



**Determinación de dosis óptimas de ácido acético para el control de malezas en plátano,
en época lluviosa**

Santillán Benítez Yadira Soledad

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ulloa Cortázar, Santiago Miguel, Ph.D

15 de agosto del 2022

Reporte de Verificación de Contenido



Trabajo Integración Curricular - Santillán.pdf
Scanned on: 14:3 August 11, 2022 UTC



Identical Words	24
Words with Minor Changes	2
Paraphrased Words	30
Omitted Words	1843

Firma:



Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO MIGUEL
ULLOA CORTAZAR

Ulloa Cortázar, Santiago Miguel, Ph.D.

C.C.: 1710450584



Departamento de Ciencias de la vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular, “**Determinación de dosis óptimas de ácido acético para el control de malezas en plátano, en época lluviosa**” fue realizado por la estudiante **Santillán Benítez Yadira Soledad** el mismo que ha sido revisado y analizado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo, 15 de agosto de 2022.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO MIGUEL
ULLOA CORTAZAR

Ulloa Cortázar, Santiago Miguel, Ph.D.

C.C.: 1710450584



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Santillán Benítez Yadira Soledad**, con cédula de ciudadanía n° 1104123391 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Determinación de dosis óptimas de ácido acético para el control de malezas en plátano, en época lluviosa”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo, 15 de agosto de 2022

Santillán Yadira

Santillán Benítez, Yadira Soledad

C.C.: 1104123391



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Santillán Benítez Yadira Soledad** con cédula de ciudadanía n°1104123391, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Determinación de dosis óptimas de ácido acético para el control de malezas en plátano, en época lluviosa”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo, 15 de agosto de 2022

Santillán Yadira
.....

Santillán Benítez, Yadira Soledad

C.C.: 1104123391

Dedicatoria

Esta tesis le dedico con mucho cariño a mi hermano Santiago Santillán, quien ha sido un pilar fundamental en mi vida personal y académica, desde siempre siendo mi ejemplo a seguir, él quien ha velado por mi bienestar de todas las formas posibles, brindándome su apoyo, un consejo de ser necesario y siempre haciendo que nada me falte, aun con cansancio viajando a verme, haciéndome siempre sentir su infinito amor y apoyo.

A mi padre por reconstruir un hogar confortable donde eh podido encontrar apoyo y un abrazo cálido siempre que lo eh necesitado, a él hombre que con su dedicación y arduo trabajo me ha dado su apoyo económico para culminar esta meta tan importante para mí.

A mis hermanos Daniela, Brandon, a mis sobrinos y a cada uno de los miembros de mi familia quienes han estado pendientes de mí, ellos que siempre con un consejo o un abrazo de ánimo me han inspirado a seguirá adelante.

A mi abuelita Marujita quién siempre confió en mí, ella que me tomaba en cuenta en cada oración sabiendo que alcanzaría la meta, siempre con sus abrazos de amor y cariño, sé que estaría orgullosa de este logro.

A quien fue mi pareja, por su apoyo incondicional durante mi vida personal y académica, a su familia por el cariño y por haberme abierto las puertas de su hogar.

Agradecimiento

En primer lugar agradezco a Dios por permitirme cumplir una meta más, por haberme brindado sabiduría y fortaleza durante este trayecto.

A mi tío Nixon Santillán quien me regalo mi computadora que fue de vital importancia para culminar mi carrera.

A mi madre por haber sido principal promotora en seguir con mi vida universitaria, haberme forjado con principios y valores que me han permitido desenvolverme en mi vida personal y profesional.

Mi más profundo agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” y a cada uno de sus docentes por haber aportado con cada conocimiento y experiencia enriquecedora, mismas que me han permitido formarme como profesional.

Agradezco al Dr. Santiago Ulloa, por haber aceptado estar al frente de este proyecto y a su vez darme la oportunidad de colaborar en esta investigación, quien, con sus conocimientos, enseñanzas y su guía permitió que se desarrolle de forma eficaz este trabajo.

Finalmente agradezco a Gabriela Cadena, Thalía Ávila, Kevin Pico y Fernando Vivanco por haber sido unas bueno/as amigo/as, por haberme brindado su apoyo de diversas formas cuando lo necesite.

Índice de Contenido

Carátula.....	1
Reporte de Verificación de Contenido	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de Contenido.....	8
Índice de Tablas	11
Índice de Figuras.....	13
Resumen.....	15
Abstract	16
Capítulo I.....	17
Introducción.....	17
Capítulo II.....	20
Revisión de Literatura.....	20

El Cultivo de Plátano.....	20
Las Malezas.....	20
Herbicidas.....	21
Control de Malezas en Plátano	21
El Uso de Herbicidas en Plátano.....	22
Mecanismos de acción	22
Resistencia a Herbicidas.....	23
El Ácido Acético	24
Características físico-químicas	24
Usos y aplicaciones.....	26
El ácido acético como herbicida	26
Estudios basados en la Utilización del Ácido Acético como Herbicida	27
Importancia de una Buena Dosificación en Herbicidas	28
Capitulo III	30
Metodología.....	30
Ubicación del Área Experimental	30
Ubicación Política	30

	10
Ubicación geográfica	31
Materiales	31
Fase de campo.....	31
Fase de laboratorio	32
Métodos.....	33
Diseño Experimental	33
Análisis estadístico	36
Análisis funcional.....	36
Variables evaluadas	37
Métodos Específicos del Manejo.....	39
Fases de campo.....	39
Capítulo IV	41
Resultados y Discusión.....	41
Biomasa Fresca	41
Análisis de varianza de la biomasa fresca	41
Regresión no lineal de la biomasa fresca	42
Análisis de varianza de la biomasa seca	44

	11
Regresión no lineal de la biomasa seca	45
Dosis óptima en función de la biomasa seca	47
Control Visual	49
Análisis de varianza del control visual	49
Regresiones no lineales del control visual	50
Dosis Óptima hasta los 7 días	53
Composición Botánica	55
Costos	60
Capítulo V	62
Conclusiones	62
Recomendaciones.....	63
Bibliografía	64

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Herbicidas aplicados en plátano y sus mecanismos de acción.</i>	23
Tabla 2 <i>Características físico químicas del ácido acético.</i>	25

Tabla 3 <i>Insumos utilizados para la recolección de muestras de las especies de malezas más representativas por tratamiento.</i>	32
Tabla 4 <i>Materiales utilizados para tomar el peso de las muestras recolectadas de las malezas.</i>	32
Tabla 5 <i>Identificación y descripción de los tratamientos</i>	33
Tabla 6 <i>Esquema análisis de varianza</i>	36
Tabla 7 <i>Escala porcentual de clasificación de los niveles de control de malezas del 0 al 100.</i>	38
Tabla 8 <i>Dosis de herbicida aplicado en 1,2 litros de agua.</i>	40
Tabla 9 <i>Análisis de varianza de la biomasa fresca a los 28 días de evaluación.</i>	41
Tabla 10 <i>Parámetros del modelo logarítmico de cuatro variables de la biomasa fresca a los 28 días de evaluación.</i>	42
Tabla 11 <i>Análisis de varianza de la biomasa seca obtenida a los 28 días de evaluación.</i>	44
Tabla 12 <i>Parámetros del modelo logarítmico de Weibull de la biomasa seca a los 28 días de evaluación</i>	45
Tabla 13 <i>Dosis de ácido acético para obtener 85 y 90% de reducción de biomasa seca de malezas en plátano.</i>	47
Tabla 14 <i>Análisis de varianza del control visual de malezas en plátano.</i>	49

Tabla 15 <i>Parámetros del modelo de Weibull para la evolución del control visual de malezas en las parcelas de plátano.</i>	50
Tabla 16 <i>Dosis de ácido acético hasta los 7 días para obtener 85 y 90% de control de malezas en plátano.</i>	53
Tabla 17 <i>Pesos obtenidos de las malezas presentes antes de iniciar el experimento.</i> .	55
Tabla 18 <i>Pesos de las especies de malezas encontradas a los 28 días de control en parcelas con diferentes dosis de ácido acético</i>	57
Tabla 19 <i>Costos por hectárea en las diferentes dosis de ácido acético</i>	60
Tabla 20 <i>Costos por hectárea en dosis efectiva de ácido acético en base al control visual a los 21 días.</i>	60
Tabla 21 <i>Costos de mano de obra de la aplicación de los tratamientos.</i>	61

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación del sitio de la investigación.</i>	30
Figura 2 <i>Distribución de las unidades experimentales dentro de la plantación de plátano.</i>	35
Figura 3 <i>Biomasa fresca de malezas, obtenida a los 28 días, bajo diferentes dosis de ácido acético.</i>	43

Figura 4 <i>Biomasa seca de malezas, obtenida a los 28 días, bajo diferentes dosis de ácido acético</i>	46
Figura 5 <i>Dosis óptima en base a la reducción de biomasa seca de malezas en plátano con ácido acético</i>	48
Figura 6 <i>Evaluación visual del control de malezas con ácido acético en plátano</i>	51
Figura 7 <i>Dosis óptima en base al control visual, hasta los 7 días, de malezas en plátano con ácido acético</i>	54
Figura 8 <i>Composición botánica inicial del área experimental</i>	56
Figura 9 <i>Composición botánica de malezas a los 28 días bajo diferentes dosis de ácido acético</i>	58

Resumen

La maleza presente en el cultivo de plátano en época lluviosa es un factor que tiene gran incidencia en la producción de este cultivo, generando pérdidas de hasta un 80% en la cosecha, ya sea por la competencia de nutrientes o espacio entre plantas, por ello se determinó la dosis óptima de ácido, aplicados para el control de maleza en plátano en época lluviosa, este ensayo se lo realizó con un diseño de bloques completamente al azar, las dosis empleadas de ácido acético fueron de 0,25, 0,50, 1 y 2 l/ha, se determinó la dosis óptima en base a la biomasa de malezas que se encontraron presentes después de haber realizado las aplicaciones, posterior a ello se realizó una evaluación visual cada siete días durante 28 días, empleando regresiones no lineales mediante la ecuación de Weibull que consta de cuatro parámetros y una estimación de dosis efectiva al 90% en el programa estadístico R. Basados en la evaluación visual 7 días después de la aplicación, se proyectó que la dosis de 4,80 l/ha alcanzaría el 90% de efectividad en el control de maleza.

Palabras claves: plátano, control de malezas, ácido acético, dosis.

Abstract

The weeds present in the banana crop in the rainy season is a factor that has a great impact on the production of this crop, presenting losses of up to 80% in the harvest, either due to the competition of nutrients or space between plants, for this reason the optimal dose of acid will be extended, applied for the control of weeds in bananas in the rainy season, this trial was carried out with a completely randomized block design, the doses used of acetic acid were 0.25, 0.50, 1 and 2 l/ha, the optimal dose was developed based on the biomass of weeds that were present after having made the applications, after which a visual evaluation was carried out every seven days 28 days, using non-linear regressions through the Weibull equation consisting of four parameters and a 90% effective dose estimate in the statistical program R. Based on visual assessment 7 days after application, the dose of 4.80 l/ ha would reach 90% effectiveness in weed control.

