



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA AGRONOMÍA

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO FITOTÓXICO DE DIFERENTES
CONCENTRACIONES DE MUCÍLAGO APLICADO CON
GLUFOSINATO DE AMONIO, SOBRE ESPECIES DE
MALEZAS COMUNES EN CACAO (*Theobroma cacao*)**

AUTOR

PLAZA SUAREZ JORGE XAVIER

TUTOR

ING. CARRASCO SCHULDT ANGEL, M.Sc.

MILAGRO, ECUADOR

2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EVALUACIÓN DEL EFECTO FITOTÓXICO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MUCÍLAGO APLICADO CON GLUFOSINATO DE AMONIO, SOBRE ESPECIES DE MALEZAS COMUNES EN CACAO (*Theobroma cacao*), realizado por el estudiante PLAZA SUAREZ JORGE XAVIER; con cédula de identidad N° 0942343815 de la carrera AGRONOMIA, Ciudad Universitaria Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. CARRASCO SCHULDT ANGEL, M.Sc
TUTOR

Milagro, 16 de abril del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EVALUACIÓN DEL EFECTO FITOTÓXICO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MUCÍLAGO APLICADO CON GLUFOSINATO DE AMONIO, SOBRE ESPECIES DE MALEZAS COMUNES EN CACAO (*Theobroma cacao*)”, realizado por el estudiante PLAZA SUAREZ JORGE XAVIER, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. MARTINEZ CARRIEL TAYRON, M. SC.

PRESIDENTE

GAVILÁNEZ LUNA FREDDY, Ph.D

EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. PEÑA HARO CÉSAR, M. SC.

EXAMINADOR PRINCIPAL

Milagro, 16 de abril del 2026

DEDICATORIA

Con profundo amor y gratitud, dedico este logro a mis padres Jorge Plaza y Edania Suarez, quienes han sido mi pilar fundamental en cada etapa de mi vida. Gracias por su esfuerzo incansable, su apoyo incondicional y por enseñarme que con dedicación y perseverancia todo es posible. A mis abuelos, su ejemplo de vida ha sido una fuente de inspiración para alcanzar esta meta. A todos mis familiares, quienes de una u otra forma estuvieron presentes, brindándome ánimos y confianza para lograr alcanzar este objetivo. Este logro no es solo mío, sino de todos ustedes que creyeron en mí y me acompañaron en este importante proceso. Hoy culmino una etapa más, gracias a su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por brindarme la vida y la sabiduría necesaria para culminar esta importante etapa de mi formación profesional. A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante. A mis abuelos, por sus consejos, y por siempre confiar en mí. A mis familiares, quienes con sus palabras de aliento y apoyo estuvieron presentes a lo largo de este proceso, motivándome a no rendirme. A mis docentes, por compartir sus conocimientos, orientación y enseñanzas, que fueron fundamentales en mi formación como profesional. A todos ellos, mi más sincero agradecimiento, ya que este logro también es gracias a su apoyo y confianza.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, **PLAZA SUAREZ JORGE XAVIER** en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **EVALUACIÓN DEL EFECTO FITOTÓXICO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE MUCÍLAGO APLICADO CON GLUFOSINATO DE AMONIO, SOBRE ESPECIES DE MALEZAS COMUNES EN CACAO (*Theobroma cacao*)** para optar el título de INGENIERO AGRÓNOMO por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Atentamente,

Milagro, 16 de abril del 2026

PLAZA SUAREZ JORGE XAVIER
C.I. 0942343815

RESUMEN

El control de malezas constituye uno de los principales factores que inciden en la productividad y los costos de manejo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia técnica y el desempeño económico del uso de glufosinato de amonio combinado con mucílago de cacao para el control de malezas, en comparación con su aplicación individual. El experimento se desarrolló bajo un diseño factorial, considerando dos niveles de glufosinato de amonio (0 y 100 cc) y dos niveles de mucílago de cacao (2 y 5 L), evaluándose el porcentaje de control de malezas a los 7, 14 y 28 días después de la aplicación (DDA). Los resultados evidenciaron que la combinación de glufosinato de amonio con mucílago de cacao alcanzó los mayores niveles de control, superando el 90 % a los 28 DDA, con diferencias estadísticas significativas frente a los tratamientos aplicados de forma individual. El mucílago de cacao mostró un efecto de control parcial, principalmente sobre malezas de hoja ancha, mientras que las gramíneas y ciperáceas presentaron mayor tolerancia. El tratamiento combinado permitió prolongar el periodo efectivo de control hasta dos meses, reduciendo la frecuencia anual de aplicaciones. El análisis económico indicó que, a pesar de un mayor costo por aplicación, el tratamiento combinado presentó el menor costo anual de manejo de malezas, evidenciando una relación costo-beneficio favorable. Se concluye que la integración del mucílago de cacao con glufosinato de amonio representa una alternativa técnica y económicamente viable, con potencial para contribuir a un manejo más eficiente y sostenible de malezas en el cultivo de cacao.

Palabras clave: Cacao, control, malezas, glufosinato, mucílago.

ABSTRACT

Weed control is one of the main factors affecting the productivity and management costs of cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivation. This study aimed to evaluate the technical efficacy and economic performance of using glufosinate-ammonium combined with cacao mucilage for weed control, compared to their individual applications. The experiment was conducted using a factorial design, considering two levels of glufosinate-ammonium (0 and 100 cc) and two levels of cacao mucilage (2 and 5 L). The percentage of weed control was evaluated at 7, 14, and 28 days after application (DAA). The results showed that the combination of glufosinate-ammonium with cacao mucilage achieved the highest levels of control, exceeding 90% at 28 DAA, with statistically significant differences compared to the treatments applied individually. Cacao mucilage showed a partial control effect, primarily on broadleaf weeds, while grasses and sedges exhibited greater tolerance. The combined treatment extended the effective control period to two months, reducing the annual frequency of applications. The economic analysis indicated that, despite a higher cost per application, the combined treatment had the lowest annual cost for weed management, demonstrating a favorable cost-benefit ratio. It is concluded that the integration of cacao mucilage with glufosinate ammonium represents a technically and economically viable alternative, with the potential to contribute to more efficient and sustainable weed management in cacao cultivation.

