

Evaluación de aguas mieles del café como método de control de arvenses de alta interferencia en zona cafetera del municipio de La Plata Huila.

Eider Enrique Trujillo González

Asesor:

M.Sc. Alexander Castro Polanco

Docente UNAD

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Agronomía

2025

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la fortaleza y sabiduría necesarias para llevar a cabo este proyecto. A mi familia, por su incondicional apoyo y aliento en cada etapa del proceso, su compañía ha sido invaluable. Extiendo también mi agradecimiento a los docentes, quienes con su conocimiento y guía contribuyeron de manera significativa al desarrollo y consolidación de este trabajo, ayudándome a crecer tanto personal como profesionalmente.

Resumen

El proyecto se implementó con el objetivo de mejorar la sostenibilidad en el manejo de las plantaciones de café en el municipio de La Plata, Huila, enfocándose en el control de arvenses de alta interferencia. Por lo cual, se evaluó los efectos de las aguas mieles del café, un subproducto de la producción cafetera, como un método alternativo de control de malezas. La investigación incluyó la caracterización de las especies de arvenses presentes en parcelas divididas, con el fin de documentar su comportamiento y alcance con el cultivo de café, de igual manera se llevaron a cabo ensayos de diferentes tiempos de fermentación y dosis de aguas mieles, tanto en procesos aeróbicos como anaeróbicos, para evaluar su efectividad como herbicida natural.

De igual forma, se realizó el monitoreo constante de las parcelas tratadas con aguas mieles para observar el impacto sobre las arvenses de hoja ancha y hoja angosta, considerando las mejores prácticas de manejo sostenible. Este seguimiento se realizó de forma progresiva sobre los efectos del mucílago en intervalos de 8, 15 y 24 días, analizando su impacto en la inhibición del crecimiento de las arvenses, comparando dos métodos de fermentación: aeróbica (con oxígeno) y anaeróbica (sin oxígeno), con el fin de determinar cuál ofrece mejores resultados en términos de eficacia y estabilidad del producto.

En las parcelas experimentales de la finca El Mirador, se observó que las fermentaciones prolongadas (de 24 días), aplicadas en mayores dosis (5 litros) y bajo condiciones sin oxígeno (anaeróbicas), fueron las más efectivas, logrando afectar hasta un 89% de las arvenses de hoja ancha. A partir de la caracterización inicial, se pudo identificar que las arvenses de hoja ancha fueron más frecuentes y también más sensibles a los tratamientos, mientras que las de hoja

angosta presentaron mayor resistencia. Estos resultados permiten entender mejor cómo responder según el tipo de arvense, y muestran que con un buen manejo de los tiempos de fermentación, las dosis y el tipo de aplicación, se puede reducir el uso de herbicidas químicos y darles un uso útil a los residuos del café, cuidando el ambiente y mejorando las prácticas en el cultivo, respondiendo a la necesidad de reducir los riesgos ambientales asociados con los métodos convencionales de control de arvenses, a la vez que se busca una alternativa más amigable con el entorno natural y económicamente viable para los productores.

Con la implementación del proyecto, se generó conocimiento valioso para los caficultores, las instituciones y la comunidad en general, contribuyendo al fortalecimiento de prácticas agrícolas sostenibles. La investigación permitió a los productores acceder a información precisa sobre el uso de aguas mieles como una estrategia viable para mejorar la calidad de sus cultivos y, al mismo tiempo, reducir costos de producción y el impacto ambiental en la zona cafetera de La Plata, Huila.

Palabras Claves: mucilago de café, control de malezas, impacto ambiental, herbicidas, fermentación aeróbica y anaeróbica.

Abstract

The project was implemented with the objective of improving sustainability in the management of coffee plantations in the municipality of La Plata, Huila, with a focus on controlling highly competitive weed species. To this end, the effects of coffee wastewater (commonly known as aguas mieles), a by-product of coffee processing, were evaluated as an alternative method of weed control.

The research involved the characterization of weed species present in subdivided plots, aiming to document their behavior and interaction with the coffee crop. In addition, trials were conducted using different fermentation durations and wastewater doses, under both aerobic and anaerobic conditions, to assess their effectiveness as a natural herbicide.

Ongoing monitoring was carried out on the plots treated with coffee wastewater to observe its impact on broadleaf and narrowleaf weeds, taking into account best practices in sustainable management. This monitoring was conducted progressively at intervals of 8, 15, and 24 days, analyzing the effects of mucilage on weed growth inhibition. Two fermentation methods were compared: aerobic (with oxygen) and anaerobic (without oxygen), in order to determine which yielded better results in terms of efficacy and product stability.

In the experimental plots of El Mirador farm, it was observed that prolonged fermentations (24 days), applied in higher doses (5 liters) and under anaerobic conditions, were the most effective, achieving up to 89% control of broadleaf weeds. Based on the initial characterization, broadleaf weeds were found to be more frequent and more susceptible to the treatments, while narrowleaf weeds showed greater resistance. These results provide insight into how to respond depending on the type of weed present, and demonstrate that with appropriate management of fermentation time, dosage, and application method, it is possible to reduce the

use of chemical herbicides and make beneficial use of coffee processing waste—protecting the environment and improving crop management practices.

By implementing this project, valuable knowledge was generated for coffee growers, institutions, and the wider community, contributing to the strengthening of sustainable agricultural practices. The research enabled producers to access reliable information on the use of coffee wastewater as a viable strategy to enhance crop quality, reduce production costs, and minimize environmental impact in the coffee-growing region of La Plata, Huila.

Keywords: coffee mucilage, weed control, environmental impact, herbicides, Aerobic and anaerobic fermentation.

Tabla de Contenido

Introducción	13
Planteamiento del Problema.....	15
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco Teórico.....	18
Marco Conceptual	21
Marco Contextual.....	22
Metodología	24
Resultados Obtenidos.....	35
Primer momento: Ocho días de fermentación aeróbica y anaeróbica de aguas mieles.....	35
Segundo momento; Quince días de fermentación de agua miel de tipo aeróbica y anaeróbica.....	44
Tercer momento: veinticuatro días de fermentación de agua miel de tipo aeróbica y anaeróbica.....	52
Discusión.....	76
Conclusiones	82
Recomendaciones.....	85
Referencias Bibliográficas	87
Apéndice.....	90

Lista de Tablas

Tabla 1	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 1 AE 1 - 1</i>	366
Tabla 2	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AE-1-1</i>	377
Tabla 3	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AE-1</i>	377
Tabla 4	<i>Principales Arvenses encontrados en el l marco 1AE-5-1</i>	388
Tabla 5	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 2 AE-5-1</i>	389
Tabla 6	<i>Principales Arvenses encontrados en el l marco 3-AE-5-1</i>	39
Tabla 7	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AN-1-1</i>	40
Tabla 8	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AN-1-1</i>	41
Tabla 9	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AN-1</i>	41
Tabla 10	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AN-5-1</i>	42
Tabla 11	<i>Principales Arvenses encontrados en el l marco 2-AN-5-1</i>	43
Tabla 12	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AN-5-1</i>	43
Tabla 13	<i>Principales Arvenses encontrados en el l marco 1-AE-1</i>	44
Tabla 14	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AE-1-2</i>	45
Tabla 15	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AE-1-2</i>	46
Tabla 16	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AE-5-2</i>	46
Tabla 17	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AE-5-2</i>	47
Tabla 18	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AE-5-2</i>	48
Tabla 19	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AN-1-2</i>	48
Tabla 20	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AN-1-2</i>	49
Tabla 21	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AN-1-2</i>	50
Tabla 22	<i>Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AN-5-2</i>	50

Tabla 23 <i>Principales arvenses encontrados en el marco 2-AN-5-2</i>	51
Tabla 24 <i>Principales arvenses encontrados en el marco 3-AN-5-2</i>	52
Tabla 25 <i>Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AE-1-3</i>	52
Tabla 26 <i>Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AE-1-3</i>	53
Tabla 27 <i>Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AE-1-3</i>	54
Tabla 28 <i>Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AE-5-3</i>	54
Tabla 29 <i>Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AE-5-3</i>	55
Tabla 30 <i>Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AE-5-3</i>	55
Tabla 31 <i>Principales Arvenses Hallados en el marco 1-AN-1-3</i>	56
Tabla 32 <i>Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AN-1-3</i>	57
Tabla 33 <i>Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AN-1-3</i>	57
Tabla 34 <i>Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AN-5-3</i>	58
Tabla 35 <i>Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AN-5-3</i>	59
Tabla 36 <i>Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AN-5-3</i>	59
Tabla 37 <i>Registros de aplicación aeróbico ocho días de fermentación</i>	70
Tabla 38 <i>Registro de aplicación anaeróbico ocho días de fermentación.</i>	71
Tabla 39 <i>Registros de aplicación aeróbico de quince días de fermentación.</i>	72
Tabla 40 <i>Registro de aplicación anaeróbico de quince días de fermentación.</i>	73
Tabla 41 <i>Registro aplicación aeróbico veinticuatro días de fermentación.</i>	74
Tabla 42 <i>Registro de aplicación aeróbico de veinticuatro días de fermentación.</i>	74

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación del proyecto</i>	222
Figura 2 <i>Localización espacial del proyecto de investigación utilizando QGIS</i>	233
Figura 3 <i>Adecuación de los bidones</i>	299
Figura 4 <i>Recolección de agua mieles</i>	299
Figura 5 <i>Sitio de almacenamiento de fermentación de agua miel</i>	30
Figura 6 <i>Elaboración de marcos de guadua 1 metro cuadrado por 36 unidades</i>	30
Figura 7 <i>Primer momento ocho días de fermentación aerobico y anaerobico</i>	31
Figura 8 <i>Aplicación de la primera fermentación aeróbica y anaeróbica</i>	31
Figura 9 <i>Aplicación del segundo momento aeróbica y anaeróbica</i>	32
Figura 10 <i>Segunda Aplicación del proceso de fermentación aerobica y anaerobica</i>	33
Figura 11 <i>Tercer momento de fermentación aeróbica y anaeróbica</i>	33
Figura 12 <i>Aplicación de tercera fermentacion aerobica y anaerobica</i>	34
Figura 13 <i>Clasificación taxonomica</i>	35

Lista de Graficas

Gráfica 1 <i>Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AE-1-1</i>	61
Gráfica 2 <i>Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AE-5-1</i>	62
Gráfica 3 <i>Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-1-1</i>	62
Gráfica 4 <i>Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-5-1</i>	63
Gráfica 5 <i>Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AE-1-2</i>	64
Gráfica 6 <i>Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AE-5-2</i>	65
Gráfica 7 <i>Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-1-3</i>	66
Gráfica 8 <i>Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-5-3</i>	67
Gráfica 9 <i>Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AE-1-3</i>	67
Gráfica 10 <i>Afectación de arvenses en los marcos AE-5-3</i>	68
Gráfica 11 <i>Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-1-3</i>	69
Gráfica 12 <i>Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-5-3</i>	69

Apéndices

Apéndice A <i>Resultado de afectación en el marco 3-AE-1-1</i>	90
Apéndice B <i>Resultado de afectación en el en el marco 3-AE-5-1</i>	90
Apéndice C <i>Resultado de afectación en el marco 1-AN-1-1</i>	90
Apéndice D <i>Resultado de afectación en el en el marco 3-AN-5-1</i>	91
Apéndice E <i>Resultado de afectación en el marco 1 -AE-1-2</i>	91
Apéndice F <i>Resultado de afectación en el marco 2-AE-5-2</i>	91
Apéndice G <i>Resultado de afectación en el marco 1-AN-1-2</i>	92
Apéndice H <i>Resultado de afectación en el marco 1-AN-5-2</i>	92
Apéndice I <i>Resultado de afectación en el marco 1-AE-1-3</i>	92
Apéndice J <i>Resultado de afectación en el marco 3-AE-5-3</i>	93
Apéndice K <i>Resultado de afectación en el marco 1-AN-1-3</i>	93
Apéndice L <i>Resultado de afectación en el marco 1-AN-5-3</i>	93

Introducción

La producción de café en Colombia es fundamental no solo para la economía, sino también para el sustento de miles de familias y la generación de empleo para aproximadamente un millón de personas que participan en actividades de cultivo, procesamiento, comercialización y exportación del grano. Según la Federación de Cafeteros (2017), el área cafetera colombiana se extiende por 3.6 millones de hectáreas en 16 departamentos, abarcando tierras de cordillera altas y semiplanas, a altitudes entre los 1,000 y 2,000 metros sobre el nivel del mar.

Uno de los grandes desafíos en la producción de café es el control de arvenses, como lo destacan Labrada y Parker (1996) en su obra *Manejo de malezas para países en desarrollo*, estas plantas no deseadas compiten con los cultivos por recursos vitales como el agua, los nutrientes y la luz solar, afectando significativamente la productividad y de dificultar el crecimiento adecuado de los cultivos, las malezas de alta interferencia amenazan la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola. Aunque el control de malezas en las plantaciones de café suele realizarse con herbicidas químicos, estos plantean problemas de impacto ambiental y resistencia en ciertas especies de arvenses (Labrada & Parker, 1996). Esto subraya la necesidad de explorar alternativas sostenibles y efectivas para el manejo de arvenses.