Keywords: banana, weed, control, acetic acid, doce.

Capítulo I

Introducción

El cultivo de plátano, es una musácea de gran relevancia en todo el mundo; puesto que, según Cedeño y otros (2022) durante el período 2012-2017 su producción se generó en cuatro de los cinco continentes, donde se destacaron América y Asia con el 26,50% y 60,60% respectivamente.

En Ecuador el plátano es un producto agrícola de subsistencia para la economía de la mayoría de los pequeños agricultores, debido a su potencial energético e importancia en la dieta de la población (Marín & Sabando, 2017). Conforme al ESPAC (2021), las principales provincias productoras de plátano para oferta exportable en el país son, Manabí con 305 533 TM, Santo Domingo de los Tsáchilas con 118 166 TM y Los Ríos con 54 702 TM.

Sin embargo, la productividad de este cultivo está sujeta a varias amenazas entre las cuales se destacan las malezas, que son hierbas que crecen en las plantaciones de manera silvestre y son consideradas nocivas, por originar problemas fitosanitarios como; el incremento de humedad en el microclima, actuar como hospederos de plagas y ejercen competencia por agua y nutrientes. Hecho por el cual, su control se considera primordial en el cultivo de plátano durante todo el ciclo de producción (Ramos y otros, 2011) ya que puede generar pérdidas de hasta el 46% (Briones, 2018).

Según Loor y Zambrano (2022) en su mayoría los planes agronómicos para musáceas se cimentan en la utilización de herbicidas químicos como el glifosato (pre- emergente) y paraquat (post- emergente) en dosis que varían en función de las concentraciones y especificaciones de las casas comerciales; lo que amplía la presión de selección, desencadenando el fenómeno de la resistencia. Estos autores incluyen también a la ametrina

(pre y post- emergente) que se caracteriza por tener un alto poder residual; sin embargo, su eficacia se ve perjudicada en condiciones donde la luminosidad es reducida.

El ácido acético en la agricultura es conocido por su impacto sobre la vegetación debido a su efecto desecador, debido a la facultad de la que goza para asolar la membrana celular de las plantas; por lo cual, se le han atribuido efectos análogos a los que producen los herbicidas de contacto, atrayendo así, el interés de los productores orgánicos (Webber y otros, 2018).

En cuanto a estudios sobre la aplicación del vinagre como herbicida se destaca el realizado por Lerner (2006) quien determinó que, el ácido acético puede ejercer control sobre malezas de hoja ancha con un porcentaje de efectividad bastante elevado (88-100%) bajo concentraciones de 5 a 10%. Con respecto a este tema, Arce (2001) manifiesta que, el uso de vinagre al 10% no ocasiona alteraciones en el pH del suelo, aunque no controla ciperáceas y gramíneas. No obstante, Alvarado y otros (2016) concluyeron que, la desecación con vinagre, ocurre entre las 24 a 72 horas post aplicación y puede lograr un efecto residual durante que perdura entre 40 a 45 días, siempre que se utilicen dosificaciones del 20% a razón de 600 L/ha en los primeros estadios de desarrollo fenológico de las malezas.

Alvarado y otros (2016) especifican que, el uso poco racional de los herbicidas químicos y su manejo deficiente, no solo han generado una abertura en el equilibrio ecológico, sino también pérdidas, puesto que resultan ser antieconómicos para los agricultores, por los costos de producción que se incrementan entre 25 a 30%. Por lo cual, el empleo de alternativas que permitan controlar malezas, son absolutamente necesarias, es ahí donde el ácido acético resulta ser atractivo para el sector platanero, aunque no existan dosis específicas para su aplicación en este ámbito.

Es por tal motivo, que la presente investigación está orientada hacia la determinación de la dosis óptima de ácido acético, para el control de arvenses en plátano durante la época lluviosa, considerando la biomasa presente de malezas posterior a la aplicación y a su vez realizar evaluaciones visuales cada siete días durante veintiocho días.

Capítulo II

Revisión de Literatura

El Cultivo de Plátano

Según Li y otros (2013), el género *Musa*, posee, más de 1 000 cultivares que se han extendido alrededor del mundo; sin embargo, su centro de origen ha sido adjudicado a las islas del Sudeste Asiático. El plátano (*Musa paradisiaca* L.), es una de las musáceas con mayor producción en el mundo y una de las herbáceas más altas, puesto que, puede llegar a medir hasta 9 m de largo (Galani, 2019).

Para Ecuador, el plátano es uno de los alimentos fundamentales para la nación, no solo por su importancia económica, sino también, por la utilidad para la seguridad alimentaria como fuente de energía. Bajo este enfoque, las variedades más apetecidas en el país son: Barraganete (exportación) y Dominico (consumo interno) (Ulloa y otros, 2017).

Las Malezas

Las comunidades de malezas pueden ser objeto de cambios ya sea del tipo temporal o espacial. Su dinamismo como organismos biológicos, es bastante desarrollado puesto que, evolucionan en función a las variantes del clima, los ciclos de los cultivares y las condiciones del suelo. Dichos cambios pueden manifestarse a través de la aparición de nuevas especies y la desaparición de otras que existieron con anterioridad, o mediante reemplazos, e incluso por la evolución de biotipos que poseen una mayor capacidad para competir, como respuesta a la presión de selección que se ejerce continuamente con la aplicación de herbicidas (Quintero y otros, 2021).

Herbicidas

Los herbicidas son productos químicos que se aprovechan o manejan para controlar la vegetación no deseada. La utilización de estos agro-insumos ocurre con mayor constancia en cultivos, donde se adjudican antes o durante el establecimiento de los mismos, para optimizar la productividad del cultivo al disminuir la vegetación ajena (EPA, 2022).

Loor y Zambrano (2022) mencionan que, para procurar resultados efectivos es necesario valerse de cantidades que contengan el ingrediente activo suficiente, y así este pueda incorporarse al organismo vegetal; de tal manera que se produzca un transporte idóneo hacia el punto de acción. Por lo cual es indispensable saber, como se da el movimiento de estas moléculas en la estructura interna planta. Además, estipulan que el éxito de las aplicaciones depende también, del método de aspersión y la estructura de la planta, para que las gotas rociadas no se escurran.

Control de Malezas en Plátano

El cultivo de plátano, tiene como una de sus limitantes más acentuadas, a la aparición de malezas, puesto que genera asociaciones negativas, principalmente por la competencia por los nutrientes alojados en el suelo; e incluso, por los efectos alelopáticos que traen como consecuencia deficiencias en el desarrollo y crecimiento de las plantaciones (Santos y otros, 2019).

Conforme a Cordeiro (2003), este cultivo tiene un período crítico de 5 meses a partir de su establecimiento, para combatir la presencia de malezas, ya sea a través de métodos manuales o aplicaciones de herbicidas de pre o post emergencia. Isaac y otros (2012),

manifiestan que este rubro dentro de la producción de plátano representa aproximadamente el 50% de la inversión.

Entre las especies con mayor incidencia en el cultivo de musáceas están: *Eleusine indica*, *Portulaca oleracea*, *Eleusine indica*, *Ipomea spp.*, *Echinochloa colonum*, *Rottboellia exaltata* y *Momordica charantia* (Mora, 2022).

El Uso de Herbicidas en Plátano

Sanderson (2013), indica que los herbicidas de mayor uso en plátano son (enumerados como ingrediente activo): diurón, glufosinato de amonio, paraquat y glifosato.

Por otra parte, Ulloa y otros (2015) manifiestan que, los controles del tipo químico en malezas, para este cultivo en específico se deben realizar cuando la altura de estas plantas no supera los 20 centímetros, y además señalan que, para plantaciones con edades menores a tres meses, se aplican solamente quemantes como el paraquat; mientras que, en las plantaciones de mayor antigüedad, se alternan los herbicidas: paraquat y glifosato.

Mecanismos de acción

Los mecanismos de acción, determinan la función que interrumpen las moléculas del herbicida al ingresar en las células vegetales, es decir la vía metabólica o sitio bioquímico de la planta (Pitty, 2018). A continuación, se presentan los diferentes mecanismos de los herbicidas que se aplican en plátano, según el estudio desarrollado por Loor y Zambrano (2022):

Tabla 1

Herbicidas aplicados en plátano y sus mecanismos de acción.

Herbicida	Mecanismo de acción	Translocación
Glifosato	Inhibidor de la enzima EPSPS (5-enolpiruvil shikimato 3- fosfato sintetasa)	Translaminar
Paraquat	Fotosistema I	Translaminar
Ametrina	Inhibe la reacción de Hill	Sistémico (Xilema)

Nota. Esta tabla muestra la clasificación de los mecanismos de acción correspondientes a los herbicidas aplicados en banano. Adaptada de: Mora (2022); Loor y Zambrano (2022).

Resistencia a Herbicidas

La resistencia a los herbicidas está impulsada por mecanismos del sitio objetivo (TS) y del sitio no objetivo (NTS). La resistencia a TS implica la alteración de la eficacia del herbicida a través de modificaciones estructurales del sitio de unión o sobreexpresión de su gen objetivo (Délye y otros, 2013)

La resistencia a NTS por su parte, está asociada con varios procesos anatómicos, celulares y fisiológicos, como absorción y translocación reducidas, distribución subcelular modificada y desintoxicación del herbicida. La evolución de la resistencia a un herbicida específico conlleva una penalización de aptitud (es decir, costo de aptitud), caracterizada por

una reducción en la capacidad de un organismo para sobrevivir y/o reproducirse cuando se elimina la presión selectiva (Vila-Aiub y otros, 2015).

Sin embargo, al mismo tiempo, la aptitud de las poblaciones resistentes a los herbicidas también puede resultar en una ventaja relacionada con la actividad alterada de la planta procesos en diferentes condiciones ambientales. La penalización de aptitud asociada con las mutaciones de TS se relaciona principalmente con la reducción de la afinidad por el sustrato debido a la modificación estructural, mientras que en el mecanismo de resistencia de NTS, la aptitud puede originarse a expensas de otras funciones metabólicas (Matzrafi y otros, 2021).

El Ácido Acético

Es un compuesto de origen orgánico líquido, de olor acre, sin color y sabor agrio; es un ácido natural débil (CH_3COOH) que puede obtenerse de varias frutas. En el campo industrial, este se puede obtener a través de las vías: sintética o biológica (fermentación bacteriana). En función de su naturaleza y concentración sus aplicaciones pueden ser distintas. Al disolverlo en agua, se obtiene el popularmente conocido “vinagre”, que es ampliamente aplicado como un aditivo alimentario desde hace varios años. Dicha solución acuosa puede tener una concentración que se aproxima al 5% del peso de la misma (Pirra & Santucci, 2022).