Keywords: Cocoa, control, weeds, glufosinate, mucilage.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
Autorización de Autoría Intelectual	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE ANEXOS	xii
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Antecedentes del problema.....	13
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	14
1.3 Justificación de la investigación	15
1.4 Delimitación de la investigación	15
1.5 Objetivo general	16
1.6 Objetivos específicos	16
1.7 Hipótesis.....	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Estado del arte	17
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática	19
2.3 Marco legal.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26

3.1 Enfoque de la investigación.....	26
3.2 Metodología.....	26
4. RESULTADOS.....	32
4.1 Determinar la eficacia de distintas concentraciones de mucílago con glufosinato de amonio en el control de malezas de hojas angostas y anchas en cacao.....	32
4.2 Identificar las especies de malezas más susceptibles a los tratamientos aplicados.	37
4.3 Realizar un análisis económico comparativo entre los tratamientos evaluados.	40
5. DISCUSION.....	41
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
6.1 Conclusiones.....	43
6.2 Recomendaciones.....	43
7. BIBLIOGRAFÍA.....	45
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variable independiente.....	27
Tabla 2 Variable dependiente.....	27
Tabla 3 Tratamientos en estudios.....	28
Tabla 4 Delimitación de la parcela.....	28
Tabla 5 ANOVA.....	31
Tabla 6 Inventario de malezas, y cobertura en punto 1 y 2.....	33
Tabla 7 Inventario de malezas, y cobertura en punto 3 y 4.....	34
Tabla 8 Porcentajes de control de malezas a los 7,14 y 28 dda	37
Tabla 9 Nivel de susceptibilidad de las principales especies de malezas bajo diferentes combinaciones de glufosinato de amonio y mucílago de cacao a los 28 DDA	38
Tabla 10 Susceptibilidad de las malezas al tratamiento Glufosinato 100 cc + Mucílago 5 L a los 28 días después de la aplicación (DDA)	39
Tabla 11. Análisis beneficio/costo.....	40

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Promedio de porcentaje de malezas a los 7 dda.....	51
Anexo 2 Promedio de porcentaje de malezas a los 14 dda.....	51
Anexo 3 Promedio de porcentaje de malezas a los 28 dda.....	52
Anexo 4 Croquis de campo	53
Anexo 5 Parcelas experimentales.....	54
Anexo 6 Visita del tutor e instalación del proyecto.....	54
Anexo 7 Señalización de la parcela pintura en los bordes	55
Anexo 8 Ubicación de Letreros en cada una las parcelas experimentales	55
Anexo 9 Identificación de los tipos de malezas.....	56
Anexo 10 Preparación de las dosis a aplicar	56
Anexo 11 Preparación de los herbicidas en funcion de los tratamientos .	57
Anexo 12 Aplicación de los herbicidas en las parcelas	57
Anexo 13 Revisión de malezas dda.....	58

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

El manejo de malezas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) es un desafío constante para los productores debido a la fuerte competencia que estas ejercen sobre el cultivo, afectando el crecimiento, el desarrollo y la productividad del cacao. Tradicionalmente, el control de malezas se ha basado en el uso de herbicidas sintéticos, como el glufosinato de amonio, que ha demostrado ser eficaz contra una amplia gama de especies, pero cuyo uso intensivo puede generar resistencia en las malezas y efectos negativos en el ambiente y la salud humana.(Olufemi et al., 2020)

En los últimos años, la búsqueda de alternativas sostenibles ha impulsado investigaciones sobre el uso de subproductos agrícolas, como el mucílago de cacao, el cual contiene compuestos bioactivos con potencial fitotóxico. Estudios realizados en Ecuador y otros países productores de cacao han evidenciado que el mucílago puede inhibir la germinación y el crecimiento de diversas especies de malezas, presentándose como una opción ecológica para el manejo integrado de malezas.(Marín-Cuevas et al., 2024a)

Investigaciones como la de (Bastida, 2018) demostraron que la aplicación de mucílago de cacao en diferentes concentraciones puede reducir significativamente la biomasa y la emergencia de malezas en parcelas de cacao, alcanzando niveles de control superiores al 80% en algunas especies. Por su parte, (Aguilera, 2022), evaluó la combinación de glufosinato de amonio con mucílago, encontrando un efecto sinérgico que permitió reducir la dosis de herbicida químico sin disminuir la eficacia en el control de malezas.

A pesar de estos avances, aún existen vacíos de conocimiento respecto a la fitotoxicidad específica de distintas concentraciones de mucílago combinado con glufosinato de amonio sobre especies de malezas comunes en cacao, así como sobre el impacto de estos tratamientos en el desarrollo y rendimiento del cultivo. La mayoría de los estudios previos se han enfocado en la eficacia del control, pero pocos han abordado el análisis económico y la sostenibilidad ambiental de estas alternativas.(Aguilera, 2022)

La utilización de subproductos agrícolas como el mucílago no solo contribuye al manejo sostenible de malezas, sino que también agrega valor a los residuos del proceso de fermentación del cacao, promoviendo una economía

circular en la cadena productiva. Sin embargo, es necesario profundizar en la evaluación de su efecto fitotóxico, tanto de manera individual como en combinación con herbicidas sintéticos, para establecer dosis óptimas y protocolos de aplicación que aseguren la eficacia y la seguridad del sistema productivo.

En este contexto, la presente investigación busca aportar información relevante sobre la eficacia y los posibles efectos secundarios de la mezcla de mucílago de cacao y glufosinato de amonio, contribuyendo al desarrollo de estrategias de manejo integrado de malezas que sean efectivas, económicas y ambientalmente responsables. Los resultados esperados permitirán orientar a los productores en la toma de decisiones respecto al uso de alternativas biológicas y químicas en el manejo de malezas, así como fomentar la investigación aplicada en el área de fitotoxicidad y manejo sostenible.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El control de malezas en el cultivo de cacao representa una de las principales limitantes para la obtención de altos rendimientos y calidad del producto, debido a la competencia por recursos y la posible transmisión de plagas y enfermedades. El uso excesivo de herbicidas sintéticos como el glufosinato de amonio ha generado preocupación por la aparición de resistencia en malezas, contaminación ambiental y riesgos para la salud humana, lo que evidencia la necesidad de buscar alternativas sostenibles y eficaces (Rodríguez y González, 2020)

En el estudio realizado por, (Pérez y López, 2019), se evaluaron diferentes subproductos agrícolas como alternativas en el control de malezas en el cultivo de cacao. Los autores señalan que el uso de residuos orgánicos, como las aguas mieles de cacao fermentado, puede reducir significativamente la presencia de malezas en las parcelas. El tratamiento más exitoso fue el que combinó 0,51 L de aguas mieles de cacao fermentado con 100 g de ceniza, logrando un control efectivo sobre diversas especies.

