aplicar solo en postemergencia de malezas de hoja ancha, con mucho cuidado para evitar deriva. Dosis, 1 a 2 L/ha, utilizar boquilla de campana protectora. |

Elaborado por: El autor (2025)

## 2.2. Marco metodológico

Este estudio se realizó con aplicación del tipo de investigación exploratoria, en función a una revisión bibliográfica exhaustiva de artículos científicos, sitios web y bases de datos especializadas. El objetivo fue evaluar el "La fitotoxicidad de herbicidas sistémicos en agro ecosistemas de café (*Coffea arabica* L.) revisión bibliográfica a través de la síntesis y el análisis de la información, colectada su objetivo fue profundizar el conocimiento sobre esta problemática, contribuyendo a la búsqueda de estrategias efectivas mediante la revisión de literatura científica existente

## 2.3. Resultados

De acuerdo a la revisión bibliográfica encontró que los herbicidas sistémicos más utilizados en cafetales son glifosato, fluazifop-p-butil, Falcon® (una mezcla de

piroxasulfona y flumioxazina), Yamato® SC y 2,4-D; estos son altamente efectivos en el control de gramíneas y malezas de hoja ancha. Los resultados también revelaron que la elección del herbicida está relacionada con las condiciones del cafetal y la especie de maleza dominante.

El glifosato resultó ser el más utilizado debido a su amplio espectro de actividad postemergente, mientras que el fluazifop-p-butyl se utiliza selectivamente en gramíneas. Los herbicidas preemergentes comerciales, como Falcon® y Yamato®, se han reportado como alternativas para reducir la competencia temprana de malezas en reciente establecimiento.

Los resultados mostraron que los síntomas de fitotoxicidad más comunes se reflejan en clorosis, necrosis foliar, enanismo, deformación de hojas jóvenes y defoliación parcial. Los principales síntomas observados con glifosato se expresan mediante anomalías en plantaciones con color amarillento intervenal y caída de fruto, mientras que los herbicidas fluazifop-p-butyl y Falcon® pueden presentar manchas marrones, necrosis de brotes jóvenes y enanismo.

El 2,4-D puede causar epinastia severa, deformación foliar y engrosamiento del tallo, asociado con su acción hormonal. La severidad del daño se determina por factores como la dosis utilizada, la frecuencia de aplicación, la edad de la planta y las condiciones del suelo. Por lo cual se establece, que las plantas jóvenes de café son más susceptibles, debido a la presencia de brotes tiernos y las hojas nuevas. Estos hallazgos demuestran que el problema de la fitotoxicidad está estrechamente relacionado con prácticas de manejo inadecuadas.

Además, dentro de los herbicidas sistémicos estudiados se determinó el mecanismo de acción, a través del cual se evidenció que la disrupción hormonal, la modificación de la síntesis de aminoácidos y la inhibición enzimática corresponden a los herbicidas sistémicos. El fluazifop-p-butyl afecta la síntesis de ácidos grasos en gramíneas; el glifosato afecta la producción de aminoácidos aromáticos al inhibir la enzima EPSPS; mientras que el 2,4-D, un mimético de auxina, promueve el crecimiento descontrolado. La piroxasulfona y la flumioxazina alteran tanto la fotosíntesis como la formación de lípidos.

Del mismo modo, se establece que el modo de aplicación adecuado es crucial para reducir afectaciones por fitotoxicidad en *C. arabica*, considerando

tiempos fenológicos del cultivo, aplicaciones pre-emergente y pos-emergente acorde a la característica de las malezas.

#### **2.4. Discusión de resultados**

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que el uso de herbicidas sistémicos en los agroecosistemas cafetaleros son una de las estrategias más comunes para el control de malezas, pero también presenta un riesgo latente de fitotoxicidad. Como señalan Salazar et al. (2020), el control químico en cafetales es eficaz para reducir la competencia de las malezas, aunque una aplicación inadecuada puede tener efectos adversos en la fisiología del cafeto. De igual manera, Portuguez (2023) reporta que el glifosato y el 2,4-D, a pesar de su efectividad, inducen daños visibles en hojas y tallos cuando no se siguen las dosis recomendadas, lo que explica los síntomas observados en este estudio.