Características físico-químicas

En cuanto a las características físico químicas de este compuesto, tenemos las siguientes:

Tabla 2*Características físico químicas del ácido acético.*

Parámetros	Descripción
Gravedad específica	1.049 a 25°C
Punto de fusión	16,7°C
Punto de ebullición	118°C
Presión de vapor	1,5 kPa a 20°C
Porcentaje de volatilidad	110%
Densidad relativa	1,02 veces a la del aire
Punto de inflamación	39°C
Límite de explosividad	6-17% (concentración en aire)
Umbral de olor	0,08 – 0,13 ppm
Solubilidad en agua	Completa
Higroscopía	Absorbe humedad
Mezclas aptas	Alcohol etílico, glicerol, éter, tetracloruro de carbono y agua
Reacciones	Oxidantes y bases
Corrosividad	Alta

Nota. Esta tabla presenta las características físico – químicas del ácido acético. Adaptada de: Noko Pioneer Investments (2021) y Soto (2022).

Usos y aplicaciones

Se aplica en varias áreas, a escala industrial, o de laboratorio e incluso en empresas químicas para la síntesis de otros productos. Sin embargo, entre algunas de sus aplicaciones, conforme a Pirra y Santucci (2022). destacan las siguientes:

- Acetato de celulosa para películas fotográficas
- Producción de acetato de vinilo
- Acetato de polivinilo empleado en pegamentos de madera
- Componente de agentes anticongelantes
- Sanitización de superficies
- Controlador de plagas y malezas
- Fabricación de aditivos, tintes y pigmentos para recubrimientos o pinturas
- En altas concentraciones, se utiliza para la industria farmacéutica
- Desengrasante y disolvente limpiador
- En medicina, se empleaba como antibacteriano y antimicótico
- También es un componente de detergentes.

El ácido acético como herbicida

El vinagre ha sido probado como herbicida tanto para cultivo y áreas como lugares no cultivados; por lo que se le atribuye como controlador de malezas de hoja ancha de naturaleza anual y perenne. Además, se especifica que su aplicación debe realizarse durante los primeros días de emergencia de las arvenses, con climas soleados y altas temperaturas. Entre las recomendaciones para las aplicaciones a nivel agrícola, se destaca el uso de concentraciones no mayores al 20% (Arce, 2001).

El ácido acético al tener propiedades desecantes, puede absorber la humedad de las hierbas; por lo que, ocasiona de forma progresiva la muerte de los tejidos; en ciertos casos, para potenciar estas características del ácido, se utiliza sal y detergente líquido (Rostrán, 2015).

Estudios basados en la Utilización del Ácido Acético como Herbicida

Según Webber y otros (2005) en sus experimentos se utilizaron tres concentraciones de ácido acético (0, 5 y 20%), dos volúmenes de aplicación del spray (20 y 100 gpa), tres adyuvantes (ninguno, aceite de naranja y canola). Resultando que el control total de malezas varió de 0% sin ácido y 74% cuando se aplicó ácido acético al 20% a 100 gpa agregado con aceite de canola. El ácido acético fue más eficaz en el control de las plantas frondosas de hoja ancha, por lo cual se concluyó que las concentraciones de ácido acético y adyuvante incrementaron el control a medida que los volúmenes de aplicación aumentaron de 2 a 10 gpa (galón por acre).

Según Lerner (2006), el ácido acético en concentraciones de 5 al 10% puede eliminar malezas de porte mediano y pequeño, en especial aquellas que poseen hojas anchas con una efectividad que va del 88% hasta el 100%. Sin embargo, su modo de acción no es selectivo, ya que deseca cualquier tejido vegetal sin distinción y en función del modo de uso puede provocar daños en el cultivo, por lo cual es utilizado en cultivos orgánicos como herbicida de contacto, como sustituto del paraquat (Alvarado y otros, 2016).

Rizzon y otros (2006) enfatizan que el ácido acético en concentraciones mayores al 11% puede ser peligroso y causar quemaduras en la piel y daños severos, ojos, incluida la ceguera. El vinagre ha sido identificado como un herbicida orgánico, sin embargo, todavía se

requiere más información para determinar la influencia de concentración de ácido acético, volumen de aplicación y uso de aditivos (adyuvantes) en el control de malezas (Silvino y otros, 2013).

Evans y otros (2011) aplicaron su estudio orientado a las aplicaciones de vinagre para el control de malezas en pimiento y brócoli trasplantados; estos señalaron, que las dosis de 700 l/ha; es decir 20% de concentración, pueden controlar hasta el 75% de malezas luego de 14 días tras la pulverización.

Por otra parte, Rostrán (2015) determinó que el ácido acético permitió controlar la germinación de bledo (*Amaranthus spinosus*) y mozote (*Cenchrus pilosus*) en cacao al 100%; además, se visualizó la muerte de malezas de hoja ancha, entre 24 a 30 horas luego de la aplicación. En cambio, en gramíneas, su muerte ocurrió entre 42 a 48 horas luego de finalizar la aplicación a excepción del coyolillo (*Cyperus rotundus*), que luego de 48 horas solo logró un 90% de mortalidad con 20% de ácido acético concentrado.

Importancia de una Buena Dosificación en Herbicidas

Las dosis óptimas sirven para realizar una aplicación de los herbicidas de forma más eficiente y correcta; lo que, a su vez, permite obtener mejores beneficios para el control de arvenses, reflejados en los costos de producción. Sin embargo, para realizar el cálculo de estas dosis, es necesario basarse en el análisis de regresiones no lineales. Una de las herramientas más útiles para este tipo de evaluaciones, es el paquete drc que se maneja con R, ya que posee modelos previamente establecidos que pueden aplicarse para el manejo integral de las malezas. Además, es necesario manejarse con intervalos para determinar la eficiencia de las

aplicaciones; en el caso de las malezas el grado de aceptabilidad se encuentra entre el 85% a 90% (Loor & Zambrano, 2022).

Capítulo III

Metodología

Ubicación del Área Experimental

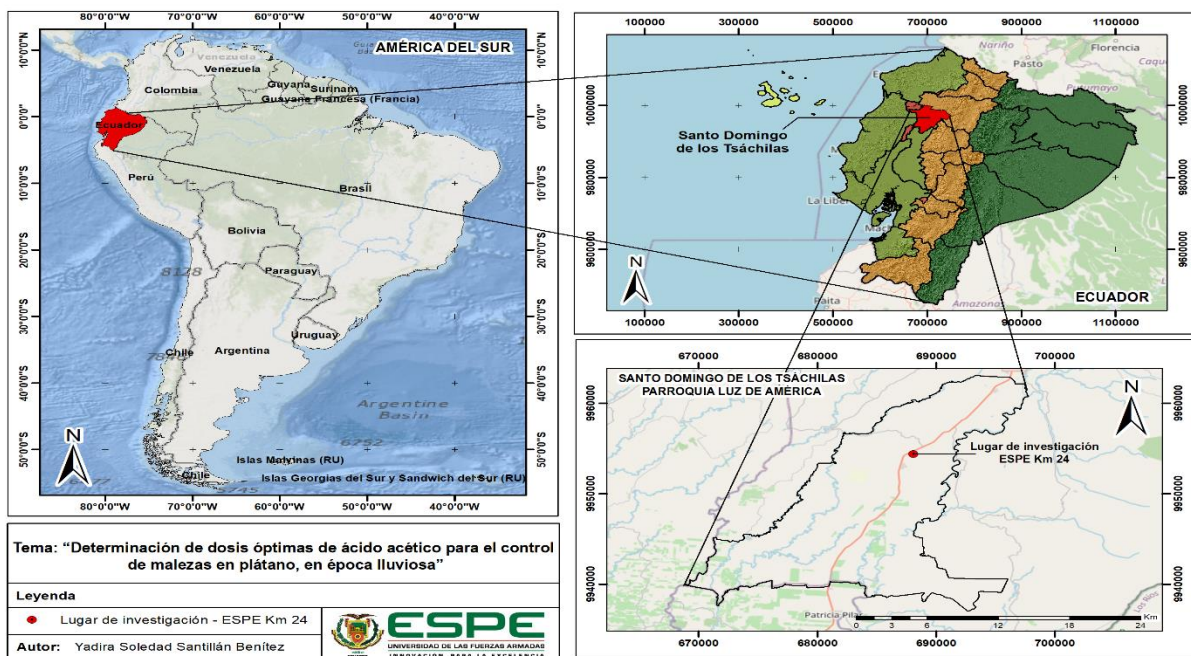
País:	Ecuador
Provincia:	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón:	Santo Domingo de los Colorados
Parroquia:	Luz de América
Dirección:	Km 24 vía Santo Domingo- Quevedo

Ubicación Política

La Hda. Zoila Luz se encuentra a una altitud de 270 m.s.n.m.

Figura 1

Ubicación del sitio de la investigación



Nota. Ubicación geográfica del lugar donde se instaló el ensayo y se realizó esta investigación

Ubicación geográfica

- Clima: Bosque Húmedo Tropical
- Temperatura: 24-26 C
- Humedad: 89%
- Pluviosidad: 2980mm anuales
- Altitud: 270 msnm
- Heliofanía: 660 horas de luz

Materiales

Fase de campo

Instalación del ensayo. Para la instalación del ensayo se requirieron los siguientes recursos:

- Estacas (80 cm de largo)
- Botellas (3lt)
- Jarra medidora
- Probeta
- Bomba de mochila (20lt)
- Boquillas de abanico 8002
- Piola tomatera
- Marcador negro
- Pintura blanca
- Ácido acético 1 L

Recolección de muestras.

Tabla 3

Insumos utilizados para la recolección de muestras de las especies de malezas más representativas por tratamiento.

Materiales/insumo	Muestras
Sobres de manila	Muestras botánicas de malezas
Cuadrante de madera (0,5 m ²)	
Grapadora	
Cinta	
Marcadores	

Nota. en esta tabla se detallan los diferentes materiales e insumos utilizados para la recolección de las diferentes muestras de malezas.

Fase de laboratorio

Pesaje y secado de muestras botánicas.

Tabla 4

Materiales utilizados para tomar el peso de las muestras recolectadas de las malezas.

Materiales/insumo	Equipos	Muestras
Libreta	Estufa	Muestras botánicas de malezas
Esferos	Balanza analítica	

Nota. en esta tabla se detallan los materiales e insumos, equipos y el tipo de muestras que se pesaron y secaron.

Métodos

Diseño Experimental

Factores a Probar.

C: Control óptimo de malezas

D: Dosis de Ácido Acético (0,25 l/ha, 0,5 l/ha, 1 l/ha, 2 l/ha).

Tratamientos a evaluar.

Tabla 5

Identificación y descripción de los tratamientos

Tratamientos	Descripción
T1	Control de maleza Ácido Acético (0 l/ha)
T2	Control de maleza Ácido Acético (0,25 l/ha)
T3	Control de maleza Ácido Acético (0,50 l/ha)
T4	Control de maleza Ácido Acético (1 l/ha)
T5	Control de maleza Ácido Acético (2 l/ha)

Nota. La presente tabla detalla la identificación de los tratamientos aplicados en el estudio con su respectiva descripción.

Tipo de diseño. Se utilizó un DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar), dispuesto en arreglo Factorial A x B donde A es la aplicación de Ácido Acético y B las dosis empleadas.

Repeticiones. En esta investigación se tuvo cuatro repeticiones por cada tratamiento evaluado.