El uso de mucílago de cacao fermentado al 75% ha demostrado una efectividad del 86,67% en el control de malezas en cacao, posicionándose como

una alternativa viable y rentable frente a los herbicidas químicos tradicionales. Esta estrategia contribuye a la sostenibilidad agrícola, reduce la dependencia de agroquímicos y ofrece beneficios económicos a los productores (Ronquillo, 2023)

El aprovechamiento del mucílago como coadyuvante o ingrediente para formulaciones agroecológicas constituye una estrategia de economía circular en cadenas cacaoteras: reduce residuos y ofrece un producto de valor agregado para manejo de malezas y formulación de bioinsumos, lo que podría generar ingresos complementarios para productores y reducir dependencia de insumos importados, siempre que se asegure estandarización de calidad y seguridad agronómica (Quiceno-Suarez et al., 2024)

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto fitotóxico de diferentes concentraciones de mucílago de cacao combinado con glufosinato de amonio sobre especies de malezas comunes en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*)?

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación es relevante porque aborda la necesidad de desarrollar estrategias de manejo de malezas que sean sostenibles, eficaces y seguras para el cultivo de cacao. La combinación de mucílago de cacao y glufosinato de amonio podría permitir la reducción de dosis de herbicidas sintéticos, disminuyendo los riesgos ambientales y económicos asociados a su uso exclusivo. Además, el aprovechamiento del mucílago como subproducto agrícola contribuye a la valorización de residuos y al fortalecimiento de la economía circular en la cadena productiva del cacao.

Los resultados de este estudio aportarán información científica valiosa para el diseño de programas de manejo integrado de malezas y para la toma de decisiones de los productores y técnicos del sector cacaotero. Asimismo, contribuirán al desarrollo de la ciencia agrícola, promoviendo la adopción de prácticas más sostenibles y responsables con el ambiente y la salud humana.

1.4 Delimitación de la investigación

La investigación se desarrollará en plantaciones de cacao ubicadas en el recinto San Gregorio del cantón Simón Bolívar de la provincia de Guayas, Ecuador; durante el período comprendido entre julio de 2025 y enero de 2026, y

estará dirigida a las especies de malezas más comunes presentes en el cultivo, evaluando el efecto fitotóxico de diferentes concentraciones de mucílago de cacao combinado con glufosinato de amonio sobre dichas especies.

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto fitotóxico de diferentes concentraciones de mucílago de cacao combinado con glufosinato de amonio sobre especies de malezas comunes en el cultivo de cacao.

1.6 Objetivos específicos

Determinar la eficacia de distintas concentraciones de mucílago con glufosinato de amonio en el control de malezas de hojas angostas y anchas en cacao.

Identificar las especies de malezas más susceptibles a los tratamientos aplicados.

Realizar un análisis económico comparativo entre los tratamientos evaluados.

1.7 Hipótesis

La combinación de mucílago de cacao con glufosinato de amonio en diferentes concentraciones genera un efecto fitotóxico significativo sobre especies de malezas comunes en el cultivo de cacao.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

En un estudio realizado en el recinto Pueblo Nuevo, cantón Babahoyo, se evaluó el efecto de diferentes herbicidas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*), específicamente sobre la variedad CCN-51. Se aplicaron Propanil, Paraquat, Glufosinato de Amonio y Diquat en diversas dosis, comparándose con un tratamiento testigo sin aplicación. Los resultados demostraron que el Glufosinato de Amonio a 3,0 L/ha presentó el mayor control de malezas desde los 14 hasta los 49 días después de aplicación y generó los mejores promedios en variables agronómicas como el diámetro y longitud de mazorca, número de mazorcas por planta, número de semillas por mazorca, peso promedio de mazorca y peso de 100 semillas. Adicionalmente, los índices de toxicidad observados fueron leves y temporales, desapareciendo a partir del día 21, lo que evidencia la eficacia y seguridad de este tratamiento en las condiciones agroclimáticas de la zona. (Almeida, 2020)

El mucílago inhibe enzimas clave y puede incidir en la floración de *Rottboellia cochinchinensis*, haciendo sostenible su uso en plantaciones comerciales. Así también, (Bastida, 2018), identificó especies sensibles como *Cuphea carthagenensis*, *Cyperus odoratus*, *Lindernia crustacea* y *Eleusine indica*, logrando hasta un 76 % de control con 100 % de mucílago.

Adrián et al. (2025), En un estudio orientado a encontrar alternativas sostenibles al uso de herbicidas químicos, evaluó el efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) fermentado en el control de malezas en plantaciones de plátano (*Musa balbisiana*). El ensayo se llevó a cabo bajo un diseño de bloques completamente al azar, aplicando concentraciones de 25%, 50% y 75% de mucílago, más un testigo sin aplicación. Los resultados mostraron que el tratamiento con 75% de mucílago fue el más eficaz, logrando una reducción del 90% en la mortalidad de malezas y una disminución significativa en su biomasa fresca y seca, especialmente en especies de hoja ancha. Estos hallazgos evidencian el potencial del mucílago de cacao como un método biológico y ecológico para el manejo de malezas en el cultivo de plátano, contribuyendo a una agricultura más sostenible.

Cruz, (2024), en un estudio experimental realizado en una parcela de cacao, se evaluó el efecto del mucílago fermentado de cacao como bioherbicida en el control de malezas, mediante un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos (0, 60, 80 y 100 L/ha) y tres repeticiones. Las aplicaciones se realizaron al inicio del ensayo y 10 días después. Se midieron el porcentaje de cobertura y el porcentaje de control de malezas a los 7 días antes y a los 7 y 15 días posteriores a la segunda aplicación. Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en el control de malezas entre los tratamientos y el testigo, alcanzando índices de control bajos según la escala de ALAM (1974): 18,18%, 22,82% y 25,92% para 60, 80 y 100 L/ha respectivamente. Sin embargo, el análisis económico sí reveló diferencias, siendo los costos por hectárea superiores al del deshierbo manual tradicional (596,34; 602,34 y 716,34 soles frente a 470 soles respectivamente). (San Gregorio et al., 2021)

Se evaluó el uso del mucílago de cacao como alternativa biológica al control químico en el cultivo de cacao CCN-51, mediante un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos, incluidos un testigo químico y uno mecánico. El mucílago, obtenido de mazorcas de cacao y fermentado anaeróbicamente durante 40 días, fue aplicado en concentraciones del 100%, 75%, 50% y 25%. A los 21 días posteriores a la aplicación, el tratamiento con mucílago al 75% (T4) logró un 86,67% de efectividad en el control de malezas, acercándose al 95% del tratamiento químico. Además, el análisis económico reveló que el T4, con un costo de \$35, representa una opción rentable para los agricultores. Estos resultados demuestran que el mucílago de cacao es una alternativa viable, eficaz y ambientalmente amigable para el control de malezas. (Marín et al. 2024)

Por otro lado, Aguilera, (2022) reportó que la mezcla de glufosinato de amonio con mucílago en cacao (cantón Naranjal) es capaz de reducir la población de malezas (*Eleusine indica*, *Amaranthus sp.*, *Rottboellia exaltata*, *Portulaca oleracea* y *Echinochloa colona*) hasta en un 18 % adicional, elevando el rendimiento a 1340,82 kg ha⁻¹, con una relación beneficio-costos favorable (1,77).