Para responder a esta necesidad, el presente proyecto titulado " Evaluación de aguas mieles del café como método de control de arvenses de alta interferencia en zona cafetera del municipio de La Plata Huila, explora la efectividad del subproducto del beneficio del café como método de control de arvenses. evaluando aplicaciones aeróbicas y anaeróbicas en volúmenes de 1 y 5 litros, con tiempos de fermentación de 8, 15 y 24 días en tres momentos específicos. En el primer momento, la aplicación aeróbica de 5 litros alcanzó un 80% de afectación en arvenses de

hoja angosta y un 47.37% en hoja ancha. En el segundo momento, una aplicación anaeróbica de 5 litros logró un 69.41% de afectación en hoja ancha y un 86.67% en hoja angosta. Finalmente, en el tercer momento, la aplicación anaeróbica de 5 litros mostró una afectación del 98.89% en hoja ancha y del 80% en hoja angosta. Estos resultados identifican condiciones de aplicación eficaces para el control de arvenses.

La sostenibilidad y la eficiencia en los cultivos de café son fundamentales para la economía de muchos países productores, por lo cual se hace indispensable encontrar soluciones que no solo controlen las arvenses, sino que también preserven los recursos naturales. En este sentido, la búsqueda de alternativas ecológicas y menos dependientes de productos químicos es crucial.

Para finalizar cabe mencionar que este proyecto busca fortalecer el programa de Agronomía de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente de la UNAD, UDR La Plata Huila, al ofrecer a los estudiantes y académicos una oportunidad de participar en una investigación relevante para la industria agrícola local. En síntesis, este estudio no solo atiende una necesidad urgente en la caficultura colombiana, sino que también promueve prácticas agrícolas más sostenibles y el desarrollo de la investigación agronómica en la región del Huila.

Planteamiento del Problema

La caficultura es una de las actividades agrícolas más relevantes en el municipio de La Plata, Huila, y tiene un impacto significativo en la economía regional. Sin embargo, la presencia de arvenses de alta interferencia plantea un desafío importante. Este concepto se refiere a dos efectos principales: la competencia y la alelopatía. La competencia ocurre cuando una planta limita o elimina el acceso de otras plantas a recursos esenciales como la luz, el agua y los nutrientes necesarios para su desarrollo. La alelopatía, por otro lado, en ciertas plantas liberan compuestos al entorno que inhiben el crecimiento de otras especies cercanas. En los cafetales de Colombia, algunas especies de arvenses presentan efectos alelopáticos que, al alcanzar un predominio del 70% o más, impiden el crecimiento de otras plantas a su alrededor. (Salazar, 2013)

Además, tanto los cultivos como las arvenses que comparten un mismo espacio se ven afectados por factores como la humedad, la luz, los nutrientes y el espacio disponible. Cada grupo de plantas ejerce demandas específicas sobre estos recursos; sin embargo, las pérdidas en los cultivos debido a la interferencia entre especies pueden ser significativas. En el caso del café, un cultivo altamente sensible a la interferencia de arvenses, esta situación puede reducir el rendimiento hasta en un 96% (Salazar & Hincapié, 2020).

En este contexto, las aguas mieles del café, un subproducto de la producción de café, han surgido como una posible alternativa para el control de arvenses. Estas aguas mieles, ricas en compuestos orgánicos y nutrientes, podrían tener el potencial de actuar como un herbicida natural, proporcionando una solución sostenible y económicamente viable para el manejo de malezas en las plantaciones de café.

A pesar de su potencial, la eficacia y viabilidad de las aguas mieles del café como método de control de arvenses en la zona cafetera, no ha sido ampliamente estudiada ni evaluada. La falta de investigación científica y evidencia empírica sobre este tema deja a los productores de café sin información precisa sobre la efectividad y los posibles impactos de este enfoque alternativo.

Por lo tanto, surge la necesidad de realizar un estudio exhaustivo que implemente y evalúe las aguas mieles del café como método de control de arvenses de alta interferencia en las plantaciones de café del municipio de La Plata, Huila. Este proyecto busca abordar esta brecha de conocimiento, proporcionando información relevante y práctica para los productores de café, así como contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en la región cafetera, para dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿cómo afectan las aguas mieles del café al control de las arvenses de alta interferencia en las plantaciones de café del municipio de La Plata Huila.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de las aguas mieles del café como método de control de arvenses de alta interferencia en zona cafetera del municipio de La Plata Huila.

Objetivos Específicos

Caracterizar las especies de arvenses presentes en las parcelas experimentales de la finca el mirador de la Vereda el Cabuyal del Municipio de La Plata, Huila.

Determinar la influencia de los diferentes tiempos de fermentación y de las dosis de aguas mieles, bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas, sobre la efectividad del control de arvenses en las parcelas experimentales dentro del cultivos de café.

Monitorear la afectación de diferentes dosis y tratamientos de aguas mieles del Café en la afectación de arvenses de hoja ancha y hoja angosta.

Marco Teórico

El uso de aguas mieles en el manejo de arvenses responde a la necesidad de reducir la dependencia de herbicidas químicos que pueden afectar tanto la biodiversidad como la salud humana. Investigaciones previas han demostrado que algunos subproductos agrícolas, como el mucílago del café o el de cacao, presentan propiedades alelopáticas que inhiben el crecimiento de malezas, ofreciendo una opción más sostenible para el control de arvenses en cultivos de café.

Según Cendales y Cañón (2016), el grano de café recién despulpado está cubierto por una capa de mucílago (mesocarpio) que representa entre el 15.55% y el 22% del peso del fruto maduro en términos de contenido de humedad. Este mucílago, rico en azúcares y pectinas, mide aproximadamente 0.4 milímetros de grosor y contiene polisacáridos que, al mezclarse con agua, forman una solución coloidal debido a su viscosidad. En la industria del café, solo se emplea el 9.5% del peso del fruto fresco para preparar la bebida, mientras que el 90.5% restante, mayormente compuesto por mucílago, se convierte en residuo.

La eliminación del mucílago es esencial para evitar problemas de calidad en el grano debido a fermentaciones no deseadas y a la retención de agua, que dificulta el secado del café pergamino. Aunque algunos microorganismos presentes en el mucílago aceleran su descomposición, otros pueden causar defectos en el café, como la sobre fermentación. Sin embargo, este residuo también tiene usos potenciales como herbicida natural en el control de malezas (Cendales & Cañón, 2016).

El control de arvenses es crucial en las plantaciones de café, ya que estas plantas compiten con el cultivo por recursos como agua, nutrientes y luz, reduciendo la productividad. Tradicionalmente, los caficultores han dependido de herbicidas químicos, pero su uso prolongado ha provocado problemas de resistencia en las arvenses, así como la degradación del suelo y la contaminación de fuentes de agua. Fernández, Sotto & Vargas (2020) señalan que el manejo

inadecuado de aguas mieles del café ha generado contaminación hídrica, malos olores y proliferación de plagas, lo cual ha llevado a la implementación de regulaciones para su gestión.

Las aguas mieles del café representan una alternativa prometedora debido a sus componentes, como la cafeína y ácidos orgánicos, que podrían inhibir el crecimiento de arvenses. Aunque el potencial herbicida de las aguas mieles ha sido poco explorado, Hipo (2017) estudió el efecto del mucílago de Cacao (*Theobroma cacao L*) en malezas asociadas al cultivo. En este estudio, realizado con 8 repeticiones en 64 parcelas de un metro cuadrado, se evaluaron diferentes tiempos de fermentación (0, 20 y 40 días) y concentraciones (10%, 50% y 100%).

Los resultados mostraron que tanto la concentración como el tiempo de fermentación influyeron directamente en la efectividad del mucílago para suprimir las malezas, siendo las concentraciones más altas y fermentaciones más prolongadas las que lograron un mayor impacto en la reducción de arvenses. Esto sugiere que el mucílago de café podría ser una alternativa viable y sostenible a los herbicidas convencionales, apoyando el manejo ecológico de las plantaciones de café.

Otros subproductos agrícolas también han demostrado propiedades herbicidas. Por ejemplo, el mucílago de cacao ha mostrado eficacia en la supresión de arvenses en diversos cultivos. Según Hipo (2017), el mucílago de cacao, en concentraciones de 50% y 100%, logró una mortalidad de malezas de hasta 95% a los 15 días, en comparación con un 50% de mortalidad en el grupo sin tratamiento.

Este proyecto tiene como objetivo evaluar si las aguas mieles del café pueden proporcionar un control efectivo de malezas en las plantaciones de café del municipio de La Plata, Huila, promoviendo el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles en la región. Ya Según García (2022), los estudios con mucílago de cacao aplicados a malezas como *Desmodium sp.* y

Cyperus rotundus L., se observó un efecto positivo en el control de estas especies, alcanzando una tasa de mortalidad del 40% tras la segunda aplicación.

El estudio de García y Ramírez (2017) revela que los altos costos de producción, especialmente en el control de arvenses (malezas), representan un desafío crítico para la sostenibilidad de las pequeñas y medianas explotaciones cafeteras. Según datos del sector, el 40% del costo de mantenimiento de una hectárea de café corresponde al control de arvenses, incluyendo mano de obra para deshierbe manual y/o aplicación de herbicidas químicos. Estos costos limitan la rentabilidad, especialmente en fincas de 1 a 5 hectáreas, donde los márgenes son estrechos.

Una alternativa prometedora para reducir estos costos es la incorporación de bioherbicidas, como el mucílago de café (residuo de la despulpa del grano), el cual ha demostrado potencial fitotóxico para inhibir el crecimiento de malezas. Investigaciones recientes de Cruz-Ortiz & Flores-Méndez, (2022), destacan que extractos vegetales como este pueden disminuir la dependencia de insumos químicos, reducir costos en un 15-20% y mitigar impactos ambientales. Para los medianos caficultores (3-5 hectáreas)

Los resultados demuestran que el mucílago de cacao, en sus distintas concentraciones y métodos de aplicación, puede convertirse en una alternativa ecológica y sostenible frente a los herbicidas químicos tradicionales. Basado en estos hallazgos, el presente proyecto busca evaluar la efectividad del mucílago de café fermentado como bioherbicida para el control de arvenses (malezas).

Marco Conceptual

Aguas Mieles del Café: Son un subproducto líquido generado durante el proceso de despulpado del café. Estas aguas mieles contienen una variedad de compuestos orgánicos, incluyendo azúcares, ácidos orgánicos y nutrientes, que podrían tener propiedades herbicidas. Su uso como alternativa al control de arvenses se basa en su potencial para inhibir el crecimiento de estas plantas competidoras. (Puerta & Marin & Osorio & Angel, 2012)

Herbicidas: Son sustancias químicas utilizadas para matar o inhibir el crecimiento de plantas no deseadas. Aunque efectivos, los herbicidas químicos pueden tener efectos negativos sobre el medio ambiente, la salud humana y la biodiversidad. Por esta razón, la búsqueda de alternativas sostenibles como las aguas mieles del café es fundamental (Potheca Colombia, 2021).

Caficultura Sostenible: Se refiere a la práctica de cultivar café de manera que se minimicen los impactos negativos sobre el medio ambiente y se garantice la viabilidad económica y social a largo plazo. Este concepto es clave en el proyecto, ya que se busca integrar el uso de subproductos del café en las prácticas agrícolas de una manera que sea ecológicamente responsable y económicamente viable. (Primero Café, 2021)

Arvenses: También conocidas como malezas, son plantas no deseadas que compiten con los cultivos agrícolas por recursos como el agua, la luz y los nutrientes. En el contexto de la caficultura, las arvenses pueden reducir significativamente el rendimiento y la calidad del café. (Cordoba G, 2015).

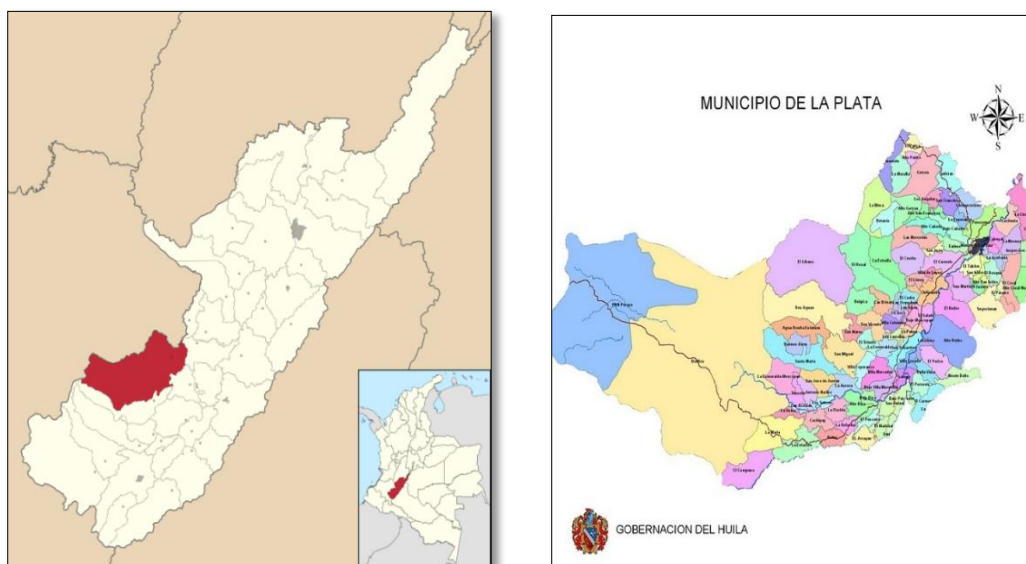
Marco Contextual

El proyecto se sitúa en el contexto del municipio de La Plata, Huila, una región cafetera reconocida por su alta calidad de café. Este municipio enfrenta un reto común en la caficultura: el manejo de las arvenses, que compiten por recursos con las plantas de café. Las aguas mieles, subproducto del proceso de beneficio del café, representan un problema ambiental si no se manejan adecuadamente. Sin embargo, también ofrecen una oportunidad para desarrollar métodos alternativos de manejo de arvenses.