Características de las unidades experimentales.

- Número de tratamientos: 10
- Número de repeticiones: 4
- Número de unidades experimentales: 40
- Forma de unidad experimental: Rectangular
- Ancho de la unidad experimental: 3 m
- Largo de la unidad experimental: 9 m
- Área de la unidad experimental: 27 m²
- Área neta del ensayo: 1080 m²
- Área total del ensayo: 1215 m²

Croquis del diseño.

Figura 2

Distribución de las unidades experimentales dentro de la plantación de plátano.

T5R1	T5R2	CAMINO	T3R3	T2R4
T1R1	T2R2		T2R3	T3R4
T3R1	T4R2		T5R3	T4R4
T4R1	T1R2		T1R3	T1R4
T2R1	T3R2		T4R3	T5R4

Nota. Croquis de la distribución de los tratamientos y sus repeticiones dentro del área de estudio.

Análisis estadístico

Esquema del análisis de varianza.

Tabla 6

Esquema análisis de varianza

Fuentes de variación	Fórmula	Grados de libertad
Bloque	$b - 1$	3
Dosis	$d - 1$	4
Error experimental	$(n - 1) - (T - 1) - (b - 1)$	12
Total	$n - 1$	19

Nota. En la presente tabla se describen las diferentes fuentes de variación que corresponden al esquema del análisis de varianza.

Análisis funcional

Se establecieron regresiones no lineales aplicando la ecuación de Weibull con cuatro parámetros respectivamente:

$$f(x) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))}$$

Se obtuvo regresiones no lineales, se determinó de forma eficaz la dosis optima aplicada mediante ED85 Y ED90, parámetros estándar que se emplean con frecuencia para describir la respuesta de las malezas ante la presencia de los herbicidas (Knezevic y otros, 2007).

Variables evaluadas

Composición botánica inicial. Antes de aplicar los respectivos tratamientos, se procedió a evaluar esta variable mediante la delimitación del área experimental. Para ello se utilizó un cuadrante de madera de 0,5 m² mismo que se lanzó al azar dentro del área experimental, se procedió a recolectar la maleza presente dentro del cuadrante, posteriormente se identificó cada especie y se colocó en sobres de papel.

Peso fresco inicial. Con la ayuda de una balanza analítica se procedió a registrar el peso fresco inicial después de haber realizado la composición botánica en el área experimental.

Peso seco inicial. En la estufa a 50°C durante tres días, se procedió a dejar las muestras identificadas, luego de ese tiempo se pesó nuevamente cada muestra con ayuda de la balanza.

Evaluación visual. Se evaluó de forma visual el efecto de control de maleza de cada tratamiento después de la aplicación de los tratamientos a partir de 7, 14, 21 y 28 días, para ello se evaluó empleando la tabla siguiente:

Tabla 7

Escala porcentual de clasificación de los niveles de control de malezas del 0 al 100.

Puntaje	Descripción de las categorías principales	Descripción detallada
0	Sin efecto alguno	Sin control
10		Control muy pobre
20	Efectos ligeros	Control pobre
30		Control pobre a deficiente
40		Control deficiente
50	Efectos moderados	Control deficiente a moderado
60		Control moderado
70		Control por debajo de lo satisfactorio
80	Efectos severos	Control satisfactorio a bueno
90		Control muy bueno a excelente
100	Efecto completo	Control total

Nota. Se describen en la tabla las categorías del control de malezas que permite realizar la evaluación visual, tomado de Frans (1986).

Composición botánica a los 28 días. Se procedió a utilizar el cuadrante de 0,5 m², se recolectaron muestras de cada unidad experimental, se clasificó la maleza dentro del cuadrante para posteriormente identificarlas por especie y guardarlas en los sobres de papel.

Peso fresco a los 28 días. Con la ayuda de una balanza analítica se procedió a pesarse las muestras obtenidas de cada unidad experimental.

Peso seco a los 28 días. A 50 °C se dejaron las muestras reposar en la estufa por tres días, posteriormente se pesaron las muestras con una balanza analítica.

Métodos Específicos del Manejo

Fases de campo

Calibración de bomba. Para la respectiva calibración de la bomba de mochila, se empleó la metodología de VADD mencionada por Bustillo, Montes, & Vélez, (2020) misma que establece (verifique, afore, termine y dosifique).

Se inició verificando el buen estado de la bomba, la limpieza y si presentaba alguna fuga, con la ayuda de una jarra se afore 1 litro de agua, misma cantidad que salió durante un minuto, posteriormente se determinó el tiempo que tarda la aplicación, para ello se hizo un simulacro en un terreno plano con la bomba vacía, determinando así que se recorre un área de $30m^2$ en 20 segundos lo que corresponde a una parcela dentro de cuatro bloques, en botellas de 1200 ml se aforeó la cantidad de agua que se obtuvo en los 80 segundos, finalmente se dosificó para cada tratamiento 1,2 litros como se observa en la tabla 8.

Tabla 8

Dosis de herbicida aplicado en 1,2 litros de agua.

Tratamientos	Dosis de herbicidas por hectárea	Dosis de herbicidas en 1,2 litros de agua
T1	Ácido Acético (0 l/ha)	Ácido Acético
T2	Ácido Acético (0,25 l/ha)	Ácido Acético
T3	Ácido Acético (0,5 l/ha)	Ácido Acético
T4	Ácido Acético (1 l/ha)	Ácido Acético
T5	Ácido Acético (2 l/ha)	Ácido Acético

Nota. En esta tabla se visualiza la descripción de los diferentes tratamientos con sus dosis de ácido acético.

Delimitación de unidades experimentales. El área experimental se delimito considerando el distanciamiento de siembra de plátano de 3x3 m, se procedió a cerrar el área experimental con cinta tomatera guiándonos de las plantas de plátano, se colocó señalética respectiva por cada tratamiento a evaluar y a su vez se dividió en 4 bloques respectivamente.

Aplicación de las dosis de herbicidas. Se prepararon las soluciones en las botellas de 3 litros, se realizó la aplicación de menor a mayor dosis de Ácido Acético, en toda el área experimental.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Biomasa Fresca

Análisis de varianza de la biomasa fresca

Tabla 9

Análisis de varianza de la biomasa fresca a los 28 días de evaluación

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	p-valor
Bloque	3	21432	7144	1,241	0,3380
Dosis	4	109679	27424	4,764	0,0156*
Total	12	69078	5757		

Nota. Esta tabla presenta los diferentes resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable de biomasa fresca a los 28 días de evaluación. Códigos de significancia: '****' 0,1%, '***' 1%, '**' 5%, '*' 10%, ' ' ns

En la tabla 9 se aprecia que existió una diferencia significativa del 5% entre dosis en la pérdida de peso de la biomasa fresca obtenida a los 28 días de la evaluación en la parcela de plátano.

Regresión no lineal de la biomasa fresca

Tabla 10

Parámetros del modelo logarítmico de cuatro variables de la biomasa fresca a los 28 días de evaluación

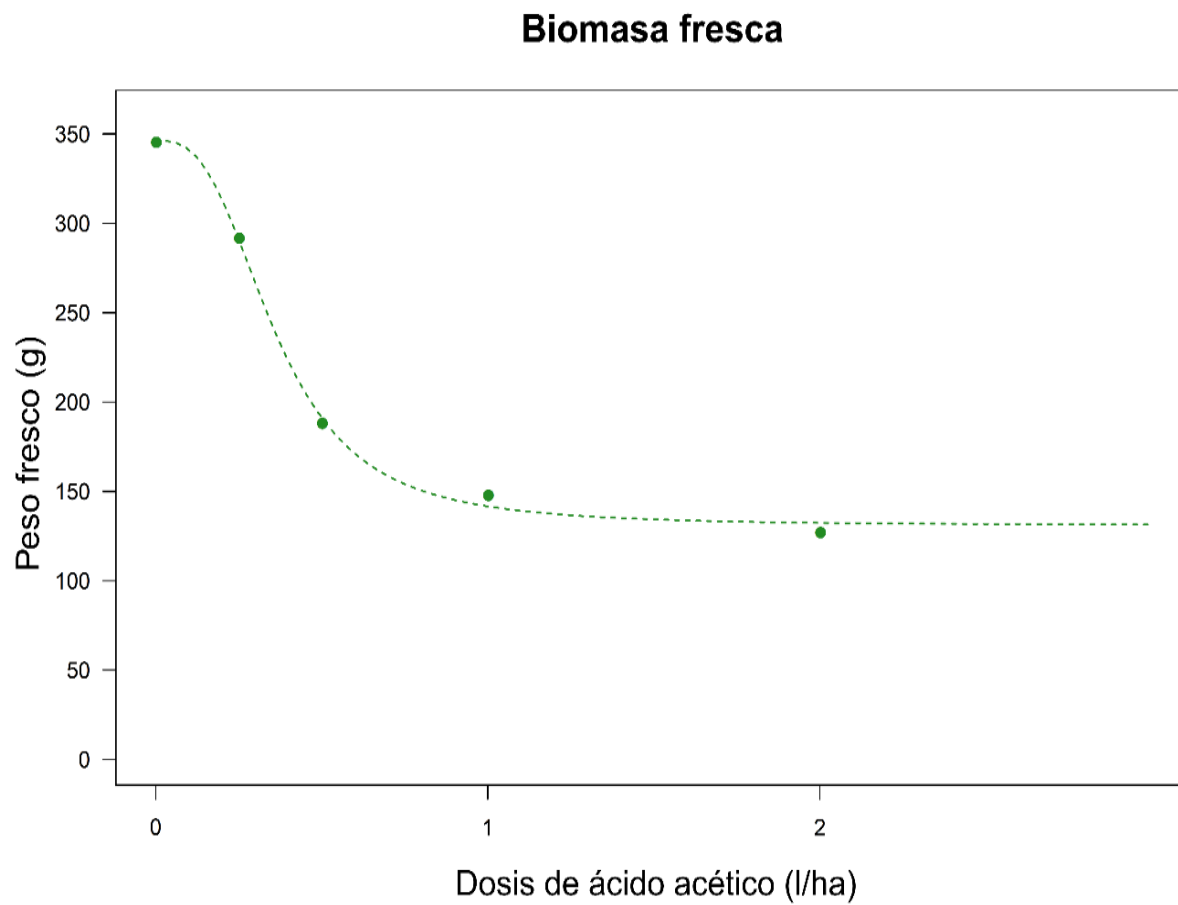
Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
Pendiente (b)	2,891308	0,510635	5,6622	0,11129
Límite inferior (c)	130,872429	8,430203	15,5242	0,04095 *
Límite superior (d)	346,348345	8,698315	39,8179	0,01598 *
Punto de inflexión (e)	0,360775	0,025794	13,9866	0,04544 *
Error estándar residual	8,753664			

Nota. Esta tabla presenta los resultados obtenidos en los parámetros de modelo logarítmico para la variable de biomasa fresca a los 28 días de evaluación. Códigos de significancia: '****' 0,1%, '***' 1%, '**' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 10 se observa los parámetros de retorno de la biomasa fresca que se obtuvo a los 28 días, utilizando el modelo estadístico de Weibull de cuatro parámetros en cada dosis aplicada.