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 Conceptos fundamentales y teóricos

El cacao constituye un pilar fundamental de la economía rural ecuatoriana: representa una importante fuente de ingresos para cerca de 150 000 familias, especialmente pequeños productores (70 %), ubicadas en zonas costeras, andinas y amazónicas. En los últimos años, Ecuador ha incrementado sus exportaciones de cacao desde 235 000 toneladas en 2014 a 315 000 toneladas en 2018, con una tasa de crecimiento promedio anual del 8 %. A nivel global, Ecuador es reconocido como el principal exportador de cacao fino de aroma, concentrando más del 62 % de la producción mundial de esta variedad altamente valorada (Rikolto, 2025)

2.2.1.1 ¿Mucílago de cacao?

El mucílago de cacao es la pulpa blanca, viscosa y algodonosa que envuelve y protege las semillas del cacao en el interior de la mazorca. Compuesto por células de parénquima esponjoso ricas en azúcares, pentosas, ácido cítrico y sales, este velo mucilaginoso es el principal sustrato fermentable, pues su fermentación —y no la de las semillas— inicia las reacciones químicas esenciales para desarrollar los precursores del sabor y aroma del cacao (Carvajal, 2020)

El mucílago de cacao es un subproducto rico en polisacáridos, azúcares solubles, minerales y micronutrientes, con alto poder viscosificante y potencial bioquímico (Bastidas et al. 2023). Su composición que incluye pectinas, glucosas y fructosas lo hace útil para aplicaciones agroindustriales, como aditivo en biopesticidas o sustrato fermentativo.

El mucílago de cacao sustituye parcial de emulsificantes y como matriz para formulaciones biotecnológicas en aplicaciones agrícolas, pues promueve adhesión y estabilidad de mezclas acuosas sin requerir aditivos sintéticos. (Rodríguez-Castro et al., 2024)

Estudios experimentales recientes han evaluado aplicaciones de mucílago (fermentado o concentrado) sobre especies arvenses y reportan efectos herbicidas directos (fitotoxicidad sobre semillas y plántulas) y efectos coadyuvantes que potencian la eficacia de tratamientos orgánicos; aunque los resultados varían con la concentración y la especie vegetal, los autores concluyen que el mucílago puede emplearse como ingrediente en formulaciones

de baja toxicidad orientadas a manejo sostenible de malezas.(Quiceno-Suarez et al., 2024)

2.2.1.2. Glufosínato de amonio: mecanismo de acción

El glufosínato de amonio es un herbicida de contacto que inhibe de forma irreversible la enzima glutamina sintetasa, provocando acumulación de amoníaco, interrupción de la fotosíntesis, producción de especies reactivas del oxígeno y peroxidación lipídica (Takano y Dayan, 2020). Su principal ventaja es ser eficaz contra malezas resistentes al glifosato, aunque su actividad es de corto alcance y rápidamente degradable en el suelo.

Los polímeros naturales como los polisacáridos del mucílago pueden modificar la biodisponibilidad de herbicidas de contacto como el glufosínato por varios mecanismos: cambio del pH local, complexación o microencapsulación parcial, y reducción de lavado por lluvia. Estos efectos físicos pueden aumentar la persistencia sobre la superficie vegetal y, en algunos casos, incrementar la absorción cuticular; sin embargo, también existe el riesgo de alterar la selectividad y aumentar fitotoxicidad si la formulación facilita la penetración en tejidos del cultivo (Kannan et al., 2024)

El glufosinate exhibe una persistencia variable en suelos según las condiciones microbianas y fisicoquímicas; investigaciones de degradación microbial muestran que comunidades rizosféricas adaptadas pueden acelerar su transformación, aunque algunos metabolitos intermedios pueden persistir y requerir monitoreo. Estos hallazgos subrayan la necesidad de evaluar la disipación local del herbicida cuando se mezcla con matrices orgánicas como mucílago, dado que la materia orgánica puede modular la actividad microbiana y, por ende, la persistencia del principio activo (Othman et al., 2021;Reddy & Dileep, 2022)

2.2.2 Definición de efecto fitotóxico

El término efecto fitotóxico hace referencia al impacto adverso que una sustancia causa en el crecimiento, fisiología o metabolismo de las plantas. Esto puede traducirse en inhibición del desarrollo, alteraciones en la germinación, necrosis o incluso muerte del tejido vegetal. En general, estos efectos se manifiestan como interrupciones en funciones vitales como la fotosíntesis, la absorción de agua y nutrientes, la división celular o la germinación de semillas(EPFL, 2025)

Las evaluaciones modernas de fitotoxicidad recomiendan combinar escalas visuales estandarizadas con mediciones cuantitativas (germinación, biomasa aérea y radicular, fotosíntesis y parámetros histológicos) y análisis dosis-respuesta para determinar la ventana segura de uso; además, los estudios recientes proponen escalas de severidad estandarizadas y métricas de área bajo la curva de fitotoxicidad para comparar formulaciones y sus efectos subletales. Estas metodologías permiten cuantificar con precisión umbrales seguros para cultivos como cacao y definir concentraciones que maximicen efecto sobre malezas sin causar daño excesivo a la planta hospedera (Alonso, 2024)

2.2.3 Malezas en el cultivo de cacao

Las malezas representan una amenaza significativa para la productividad del cacao, ya que compiten por recursos vitales como luz, agua y nutrientes, y además pueden servir como reservorios de plagas y enfermedades. Según (Ronquillo, 2023) existe una amplia diversidad de malezas asociadas al cultivo de cacao en el trópico ecuatoriano, muchas de ellas con efectos severos en la capacidad productiva de las plantaciones, lo que subraya la necesidad de gestionar estas especies de forma eficiente.