“La Plata es un municipio colombiano localizado en el suroccidente del departamento del Huila. Está ubicado en las estribaciones de la Cordillera Central bañados por las aguas de los ríos Aguacatal, la Plata y Páez. Su extensión territorial de 854 km², su altura de 1118 metros sobre el nivel del mar y su temperatura promedio de 24 °C. Es el cuarto municipio más poblado del departamento del Huila, después de Neiva, Pitalito y Garzón. Es considerado como puerto de conexión con el departamento del Cauca” (Alcaldía de La Plata Huila, 2019)

Figura 1

Ubicación del proyecto



Fuente: Tomado de Google imágenes.

El proyecto se llevará a cabo en la finca el Mirador, ubicada en la vereda el Cabuyal, La Plata, Huila, una zona caracterizada por su altitud de 1215 metros sobre el nivel del mar, temperaturas que oscilan entre 14°C y 25°C, y una humedad relativa del 60% al 79%. Georreferenciación: 2°23'24"N 75°53'31"O. Estas condiciones son ideales para la producción de café, pero también favorecen el crecimiento de las arvenses.

Figura 2

Localización espacial del proyecto de investigación utilizando QGIS.



Fuente: Sistema de información geográfica QGIS, 2024

Nota: Ubicación del proyecto de investigación a través de QGIS, en la finca el Mirador de la vereda el Cabuyal de La Plata Huila.

Metodología

El estudio se llevó a cabo en la finca El Mirador, propiedad de Eider Enrique Trujillo, ubicada en la vereda El Cabuyal, en el municipio de La Plata, Huila. El proyecto se desarrolló a una altitud de 1,040 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas que oscilan entre 18°C y 28°C, en las siguientes coordenadas; 2°23'24"N 75°53'31"O, donde las condiciones climáticas y geográficas favorecen el desarrollo de este cultivo, que prospera en ambientes cálidos y con características específicas del terreno. El análisis inició con la identificación taxonómica de las especies arvenses presentes en el área de estudio, se apoyó inicialmente en herramientas digitales de reconocimiento botánico, como la aplicación PlantNet. Posteriormente, los resultados obtenidos fueron validados a través de una revisión bibliográfica especializada, con el fin de garantizar la precisión en la clasificación.

Para esta validación, se consultaron referentes técnicos y científicos pertinentes al contexto caficultor colombiano. Entre ellos se encuentran los aportes de Salazar (2020), quien sistematiza las principales especies arvenses en zonas productoras de café, y de Salazar & Hincapié (2013), quienes analizan las especies con mayor grado de interferencia en cafetales. Asimismo, se consideraron los criterios de caracterización propuestos por Salazar (2020) en relación con las denominadas “arvenses nobles”, los cuales resultaron relevantes para una adecuada interpretación ecológica y funcional de la flora espontánea encontrada.

Para este proyecto, se trabajó con parcelas divididas dentro de plantaciones de café, utilizando 36 marcos de guadua de un metro cuadrado cada uno, distribuidos de manera aleatoria en zigzag. Estos cuadros fueron asignados a los diferentes tratamientos considerando los factores de fermentación (aeróbica y anaeróbica), la dosis de aplicación (1 litro y 5 litros) y los tiempos de fermentación (8, 15 y 24 días).

Se permitió analizar la efectividad de las diferentes aplicaciones de aguas mieles de café fermentadas en el control de arvenses. Las variaciones en la afectación de las arvenses de hoja ancha y hoja angosta fueron determinadas a partir del análisis visual de los datos recolectados en cada unidad experimental. La evaluación se basó en la cuantificación del porcentaje de clorosis y la presencia de tejido vegetal necrótico. Estos parámetros permitieron estimar el impacto diferencial de los tratamientos aplicados, los cuales incluyeron la fermentación aeróbica y anaeróbica, dosis de 1 y 5 litros por unidad experimental, y tiempos de fermentación de 8, 15 y 24 días.

En el caso de la fermentación aeróbica, se asignaron 18 cuadros distribuidos de la siguiente manera:

- **Fermentación aeróbica (8 días):** 3 cuadros con dosis de 1 litro y 3 cuadros con dosis de 5 litros.
- **Fermentación aeróbica (15 días):** 3 cuadros con dosis de 1 litro y 3 cuadros con dosis de 5 litros.
- **Fermentación aeróbica (24 días):** 3 cuadros con dosis de 1 litro y 3 cuadros con dosis de 5 litros.

Para la fermentación anaeróbica, se realizó la misma distribución con los otros 18 cuadros:

- **Fermentación anaeróbica (8 días):** 3 cuadros con dosis de 1 litro y 3 cuadros con dosis de 5 litros.
- **Fermentación anaeróbica (15 días):** 3 cuadros con dosis de 1 litro y 3 cuadros con dosis de 5 litros.
- **Fermentación anaeróbica (24 días):** 3 cuadros con dosis de 1 litro y 3 cuadros con dosis de 5 litros.

Para medir la afectación en las arvenses, se registraron signos visibles como marchitez, necrosis y debilitamiento estructural de las plantas en cada cuadro experimental. Con base en estos registros, se calculó el porcentaje de afectación empleando la relación entre el número de plantas afectadas y el total de plantas presentes en cada cuadro antes del tratamiento. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\%Afectación = \left(\frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas en el cuadro}} \right) \times 100$$

Cada marco fue identificado conforme al tipo de fermentación, la dosis aplicada y el momento de aplicación. Las convenciones utilizadas para esta identificación están definidas a continuación:

Primer momento: Ocho días de fermentación de agua miel de tipo aeróbica y anaeróbica.

Segundo momento: Quince días de fermentación de agua miel de tipo aeróbica y anaeróbica.

Tercer momento: Veinticuatro días de fermentación de agua miel de tipo aeróbica y anaeróbica.

Nomenclatura de los marcos según tipo de aplicación de aguas mieles, dosis empleada, momento de aplicación según días de fermentación, en tres repeticiones

1-AE-1-1: Marco 1-aplicación aeróbica-1 litro-primer momento.

2-AE-1-1: Marco 2-aplicación aeróbica-1 litro-primer momento.

3-AE-1-1: Marco 3-aplicación aeróbica-1 litro-primer momento.

1-AE-5-1: Marco 1-aplicación aeróbica-5 litros-primer momento.

2-AE-5-1: Marco 2-aplicación aeróbica-5 litros-primer momento.

3-AE-5-1: Marco 3-aplicación aeróbica-5 litros-primer momento.

1-AN-1-1: Marco 1-aplicación anaerobica-1 litro-primer momento.

2-AN-1-1: Marco 2-aplicación anaerobica-1 litro-primer momento.

3-AN-1-1: Marco 3-aplicación anaerobica-1 litro-primer momento.

1-AN-5-1: Marco 1-aplicación anaerobica-5 litros-primer momento.

2-AN-5-1: Marco 2-aplicación anaerobica-5 litros-primer momento.

3-AN-5-1: Marco 3-aplicación anaerobica-5 litros-primer momento.

1-AE-1-2: Marco 1-aplicación aeróbica-1 litro-segundo momento.

2-AE-1-2: Marco 2-aplicación aeróbica-1 litro-segundo momento.

3-AE-1-2: Marco 3-aplicación aeróbica-1 litro- segundo momento.

1-AE-5-2: Marco 1-aplicación aeróbica-5 litros-segundo momento.

2-AE-5-2: Marco 2-aplicación aeróbica-5 litros-segundo momento.

3-AE-5-2: Marco 3-aplicación aeróbica-5 litros-segundo momento.

1-AN-1-2: Marco 1-aplicación anaerobica-1 litro-segundo momento.

2-AN-2-2: Marco 2-aplicación anaerobica-1 litro-segundo momento.

3-AN-3-2: Marco 3-aplicación anaerobica-1 litro-segundo momento.

1-AN-5-2: Marco 1-aplicación anaerobica-5 litros-segundo momento.

2-AN-5-2: Marco 2-aplicación anaerobica-5 litros-segundo momento.

3-AN-5-2: Marco 3-aplicación anaerobica-5 litros-segundo momento.

1-AE-1-3: Marco 1-aplicación aeróbica-1 litro-tercer momento.

2-AE-1-3: Marco 2-aplicación aeróbica-1 litro- tercer momento.

3-AE-1-3: Marco 3-aplicación aeróbica-1 litro- tercer momento.

1-AE-5-3: Marco 1-aplicación aeróbica-5 litros- tercer momento

2-AE-5-3: Marco 2-aplicación aeróbica-5 litros- tercer momento

3-AE-5-3: Marco 3-aplicación aeróbica-5 litros- tercer momento

1-AN-1-3: Marco 1-aplicación anaerobica-1 litro- tercer momento.

2-AN-1-3: Marco 2-aplicación anaerobica-1 litro- tercer momento

3-AN-1-3: Marco 3-aplicación anaerobica-1 litro- tercer momento

1-AN-5-3: Marco 1-aplicación anaerobica-5 litros- tercer momento

2-AN-5-3: Marco 2-aplicación anaerobica-5 litros- tercer momento

3-AN-5-3: Marco 3-aplicación anaerobica-5 litros- tercer momento.

Estos marcos se distribuyeron considerando los momentos de fermentación y las distintas dosis de tratamiento con aguas mieles de café, permitiendo así una evaluación más precisa del efecto. Posteriormente, se midieron y compararon variables como la cantidad de arvenses afectadas, el crecimiento de nuevas arvenses y el grado de control de la cobertura.

La caracterización del proceso incluyó la adecuación de los bidones para la fermentación, con capacidades de 18 litros para el proceso aeróbico y 20 litros para el proceso anaeróbico.

Figura 3*Adecuación de los bidones*

Fuente: El autor, 2024

La Figura 3, muestra cómo se realizó el proceso de alistamiento de los bidones, esto con el fin de organizarlos y adecuarlos para el proceso de Fermentación.

Figura 4*Recolección de agua mieles.*

Fuente: El autor, 2024

En la Figura 4, se evidencia la recolección para el proceso de fermentación de las aguas mieles.

Figura 5

Sitio de almacenamiento de fermentación de agua miel.



Fuente: El autor, (2024)

En la Figura 5, se puede observar el sitio destinado para la fermentación de aguas mieles, donde se distingue el proceso anaeróbico por un lado y el aeróbico por el otro, con sus respectivas enumeraciones.

Figura 6

Elaboración de marcos de guadua 1 metro cuadrado por 36 unidades



Fuente: El autor, (2024)

En la figura 6, se presentan los marcos de guadua de 1 metro cuadrado, cuya cantidad fueron en total de 36 marcos, los cuales se elaboraron con el propósito de registrar de manera detallada el tipo de arvenses encontradas o los hallazgos relevantes.

Figura 7

Primer momento ocho días de fermentación aeróbica y anaeróbica.



Fuente: El autor, (2024)

Figura 8

Aplicación de la primera fermentación aeróbica y anaeróbica.



Fuente: El autor, (2024)

Durante el proceso, se tomó la decisión de aplicar estas dosis para el tratamiento con el propósito de evaluar el efecto diferencial de las aplicaciones de 1 litro y 5 litros sobre las variables de interés en las arvenses presentes en el cultivo. La dosis de 1 litro representa una cantidad mínima que permite observar respuestas iniciales o básicas, mientras que la de 5 litros

busca explorar el impacto de una mayor concentración en términos de efectividad o posibles limitaciones en las arvenses identificadas. Este rango de dosis permite analizar tanto la eficiencia como la dosis adecuada en el uso de aguas mieles fermentadas, considerando posibles recomendaciones para su manejo a gran escala en campo.

Figura 9

Aplicación del segundo momento aeróbica y anaeróbica.



Fuente: El autor, (2024)

En la Figura 9, se evidencia el segundo momento “15 días de fermentación aeróbica y anaeróbica” La identificación se realizó mediante la aplicación “*PlantNet Identifica Plantas*” y con apoyo bibliográfico de revistas y publicaciones de Cenicafé, consultando trabajos como los de Salazar-Gutiérrez (2021), Salazar (2020) y Salazar & Hincapié (2013), quienes ofrecen descripciones detalladas de la flora arvense en contextos cafeteros de Colombia, así como criterios para su caracterización según su nivel de interferencia o funcionalidad ecológica.

La integración de estas fuentes facilitó una identificación más precisa y contextualizada de las especies presentes en las parcelas experimentales, lo que a su vez permitió un reconocimiento adecuado para su posterior evaluación en relación con el comportamiento mostrado frente a los tratamientos aplicados con aguas mieles fermentadas.

Figura 10

Segunda Aplicación del proceso de fermentación aeróbica y anaeróbica.



Fuente: El autor, (2024)

La figura 10, muestra la aplicación de la segunda fermentación aeróbica y anaeróbica para ambos marcos con las dosis de 1 litro y 5 litros de 15 días de fermentación.

Figura 11

Tercer momento de fermentación aeróbica y anaeróbica.



Fuente: El autor, (2024).

La Figura 11, presenta el reconocimiento de especies realizado antes de la aplicación de las aguas mieles en el tercer momento de fermentación, correspondiente tanto al proceso aeróbico como al anaeróbico.