Figura 3

Biomasa fresca de malezas, obtenida a los 28 días, bajo diferentes dosis de ácido acético



Nota. La figura presenta el comportamiento del peso fresco de las malezas a los 28 días en función de las diferentes dosis de ácido acético utilizadas.

En la figura 3 se observa el comportamiento de la curva de la biomasa fresca en base a las dosis de ácido acético, se aprecia que con una dosis de 1 l/ha existe una pérdida de biomasa, sin embargo, aún quedaron plantas vivas, esto se atribuye a la resistencia de la composición botánica ante el herbicida aplicado en la parcela de estudio, en la dosis de 2 l/ha

la curva se estabiliza presentando también maleza viva, es decir a mayor dosis se realizaron un mayor control de la biomasa existente Biomasa Seca

Análisis de varianza de la biomasa seca

Tabla 11

Análisis de varianza de la biomasa seca obtenida a los 28 días de evaluación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	p-valor
Bloque	3	4338	1446	1,124	0,37800
Dosis	4	31792	7948	6,179	0,00614 **
Total	12	15434	1286		

Nota. Esta tabla presenta los diferentes resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable de biomasa seca a los 28 días de evaluación. Códigos de significancia: '****' 0,1%, '***' 1%, '**' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 11 se aprecia que las dosis de ácido acético tuvieron un efecto significativo sobre la disminución de peso de la biomasa seca obtenida a los 28 días de evaluación en las parcelas de estudio. Se observa una diferencia significativa entre los bloques, puede ser a causa de herbicidas aplicados con anterioridad en los bloques a evaluar.

Regresión no lineal de la biomasa seca

Tabla 12

Parámetros del modelo logarítmico de Weibull de la biomasa seca a los 28 días de evaluación

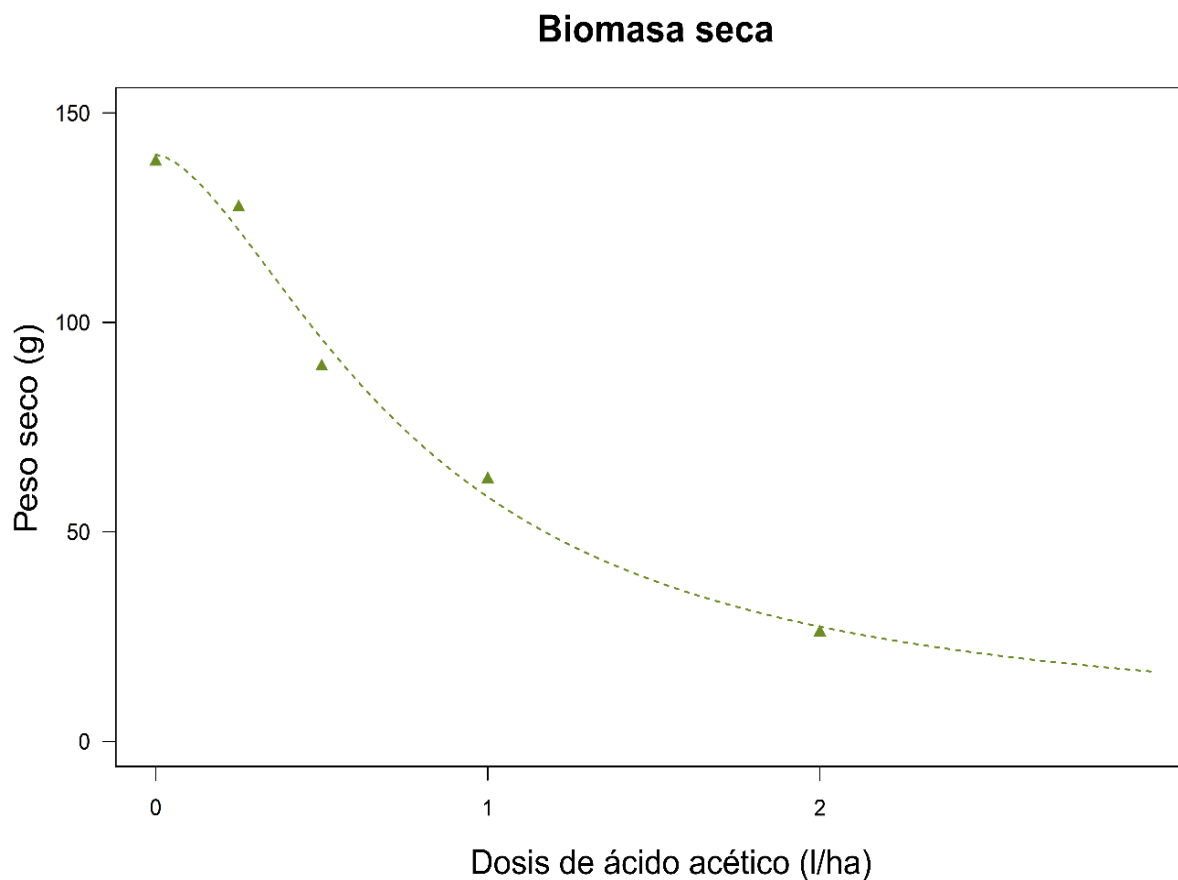
Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
Pendiente (b)	1,64231	0,73692	2,2286	0,2685
Límite inferior (c)	2,86425	42,29766	0,0677	0,9570
Límite superior (d)	140,04266	9,27471	15,0994	0,0421 *
Punto de inflexión (e)	0,78992	0,38935	2,0288	0,2915
Error estándar residual				9,798679

Nota. Esta tabla presenta los resultados obtenidos en los parámetros de modelo logarítmico de Weibull para la variable de biomasa seca a los 28 días de evaluación. Códigos de significancia: '****' 0,1%, '***' 1%, '**' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 12 se observa una diferencia significativa en los parámetros de pérdida de biomasa seca obtenida a los 28 días de la evaluación, empleando el modelo estadístico de Weibull de cuatro parámetros.

Figura 4

Biomasa seca de malezas, obtenida a los 28 días, bajo diferentes dosis de ácido acético



Nota. La figura presenta el comportamiento del peso seco de las malezas a los 28 días en función de las diferentes dosis de ácido acético utilizadas.

En la figura 4 se observa que con una dosis de 2 l/ha de ácido acético tiende a estabilizarse la pérdida de biomasa seca, por ende; va a existir una disminución en el peso seco de las malezas recolectadas en cada tratamiento a los 28 días.

Dosis óptima en función de la biomasa seca

La regresión no alcanza el 85 y 90% de reducción de biomasa, por lo cual solo se hizo en biomasa seca que si alcanza el 90% y demuestra que si existió daño fisiológico o estructural en las malezas.

Tabla 13

Dosis de ácido acético para obtener 85 y 90% de reducción de biomasa seca de malezas en plátano.

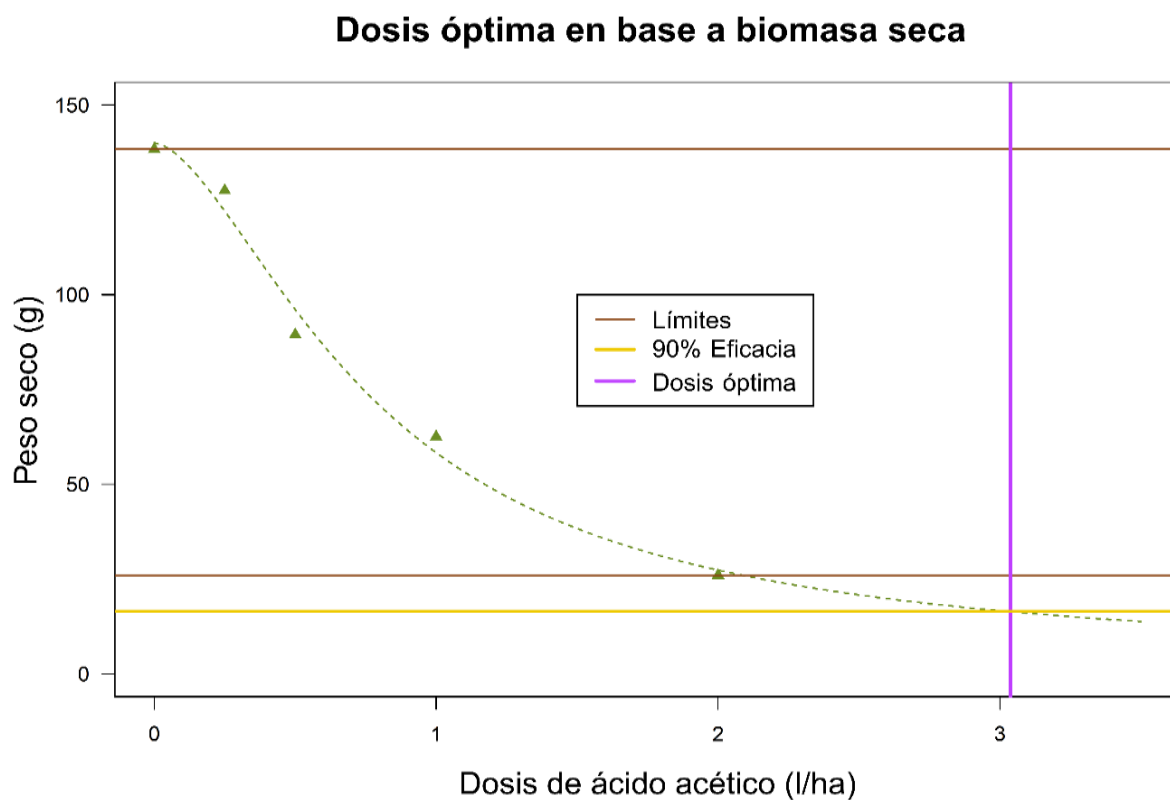
Pendiente (b)	Error estándar	ED ₈₅ (± SE)	ED ₉₀ (± SE)
1,64231	0,73692	2,27 (± 0,21)	3,01 (±0,31)

Nota. La presente tabla detalla los parámetros de la regresión lineal para la reducción de la biomasa seca de las malezas en plátano.

En la tabla 13 se observa que si se desea tener un control del 85% de efectividad con el ácido acético (1 l/ha) se necesitara una dosis de 2.27 l/ha de ácido acético, se aprecia de igual forma que para esta dosis existe un error estándar de ± 0.21 , si se desea realizar un control con un 90% de eficacia de las malezas se debe aplicar una dosis de 3.01 l/ha con un error estándar de ± 0.31 .

Figura 5

Dosis óptima en base a la reducción de biomasa seca de malezas en plátano con ácido acético.



Nota. La figura presenta la dosis óptima en función del peso seco (g) frente a las diferentes dosis de ácido acético utilizadas.

En la figura 5 se analiza que la dosis de 3.01 l/ha de ácido acético permite alcanzar el 90% de efectividad en el control de malezas, de igual forma basándonos en la tabla 5 se puede alcanzar un control del 85% de malezas empleando una dosis de 2.27 l/ha, empleando la escala visual mencionada por Frans (1986) se aprecia un control de satisfactorio a bueno con gran incidencia sobre las malezas.