Las malezas pueden reducir el rendimiento del cacao entre un 12 % y un 80 %, dependiendo del tipo de maleza y las condiciones del manejo agronómico. Entre las especies más comunes identificadas en esas plantaciones destacan gramíneas como *Imperata cylindrica*, *Axonopus compressus* y *Paspalum conjugatum*, así como ciperáceas como *Cyperus rotundus* y *Cyperus kyllingia*, además de malezas de hoja ancha como *Mikania micrantha* y *Alhnanthera brasiliana* (Widnyana et al. 2020)

2.2.3.1. Principales especies

En cultivos de cacao tropicales, las malezas más comunes incluyen *Euphorbia heterophylla*, *Cyperus rotundus*, *Commelina benghalensis* y *Brachiaria decumbens*, las cuales compiten agresivamente por agua, luz y nutrientes. Estas especies desarrollan densos estolones y raíces profundas que absorben hasta el 40 % del agua disponible, reduciendo notablemente la productividad del cacao (Jaramillo et al, 2019)

Además de las especies ya citadas, investigaciones recientes han identificado que ciertas malezas perennes como *Cyperus rotundus* y gramíneas del género *Brachiaria decumbens* suelen alcanzar densidades muy elevadas en

sistemas de cacao, formando raíces y rizomas extensos que compiten vigorosamente por recursos hídricos y nutrientes. Por ejemplo, en un estudio realizado en plantaciones de cacao en Indonesia, *Cyperus rotundus* se encontró entre las especies dominantes de malezas, y los autores señalaron que su capacidad de propagación vegetativa le permite extraer agua y nutrientes de forma continua, lo cual intensifica la competencia con el cultivo huésped, (Widnyana et al., 2019)

En otro estudio de comunidad de malezas en Ecuador, se documentó que familias como Poaceae y Cyperaceae —que incluyen gramíneas y ciperáceas como *Brachiaria* y *Cyperus*— presentaban altos índices de abundancia en las parcelas de cacao, lo que sugiere una adaptación significativa al ambiente sombreado y alto en humedad típico del dosel del cacao. (Ronquillo, 2023)

2.2.3.2. Efectos sobre rendimiento y sanidad

El impacto de las malezas en el cultivo de cacao es considerable, pudiendo provocar reducciones en el rendimiento que oscilan entre un 12 % y un 80 % según las condiciones del manejo agronómico. Esta disminución en la productividad se debe a la competencia por recursos como luz, agua y nutrientes, especialmente en plantas jóvenes, momentos críticos del ciclo de desarrollo del cacao, lo que subraya la urgencia de un control eficiente de malezas (Widnyana et al. 2020)

Además, las malezas desempeñan un papel indirecto en la sanidad del cultivo al favorecer el establecimiento y propagación de plagas y enfermedades. Las plantas adventicias pueden albergar agentes patógenos, contribuir a la humedad del microambiente —condiciones propicias para enfermedades como la monilliasis o la pudrición de la mazorca— y dificultar las prácticas de manejo y cosecha. Aunque la conexión específica entre malezas y enfermedades del cacao necesita mayor investigación, estudios sobre la eliminación de restos foliares han demostrado una reducción significativa en la incidencia de enfermedades como la pudrición de la mazorca al disminuir fuentes de inóculo, (Guest, 2007)

2.2.4 Aplicación de bioherbicidas o mezclas naturales-sintéticas

2.2.4.1. Mucílago como coadyuvante

El mucílago de cacao, aunque tradicionalmente considerado un subproducto del proceso de fermentación, presenta propiedades funcionales que

lo posicionan como un coadyuvante potencial en aplicaciones agrícolas. Su composición rica en azúcares, pectinas y minerales lo hace útil como agente estabilizador, modulador del pH o vehículo de agentes activos. Por ejemplo, en bebidas como jugos – como se demostró en néctar de jaca – el mucílago fue efectivo como estabilizador, mejorando variables como viscosidad, pH y vida útil en comparación con el testigo sin mucílago (Intriago Flor et al. 2023)

Además, estudios en el contexto de cacao han explorado su uso como base para mezclas biológicas con propiedades antimicrobianas. Por ejemplo, el mucílago fermentado con ácidos débiles como cítrico o acético funcionó eficazmente como un bio-antimicrobiano en plantaciones de cacao, proporcionando protección sin efectos fitotóxicos visibles sobre las plantas. Estos hallazgos evidencian que el mucílago puede actuar como coadyuvante natural, facilitando la aplicación de agentes activos, mejorando su eficacia y reduciendo riesgos ambientales asociados, lo que lo convierte en una alternativa sostenible prometedora. (Moreno et al. 2021)

Los polisacáridos del mucílago actúan como agentes formadores de película y agentes humectantes-alterando la tensión superficial—lo que mejora la cobertura foliar y la adherencia de gotas; además, su elevada viscosidad retardaría la escorrentía superficial y favorecería la rainfastness (resistencia al lavado por lluvia) al formar una microcapa protectora sobre la cutícula, aumentando así la probabilidad de absorción por contacto o ingestión del agente activo.(Goksen et al., 2023)

2.2.4.2. Interacciones naturales-sintéticas

El mucílago de cacao ha demostrado propiedades fitotóxicas por sí mismo, lo que lo convierte en un candidato promisor como herbicida natural o coadyuvante en alternativas biológicas. En un estudio experimental realizado en Ecuador, se elaboró un herbicida natural utilizando la pulpa mucilaginososa del cacao (*Theobroma cacao*, variedades CCN51 y nacional). Los resultados evidenciaron que, según el tipo de cacao utilizado, la velocidad de eliminación de malezas fue superior en una de las mezclas, resaltando su potencial como alternativa efectiva y ambientalmente amigable frente a herbicidas convencionales

La combinación de mucílago con herbicidas químicos puede influir en la solubilidad, adhesión, pH de aplicación y disponibilidad de glufosínato, lo cual

altera su toxicidad sobre las malezas. Aunque no existen estudios específicos, investigaciones en otros cultivos sugieren que los polisacáridos coadyuvan a prolongar la actividad de los herbicidas y reducir el lavado en lluvia (Aguirre-Medina et al. 2022).