Figura 12*Aplicación de tercera fermentación aeróbica y anaeróbica*

Fuente: El autor, (2024)

En la Figura 12, se evidencia la aplicación de la tercera fermentación aeróbica y anaeróbica en el bidón 3, empleada en los marcos experimentales con dosis de 1 litro y 5 litros, luego de un período de fermentación de 24 días. Durante este proceso, se garantizó una aplicación homogénea en las arvenses, asegurando una distribución uniforme del tratamiento en la superficie tratada. Lo que permitió evaluar de manera más precisa los efectos de la fermentación en el control de las especies vegetales presentes, así como su impacto en el ecosistema del cultivo.

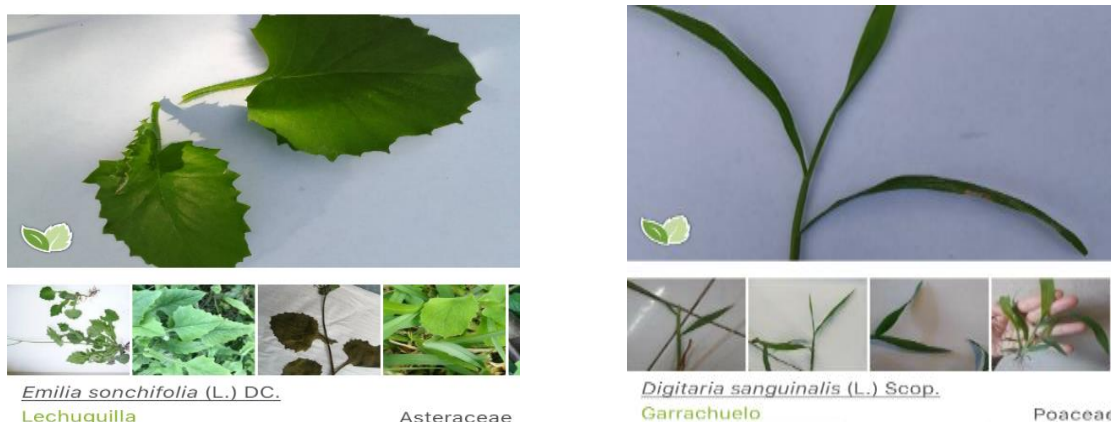
Resultados Obtenidos

Dentro de esta sección que abarca el desarrollo del objetivo específico 1, en las parcelas experimentales de la finca El Mirador, se realizó una caracterización detallada de las especies arvenses, diferenciando principalmente entre hoja ancha y hoja angosta. Esta identificación permitió establecer un inventario botánico de las arvenses presentes y sirvió como línea base para evaluar el efecto de los tratamientos aplicados.

Primer momento: Ocho días de fermentación aeróbica y anaeróbica de aguas mieles

Figura 13

Clasificación taxonómica



Fuente: El autor, (2024)





En la clasificación taxonómica de las arvenses identificadas en la plantación de café, se determinaron dos especies predominantes en las parcelas evaluadas: *Emilia sonchifolia* (Lechuguilla) de la familia Asteraceae y *Digitaria sanguinalis* (Garrachuelo) de la familia Poaceae. La identificación inicial se realizó mediante la aplicación **PlantNet** y, posteriormente, se contrastó con la literatura científica especializada para validar la clasificación.

Para este proceso, se consultaron fuentes como Salazar (2020), quien describe las principales arvenses presentes en la zona cafetera de Colombia, así como Salazar – Hincapié

(2013), quienes analizan las especies de mayor interferencia en cafetales. Adicionalmente, se revisaron los criterios establecidos por Salazar (2020) en su trabajo sobre arvenses nobles en el cultivo del café. Estas referencias permitieron corroborar la identificación de las especies y su impacto en la competencia por recursos dentro del sistema productivo del café.

Tabla 1





Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AE-1-1

ARVENSE	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Dichondra repens Forst</i>	Dicondra, centavito, millonaria	Convolvuláceas	
2.	<i>Impatiens balsamina L.</i>	Besitos, caracuchos	Balsaminaceae	
3.	<i>Torulinium odoratum (L.)</i>	Cortadera	Cyperaceae	
4.	<i>Digitaria sanguinalis (L.) Scop.</i>	Guarda rocío o alambriillo	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 2



Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AE-1-1


ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Digitaria sanguinalis (L.) Scop.</i>	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	
2.	<i>Cyatula achyranoides H.B.K.</i>	Alacrán, chorrillo, cadillo alacrán	Amarantaceae	
3.	<i>Cuphea racemosa (L.) Spreng</i>	Hierbabuenilla, moradita, sanalotodo	Lythraceae	
4.	<i>Cyperus rotundus L.</i>	Coquito	Cyperaceae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 3

Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AE-1-1





ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Digitaria sanguinalis (L.) Scop.</i>	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	
2.	<i>Drimaria cordata(L.) Will.ex Schult.</i>	Nervillo, yerba de estrella, paga pinto, pajarar, golondrina	Caryophyllaceae	

3.	<i>Amaranthus spinosus L.</i>	Bledo	Amaranthaceae	
4.	<i>Cyperus rotundus L.</i>	Coquito	Cyperaceae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 4





Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AE-5-1

ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Sida acuta Burm.f.</i>	Escobadura, malva	Malvaceae	
2.	<i>Euphorbia hirta L.</i>	Yerba de sapo, tripa de pollo, pimpinela.	Euphorbiaceae	
3.	<i>Digitaria sanguinalis (L.) Scop.</i>	Guarda rocío o alambriillo	Gramineae	
4.	<i>Amaranthus spinosus L.</i>	Bledo	Amaranthaceae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 5


Principales Arvenses encontrados en el marco 2 –AE-5-1




ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	Siempre viva, suelda con suelda, mangona, canutillo.	Commelinaceae	
2.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambriillo	Gramineae	
3.	<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd ex Roem y Schult.	Drimaria, nervillo, yerba de estrella.	Caryophyllaceae	
4.	<i>Galinsoga caracasana</i> (D.C.) Sch Bip.	Yuyo, guasca	Compositae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 6

Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AE-5-1





ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	

2.	<i>Amaranthus spinosus L.</i>	Bledo	Amaranthaceae	
3.	<i>Cyatula achyranoides H.B.K.</i>	Alacrán, chorrillo, cadillo alacrán	Amarantaceae	
4.	<i>Cyperus rotundus L.</i>	Coquito	Cyperaceae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 7





Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AN-1-1

ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Drymaria cordata (L) Willd ex Roem y Schult.</i>	Drimaria, nervillo, yerba de estrella.	Caryophyllaceae	
2.	<i>Amaranthus dubius Mart. Ex Thell.</i>	Bledo	Amaranthaceae	
3.	<i>Galinsoga parviflora Cav.</i>	Yuyo, guasca	Compositae	
4.	<i>Panicum trichoides Sw.</i>	Ilusión, paja churcada	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 8


Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AN-1-1




ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacrán, chorrillo, cadillo alacrán	Amarantaceae	
2.	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coquito	Cyperaceae	
3.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	Siempre viva, suelda con suelda, mangona, canutillo.	Commelinaceae	
4.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 9

Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AN-1-1




ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	Siempre viva, suelda con suelda, mangona, canutillo.	Commelinaceae	


2.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacrán, chorrillo, cadillo alacrán	Amarantaceae	
3.	<i>Melothria guadalupensis</i> (Spreng) Cogn. O <i>Melothria pendula</i> L.	Bejuco o melón de monte	Cucurbitaceae	
4.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alabrillo	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 10

Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AN-5-1

ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Balsilla, viernes santo, chancapiedra.	Euphorbiaceae	
2.	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Yuyo, guasca	Compositae	
3.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacrán, chorrillo, cadillo alacrán	Amarantaceae	

4.	<i>Polygonum mepalense</i> Meisn	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
----	-------------------------------------	--------------------------------	--------------	---

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 11


Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AN-5-1



ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Siegesbeckia jorullensis</i> H.B.K.	Botón de oro.	Compositae	
2.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	
3.	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	Yuyo, guasca	Compositae	
4.	<i>Emilia sonchifolia</i> L. (D.C.)	Hierba socialista, pincelito, borlita.	Compositae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 12

Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AN-5-1

ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Siegesbeckia jorullensis</i> H.B.K.	Botón de oro.	Compositae	

2.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	
3.	<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less	Botoncito, botón de oro, botón amarillo.	Compositae	
4.	<i>Emilia sonchifolia</i> L. (D.C.)	Hierba socialista, pincelito, borlita.	Compositae	


Fuente: El autor, (2024)

Segundo momento; Quince días de fermentación de agua miel de tipo aeróbica y anaeróbica.

Tabla 13

Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AE-1-2





ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Commelina diffusa</i> Burm. F.	Siempre viva, suelda con suelda, mangona.	Commelina ceae	
2.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	
3.	<i>Paspalum paniculatum</i> L.	Gramalote	Gramineae	

4.	<i>Polygonum mepalense</i> Meisn	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
----	-------------------------------------	--------------------------------	--------------	---

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 14





Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AE-1-2

ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (L.C.). Rich Vahl	Verbena negra	Verbenaceae	
2.	<i>Polygonum mepalense</i> Meisn	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
3.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	
4.	<i>Bidens pilosa</i> L.	Amor seco, cadillo.	Compositae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 15



Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AE-1-2



ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Euphorbia hirta L.</i>	Yerba de sapo, tripa de pollo.	Euphorbiaceae	
2.	<i>Oxalis corniculata L.</i>	Platanillos, acedera.	Oxalidaceae	
3.	<i>Polygonum nepalense Meisn.</i>	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
4.	<i>Digitaria sanguinalis (L.) Scop.</i>	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 16

Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AE-5-2





ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Oxalis corniculata L.</i>	Platanillos, acedera.	Oxalidaceae	
2.	<i>Heliopsis buphthalmoides (Jacq) Dun.</i>	Botón de oro, gamboa.	Compositae	

3.	<i>Euphorbia hirta</i> L.	Yerba de sapo, tripa de pollo.	Euphorbiace ae	
4.	<i>Cynodon dactylon (L.) Pers</i>	Pasto bermuda o argentina.	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)





Tabla 17

Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AE-5-2

ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Heliopsis bupthalmoides (Jacq) Dun.</i>	Botón de oro, gamboa	Compositae	
2.	<i>Polygonum nepalense Meisn.</i>	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
3.	<i>Drymaria cordata (L) Willd ex Roem y Schul</i>	Drimaria, nervillo, yerba de estrella.	Caryophyllac eae	
4.	<i>Digitaria sanguinalis (L.) Scop.</i>	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)



Tabla 18 Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AE-5-2



ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Polygonum nepalense Meisn.</i>	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
2.	<i>Heliopsis buphthalmoides (Jacq) Dun.</i>	Botón de oro, gamboa	Compositae	
3.	<i>Impatiens balsamina L.</i>	Besitos, caracuchos	Balsaminaceae	
4.	<i>Cynodon dactylon (L.) Pers</i>	Pasto bermuda o argentina.	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 19

Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AN-1-2





ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Polygonum nepalense Meisn.</i>	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
2.	<i>Cynodon dactylon (L.) Pers</i>	Pasto bermuda o argentina.	Gramineae	

3.	<i>Sida acuta</i> Burm f.	Escobadura, malva	Malvaceae	
4.	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	Siempre viva, suelda con suelda.	Commelinaceae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 20





Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AN-1-2

ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
2.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambriillo	Gramineae	
3.	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Hierba de chivo, manrubio	Compositae	
4.	<i>Hyptis atrorubens</i> Point.	Yerba de sapo, peludita.	Labiatae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 21



Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AN-1-2



ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Polygonum nepalense Meisn.</i>	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
2.	<i>Ageratum conyzoides L.</i>	Hierba de chivo, manrubio	Compositae	
3.	<i>Phyllanthus niruri L.</i>	Balsilla, viernes santo.	Euphorbiaceae	
4.	<i>Digitaria sanguinalis (L.) Scop.</i>	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 22

Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AN-5-2





ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Polygonum nepalense Meisn.</i>	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
2.	<i>Galinsoga caracasana (D.C.) Sch Bip.</i>	Yuyo, guasca	Compositae	

3.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	
4.	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	Siempre viva, suelda con suelda.	Commelinaceae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 23





Principales arvenses encontrados en el marco 2-AN-5-2

ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
2.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacrán, chorrillo.	Amarantaceae	
3.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	
4.	<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd ex Roem y Schult.	Drimaria, nervillo.	Caryophyllaceae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 24

Principales arvenses encontrados en el marco 3-AN-5-2


ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Melothria guadalupensis (Spreng) Cogn. o Melothria pendula L.</i>	Bejuco o melón de monte	Cucurbitaceae	
2.	<i>Polygonum nepalense Meisn.</i>	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
3.	<i>Commelina diffusa Burm. f.</i>	Siempre viva, suelda con suelda.	Commelinaceae	
4.	<i>Digitaria sanguinalis (L.) Scop.</i>	Guarda rocío o alambriillo	Gramineae	




Fuente: El autor, (2024)

Tercer momento: veinticuatro días de fermentación de agua miel de tipo aeróbica y anaeróbica.