Control Visual

Análisis de varianza del control visual

Tabla 14

Análisis de varianza del control visual de malezas en plátano.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	p-valor
Bloque	3	491	163,6	1,105	0,3546
Dosis	4	7964	1990,9	13,445	8,84e-08 ***
Día	3	3631	1210,3	8,174	0,000129 ***
Dosis:Día	12	4261	355,1	2,398	0,13762 *
Total	57	8440	148,1		

Nota. Esta tabla presenta los diferentes resultados obtenidos en el análisis de varianza para la variable control visual de las malezas. Códigos de significancia: '***' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 14 se observa que el análisis de varianza muestra una diferencia significativa en las fuentes de variación en dosis y días, de igual forma la comparación de días de empleo contra las dosis, observando así una diferencia significativa, esto indica que existió una diferencia en los 28 días de evaluación.

Regresiones no lineales del control visual**Tabla 15**

Parámetros del modelo de Weibull para la evolución del control visual de malezas en las parcelas de plátano.

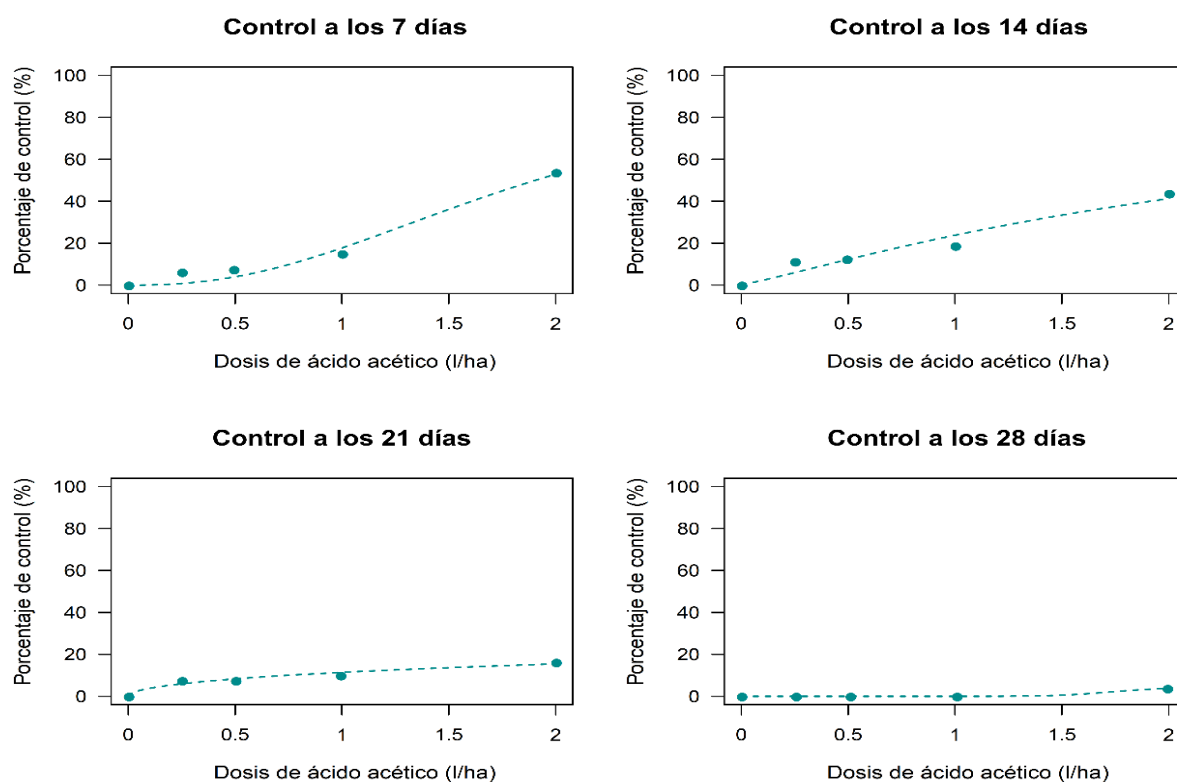
Días de control	Parámetro	Estimado	Error estándar	t-valor	p-valor
7	Pendiente (b)	-2,89026	0,61449	-4,7035	0,042351 *
	Límite inferior (c)	3,65408	2,31640	1,5775	0,255412
	Límite superior (d)	-	-	-	-
	Punto de inflexión (e)	1,95108	0,09800	19,9090	0,002513 **
	Error estándar residual		4,101621		
14	Pendiente (b)	-1,17702	0,54597	-2,1558	0,16385
	Límite inferior (c)	0,29720	6,10239	0,0487	0,96558
	Límite superior (d)	-	-	-	-
	Punto de inflexión (e)	2,71862	0,70249	3,8700	0,06075 ,
	Error estándar residual		5,464357		
21	Pendiente (b)	-0,54896	0,27705	-1,9815	0,2975
	Límite inferior (c)	0,17593	2,45406	0,0717	0,9544
	Límite superior (d)	67,03800	123,06347	0,5447	0,6825
	Punto de inflexión (e)	18,50001	90,86100	0,2036	0,8721
	Error estándar residual		2,397224		
28	Pendiente (b)	-13,452972	1,424982	-9,4408	0,011034 *
	Límite inferior (c)	-	-	-	-
	Límite superior (d)	4,329130	0,518498	8,3494	0,014043 *
	Punto de inflexión (e)	1,740710	0,094644	18,3922	0,002943 **
	Error estándar residual		0,001766652		

Nota. Esta tabla presenta los resultados obtenidos en los parámetros de modelo logarítmico de Weibull para la evolución del control visual de las malezas. Códigos de significancia: '****' 0,1%, '**' 1%, '*' 5%, '.' 10%, ' ' ns

En la tabla 15 se observa que en el día 7 y en el día 28 existe una diferencia significativa, en el día 7 se obtuvo la dosis óptima y en el día 28 se observó una ligera diferencia entre puntos.

Figura 6

Evaluación visual del control de malezas con ácido acético en plátano



Nota. La figura presenta la evaluación del control de malezas frente a las diferentes dosis de ácido acético utilizadas.

En la figura 6 se observa la evaluación visual de control de maleza cada 7 días durante cuatro semanas, en la primera semana se evidencia que no existió un control, sino hasta la dosis de 1 l/ha, donde se aprecia un ligero control del 19%, a medida que avanzan los días de evaluación visual, se observa un mejor control de malezas en las dosis elevadas, Vencil y Armbrust (2002) hacen referencia a que el herbicida actúa conforme a la dosis, si existe una mayor dosis existirá un mejor control de malezas como es el caso de llegar a la dosis de 2 l/ha.

En el control visual a los 21 días, se evidencia un control que se mantiene constante en los 2 l/ha al igual que en la dosis bajas, en las siguientes días se evidencio un control del 0% debido a que existió un rebrote de las malezas existentes perdiendo de esta forma su efectividad desecante de los tejidos vegetales, sin embargo, no se evidencio un rebrote mayor de nuevas malezas en los tratamientos, por ello la importancia como mencionan Loor y Zambrano (2022) realizar aplicación con intervalos de tiempo para obtener una mayor eficacia.

Dosis Óptima hasta los 7 días

En el día 7 fue donde la curva de la regresión alcanzó el 90% de control de malezas, por lo tanto, se tomó esa gráfica para estimar a que dosis se alcanza ese 90% de control.

Tabla 16

Dosis de ácido acético hasta los 7 días para obtener 85 y 90% de control de malezas en plátano.

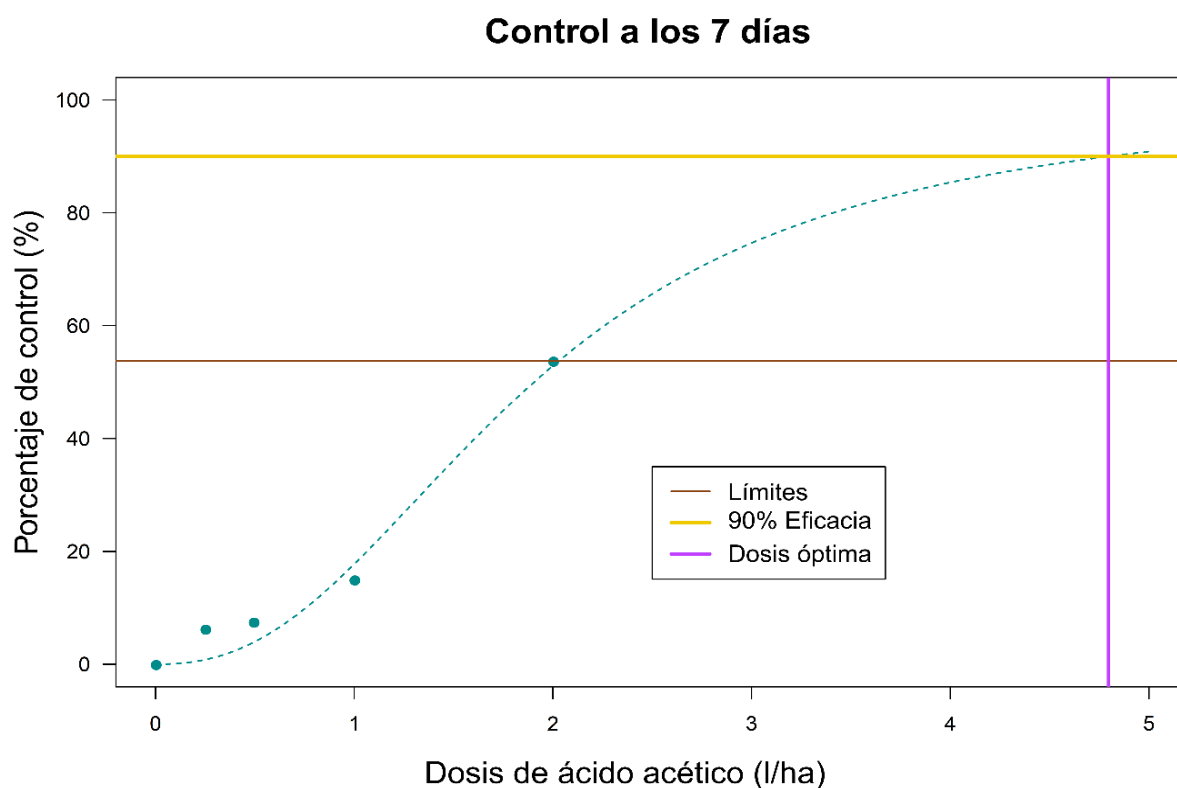
Pendiente (b)	Error estándar	ED ₈₅ (± SE)	ED ₉₀ (± SE)
-2.89026	0.61449	3,94 (± 0,73)	4,80 (±1,06)

Nota. La presente tabla detalla los parámetros de la regresión lineal para la reducción de la biomasa seca de las malezas en plátano hasta los 7 días.