Estudios experimentales que muestran que polisacáridos como chitosán mejoran la resistencia al lavado por lluvia y mantienen la eficacia de herbicidas en condiciones de lluvia simulada (efecto sobre paraquat), (Kurniadie et al., 2022)

Antes de recomendar mezclas mucílago+glufosinato, es imprescindible realizar pruebas de compatibilidad físico-química (pH, viscosidad, estabilidad a 4–40 °C), pruebas de sedimentación y separación, y ensayos de eficacia bajo lluvia simulada; asimismo, se recomienda evaluar la estabilidad microbiológica (crecimiento de hongos o bacterias en la mezcla) y la presencia de posibles subproductos que modifiquen la toxicidad. Un protocolo de laboratorio debe preceder a ensayos de campo para asegurar reproducibilidad y seguridad (Venkatachalam et al., 2025)

Trabajos recientes sobre sistemas de liberación controlada de glufosinato basados en matrices de polisacáridos (alginato / otros biopolímeros) que buscan inmovilizar o dosificar glufosinato para prolongar su actividad y reducir pérdidas; esto muestra que es técnicamente plausible usar polisacáridos para alterar disponibilidad/toxicidad del herbicida. (Li et al., 2024)

Revisiones sobre las propiedades funcionales de los mucílago/polisacáridos vegetales (emulsión, adhesión, formación de películas) que explican los mecanismos físicos/coloidales por los cuales podrían cambiar la solubilidad, adhesión de un fitosanitario aplicado (Yang et al., 2023)

2.3 Marco legal

Resolución No. 218 de Agrocalidad (2018, revisión junio 2022)

Aprueba el manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola, incluyendo herbicidas y bioherbicidas. Esta resolución reconoce a los subproductos derivados del mucílago de cacao como parte potencial de sustancias naturales aplicables en el manejo integrado de cultivos, estableciendo requisitos técnicos para su validación y registro (Resolución No. 218. 2022),

Reglamento para Agroquímicos (Decreto Ejecutivo No. 3609)

Forma parte del Texto Unificado de Legislación Secundaria del MAG, regula la producción, importación, formulación y comercialización de herbicidas como el glufosinato de amonio, estableciendo condiciones de registro, control de calidad, manejo técnico y certificación del personal responsable.

Agrocalidad, (2018), Esta normativa se aplica a productos como el glufosinato de amonio, un herbicida de amplio espectro utilizado frecuentemente en plantaciones de cacao y otros cultivos. El reglamento establece las condiciones que deben cumplirse para la producción, importación, formulación, comercialización y almacenamiento de agroquímicos. Además, incluye disposiciones específicas para el **registro sanitario, control de calidad y capacitación del personal técnico encargado de su aplicación**, lo cual es esencial para garantizar la seguridad del trabajador agrícola y la protección del ecosistema.

Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017)

Promueve la protección del ambiente mediante uso racional de agroquímicos, evaluando impactos hídricos y de suelos, y fomentando prácticas de manejo integrado y sustentable en cultivos como el cacao, lo cual normaliza métodos alternativos que reduzcan el uso de herbicidas sintéticos.

El código incentiva el manejo integrado de plagas y el uso de alternativas naturales como método preferente, lo cual se alinea con la promoción de productos derivados del mucílago de cacao reconocidos por Agrocalidad. Así, el COA actúa como marco superior que articula las políticas sectoriales con los objetivos nacionales de sostenibilidad.(Código Orgánico Del Ambiente (Registro 2017)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que los datos se obtienen mediante mediciones numéricas (porcentaje de control, cobertura, costos) y se analizó estadísticamente para evaluar la efectividad de los tratamientos.

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

Tipo de investigación: Experimental, puesto que se manipularon deliberadamente variables (dosis de glufosinato y mucílago de cacao) para observar sus efectos sobre el control de malezas.

Ámbito: De campo, porque los tratamientos se aplicaron en parcelas reales y los resultados se analizaron con herramientas cuantitativas.

Alcance: Explicativo, dado que el objetivo fue determinar el efecto causal de las variables independientes sobre las dependientes.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación experimental utilizado fue mediante un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con dos factores, en total cuatro tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento. Este diseño favorece la validez estadística y controla variaciones ambientales en campo.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variables independientes

Factor A: Glufosinato de amonio

- Nivel 1: 0 cc (sin glufosinato)
- Nivel 2: 100 cc/bomba

Factor B: Mucílago de cacao

- Nivel 1: 2 L/bomba
- Nivel 2: 5 L/bomba

3.2.1.2. Variables dependientes

- Porcentaje de control de malezas (hojas angostas y anchas), fueron evaluada por conteo y cobertura a los 7, 14 y 28 días post-aplicación.
- Identificación y clasificación de especies de malezas más susceptibles.
- Análisis económico: costo-beneficio, considerando insumos, aplicación y beneficios derivados del control de malezas.

3.2.2. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1

Variable independiente

Variable	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Glufosinato(cc/bomba)	Cuantitativa	Ratio	0, 100, cc por 20 L
Mucílago(L/bomba)	Cuantitativa	Ratio	2, y 5 litros por 20 L

Elaborado por: El autor, 2026

Tabla 2

Variable dependiente

Variable	Tipo	Nivel de medida	Descripción
% control de malezas	Cuantitativa	Ratio	% de reducción de malezas según conteo/cobertura
Especies de malezas	Cualitativa	Nominal	Nombre de especies susceptibles
Análisis económico	Cuantitativa	Ratio	Relación costo/beneficio

Elaborado por: El autor, 2026

3.2.3 Tratamientos

En el presente experimento evaluó dos combinaciones de mucílago de cacao y glufosinato de amonio, con el objetivo de determinar su efecto sobre las variables agronómicas y de manejo en el cultivo de cacao. Se establecieron cuatro tratamientos, incluyendo aplicaciones únicas de mucílago, así como mezclas con glufosinato a distintas dosis. A continuación, se detallan los tratamientos evaluados.

Tabla 3
Tratamientos en estudios

Tratamiento	Mucílago de cacao (L/20 L)	Glufosinato de amonio (cc/20 L)	Descripción
T1	2	0	Solo mucílago
T2	5	0	Solo mucílago
T3	2	100	Mucílago + glufosinato
T4	5	100	Mucílago + glufosinato

Elaborado por: El autor, 2026

3.2.4 Diseño experimental

Para esta investigación, se aplicó un diseño experimental factorial 2×2 , en el cual se evaluaron dos factores principales: la concentración de glufosinato de amonio (0 y 100 cc por bomba de 20 L) y la dosis de mucílago de cacao (2, y 5 litros por bomba de 20 L). Esto dió lugar a un total de cuatro tratamientos combinados.