Tabla 25

Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AE-1-3





ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Drymaria cordata (L) Willd ex Roem y Schult.</i>	Drimaria, nervillo.	Caryophyllaceae	

2.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacrán, chorrillo.	Amarantaceae	
3.	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
4.	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Pasto bermuda o argentina.	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 26





Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AE-1-3

ARVENS E	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
2.	<i>Drymaria cordata</i> (L) Willd ex Roem y Schult.	Drimaria, nervillo.	Caryophyllaceae	
3.	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Pasto bermuda o argentina.	Gramineae	
4.	<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less	Botoncito, botón de oro.	Compositae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 27



Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AE-1-3



ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	Siempre viva, suelda con suelda.	Commelinaceae	
2.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacrán, chorrillo.	Amarantaceae	
3.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambriillo	Gramineae	
4.	<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd ex Roem y Schult.	Drimaria, nervillo.	Caryophyllaceae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 28

Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AE-5-3





ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacrán, chorrillo.	Amarantaceae	
2.	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	

3.	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	Siempre viva, suelda con suelda.	Commelinaceae	
4.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambriillo	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 29


Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AE-5-3




ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
2.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacrán, chorrillo.	Amarantaceae	
3.	<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less	Botoncito, botón de oro	Compositae	
4.	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Pasto bermuda o argentina.	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 30

Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AE-5-3





ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacrán, chorrillo.	Amarantaceae	

2.	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
3.	<i>Drymaria cordata</i> (L) Willd ex Roem y Schult.	Drimaria, nervillo.	Caryophyllace ae	
4.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)





Tabla 31

Principales Arvenses Hallados en el marco I-AN-1-3



ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	
2.	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Pasto bermuda o argentina.	Gramineae	
3.	<i>Drymaria cordata</i> (L) Willd ex Roem y Schult.	Drimaria, nervillo.	Caryophyllace ae	
4.	<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less	Botoncito, botón de oro	Compositae	



Fuente: El autor, (2024)

Tabla 32*Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AN-1-3*

ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Polygonum nepalense Meisn.</i>	Botoncillo, corazón herido.	Polygonaceae	
2.	<i>Cyatula achyranoides H.B.K.</i>	Alacrán, chorrillo.	Amarantaceae	
3.	<i>Drymaria cordata (L) Willd ex Roem y Schult.</i>	Drimaria, nervillo.	Caryophyllaceae	
4.	<i>Digitaria sanguinalis (L.) Scop.</i>	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	

Fuente: El autor, (2024)**Tabla 33***Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AN-1-3*




ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Blechum pyramidatum (Lam) Urban</i>	Camarón, hierba papagaya	Acantaceae	
2.	<i>Digitaria sanguinalis (L.) Scop.</i>	Guarda rocío o alambrillo	Gramineae	

3.	<i>Drymaria cordata</i> (L) Willd ex Roem y Schult.	Drimaria, nervillo.	Caryophyllaceae	
4.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacrán, chorrillo.	Amarantaceae	

Fuente: El autor, (2024)


Tabla 34

Principales Arvenses encontrados en el marco 1-AN-5-3





ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacrán, chorrillo.	Amarantaceae	
2.	<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less	Botoncito, botón de oro	Compositae	
3.	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Pasto bermuda o argentina.	Gramineae	
4.	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	Siempre viva, suelda con suelda.	Commelinaceae	

Fuente: El autor, (2024)

Tabla 35*Principales Arvenses encontrados en el marco 2-AN-5-3*

ARVENSE	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacran, chorrillo.	Amarantaceae	
2.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambriillo	Gramineae	
3.	<i>Drymaria cordata</i> (L) Willd ex Roem y Schult.	Drimaria, nervillo.	Caryophyllaceae	
4.	<i>Bidens pilosa</i> L.	Amor seco, cadillo.	Compositae	

*Fuente: El autor, (2024)***Tabla 36***Principales Arvenses encontrados en el marco 3-AN-5-3*

ARVENS E	NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMUN	FAMILIA	IMAGEN
1.	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Guarda rocío o alambriillo	Gramineae	
2.	<i>Cyatula achyranoides</i> H.B.K.	Alacran, chorrillo.	Amarantacea e	
3.	<i>Drymaria cordata</i> (L) Willd ex Roem y Schult.	Drimaria, nervillo.	Caryophyllac eae	
4.	<i>Blechnum pyramidatum</i> (Lam) Urban	Camarón, hierba papagaya	Acantaceae	

Fuente: El autor, (2024)

Los resultados del análisis del objetivo específico 2 se enfocan en precisar cómo inciden los diferentes tiempos de fermentación y las dosis de aguas mieles, en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, sobre la efectividad del control de arvenses en cultivos de café.

Durante los tres momentos de evaluación, se analizaron los efectos de los distintos tiempos de fermentación (8, 15 y 24 días) y las dosis aplicadas (1 y 5 litros) en condiciones aeróbicas y anaeróbicas. Se evidenció que las fermentaciones prolongadas (24 días), combinadas con dosis altas (5 litros), generaron una mayor efectividad en el control de arvenses, particularmente bajo condiciones anaeróbicas.

Tras la caracterización inicial de las arvenses presentes en la plantación de café, se procedió a su clasificación según el tipo de hoja: hoja ancha y hoja angosta. Esta diferenciación permitió homogenizar la evaluación del nivel de daño, facilitando la determinación de los efectos del tratamiento con aguas mieles fermentadas. En este sentido, la afectación de cada tipo de arvense fue cuantificada de manera independiente, con el fin de obtener un análisis preciso de la respuesta diferencial entre ambas categorías.

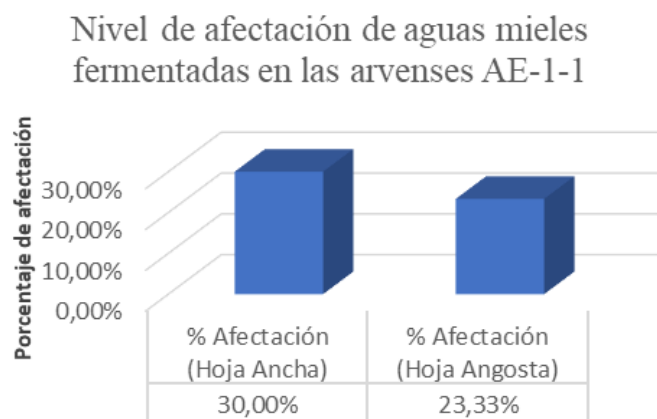
A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes en relación con el impacto del tratamiento sobre las arvenses de hoja ancha y hoja angosta. Los resultados han sido organizados en gráficos, los cuales ilustran el porcentaje de afectación en cada caso, considerando los datos obtenidos de los datos de las tres repeticiones por tratamiento. Se procede a establecer una nomenclatura que identifica el tipo de fermentación: AE (aeróbica) o AN (anaeróbica), la dosis aplicada (1 o 5 litros) y el momento correspondiente al tiempo de fermentación: 1 (8 días), 2 (15 días) o 3 (24 días).

En las gráficas se presenta esta nomenclatura, ya que corresponde al resultado de la evaluación de las tres repeticiones. No se mencionan los marcos como elementos independientes, sino que se

consideran únicamente el tipo de fermentación, la dosis y el tiempo de fermentación. A partir de estos valores, se calcularon los promedios de afectación para cada tipo de arvense, permitiendo una representación más precisa del efecto de las aguas mieles fermentadas.

Gráfica 1

Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AE-1-1



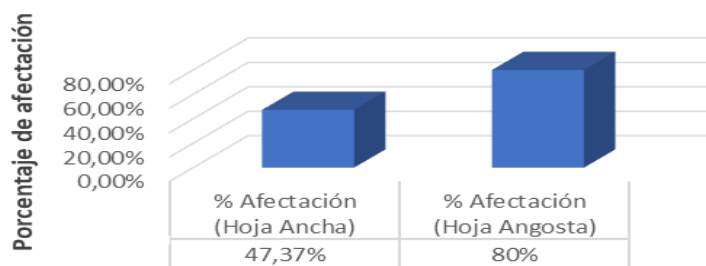
Fuente: El autor, (2024)

La Gráfica 1, muestra un menor nivel de afectación de las aguas mieles fermentadas sobre las arvenses en comparación con otras concentraciones evaluadas. Si bien se observa un impacto ligeramente superior en las especies de hoja ancha en relación con las de hoja angosta, los valores registrados sugieren que la dosis y el tiempo de fermentación empleados en este tratamiento no generaron un efecto significativo en la eliminación de la vegetación no deseada. Esto indica la necesidad de evaluar concentraciones más altas o tiempos de fermentación prolongados.

Gráfica 2

Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AE-5-1

Nivel de afectación de aguas mieles fermentadas en las arvenses AE-5-1



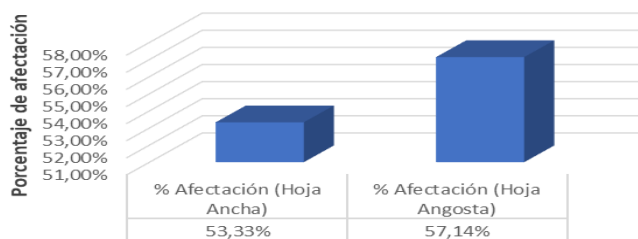
Fuente: El autor, (2024)

La Gráfica 2, evidencia una variabilidad en el efecto de las aguas mieles fermentadas sobre las arvenses, con una mayor afectación en las especies de hoja angosta (80 %) en comparación con las de hoja ancha (47,37 %). Estos resultados sugieren que la respuesta a la aplicación de este tratamiento puede estar influenciada por la morfología de las especies evaluadas, así como por la interacción entre la concentración utilizada y el tiempo de fermentación.

Gráfica 3

Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-1-1

Nivel de afectación de aguas mieles fermentadas en las arvenses AN-1-1

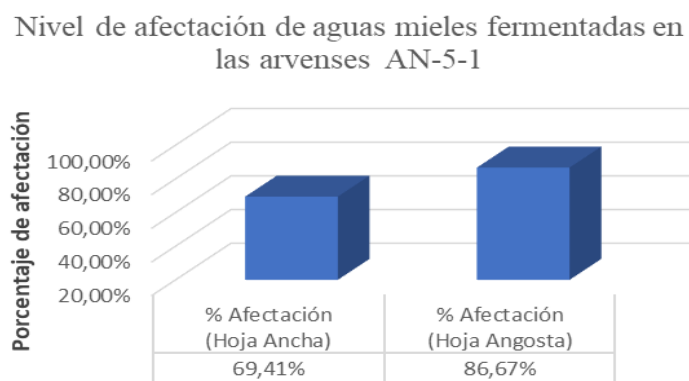


Fuente: El autor, (2024)

La Gráfica 3, muestra que la aplicación de aguas mieles fermentadas generó un nivel de afectación moderado en ambas categorías de arvenses, con valores de 53,33 % en especies de hoja ancha y 57,14 % en especies de hoja angosta. Estos resultados sugieren una respuesta similar en los dos tipos de malezas, lo que indica que, en esta condición específica de fermentación y concentración, no se observa una diferencia significativa en la sensibilidad entre ambas morfologías foliares. Esto refuerza la necesidad de evaluar otros tiempos de fermentación y dosis de aplicación.

Gráfica 4

Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-5-1

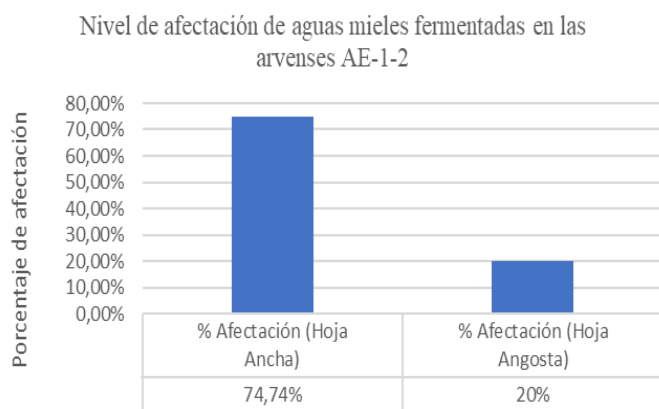


Fuente: El autor, (2024)

La Gráfica 4, muestra que la aplicación de aguas mieles fermentadas en una concentración de 5 litros ha generado un alto nivel de afectación en las arvenses evaluadas, alcanzando un 69,41 % en especies de hoja ancha y un 86,67 % en especies de hoja angosta. Estos resultados sugieren que esta concentración puede ser efectiva en la supresión de malezas, con un impacto mayor en las de hoja angosta. La elevada afectación observada resalta el potencial de esta estrategia como alternativa de manejo, lo que justifica la necesidad de estudios adicionales para optimizar su aplicación y evaluar su viabilidad agronómica.

Gráfica 5

Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AE-1-2

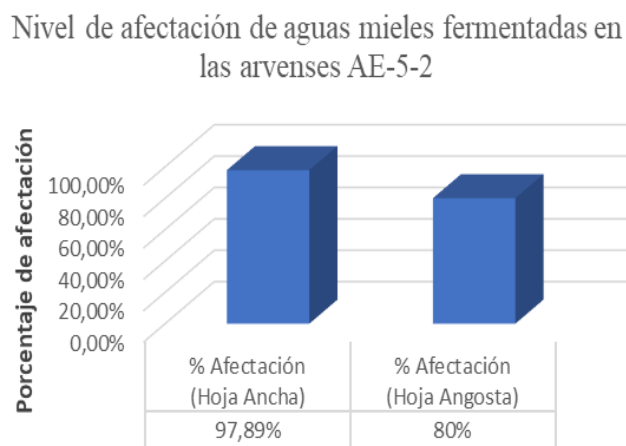


Fuente: El autor, (2024)

Según la Gráfica 5, se evidencia que el porcentaje de afectación en los arvenses, derivado de los procesos de aplicación de aguas mieles fermentadas de café, muestra una afectación del 74,74% en las plantas de hoja ancha y un 20% en las de hoja angosta. Estos resultados muestran una diferencia notable en la sensibilidad de las arvenses a la aplicación de aguas mieles fermentadas. Se observa una mayor afectación en especies de hoja ancha en comparación con las de hoja angosta, lo que sugiere que la fermentación aeróbica podría tener un efecto diferencial según la morfología de las plantas.