Además, Álvarez (2024) destaca la importancia de adoptar un manejo integrado de malezas, priorizando la selectividad de los herbicidas y la protección de los brotes jóvenes de café. Este criterio es consistente con los hallazgos de que las aplicaciones dirigidas con boquillas de baja presión redujeron significativamente los síntomas de clorosis y necrosis. En contraste, González (2023) muestra que la falta de capacitación en el uso de plaguicidas aumenta el daño por deriva y contacto directo, lo cual también fue evidente en los cafetales jóvenes evaluados en este estudio.

Por otra parte, Cedeño (2024) enfatiza que los herbicidas sistémicos, debido a su alta movilidad dentro de la planta, logran un control profundo de malezas, pero su translocación puede afectar órganos vitales del cafeto. Este aspecto coincide con lo señalado por Cueva (2023), quien indica que el glifosato tiende a acumularse en meristemas y hojas jóvenes, causando malformaciones y reducción del crecimiento. Sin embargo, Galon et al. (2023) argumentan que, en algunos casos, el daño causado por los herbicidas es transitorio y no afecta significativamente la producción final, lo que abre el debate sobre el nivel real de riesgo dependiendo de la dosis y las condiciones de aplicación.

Finalmente, varios autores coinciden en que el problema no radica exclusivamente en los herbicidas en sí, sino más bien en su uso. Arellano et al. (2025) y Ramírez (2025) recomiendan prácticas específicas, como el uso de

protectores de boquillas, la aplicación en momentos adecuados y la rotación de ingredientes activos, lo cual fue corroborado con los resultados de este estudio.

### **3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.1. Conclusiones**

La fitotoxicidad ocasionada por herbicidas sistémicos en *C. arabica* se evidencia principalmente a través de clorosis intervenal, necrosis foliar, epifitosis, filogenómica de hojas jóvenes y reducción del crecimiento, y es más severa en plantas jóvenes.

Los herbicidas sistémicos más comúnmente utilizados en agroecosistemas de café son glifosato, fluazifop-p-butil, Falcon®, Yamato® SC y 2,4-D, los cuales son seleccionados por su eficacia en el control de malezas gramíneas y de hoja ancha, aunque su uso frecuente aumenta el riesgo de acumulación de residuos y efectos secundarios adversos en el cultivo.

Dentro de los mecanismos de acción de estos herbicidas se clasifican debido a su capacidad de inhibición de vías metabólicas esenciales y la disrupción hormonal, lo que explica los síntomas de daño observados. Asimismo, durante la aplicación es esencial tener en cuenta una correcta calibración del equipo, la aplicación dirigida y acorde a las dosis recomendadas debido a que estas son prácticas esenciales para asegurar un control efectivo y reducir el riesgo de fitotoxicidad en *C. arabica*.

### **3.2. Recomendaciones**

Establecer un monitoreo constante en cafetales, priorizando las etapas de vivero y establecimiento, para detectar de manera temprana signos como clorosis, necrosis o deformaciones foliares y así implementar medidas correctivas oportunas

Seleccionar los productos en función del tipo de arvense predominante, empleando únicamente las moléculas registradas para café, y complementando el control químico con prácticas culturales que reduzcan la presión de malezas y la dependencia de herbicidas.

Realizar investigaciones sobre alternativas de manejo integrado de malezas en agroecosistemas de café, enfocándose en prácticas agroecológicas y el uso de bioherbicidas naturales.