En la tabla 16 se observa que si se desea tener un control del 85% de efectividad con ácido acético (1 l/ha) se requiere una dosis de 3.94 l/ha de ácido acético con un error estándar de (± 0,73), se aprecia de igual forma que para obtener un control del 90% de efectividad en las malezas se debe aplicar una dosis de 4,80 l/ha con un error estándar de (±1,06).

Figura 7

Dosis óptima en base al control visual, hasta los 7 días, de malezas en plátano con ácido acético.



Nota. La figura presenta la dosis óptima en base al control visual frente a las diferentes dosis de ácido acético utilizadas hasta los 7 días.

En la figura 7 se observa que para alcanzar la efectividad en un 90% sobre el control de malezas la dosis es de 4,80 l/ha de ácido acético, de igual forma como se describe en la tabla 8, se puede realizar un control del 85% aplicando una dosis de 3,94%, por ello se determina que el ácido acético tiene un mejor control de malezas en dosis elevadas, teniendo como principal ventaja no ser un producto residual que actúa como desecante de los tejidos vegetales.

Composición Botánica

Tabla 17

Pesos obtenidos de las malezas presentes antes de iniciar el experimento.

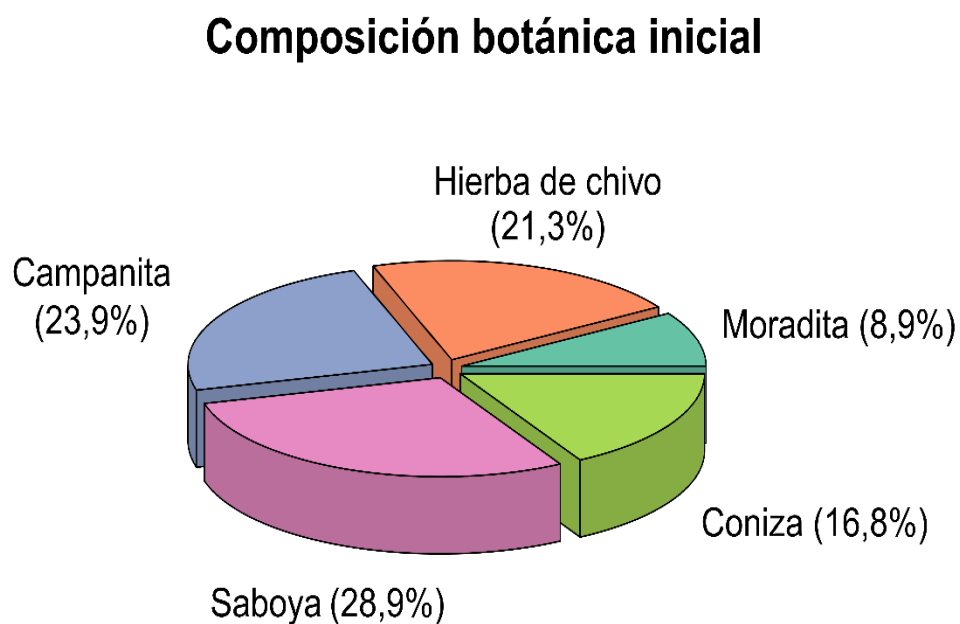
Nombre Científico	Nombre Común	Peso fresco	Peso relativo
<i>Cuphea strigulosa</i>	Moradita	36,85	0,090
<i>Ageratum conyzoides</i>	Hierva de Chivo	87,36	0,212
<i>Asystasia gangetica alba</i>	Canutillo	98,61	0,240
<i>Panicum maximun</i>	Saboya	119,1	0,290
<i>Conyza bonariensis</i>	Coniza	69,21	0,168
TOTAL		411,13	1,000

Nota. En esta tabla se detallan los pesos: fresco y relativo para cada una de las malezas presentes en el área de estudio al iniciar la investigación.

En la tabla 17 se describen las especies de la composición botánica encontradas al inicio en la selección en el área experimental, para ello se obtuvo un peso como resultado en referencia a cada bloque, calculando así la cantidad obtenida y realizando un promedio.

Figura 8

Composición botánica inicial del área experimental.



Nota. En esta figura se encuentra la distribución de la composición botánica al inicio del experimento.

En la figura 8 se aprecia la composición botánica inicial que se seleccionó en el área experimental antes de emplear los tratamientos.

Tabla 18

Pesos de las especies de malezas encontradas a los 28 días de control en parcelas con diferentes dosis de ácido acético

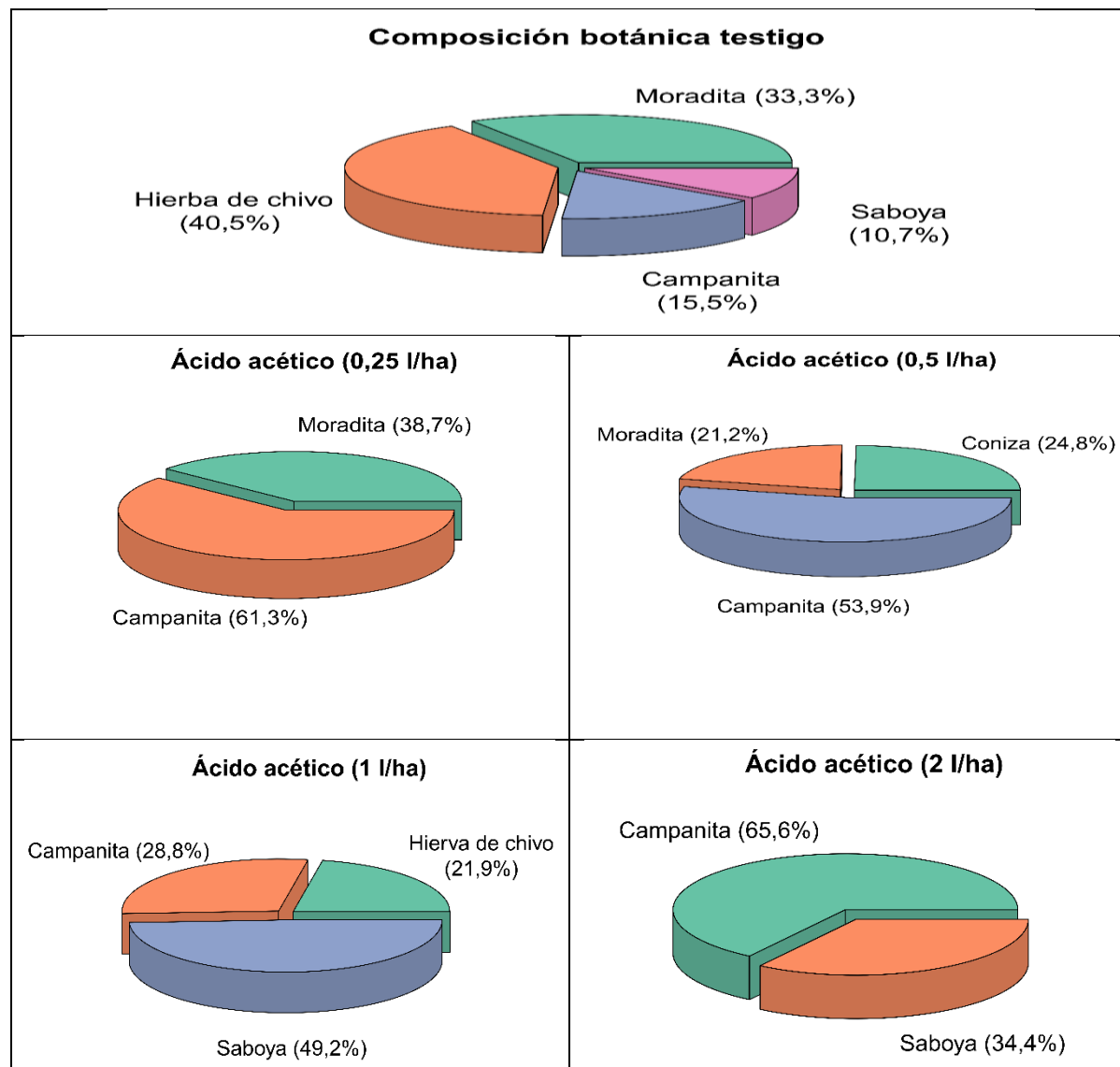
Tratamiento	Nombre científico	Nombre común	Peso fresco	Total	Peso relativo
Testigo	<i>Cuphea strigulosa</i>	Moradita	115,2	345,82	0,33312128
	<i>Ageratum conyzoides</i>	Hierba de chivo	140,2		0,40541322
	<i>Asystasia gangetica alba</i>	Campanita	53,57		0,15490718
	<i>Panicum maximum</i>	Saboya	36,85		0,10655833
Ácido acético (0,25 l/ha)	<i>Cuphea strigulosa</i>	Moradita	96,1	248,25	0,38710977
	<i>Asystasia gangetica alba</i>	Campanita	152,15		0,61289023
Ácido acético (0,50 l/ha)	<i>Conyza bonariensis</i>	Coniza	73,71	297,11	0,24808993
	<i>Cuphea strigulosa</i>	Moradita	63,1		0,21237925
	<i>Asystasia gangetica alba</i>	Campanita	160,3		0,53953081
Ácido acético (1 l/ha)	<i>Ageratum conyzoides</i>	Hierba de chivo	61,9	281,44	0,21994031
	<i>Asystasia gangetica alba</i>	Campanita	81,04		0,2879477
	<i>Panicum maximum</i>	Saboya	138,5		0,492112
Ácido acético (2 l/ha)	<i>Asystasia gangetica alba</i>	Campanita	121,1	184,6	0,656013
	<i>Panicum maximum</i>	Saboya	63,5		0,343987

Nota: la cantidad de maleza que se evidencia está reflejada en el peso por cada tratamiento, lo mismo se encontró en una dimensión de $0,5m^2$.

En tabla 18 se observa a detalle la composición botánica final que se obtuvo por cada tratamiento evaluado, de igual forma el peso de la biomasa fresca encontrado en el cuadrante como también el peso relativo con relación al peso total de la muestra.

Figura 9

Composición botánica de malezas a los 28 días bajo diferentes dosis de ácido acético.



Nota. En esta figura se encuentra la distribución de la composición en función de los tratamientos evaluados a los 28 días luego de haber establecido la experimentación.

En la figura 9 se observa como progreso la composición botánica final a los 28 días de evaluación de la aplicación de ácido acético, las gráficas que presentan las dosis bajas de ácido acético indican que especies como Moradita (*Cuphea strigulosa*), Campanita (*Asystasia*

gangetica alba) y Coniza (*Conyza bonariensis*) no presentaron mayor reacción ante el herbicida.

Según Lerner (2006), el ácido acético en concentraciones de 5 al 10% puede eliminar malezas de porte mediano y pequeño, en especial aquellas que poseen hojas anchas con una efectividad que va del 88% hasta el 100%, por ello se determinó un control ineficiente. En la dosis de (1 l/ha) de ácido acético se evidencia que existieron especies que presentaron mayor tolerancia al ácido acético que otras, en la gráfica de 2 l/ha de ácido acético se aprecia que Campanita (*Asystasia gangetica alba*) y Saboya (*Panicum maximun*) han presentado mayor resistencia, como se menciona en la Tabla 18, que se requiere una dosis óptima de 4,80 l/ha para obtener un control del 90% de malezas de igual forma se apreció que frente a dosis elevadas de ácido acético disminuye de forma considerable la presencia de maleza.