Gráfica 6

Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AE-5-2

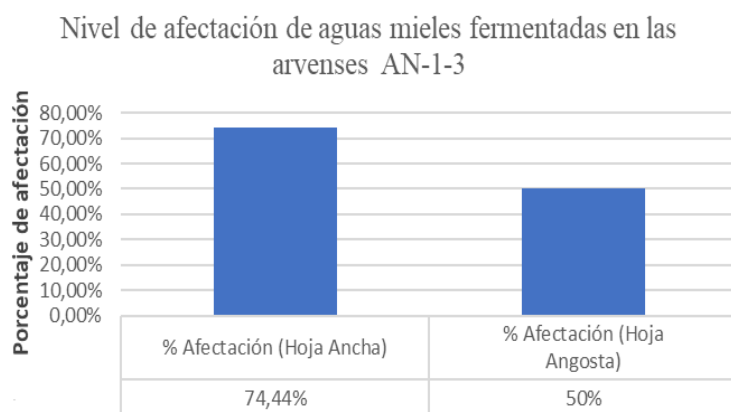


Fuente: El autor, (2024)

La Gráfica 6, muestra el nivel de afectación de las aguas mieles fermentadas aplicadas en una concentración de 5 litros, tras 15 días de fermentación. Se observa una afectación del 97,89 % en arvenses de hoja ancha y del 80 % en arvenses de hoja angosta. Estos resultados indican que una mayor concentración, combinada con un tiempo de fermentación intermedio, puede incrementar significativamente la afectación, especialmente en arvenses de hoja ancha. Esto sugiere que el ajuste de la dosis y el tiempo de fermentación son variables determinantes en la eficacia del tratamiento.

Gráfica 7

Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-1-3

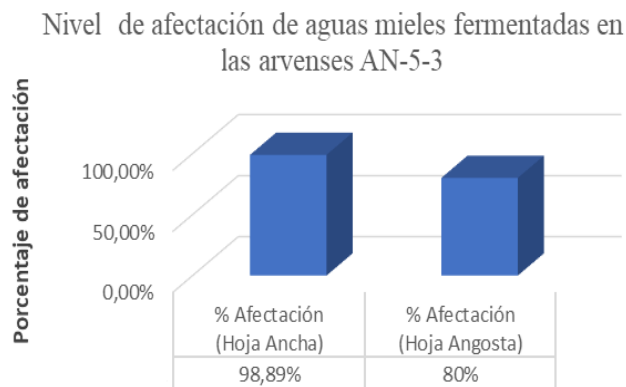


Fuente: El autor, (2024)

La Gráfica 7, muestra una diferencia en la afectación de las arvenses según el tipo de hoja, con un impacto mayor en las especies de hoja ancha en comparación con las de hoja angosta. Estos resultados, obtenidos a través de la técnica de observación, reflejan el efecto de las aguas mieles fermentadas después de 24 días de fermentación, evidenciando variaciones en la afectación de las especies evaluadas.

Gráfica 8

Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-5-3

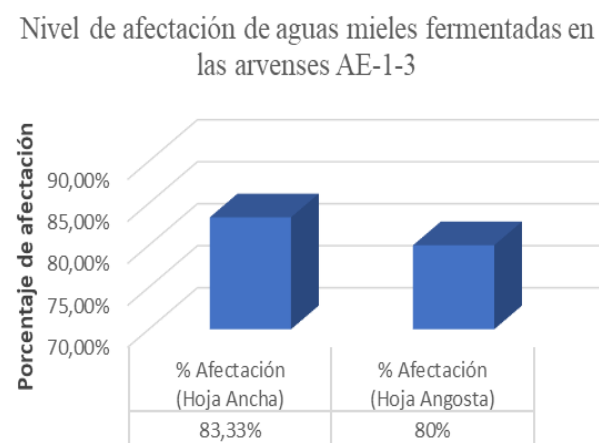


Fuente: El autor, (2024)

La Gráfica 8, evidencia un alto nivel de afectación de las aguas mieles fermentadas sobre las arvenses evaluadas, con una mayor incidencia en las especies de hoja ancha en comparación con las de hoja angosta. Estos resultados sugieren que, bajo condiciones de fermentación prolongada potencia el efecto sobre la vegetación no deseada.

Gráfica 9

Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AE-1-3

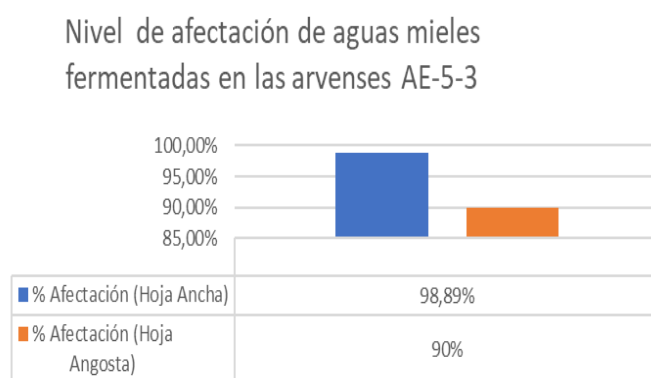


Fuente: El autor, (2024)

La Gráfica 9, presenta los niveles de afectación de las aguas mieles fermentadas aplicadas en una concentración de 1 litro, tras 24 días de fermentación (tercer momento). Se observa una afectación del 83,33 % en arvenses de hoja ancha y del 80 % en arvenses de hoja angosta. Estos valores indican que, a pesar de la menor concentración utilizada, el periodo de fermentación prolongado puede haber incrementado la efectividad del tratamiento, logrando altos niveles de afectación en ambas categorías de arvenses. Esto resalta la importancia de considerar el tiempo de fermentación como un factor clave en la eficacia del tratamiento.

Gráfica 10

Afectación de arvenses en los marcos AE-5-3

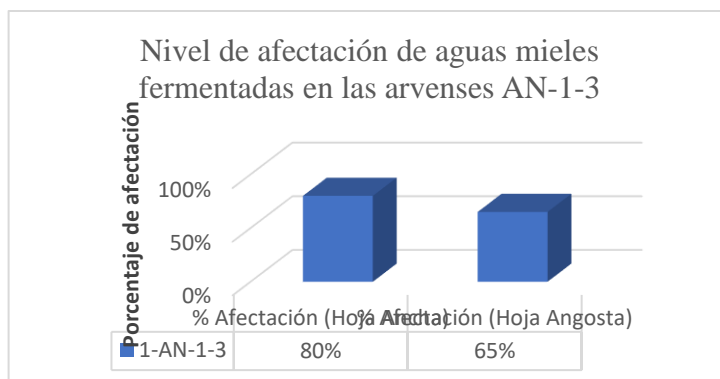


Fuente: El autor, (2024)

En la Gráfica 10, se observa que el porcentaje de afectación en las arvenses de hoja ancha fue del 98,89%, mientras que en las de hoja angosta alcanzó el 90%. Esto sugiere que a una dosis más alta, el efecto de las aguas mieles fermentadas sobre las arvenses es mayor. Además, se evidencia una relación positiva entre la concentración aplicada y el tiempo de fermentación, lo que resulta en un alto nivel de afectación para ambos tipos de arvenses.

Gráfica 11

Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-1-3

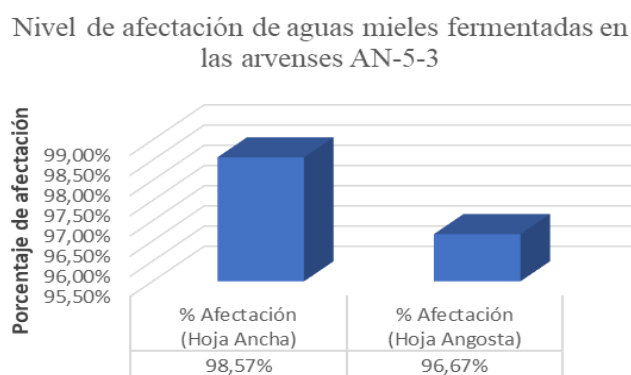


Fuente: El autor, (2024)

La Gráfica 11, representa el nivel de afectación de las aguas mieles fermentadas bajo condiciones anaeróbicas, con una dosis de 1 litro y un tiempo de fermentación de 15 días. Se observa que la afectación en arvenses de hoja ancha alcanza el 80 %, mientras que en arvenses de hoja angosta es del 65 %. Estos resultados sugieren que, aunque la fermentación anaeróbica y una dosis menor pueden ser efectivas, la afectación es inferior en comparación con dosis más altas, resaltando la importancia de la concentración en el control de arvenses.

Gráfica 12

Porcentaje de afectación en arvenses en los marcos AN-5-3



Fuente: El autor, (2024)

La Gráfica 12, muestra el nivel de afectación de las aguas mieles fermentadas bajo condiciones anaeróbicas, con una dosis de 5 litros y un tiempo de fermentación de 15 días. Se evidencia un alto nivel de afectación, con un 98,57 % en arvenses de hoja ancha y un 96,67 % en arvenses de hoja angosta. Estos resultados sugieren que una mayor concentración y un período adecuado de fermentación pueden incrementar significativamente la eficacia del tratamiento, convirtiéndolo en una alternativa prometedora para el control de arvenses.

Los resultados correspondientes al análisis del objetivo específico 3, relacionado con el monitoreo del efecto de diferentes dosis y tratamientos con aguas mieles de café sobre arvenses de hoja ancha y hoja angosta, se presentan en las siguientes tablas.

Estas tablas resumen el trabajo de evaluación en campo, cuyo propósito fue determinar el efecto de las aguas mieles fermentadas sobre las arvenses, diferenciadas por tipo de hoja. Se incluyen los datos obtenidos en cada fase y tiempo de fermentación, así como las dosis aplicadas y el momento de aplicación, identificados mediante el ítem "código del marco".

Además, se detalla la población inicial de arvenses según el tipo de hoja y los porcentajes de afectación determinados mediante evaluación visual. Esta información permite analizar cómo las diferentes condiciones de tratamiento influyeron en los niveles de afectación observados.

Tabla 37

Registros de afectación en la aplicación aeróbico ocho días de fermentación

Código del Marco	Cantidad	% en el Marco (Hoja Ancha)	% Afectación (Hoja Ancha)	% en el Marco (Hoja Angosta)	% Afectación (Hoja Angosta)
1-AE-1-1	1 Litro	80	61	20	11
2-AE-1-1	1 Litro	70	36	30	1

3-AE-1-1	1 Litro	95	71	5	1
1-AE-5-1	5 Litros	70	71	30	31
2-AE-5-1	5 Litros	95	67	5	1
3-AE-5-1	5 litros	90	89	10	9

Fuente: El autor, (2024)

La tabla 37, evidencia los registros y resultados del primer momento del proceso de aplicación de las mieles de café fermentada, en los arvenses de los cuadros dispuestos para el proyecto. Es importante mencionar que este corresponde a la aplicación aeróbica.

Tabla 38

Registro de aplicación anaeróbica ocho días de fermentación.

Código del Marco	Cantidad	% en el marco (Hoja Ancha)	% afectación (Hoja Ancha)	% en el marco (Hoja Angosta)	% afectación (Hoja Angosta)
1-AN-1-1	1 litro	90	67	10	5
2-AN-1-1	1 litro	60	31	40	16
3-AN-1-1	1 litro	90	20	10	1
1-AN-5-1	5 litros	15	13	85	83
2-AN-5-1	5 litros	10	8	90	83
3-AN-5-1	5 litros	90	89	10	8

Fuente: El autor, (2024)

La tabla presentada muestra los registros obtenidos en el primer momento de evaluación, correspondiente a los ocho días posteriores a la aplicación de aguas mieles fermentadas bajo condiciones anaeróbicas. En este análisis se registraron las variaciones en la afectación de arvenses de hoja ancha y hoja angosta en función de los tratamientos aplicados en los diferentes cuadros experimentales.

Los valores evidencian diferencias en la respuesta de las arvenses según el tipo de tratamiento aplicado. Se observa que, en algunos cuadros experimentales, la afectación en las plantas de hoja ancha alcanzó valores elevados, como en el caso del cuadro 3-AN-5-1, donde se registró un 89 % de afectación, mientras que en otros cuadros, como 2-AN-1-1, la respuesta fue menor, con una afectación del 31 %. En cuanto a las arvenses de hoja angosta, la afectación también varió, con valores que oscilaron entre el 8 % y el 83 %, lo que sugiere que la sensibilidad de estas plantas frente al tratamiento depende tanto de la concentración de la solución aplicada como de la especie presente en cada cuadro.

Tabla 39

Registros de aplicación aeróbico de quince días de fermentación.

Código del Marco	Cantidad	% en el marco (Hoja Ancha)	% afectación (Hoja Ancha)	% en el marco (Hoja Angosta)	% afectación (Hoja Angosta)
1-AE-1-2	1 litro	40	12	60	14
2-AE-1-2	1 litro	95	8	5	3
3-AE-1-2	1 litro	90	11	10	5
1-AE-5-2	5 litros	70	38	30	25
2-AE-5-2	5 litros	95	45	5	4
3-AE-5-2	5 litros	95	32	5	4

Fuente: El autor, (2024)

La tabla 39, presenta los registros de aplicación de aguas mieles fermentadas bajo condiciones aeróbicas luego de quince días de fermentación, evidenciando los niveles de afectación en arvenses de hoja ancha y angosta. Se observa que en los cuadros experimentales con mayor proporción de arvenses de hoja ancha, la afectación varió significativamente, como en el cuadro 2-AE-5-2, donde se reportó un 45 % de afectación, en contraste con cuadros como 2-

AE-1-2, en los cuales la afectación fue del 8 %. En el caso de las arvenses de hoja angosta, se registró una buena respuesta al tratamiento en la mayoría de los cuadros, con valores de afectación que no superaron el 25 %. Estos resultados sugieren que, tras quince días de fermentación y dosis de 5 litros, afectan el tejido vegetal de las arvenses.