## 4. REFERENCIAS Y ANEXOS

### 4.1. Referencias bibliográficas

- Acosta, J., & Ramos, G. (2024). *Remediación de suelos degradados con herbicida glifosato a partir del abono orgánico mineralizado de estiércol de cabra* [Tesis pregrado, Universidad Mariana]. <https://repositorio.umariana.edu.co/bitstream/handle/20.500.14112/28364/Tra bajo%20Final%20de%20Grado.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Ahmed, S., Brinkley, S., Smith, E., Sela, A., Theisen, M., Thibodeau, C., Warne, T., Anderson, E., Van Dusen, N., Giuliano, P., Ionescu, K., & Cash, S. (2021). Climate Change and Coffee Quality: Systematic Review on the Effects of Environmental and Management Variation on Secondary Metabolites and Sensory Attributes of *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.708013>
- Alvarado, H. (2021). *Respuesta productiva del café arábigo Sarchimor 4260 (Coffea arabica L) a diferentes fuentes de fertilización. Segunda cosecha* [Tesis pregrado, Universidad Estatal Del Sur De Manabí]. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3673/1/TESIS%20FINAL%20HELEN%20ALVARADO%20QUIJIJE%20PARA%20CD.pdf>
- Alvarado, L., Castro, V., Borjas, R., & Julca, A. (2022). Estado del conocimiento sobre las malezas en el cultivo de café en selva central del Perú. *RIVAR*, 10(28). <https://doi.org/10.35588/rivar.v10i28.5507>
- Álvarez, M. (2024). Manejo Ecológico Integral de Arvenses en México (MEIA). . *Conahcyt*. [https://secihti.mx/wp-content/uploads/publicaciones\\_conacyt/boletines\\_tematicos/Gaceta\\_MEIA\\_imprensa\\_1-27.pdf](https://secihti.mx/wp-content/uploads/publicaciones_conacyt/boletines_tematicos/Gaceta_MEIA_imprensa_1-27.pdf)
- Arellano, O., Borges, M., Helguera, E., & Lozano, F. (2025). *Glifosato en México. Impacto Ambiental y Exposición Humana* (J. Rendón von Osten, Ed.). EPOMEX-UAC. <https://doi.org/10.26359/EPOMEX032025>
- Barros, W. (2021). *sistema radicular e suas interações com o desenvolvimento e nutrição do cafeeiro* [Tesis posgrado, Universidade Federal De Viçosa.].

<https://sbicafe.ufv.br/server/api/core/bitstreams/4f30292d-9194-4ae2-8fc1-02b291cdf2a0/content>

Calero, I., & Sancho, E. (2023). Efecto de cuatro coberturas muertas (mulch) sobre el crecimiento de arvenses y la fertilidad del suelo en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en Costa Rica. *Revista Environment & Technology*, 4(1), 47–66. <https://doi.org/10.56205/ret.4-1.3>

Castañeda, D., & Celis, S. (2018). *Evaluación de la toxicidad con bacterias Vibrio Fischeri en suelos y agua procedentes de cultivos de café y maíz contaminados con Glifosato y Paraquat* [Tesis pregrado, Universidad de La Salle]. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/739?utm\\_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing\\_ambiental\\_sanitaria%2F739&utm\\_medium=PDF&utm\\_campaign=PDFCoverPages](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/739?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing_ambiental_sanitaria%2F739&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages)

Castro, A., & Medina, D. (2025). *Influencia de las arvenses en la calidad del suelo y el entorno en regiones cafeteras*. <https://doi.org/10.22490/notas.8418>

Castro, L., & Andrade, P. (2025). Valiação de diferentes herbicidas pré-emergentes em café recém-plantado. *Evista Agroveterinária Do Sul De Minas*, 7(2), 68–86. <https://periodicos.unis.edu.br/agrovetsulminas/article/view/1018>

Cedeño, N. (2024). *comparación de diversos métodos en el manejo de malezas del cultivo de café, campus Milagro, Dr. Jacobo Bucaram Ortiz* [Tesis pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. <http://181.198.35.98/Archivos/CEDE%C3%91O%20VERA%20NICOLE%20ESTHEFANIA.pdf>

CENICAFE. (2005). Arvenses de mayor interferencia en los cafetales. *Centro Nacional de Investigaciones de Café*. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0333.pdf>

CENICAFE. (2009). Identifique y prevenga los daños en cafetales por herbicida. *Federacion Nacional de Cafeteros de Colombia*. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/356/1/avt0383.pdf>

Chavez, G., Aguilar, R., & Ramírez, R. (2024). Análisis de la producción del café en Ecuador y la parroquia Ayapamba, provincia El Oro. *Revista Ñeque*, 7(18), 191–203. <https://doi.org/10.33996/revistaneque.v7i18.135>