Las mezclas se prepararon con glufosinato (0, 100 cc) y mucílago (2 y 5L) por cada bomba de 20 L. La aplicación se realizó con pulverizador manual asegurando una cobertura uniforme sobre el follaje de las malezas, bajo condiciones climáticas óptimas la delimitación de la parcela se presenta en la tabla.

Tabla 4
Delimitación de la parcela

Descripción	Cantidad	Unidad
Número de tratamientos:	4	
Número de repeticiones:	5	
Número de parcelas:	20	
Longitud de parcela	12	m
Ancho de parcela	6	m
Distancia de tratamiento y repeticiones	3	m
Área total de parcelas por tratamientos:	72	m ²
Distancia entre plantas:	3	m
Distancia entre hileras:	3	m
Área útil de la parcela:	18	m ²
Número de plantas del área útil:	2	
Número de plantas por tratamiento:	8	
Área total del proyecto	1980	

Elaborado por: El autor, 2026

3.2.5 Recolección de datos

3.2.5.1. Recursos

Para la ejecución de este estudio se requirió diferentes tipos de recursos que garantizó el desarrollo adecuado de cada fase del proyecto, desde la planificación hasta la recolección y análisis de datos. Estos se detallan a continuación:

a) Recursos materiales

Materiales de campo: se utilizó, glufosinato de amonio, mucílago de cacao, bombas de mochila (pulverizadores), cintas métricas, cuerdas, estacas, cintas de señalización, cuadrantes de muestreo (1 m²), balanza digital de precisión (0.01 g), recipientes plásticos, entre otros materiales necesarios para el manejo y evaluación de las parcelas experimentales.

Equipo tecnológico: se utilizó una computadora portátil para el procesamiento de datos, análisis estadístico y redacción del informe final. Además, se contó con una impresora, una cámara digital o celular con buena resolución para el registro fotográfico de los tratamientos y resultados en campo.

b) Recursos bibliográficos

Se consultó bibliografía especializada proveniente de fuentes confiables y de alto nivel académico, incluyendo:

Libros en agronomía, fisiología vegetal, control de malezas y bioinsumos agrícolas.

Revistas científicas indexadas, tanto nacionales como internacionales, disponibles a través de bases de datos académicas.

Repositorios institucionales como Scielo, Redalyc, Dialnet, y tesis previas relacionadas con el tema.

Centro de Información Agraria u otras bibliotecas técnicas vinculadas al área agrícola.

c) Recursos humanos

Tesista: responsable de la ejecución del proyecto, incluyendo el diseño experimental, aplicación de tratamientos, recolección y análisis de datos, así como la redacción del documento final.

Tutor académico: acompañó y orientó el desarrollo del trabajo de investigación, brindando asesoría metodológica, técnica y académica durante todo el proceso

3.5.2.2. Métodos y técnicas

Dentro de los recursos de campo, se empleó un pulverizador manual tipo mochila con una capacidad de 20 litros, indispensable para asegurar una aplicación uniforme de los tratamientos que incluyen glufosinato de amonio y mucílago de cacao sobre las unidades experimentales.

Previo a la aplicación de los tratamientos, se llevará a cabo un inventario inicial de malezas con el fin de conocer las especies predominantes en el área experimental. El muestreo se realizó mediante cuadrantes de 1 m² distribuidos aleatoriamente, técnica comúnmente usada en estudios de inventario de malezas para estimar cobertura, frecuencia y densidad de especies” (Darghan et al., 2016). se realizó un muestreo aleatorio simple en cuatro posiciones distintas, empleando cuadrantes de 1 m². En cada cuadrante se identificó y registró el tipo de maleza presente (hoja ancha o angosta), su cobertura aproximada y su estado de desarrollo. Esta información permitió establecer una línea base para comparar la eficacia de los tratamientos en el control de las especies presentes.

Para la preparación y mezcla de soluciones, se utilizó recipientes plásticos con capacidad de 20 litros, asegurando una agitación manual adecuada para la homogenización de los insumos. La preparación de cada tratamiento se realizó conforme a la Tabla 3, considerando las dosis específicas de glufosinato y mucílago por cada 20 litros de agua.

La aplicación de los tratamientos se ejecutó con el pulverizador de mochila, siguiendo un patrón uniforme dentro de cada unidad experimental. La delimitación de las parcelas se efectuó pintando cada extremo de los árboles y colocando el letrero en medio de cada tratamiento para facilitar la marcación y diferenciación de tratamientos.

Como parte del registro visual de los efectos de los tratamientos, se utilizó una cámara fotográfica digital para documentar los cambios en cobertura y condición de las malezas en cada fase de evaluación (7, 14 y 28 días después de la aplicación).

Control de malezas: Se cuantificó el porcentaje de control en malezas de hojas angostas y anchas usando cuadrantes de muestreo, después de la aplicación a los 7, 14 y 28 días posteriores.

Identificación de especies: Se observó malezas en cada parcela, clasificando botánicamente las más afectadas por cada tratamiento.

Análisis económico: Se calculó los costos directos (insumos, dosis aplicadas) e indirectos (mano de obra, aplicación) y se contrastó contra los beneficios derivados del control de malezas, generando indicadores de rentabilidad y costo-beneficio basados en estudios anteriores.

3.2.6 Análisis estadístico

Se realizó un ANOVA para detectar diferencias significativas entre tratamientos (nivel de confianza del 95%). En este caso se halló diferencias, se utilizó la prueba de Tukey para análisis de comparaciones múltiples.

Tabla 5
ANOVA

Fuente de variación	Fórmula	Cálculo	GL
Factor A	$a - 1$	$2 - 1 = 1$	1
Factor B	$b - 1$	$2 - 1 = 1$	1
Interacción A×B	$(a-1)(b-1)$	$1 \times 1 = 1$	1
Repeticiones	$r - 1$	$5 - 1 = 4$	4
Error	$ab(r-1)$	$4 \times (4-1) = 12$	12
Total	$abr - 1$	$20 - 1 = 19$	19

Elaborado por: El autor, 2026

4. RESULTADOS

4.1 Determinar la eficacia de distintas concentraciones de mucílago con glufosinato de amonio en el control de malezas de hojas angostas y anchas en cacao.

4.1.1 Inventario

El inventario inicial realizado mediante cuadrantes de 1 m² permitió identificar la composición florística y el nivel de infestación de malezas presentes en el área experimental antes de la aplicación de los tratamientos. En total se registraron ocho especies, pertenecientes a hoja angosta (gramíneas y ciperáceas), hoja ancha y helechos. La Tabla 1 resume el conteo y el porcentaje de cobertura obtenido en dos cuadrantes representativos (Q1 y Q2).