Costos

Tabla 19

Costos por hectárea en las diferentes dosis de ácido acético

Herbicida	Unidad	Cantidad (l)	Precio unitario (\$)	Costo total/ha (\$)
Ácido acético	L/Ha	0	26	0
Ácido acético	L/Ha	0.25	26	6.5
Ácido acético	L/Ha	0.5	26	13
Ácido acético	L/Ha	1	26	26
Ácido acético	L/Ha	2	26	52

Nota. En la tabla se observa la descripción de los costos por dosis de ácido acético empleados por hectárea.

Tabla 20

Costos por hectárea en dosis efectiva de ácido acético en base al control visual a los 21 días.

Herbicida	Unidad	Cantidad (l)	Precio unitario (\$)	Costo total/ha (\$)
Ácido acético 2L	L/ha	1	26	52

Nota. Esta tabla presenta los costos por hectárea en función de la dosis efectiva de ácido acético a los 21 días luego de la aplicación.

Tabla 21

Costos de mano de obra de la aplicación de los tratamientos

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio/unidad (\$)
Bomba de fumigar	Unidad	1	5
Transporte	Unidad	1	5
Cargador agua	Jornal	1	15
Aplicación herbicida	Jornal	1	15

Nota. En la presente tabla se encuentran detallados los costos de mano de obra en función de los materiales y actividad necesaria para las aplicaciones del ácido acético.

Capítulo V

Conclusiones

Se determinó que la aplicación del herbicida a base de ácido acético redujo el grado de incidencia de malezas presentes en el cultivo de plátano de una manera limitada y solamente visible hasta los 7 días.

Se concluyó mediante la evaluación visual que la dosis óptima para realizar un control del 90% de las malezas es de 4.80 l/ha de ácido acético.

Se determinó que la dosis de 2 l/ha de ácido acético presenta mejor efectividad en el control de malezas en época lluviosa, sin embargo, se recomienda hacer pruebas con dosis mucho más altas.

Se concluyó que, dado el elevado coste del herbicida a base de ácido acético, resulta antieconómico, a no ser que exista un buen mercado para el plátano orgánico.

Recomendaciones

Se recomienda utilizar el ácido acético en concentraciones de 5 al 10% principalmente en malezas de hoja ancha en etapa temprana de su crecimiento fisiológico, ya que, se evidencia mayor control debido a su modo de acción que deseca los tejidos vegetales en etapa inicial.

Se recomienda realizar una aplicación periódica del ácido acético con una dosis mayor para tener un óptimo control de malezas.

Se recomienda desarrollar un nuevo ensayo con el uso de ácido acético más adyuvante con dosis elevadas, para determinar la dosis optima de manera más precisa.

Para tener una mayor funcionalidad en la utilización del ácido se recomienda establecer un manejo integrado de malezas conjuntamente con otros herbicidas tradicionales, con la finalidad de reducir el impacto y no generar resistencia en poblaciones de malezas con hojas anchas en las cuales el ácido acético tiene mayor control, de igual forma el empleo de coberturas que permitirán tener un equilibrio vegetal en el cultivo.

Bibliografía

- Alvarado, A., Carrera, M., & Yance, G. (2016). Estudio del impacto en el control natural de malezas a partir del vinagre. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, <http://hdl.handle.net/20.500.11763/caribe1612vinagre>.
- Arce, G. (2001). *Evaluación técnica del vinagre para el manejo de malezas*. Honduras: Zamorano.
- Briones, A. (2018). *Evaluación de herbicidas sistémicos y de contacto en el cultivo de banano (Musa spp.) en la zona de San Juan, cantón Pueblo Viejo*. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Bustillo, A., Montes, L., & Vélez, J. (2020). *Calibración de equipos de aspersión en el cultivo de palma de aceite*. Corporación Cnetro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.
- Cedeño, J., García, J., Solórzano, C., Jiménez, L., Ulloa, S., López, F., . . . Sánchez, A. (2022). Fertilización con magnesio en plátano "barraganete" (Musa AAB) Ecuador. *La Granja*, 35(1) pp:8-19. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.01>.
- Cordeiro, Z. (2003). Cultivo da Banana para o Pólo Petrolina Juazeiro. *Cultivares*, [http://sistemas.de.produção.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana Juazeiro/cultivares.htm](http://sistemas.de.produção.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/BananaJuazeiro/cultivares.htm).
- Délye, C., Jasieniuk, M., & Le Corre, V. (2013). Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends Genet*, 29, 649–658.
- EPA. (21 de Marzo de 2022). *Unite States Environmental Protection Agency*. Herbicides: <https://www.epa.gov/caddis-vol2/herbicides>

ESPAC. (2021). *Superficie, producción y ventas, según región y provincia plátano (fruta fresca)*.

Quito: ESPAC.

Evans, G., Bellinder, R., & Hahn, R. (2011). Integration of vinegar for In-Row control in transplanted bell pepper and brocoli. *Weed Technology*, 25. pp: 459-465.

Frans, R. (1986). Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. [Tabla]. D. Camper, *Research Methods in Weed Science*, 3, 24-96. <https://doi.org/Southern Weed Science Society>

Galani, V. (2019). *Musa paradisiaca* Linn. - A Comprehensive Review. *Scholars International Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 45-56.

DOI:10.21276/sijtcm.2019.2.4.1.

Isaac, W., Brathwaite, R., & Ganpat, W. (2012). Weed management challenges in fairtrade banana farms systems in the Windward Islands of the Caribbean. En *Herbicides - Environmental Impact Studies and Management Approaches*. DOI:10.5772/31893.

Knezevic, S., Streibig, J., & Ritz, C. (2007). Utilizing R Software Package for Dose-Response Studies: The Concept and Data Analysis. *Weed Technology*, 21(3), 840-848.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1614/WT-06-161.1>

Lerner, R. (2006). *¿Conquistar hierbas con vinagre?* Indiana: Universidad de Purdue.

Li, L., Wang, H., Zhang, C., Wang, X., Shi, F., Chen, W., & Ge, X. (2013). Origins and Domestication of Cultivated Banana Inferred from Chloroplast and Nuclear Genes. *Plos One*, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080502>.

- Loor, R., & Zambrano, F. (2022). *Determinación de las dosis óptimas de glifosato y paraquat aplicados en mezcla con ametrina para el control de malezas en plátano de alta densidad. [Tabla]*. Santo Domingo: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. <https://doi.org/https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/28920/1/T-ESPESD-003183.pdf>
- Marín, R., & Sabando, A. (2017). *Influencia de cuatro densidades de siembra sobre el rendimiento de dos variedades de plátano tipo "Horn plantein"*. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Matzrafi, M., Peleg, Z., & Lati, R. (2021). Herbicide Resistance in Weed Management. *Agronomy*, 11(2), 280; <https://doi.org/10.3390/agronomy11020280>.
- Mora, O. (2022). *Fisiología y mecanismos de acción de herbicidas utilizados en el control de malezas del cultivo de banano (Musa AAA) en Ecuador.[Tabla]*. Los Ríos: Universidad Técnica de Babahoyo. <https://doi.org/http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11370>
- Noko Pioneer Investments. (22 de Noviembre de 2021). *National Pollutant Inventory. Acetic acid (ethanoic acid). [Tabla]*. : <http://www.npi.gov.au/resource/acetic-acid-ethanoic-acid>
- Pirra, M., & Santucci, E. (2022). *Producción de ácido acético por carbonilación de metanol*. Villa María: Universidad Tecnológica Nacional.
- Pitty, A. (2018). Modo de acción y resistencia de los herbicidas que interfieren en el fotosistema II de la fotosíntesis. *Ceiba*, 55(1): 45-59.
- Quintero, I., Hoyos, V., Carbonó, E., & Plaza, G. (2021). Susceptibilidad de poblaciones de malezas al glifosato en plantaciones bananeras del Departamento del Magdalena,

- Colombia. *Revista Chilena de Investigacion Agropecuaria*,
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392021000200172> .
- Ramos, E., Sol, Á., Guerrero, A., Obrador, J., & Carrillo, E. (2011). Efecto de *Arachis pintoi* sobre las arvenses asociadas al plátano macho (*Musa AAB*), Cárdenas, Tabasco, México. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1) pp:51-62. ISSN: 1021-7444.
- Rizzon, L., Meneguzzo, J., & Manfroi, L. (2006). Sistema de Produção de Vinagre. *Brasília: Embrapa Informação Tecnológica*.
- Rostrán, J. (2015). *Efecto de ácido acético como herbicida en el manejo de seis especies de arvenses, CNRA- Campus Agropecuario, UNAN-León, septiembre 2014 - marzo del 2015*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - León.
- Sanderson, A. (2013). Banana Production Systems: Identification of Alternative Systems for More Sustainable Production. *Ambio*, 42(3): 334–343. doi: 10.1007/s13280-012-0341-y.
- Santos, G., Maia, V., Aspiazú, I., Pereira, M., Donato, S., & Nobre, D. (2019). Weed Interference on 'Prata-Anã' Banana Production. *Planta daninha*,
<https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100150> .
- Silvino, P., Josicleide, A., Regis, R., & Nóbrega, E. (2013). Eficacia do ácido acético no controle de algumas espécies de plantas daninhas. *Enciclopédia biosfera*, 9(6). 2512-2523.
- Soto, C. (2022). *Efecto del ácido acético en diferentes dosis para el control de malezas en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en Tingo María. [Tabla]*. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
<https://doi.org/https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/2107>

- Ulloa, S. M., Lobo, E., & Armendáriz, I. (2017). Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento y rendimiento en plátano Barraganete (*Musa paradisiaca* (L.) AAB cv. Curare enano) para un corte de cosecha única en la Provincia de Los Ríos, Ecuador. *Acta Agronómica*, 3, 66. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.52198>
- Ulloa, S., Tumbaco, A., Patiño, M., & Tumbaco, J. (2015). *Manual para el cultivo de plátano de exportación*. Santo Domingo: Grupo de Investigación en Cultivos Tropicales (GIAT).
- Vencil, W., & Armbrust, K. (2002). Herbicide handbook. *Weed Science Society of America*.
- Vila-Aiub, M., Gundel, P., & Preston, C. (2015). Experimental methods for estimation of plant fitness costs associated with herbicide-resistance genes. *Weed Sci.*, 63, 203–216.
- Webber, C., White, P., Shrefler, J., & Spaunhorst, D. (2018). Impact of Acetic Acid Concentration, Application Volume, and Adjuvants on Weed Control Efficacy. *Journal of Agricultural Science*, 10(8): 1. DOI:10.5539/jas.v10n8p1.
- Webber, I., Shrefler, J., Harris, M., Durnovo, M., & Christopher, C. (2005). Organic weed control with vinegar. En L. Brandenberger, & L. Wells, *Vegetable Trial Report* (págs. 34-36). Oklahoma: Oklahoma State University.