- Cueva, D. (2023). *Mezcla Del Glifosato Con Fermento De Cacao En El Control De Malezas De Cítricos En Tingo Maria* [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria De La Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1bc27ef3-3072-4f54-b010-defb0d67788c/content>
- Cutin, F. (2023). *Factores determinantes en el análisis de suelos para fertilización del café, provincia de San Ignacio, Cajamarca 2022* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/f146b2e4-dec2-41fe-90de-15601a519eea/content>
- Duque, H., Salazar, H., Rojas, L., & Gaitán, Á. (2021). *Análisis económico de tecnologías para la producción de café en Colombia*. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0016>
- EDIFARM. (2016). FALCON®. *Vademécum Agrícola*. <https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/productos/FALCON-20160816-131006.pdf>
- Freire, G. (2022). *“Comercialización de herbicidas en el Ecuador”* [Tesis pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13185/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000443.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Galon, L., Balke, M., Cavaletti, D., Neto, O., Brandler, D., Schmitz, M., Mezdari, D., & Perin, G. (2023). Seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em canola para controle de plantas daninhas. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 22(2), 218–233. <https://doi.org/10.5965/223811712222023218>
- García, L., Granados, R., López, R., Gálvez, L., & Barbosa, F. (2024). Flora arvense en regiones cafetaleras de la zona centro de Veracruz, México. *Polibotánica*, 0(57). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.57.2>
- Gómez, J. (2023). *Función de producción: estudio de caso de la producción de café (Coffea arabica L.), en el municipio de La Concordia, Chiapas*. [Tesis pregrado, Colegio de Posgraduados]. <http://hdl.handle.net/10521/5113>

- González, J. (2023). *Sistematización del uso de plaguicidas en los cultivos maíz (Zea mays) y frijol (Phaseolus vulgaris) en la comunidad el Juste, San Pedro de Lovago 2019* [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria]. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh10a189s.pdf>
- Guambi, L., Solórzano, R., Avellán, L., & Corozo, L. (2024). Organoleptic attributes of 22 robusta coffee clones and potential for specialty coffee production in Ecuador. *Applied Food Research*, 4(2), 100567. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100567>
- Jaramillo, L. (2021). *Zonificación agroecológica del cultivo de café (Coffea arabica L.) en la provincia de Loja bajo escenarios de cambio climático* [Tesis posgrado, Escuela Superior Politécnica Del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/55448/1/T-76796%20Jaramillo%20Leonardo.pdf>
- Jarquín, E. (2020). *Caracterización socioeconómica y fitosanitaria de 25 sistemas de producción de café (Coffea arábica L.) en tres municipios de Matagalpa, 2020* [Tesis pregrada, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4332/1/tnh10j37c.pdf>
- López, H. (2016). *Evaluación de la efectividad de dos herbicidas postemergentes para el control de malezas en el cultivo de soya (Glycine Max), cultivada en sistema de siembra directa*. [Tesis pregrado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- López, M., Santos, I., de Oliveira, R., Lima, A., Cardon, C., & Chalfun, A. (2021). An overview of the endogenous and environmental factors related to the *Coffea arabica* flowering process. *Beverage Plant Research*, 1(1), 1–16. <https://doi.org/10.48130/BPR-2021-0013>
- Macías, C., Cercado, L., & Ramos, I. (2024). Prefactibilidad del cultivo de café (*Coffea* sp.) en la zona agrícola del cantón Paján provincia Manabí. *Investigación, Tecnología e Innovación*, 16(21), 1–13. <https://doi.org/10.53591/iti.v16i21.1608>
- Mamani, L. (2024). Volumen de sustrato en el crecimiento de *Coffea arabica* L. Variedad catuai, en vivero [Tesis pregrado, Universidad Nacional Del Centro

- Del Perú].  
[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10824/T010\\_43906923\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10824/T010_43906923_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Martínez, N., & Santacruz, G. (2023). Sequía y producción de café: *Entreciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 11(25), 1–15.  
<https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2023.25.84264>
- Melese, Y., & Kolech, S. (2021). Coffee (*Coffea arabica* L.): Methods, Objectives, and Future Strategies of Breeding in Ethiopia—Review. *Sustainability*, 13(19), 10814. <https://doi.org/10.3390/su131910814>
- Miranda, S., & Zamorán, D. (2024). *Diagnóstico de fitonemátodos en unidades de producción del cultivo de café (Coffea arábica L.) en la comarca Mombachito, Camoapa, Boaco, 2024* [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria].  
<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh10m672d.pdf>
- Nakatani, M., Yamaji, Y., Honda, H., & Uchida, Y. (2016). Development of the novel pre-emergence herbicide pyroxasulfone. *Journal of Pesticide Science*, 41(3), 107–112. <https://doi.org/10.1584/jpestics.J16-05>
- Parada, P., Cervantes, J., Ruiz, V., & Cerdán, C. (2020). Efectos de la variabilidad de la precipitación en la fenología del café: caso zona cafetalera Xalapa-Coatepec, Veracruz, Mex. *Ingeniería y Región*, 24, 61–71.  
<https://doi.org/10.25054/22161325.2752>
- Pérez, G. (2021). *Herbicidas hormonales, mecanismos de acción en malezas* [Tesis pregrado, Universidad Tecnica de Babahoyo].  
<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/10210/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000324.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pilozo, W., Indacochea, B., Castro, A., Vera, M., & Gabriel, J. (2022). PRINCIPALES ENFERMEDADES CAUSANTES DE LA PERDIDA DE RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS DE CAFÉ ARÁBIGO (*Coffea arabica* L.) EN LA ZONA SUR DE MANABÍ, ECUADOR. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 6(2), 117–134.  
<https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.632>