Tabla 40

Registro de aplicación anaeróbico de quince días de fermentación.

Código del Marco	Cantidad	% en el marco (Hoja Ancha)	% afectación (Hoja Ancha)	% en el marco (Hoja Angosta)	% afectación (Hoja Angosta)
1-AN-1-2	1 litro	30	16	70	40
2-AN-1-2	1 litro	95	20	5	3
3-AN-1-2	1 litro	90	18	10	6
1-AN-5-2	5 litros	85	59	15	13
2-AN-5-2	5 litros	60	45	40	35
3-AN-5-2	5 litros	40	31	60	46

Fuente: El autor, (2024)

La Tabla 40, muestra el comportamiento de la afectación bajo condiciones anaeróbicas luego de quince días de fermentación, lo que permite comparar los efectos de ambos procesos. En este caso, los resultados evidencian diferencias notables en los niveles de afectación, particularmente en arvenses de hoja angosta, donde en el cuadro 3-AN-5-2 se reportó un 46 % de afectación, mientras que en otros cuadros, como 2-AN-1-2, la afectación de hoja angosta es superior a 50 %. En las plantas de hoja ancha, los valores en dosis de 5 litros oscilaron entre el 70 % de afectación.

Tabla 41

Registro aplicación aeróbico veinticuatro días de fermentación.

Código del Marco	Cantidad	% en el marco (Hoja Ancha)	% afectación (Hoja Ancha)	% en el marco (Hoja Angosta)	% afectación (Hoja Angosta)
1-AE-1-3	1 litro	90	75	10	8
2-AE-1-3	1 litro	80	66	20	16
3-AE-1-3	1 litro	70	47	30	20
1-AE-5-3	5 litros	70	65	30	28
2-AE-5-3	5 litros	85	84	15	15
3-AE-5-3	5 litros	95	93	5	4

Fuente: El autor, (2024)

En la Tabla 41, se presentan los resultados obtenidos luego de veinticuatro días de fermentación en condiciones aeróbicas, lo que representa el tercer momento de evaluación. Se evidencia un incremento generalizado en la afectación de las arvenses de hoja ancha, alcanzando valores de hasta el 93 % en el cuadro 3-AE-5-3, lo que sugiere una mayor efectividad del tratamiento en este punto del proceso. En el caso de las arvenses de hoja angosta, la afectación fue evidente con porcentajes de 90%.

Tabla 42

Registro de aplicación anaeróbico de veinticuatro días de fermentación.

Código del Marco	Cantidad	% en el marco (Hoja Ancha)	% afectación (Hoja Ancha)	% en el marco (Hoja Angosta)	% afectación (Hoja Angosta)
1-AN-1-3	1 litro	80	64	20	13
2-AN-1-3	1 litro	70	63	30	24
3-AN-1-3	1 litro	50	34	50	30

1-AN-5-3	5 litros	70	69	30	29
2-AN-5-3	5 litros	40	39	60	59
3-AN-5-3	5 litros	70	69	30	29

Fuente: El autor, (2024)

La Tabla 42, detalla los registros correspondientes a la aplicación bajo condiciones anaeróbicas luego de veinticuatro días de fermentación. Se observa que la afectación en arvenses de hoja ancha es similar a la reportada en condiciones aeróbicas, con valores elevados, alcanzando hasta un 94 % en algunos cuadros experimentales. De igual manera, la afectación en hoja angosta es considerablemente mayor en comparación con los registros previos, destacándose cuadros con dosis de 5 litros, donde la afectación alcanzó un 98 %.

Discusión

Los resultados de este proyecto evidencian a través del análisis gráfico y estudio de investigación que el uso de aguas mieles fermentadas es un método alternativo y sostenible para el control de arvenses en cultivos de café. Las aplicaciones realizadas a 8, 15 y 24 días de fermentación mostraron que el tiempo de fermentación es un factor determinante en la acción herbicida, siendo las fermentaciones de mayor duración (24 días) las que presentaron un mayor nivel de afectación, especialmente en plantas de hoja ancha. Este comportamiento se le atribuye al mayor rango de afectación en presencia de tejido vegetal.

Por otro lado, las diferencias observadas entre los métodos aeróbicos y anaeróbicos resaltan la importancia de considerar las condiciones específicas de cada tratamiento. Aunque ambos procesos resultaron efectivos, el método anaeróbico presentó en general un impacto ligeramente superior en la afectación de arvenses, lo que podría estar relacionado con la formación de compuestos específicos en ausencia de oxígeno. Sin embargo, el método aeróbico demostró ser una alternativa igualmente viable, en especial para fermentaciones más prolongadas.

Un hallazgo destacado es la eficacia diferencial en las arvenses de hoja ancha y hoja angosta. En la mayoría de los casos, las plantas de hoja ancha mostraron una mayor susceptibilidad a los tratamientos, lo que sugiere que el diseño de estrategias de aplicación debe considerar el tipo de arvenses predominante en el cultivo.

Además de su efectividad, el uso de aguas mieles del café ofrece beneficios significativos desde el punto de vista ambiental y económico. Este subproducto, que a menudo es descartado como residuo, se convierte en una herramienta valiosa para los productores, reduciendo la necesidad de herbicidas químicos y minimizando los riesgos de contaminación en el ecosistema.

Es importante mencionar que, aunque los resultados son prometedores, la implementación de este método requiere un monitoreo constante para ajustar las dosis y los tiempos de aplicación según las características del cultivo y las condiciones climáticas. Del mismo modo, futuros estudios podrían enfocarse en evaluar la replicabilidad de estos resultados en otros cultivos y regiones, así como en analizar los efectos a largo plazo en el suelo y la biodiversidad.

El análisis de los resultados obtenidos permite contrastar los hallazgos con las teorías y antecedentes que fundamentan el estudio. Se evidenció que la aplicación de aguas mieles fermentadas en las arvenses generó distintos niveles de afectación según el tipo de hoja y el tiempo de fermentación, mostrando que las hojas anchas presentaron mayores porcentajes de afectación en comparación con las de hoja angosta. Lo anterior concuerda con lo señalado por Cendales y Cañón (2016), quienes describen que el mucílago del café posee una alta concentración de compuestos orgánicos, como polisacáridos y pectinas, que pueden afectar la fisiología de las plantas no deseadas al generar un entorno anaeróbico que limita su crecimiento y desarrollo.

Desde la perspectiva de la alelopatía, Hipo (2017) expone que los compuestos presentes en el mucílago de café tienen un efecto inhibitorio sobre la germinación y el crecimiento de malezas cuando se aplican en diferentes concentraciones y tiempos de fermentación. En este sentido, los resultados obtenidos en el estudio muestran similitudes con esta investigación, dado que el tiempo de fermentación influyó en la efectividad del tratamiento. A mayor tiempo de fermentación, se registraron mayores niveles de afectación en las arvenses, lo que sugiere que la descomposición del mucílago intensifica la presencia de compuestos inhibidores. Sin embargo, los valores observados en las hojas angostas fueron menores en comparación con los de hojas anchas, lo que podría estar relacionado con la composición estructural de las especies presentes

en el área de estudio, aspecto que no fue abordado en estudios previos y que requiere análisis complementario.

El control de arvenses en la caficultura es un aspecto relevante para la productividad del cultivo, pues estas plantas compiten por agua, luz y elementos nutricionales esenciales para su desarrollo. Fernández, Sotto, y Vargas (2020) mencionan que la gestión inadecuada de las aguas mieles puede generar contaminación ambiental, pero su aplicación como alternativa de manejo de arvenses representa un posible beneficio para la sostenibilidad del cultivo. En el presente estudio, se observó que la aplicación aeróbica y anaeróbica generó diferentes respuestas en las arvenses, donde la fermentación anaeróbica mostró una mayor afectación en comparación con la aeróbica, por tanto, esto puede deberse a la acumulación de ácidos orgánicos y la reducción de oxígeno, lo que genera condiciones desfavorables para el crecimiento de las malezas.

Los hallazgos también se relacionan con la investigación de (Ponce, 2024) sobre el uso de mucílago de cacao en el control de arvenses, en la cual se demostró que la aplicación repetida de este residuo agrícola lograba una tasa de mortalidad de hasta el 40% en ciertas especies. En este sentido, el comportamiento del mucílago de café podría seguir un patrón similar al del cacao, donde la efectividad del tratamiento varía según la especie de arvense y la concentración aplicada; de allí se sugiere que el uso de aguas mieles como bioherbicida podría optimizarse mediante la combinación de distintos tiempos de fermentación y dosis, lo que permitiría mejorar su desempeño como alternativa a los herbicidas químicos.

El marco contextual del estudio destaca que el municipio de La Plata, Huila, enfrenta desafíos en la gestión de sus residuos agrícolas, entre ellos las aguas mieles generadas en el beneficio del café. El presente estudio aporta evidencia sobre el potencial de estos residuos en el control de arvenses, alineándose con la necesidad de implementar estrategias de caficultura

sostenible, tal como lo señala Puerta et al. (2012). No obstante, para su aplicación a mayor escala, sería necesario evaluar la estabilidad de los compuestos activos en diferentes condiciones ambientales y su impacto en la microbiota del suelo, aspectos que no fueron abordados en la presente investigación.

La comparación de los resultados obtenidos con los antecedentes revisados permite observar que las aguas mieles pueden constituir una opción viable para el manejo de arvenses en cultivos de café, reduciendo la dependencia de herbicidas sintéticos. Sin embargo, las diferencias en los porcentajes de afectación según el tipo de hoja y el método de aplicación evidencian que existen factores adicionales que influyen en la efectividad del tratamiento. Esto plantea la necesidad de realizar estudios adicionales para determinar la relación entre la concentración de compuestos alelopáticos en las aguas mieles y la susceptibilidad específica de las especies de arvenses presentes en la zona de estudio.

Los resultados obtenidos permiten analizar la relación entre los conceptos clave planteados en el marco conceptual y los efectos observados en la aplicación de aguas mieles en el manejo de arvenses. Uno de los conceptos abordados es el de aguas mieles del café, entendido como un subproducto líquido generado durante el beneficio del café, con alto contenido de compuestos orgánicos, entre ellos azúcares y ácidos orgánicos, que pueden influir en la fisiología de las plantas competidoras (Puerta, Marín, Osorio & Ángel, 2012). La evidencia obtenida en este estudio sugiere que la presencia de estos compuestos en las aguas mieles fermentadas podría contribuir a la inhibición del crecimiento de arvenses, especialmente en las aplicaciones anaeróbicas y en periodos de fermentación más prolongados. Sin embargo, los hallazgos muestran que la afectación varía según el tipo de hoja y el tiempo de exposición, lo que sugiere

que no todas las especies de arvenses responden de la misma manera a la aplicación de este subproducto.

El concepto de herbicidas se refiere a sustancias químicas utilizadas para el control de arvenses, cuyo uso prolongado ha generado problemas ambientales y resistencia en algunas especies (Pothea Colombia, 2021). En este sentido, los resultados del estudio sugieren que las aguas mieles podrían representar una alternativa para el manejo de arvenses sin los impactos negativos de los herbicidas sintéticos. No obstante, las diferencias observadas en la eficacia del tratamiento en función de la fermentación y el tipo de hoja indican que su efectividad no es homogénea, lo que podría requerir ajustes en la dosificación y en la frecuencia de aplicación para mejorar su desempeño. Esto plantea la necesidad de continuar explorando la interacción de los compuestos activos en las aguas mieles con las características fisiológicas de las arvenses, con el fin de optimizar su uso como bioherbicida.

El concepto de caficultura sostenible enfatiza la importancia de reducir los impactos negativos del cultivo del café en el medio ambiente y promover prácticas agrícolas responsables (Primero Café, 2021). En este sentido, los resultados del estudio refuerzan la pertinencia del uso de subproductos del café en el manejo de arvenses como una estrategia que permite disminuir la dependencia de insumos químicos. Sin embargo, la variabilidad en los niveles de afectación observados sugiere que es necesario ajustar ciertos aspectos de la aplicación para mejorar su eficacia. Además, aunque el uso de aguas mieles podría contribuir a la sostenibilidad del sistema productivo, es importante considerar su impacto en el suelo y en la microbiota asociada, aspectos que no fueron abordados en este estudio y que requieren investigaciones complementarias.

El concepto de arvenses se relaciona con aquellas plantas no deseadas que compiten con los cultivos agrícolas por recursos como agua, luz y nutrientes (Córdoba, 2015). Los resultados

evidenciaron que la respuesta de las arvenses a la aplicación de aguas mieles varió según su morfología, con una mayor afectación en especies de hoja ancha en comparación con las de hoja angosta. Este hallazgo sugiere que la estructura foliar puede influir en la absorción de los compuestos presentes en las aguas mieles, lo que representa un aspecto relevante para la selección de especies objetivo en futuras aplicaciones; del mismo modo, la diferencia en los porcentajes de afectación entre los métodos aeróbico y anaeróbico plantea interrogantes sobre el papel de la fermentación en la generación de compuestos alelopáticos más efectivos, lo que podría constituir una línea de investigación a desarrollar.