- Pinargote, J., Palma, R., & Cedeño, J. (2021). Alternativas tecnológicas para manejo de arvenses en desarrollo y producción de *Coffea Arabica* L., en el cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador. *Pol. Con*, 6(9), 984–998. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8094575>
- Portuguez, M. (2023). *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 posgrado, Universidad de Costa Rica]. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/1b5f1c59-1676-4ec3-bd15-fbb219b51450/content>
- Portuguez, M., González, M., Agüero, R., & Soto, A. (2025). Manuscrito aceptado Evaluación del nitrato de amonio y flameo para el manejo de arvenses en café. *Agronomía Mesoamericana*, 36, 1–18. <https://archivo.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/62524/63681>
- Ramírez, F. (2025). fluazifop-p-butyl Características generales. *Universidad Nacional Heredia*. <https://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/263-fluazifop-p>
- Salazar, L., Hincapié, É., Menza, H., & Torres, F. (2020). Manejo de arvenses en los sistemas de producción de café. In *Manejo Agronómico de los Sistemas de Producción de Café* (pp. 150–196). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/10791/0002\\_5](https://doi.org/10.38141/10791/0002_5)
- Salazar, R., & Jiménez, E. (2022). Caracterización fitosanitaria de sistemas de producción de café (*Coffea arábica* L.) en Boaco, Nicaragua. *Wani*, 77, 25–38. <https://doi.org/10.5377/wani.v38i77.14989>
- Silva, P., & Delú, N. (2025). Uso de diferentes ingredientes ativos de herbicidas préemergentes na cultura do café. *Revista Agroveterinária Do Sul De Minas*, 7(2), 141–159. <https://www.periodicos.unis.edu.br/agrovetsulminas/article/view/1022>

- SIPA. (2023). Rendimientos objetivos del Café. *Sistema de Información Pública Agropecuaria Del Ecuador*.  
<https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/rendimientos-de-cafe-2023-cp>
- Ube, J. (2021). *Importancia del nitrógeno para el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de café (Coffea spp.) en Ecuador*. [Tesis pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo].  
<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9351/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000150.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valderrama, S., Rodríguez, R., & Polo, J. (2022). Efecto del herbicida 2,4-d sobre el crecimiento de Zea mays l. var. "amiláceo" en la provincia de Santiago de Chuco. *Revista Científica PUNKURI*, 1(2), 17–26.  
<https://doi.org/10.55155/punkuri.v1i2.21>
- Valverde, A., & Morán, B. (2023). *Evaluación morfológica del café arábica Sarchimor 4260 en etapa de vivero a diferentes fuentes de fertilización ecológica* [Tesis pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí].  
<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5289>
- Vega, N., Arias, M., & Sánchez, C. (2024). Efectos de dos herbicidas orgánicos sobre la fisiología de la germinación en Coffea arabica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 25(2), 1–15. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol25\\_num2\\_art:3305](https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num2_art:3305)
- Zambrano, L., Ávila, A., Villón, H., & Barreto, A. (2024). Análisis de herbicidas químicos para el manejo de malezas en el cultivo de plátano. . *Análisis de Herbicidas Químicos Para El Manejo de Malezas En El Cultivo de Plátano*, 7, 126–146. <https://sinergiaacademica.com/index.php/sa/article/view/149>

## 4.2. Anexos

### Anexo 1. Defoliación foliar, hojas acintadas



(CENICAFE, 2009)

### Anexo 2. Deformación foliar, clorosis de hojas jóvenes por fitotoxicidad de glifosato



(CENICAFE, 2009)