Los resultados obtenidos permiten considerar que las aguas mieles del café, considerando sus tiempos de fermentación y dosis, influye en la generación de compuestos con actividad herbicida. Asimismo, el concepto de caficultura sostenible podría incluir el uso de subproductos fermentados no solo como una alternativa ecológica, sino también como un mecanismo de valorización de residuos agrícolas, donde se puede abordar desde una perspectiva más específica, considerando la variabilidad en la respuesta de distintas especies al tratamiento con aguas mieles.

El estudio aporta al desarrollo conceptual del tema al proporcionar evidencia sobre la influencia de la fermentación de aguas mieles en la inhibición de arvenses, lo que contribuye a ampliar el conocimiento sobre su uso potencial como bioherbicida. Además, los hallazgos sugieren la necesidad de una caracterización más detallada de los compuestos activos presentes en las aguas mieles fermentadas y su impacto en diferentes especies de arvenses, lo que podría enriquecer las bases teóricas en torno a la alelopatía en sistemas agrícolas (Cheng & Cheng, 2015). También se plantea la importancia de considerar factores como la morfología foliar y las condiciones de aplicación para mejorar la efectividad del tratamiento, lo que abre nuevas perspectivas para la optimización del manejo de arvenses en la caficultura.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que las aguas mieles del café pueden desempeñar un papel en el manejo de arvenses en cultivos de café, con variaciones en su efectividad dependiendo del tiempo de fermentación y el método de aplicación. A lo largo de las evaluaciones realizadas en diferentes momentos (8, 15 y 24 días de fermentación), se identificaron patrones de reducción en el crecimiento de arvenses, lo que sugiere que la fermentación del mucílago del café genera compuestos con actividad alelopática que afectan la proliferación de especies no deseadas. Estos hallazgos aportan conocimiento sobre la viabilidad de integrar subproductos del procesamiento del café en estrategias de manejo agronómico sostenible, lo que podría reducir la dependencia de herbicidas químicos y minimizar los impactos negativos asociados con su uso prolongado.

Los hallazgos también permitieron observar que la aplicación de aguas mieles sobre las arvenses genera un impacto progresivo en su crecimiento. Durante los primeros ocho días de fermentación, se registraron niveles de inhibición moderados, los cuales aumentaron significativamente en las evaluaciones realizadas a los 15 y 24 días. Esto confirma que el tiempo de fermentación es un factor clave en la activación y acumulación de los compuestos responsables de la afectación de las arvenses. En términos generales, los tratamientos anaeróbicos registraron una mayor afectación sobre especies de hoja ancha, mientras que en las de hoja angosta los efectos fueron más variables, lo que sugiere que la composición química del lixiviado fermentado influye en la selectividad de su acción. Esta diferenciación en la respuesta de las arvenses destaca la importancia de considerar las condiciones de fermentación como un factor determinante en la eficacia del tratamiento.

En términos de sostenibilidad, los hallazgos del estudio refuerzan la viabilidad de utilizar residuos orgánicos de la caficultura como insumo para la gestión agroecológica de los cultivos. La aplicación de aguas mieles fermentadas no solo ofrece una alternativa al control químico de arvenses, sino que también contribuye a la reducción del impacto ambiental asociado con la disposición de estos residuos. La reutilización de subproductos del café en el manejo agronómico responde a la necesidad de minimizar la contaminación generada por los lixiviados del despulpado, los cuales representan un desafío ambiental en las regiones cafeteras. No obstante, para consolidar esta práctica como una estrategia viable a largo plazo, es fundamental realizar estudios complementarios que analicen la posible acumulación de sustancias fitotóxicas o químicas en el agua miel fermentada y su efecto sobre la microbiota edáfica y la fisiología del cultivo de café.

Es posible que factores como la concentración del lixiviado, la frecuencia de aplicación y la interacción con otras prácticas de manejo agroecológico influyan en su rendimiento como estrategia de control. Además, la variabilidad en la respuesta de las especies de arvenses estudiadas indica que la efectividad del tratamiento podría depender de la composición florística presente en cada lote de cultivo, por lo que se recomienda realizar estudios específicos sobre su impacto en diferentes tipos de comunidades vegetales.

El estudio aporta una base científica para considerar el uso de aguas mieles como alternativa para el manejo de arvenses en sistemas de producción de café. Sin embargo, para su implementación a mayor escala, es necesario realizar pruebas en condiciones de campo más diversas, considerando variaciones en la altitud, el tipo de suelo y la estructura de la vegetación arvense. Además, se recomienda evaluar el impacto económico de esta práctica en comparación con el uso de herbicidas convencionales, a fin de determinar su viabilidad desde una perspectiva

productiva y ambiental. En conjunto, estos elementos permitirán consolidar un enfoque más integral y sostenible en la gestión de arvenses dentro de la caficultura.

Recomendaciones

Se recomienda ampliar el monitoreo de las aguas mieles fermentadas en diferentes condiciones climáticas y tipos de suelo, con el fin de promocionar los resultados obtenidos en este proyecto. Esto permitiría ajustar las recomendaciones específicas de aplicación para cada entorno y mejorar la aplicabilidad de las aguas mieles como bioherbicida en diversas regiones cafeteras. Así mismo se sugiere la necesidad de evaluar con mayor profundidad la estabilidad química de las aguas mieles fermentadas y su interacción con las propiedades físico-químicas del suelo.

Asimismo, es importante optimizar las dosis y los tiempos de aplicación de las aguas mieles en función del tipo de maleza predominante en los cultivos. Los resultados del proyecto muestran que las arvenses de hoja ancha tienen una mayor susceptibilidad a los tratamientos, por lo que se debe diseñar un protocolo específico que considere esta variabilidad, asegurando la máxima efectividad del tratamiento en función de las especies presentes en el campo.

Además, se recomienda realizar un análisis más profundo sobre el impacto de las aguas mieles en la biodiversidad del suelo, ya que, aunque los resultados muestran su efectividad en el control de arvenses, es fundamental evaluar los efectos a largo plazo sobre la salud de los microorganismos del suelo y otros componentes del ecosistema agrícola. Este análisis garantizaría que el uso de aguas mieles no cause efectos secundarios indeseados en la microbiota del suelo y en la productividad a largo plazo.

Otro aspecto relevante es la capacitación continua de los caficultores en el uso de este tratamiento como una alternativa de control de malezas. La creación de programas de formación dirigidos a los productores facilitaría la implementación adecuada del método, asegurando que las

dosis y tiempos de aplicación sean manejados correctamente, lo que podría mejorar los resultados obtenidos en el campo y facilitar la transición hacia prácticas agrícolas más sostenibles.

Se sugiere también el desarrollo de estrategias de manejo integrado de arvenses, combinando el uso de aguas mieles con otras prácticas sostenibles como la cobertura vegetal o el manejo manual. Esta combinación podría potenciar el control de malezas de manera más eficaz y menos dependiente de métodos químicos, contribuyendo a la sostenibilidad de los cultivos.

Adicionalmente, es recomendable realizar un análisis de costo-beneficio que permita evaluar la viabilidad económica de la implementación de este tratamiento. Este análisis debería incluir el ahorro en herbicidas, la reducción de residuos generados en la finca y el posible incremento en la productividad de los cultivos de café, lo que proporcionará a los caficultores una perspectiva clara de los beneficios a largo plazo.

Por último, se sugiere fomentar la investigación en otros cultivos agrícolas para evaluar el uso de aguas mieles fermentadas en un contexto más amplio. Este enfoque permitirá conocer su efectividad en diversas condiciones agronómicas y su potencial para contribuir a un manejo sostenible de malezas en otros sistemas agrícolas, ampliando así las aplicaciones de este recurso.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía de La Plata, Huila. (2019). Plan de Desarrollo "El Cambio lo Hacemos Todos".
https://laplatahuila.micolombiadigital.gov.co/sites/laplatahuila/content/files/000044/2176_plan-de-desarrollo-el-cambio-lo-hacemos-todos-1.pdf
- Cendales Arevalo, W. R., & Cañon Celi, O. A. (2016). *Evaluación de la eficiencia del mucílago del café como coagulante frente al cloruro férrico en los procesos de remoción de sólidos suspendidos en el agua*. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/20826>
- Cordoba G., O. (2015). *Capítulo V: Plantas arvenses*.
<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/162/149/1124-1?inline=1>
- Cruz-Ortiz, L., & Flores-Méndez, M. (2022). Avances en el desarrollo de nuevos herbicidas biológicos a partir de extractos vegetales fitotóxicos aplicados *in vitro*. *Informador Técnico*, 86(1), 34-45. <https://doi.org/10.23850/22565035.3648>
- Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>
- Federación Nacional de Cafeteros (2017). Guía ambiental para el sector cafetero 2ª Ed. Glosario.
www.federaciondecafeteros.org
- Fernández, Y., Sotto, K., & Vargas, L. (2020). *Impactos ambientales de la producción del café y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados*. *Revista P+L*, 15(1).
https://www.researchgate.net/publication/344978886_Impactos_ambientales_de_la_produccion_del_cafe_y_el_aprovechamiento_sustentable_de_los_residuos_generados

- García Navarrete, M. D. (2022). *Uso del mucilago de cacao en el control de maleza en plantaciones comerciales de cacao (Theobroma cacao L.)* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022).
- García, J., & Ramírez, J. (2017). *Federación de Cafeteros: Sostenibilidad económica de las pequeñas explotaciones cafeteras colombianas*.
<https://federaciondecafeteros.org/static/files/sostenibilidadeconomica%5B1%5D.pdf>
- Google Earth. *La Plata Huila, Colombia*. <https://earth.google.com/web/search>
- Guevara, J., Narváez, C., Marín, A., Gutiérrez, J., & Troncoso, C. (2019). Bioherbicide from phenolic extract obtained from almazara waste. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 497–503.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.06>
- Hipo, M. (2017). *Aplicación de mucílago de semillas de cacao (Theobroma cacao L.) en el control de malezas*. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/143e8de8-5dc7-45ee-999e-013309df788d>
- Labrada, R., Caseley, J., & Parker, C. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo* (Estudio FAO: Producción y protección vegetal, Vol. 120).
https://www.google.com.co/books/edition/Manejo_de_Malezas_Para_Pa%C3%ADses_en_Desarr/i7inikglZZEC?hl=es&gbpv=1
- Ponce Plaza, D. J. (2024). Control de malezas con la aplicación de Mucilago de cacao (Theobroma cacao L CCN51) en el sitio Chiquimble del cantón Pedernales
<https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/6694>
- Potheca Colombia. (2021). *Herbicidas: Qué son y usos en la producción agrícola*.
<https://colombia.pochteca.net/herbicidas-que-son-y-su-empleo-en-la-produccion-agricola/>

Primero Café. (2021). *Producción de café sostenible*.

<https://primerocafe.com.mx/caficultura/que-es-produccion-cafe-sostenible/>

Puerta Quintero, G. I., Marín Mejía, J., & Osorio Betancurt, G. A. (2012). *Microbiología de la fermentación del mucílago de café según su madurez y selección*.

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/536/1/arc063%2802%2958-78.pdf>

Salazar-Gutiérrez, L., & Hincapié, E. (2020). Las arvenses y su interferencia en los sistemas de producción de café. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), *Manejo agronómico de los sistemas de producción de café* (pp. 124–148). Cenicafé.

https://doi.org/10.38141/10791/0002_4

Salazar-Gutiérrez, L. (2021). Arvenses frecuentes en el cultivo del café en Colombia. Cenicafé.

<https://doi.org/10.38141/cenbook-0015>

Apéndice

Apéndice A

Resultado de afectación en el marco 3-AE-1-1



Fuente: El autor, (2024)

Apéndice B

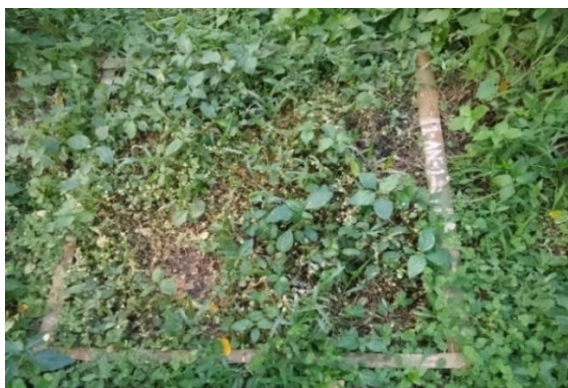
Resultado de afectación en el en el marco 3-AE-5-1



Fuente: El autor, (2024)

Apéndice C

Resultado de afectación en el marco 1-AN-1-1



Fuente: El autor, (2024).

Apéndice D

Resultado de afectación en el en el marco 3-AN-5-1



Fuente: El autor, (2024)

Apéndice E

Resultado de afectación en el marco 1 -AE-1-2



Fuente: El autor, (2024)

Apéndice F

Resultado de afectación en el marco 2-AE-5-2



Fuente: El autor, (2024)

Apéndice G

Resultado de afectación en el marco 1-AN-1-2



Fuente: El autor, (2024)

Apéndice H

Resultado de afectación en el marco 1-AN-5-2



Fuente: El autor, (2024)

Apéndice I

Resultado de afectación en el marco 1-AE-1-3



Fuente: El autor, (2024)

Apéndice J

Resultado de afectación en el marco 3-AE-5-3



Fuente: El autor, (2024)

Apéndice K

Resultado de afectación en el marco 1-AN-1-3



Fuente: El autor, (2024)

Apéndice L

Resultado de afectación en el marco 1-AN-5-3



Fuente: El autor, (2024)