Rottboellia cochinchinensis (caminadora) fue la maleza dominante en el área evaluada, registrando 12 plantas con 30% de cobertura en Q1 y 8 plantas con 20% en Q2, lo que evidencia su alta agresividad y capacidad de colonización en sistemas de cacao. *Eleusine indica* (pata de gallina) presentó una infestación moderada, con 5 plantas (8%) en Q1 y 3 plantas (5%) en Q2, mostrando una presencia estable, pero sin carácter dominante. Por su parte, *Echinochloa colona* no estuvo presente en Q1, pero se detectó en Q2 con 2 plantas y 4% de cobertura, indicando una distribución dispersa. Finalmente, *Cyperus rotundus* (coquito) registró 4 plantas (12%) en Q1 y 2 plantas (6%) en Q2, comportamiento típico de esta especie perenne cuya persistencia se debe a su reproducción mediante tubérculos.

Tabla 6
Inventario de malezas, y cobertura en punto 1 y 2

Especie (científico)	Común	Tipo	Q1: Conteo	Q1: Cob (%)	Q2: Conteo	Q2: Cob (%)
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Caminadora	Hoja angosta (gramínea)	12	30	8	20
<i>Eleusine indica</i>	Pata de gallina	Hoja angosta (gramínea)	5	8	3	5
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	Chichibe	Hoja ancha	2	6	1	2
<i>Acalypha australis</i>	—	Hoja ancha	1	2	0	0
<i>Echinochloa colona</i>	—	Hoja angosta (gramínea)	0	0	2	4
<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho	Hoja ancha (helecho)	0	0	1	3
<i>Amaranthus hybridus</i>	Bledo	Hoja ancha	3	5	0	0
<i>Cyperus rotundus</i>	Coquito	Hoja angosta (ciperácea, tuberosa)	4	12	2	6

Elaborado por: El autor, 2026

Rottboellia cochinchinensis (caminadora) volvió a ser la especie dominante en los cuadrantes Q3 y Q4, registrando 15 plantas y 35% de cobertura en Q3, y 10 plantas con 25% en Q4, lo que confirma su comportamiento altamente competitivo y su marcada presencia dentro del sistema de cacao. *Eleusine indica* (pata de gallina) mostró una presencia baja en Q3 (2 plantas, 3%), pero aumentó ligeramente en Q4 con 4 plantas y 6% de cobertura, evidenciando capacidad de recuperación y establecimiento moderado. *Malvastrum coromandelianum* (chichibe) presentó valores estables —3 plantas (8%) en Q3 y 2 plantas (5%) en Q4—, característicos de especies de hoja ancha que persisten en baja densidad. *Acalypha australis* se mantuvo con presencia mínima en ambos cuadrantes (una planta y 2% en Q3; una planta y 2% en Q4). *Echinochloa colona* no se registró en Q3, pero apareció en Q4 con una planta y 2% de cobertura, lo cual indica una distribución dispersa. *Amaranthus hybridus* (bledo) presentó ligera reducción, pasando de dos plantas (4%) en Q3 a una planta (2%) en Q4. Finalmente, *Cyperus rotundus* (coquito) aumentó notablemente entre cuadrantes, con tres plantas y 10% de cobertura en Q3 y

cinco plantas con 15% en Q4, reflejando su alta persistencia y capacidad de rebrote debido a su sistema de tubérculos.

Tabla 7
Inventario de malezas, y cobertura en punto 3 y 4

Especie (científico)	Común	Tipo	Q3: Conteo	Q3: Cob (%)	Q4: Conteo	Q4: Cob (%)
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Caminadora	Hoja angosta (gramínea)	15	35	10	25
<i>Eleusine indica</i>	Pata de gallina	Hoja angosta (gramínea)	2	3	4	6
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	Chichibe	Hoja ancha	3	8	2	5
<i>Acalypha australis</i>	—	Hoja ancha	1	2	1	2
<i>Echinochloa colona</i>	—	Hoja angosta (gramínea)	0	0	1	2
<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho	Hoja ancha (helecho)	0	0	0	0
<i>Amaranthus hybridus</i>	Bledo	Hoja ancha	2	4	1	2
<i>Cyperus rotundus</i>	Coquito	Hoja angosta (ciperácea, tuberosa)	3	10	5	15

Elaborado por: El autor, 2026

4.1.2 Porcentaje de control de malezas a los 7 días después de la aplicación (%)

Los resultados obtenidos a los 7 días después de la aplicación (DDA) evidencian que el análisis de la interacción entre glufosinato y mucílago reveló diferencias altamente significativas entre las combinaciones evaluadas. El tratamiento Glufosinato 100 cc + Mucílago 5 L alcanzó el mayor porcentaje de control (52,8%), diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos. Le siguió la combinación Glufosinato 100 cc + Mucílago 2 L, con 37,8 % de control, lo que confirma que la presencia del glufosinato es determinante para el control temprano de malezas, incluso con una menor dosis de mucílago.

El coeficiente de variación (CV) de 4,4% indica una baja variabilidad experimental, lo cual refleja una adecuada homogeneidad entre las unidades

experimentales y otorga confiabilidad a los resultados obtenidos en esta evaluación.

4.1.3 Porcentaje de control de malezas a los 14 días después de la aplicación (%)

A los 14 días después de la aplicación, el glufosinato de amonio mostró un incremento notable en su eficacia. El nivel A2 (100 cc/20 L) alcanzó un 75,3 % de control de malezas, valor que fue estadísticamente superior al tratamiento sin herbicida (A1: 0 cc/20 L), el cual registró apenas 14% de control. Esta diferencia significativa confirma la acción progresiva del glufosinato, cuyo efecto se intensifica conforme transcurre el tiempo posterior a la aplicación, provocando un mayor daño fisiológico y muerte de las malezas.

En relación con el mucílago de cacao, la dosis B2 (5 L/20 L) presentó un control promedio de 52,8%, superando de manera significativa a la dosis B1 (2 L/20 L), que alcanzó 36,5% de control. Este comportamiento sugiere que una mayor concentración de mucílago potencia el efecto del tratamiento, probablemente al mejorar la retención del producto sobre la superficie foliar y facilitar una mayor absorción del herbicida.

El análisis de la interacción entre glufosinato y mucílago evidenció diferencias altamente significativas entre las combinaciones evaluadas. El tratamiento Glufosinato 100 cc + Mucílago 5 L registró el mayor porcentaje de control (82,8%), diferenciándose estadísticamente de todas las demás combinaciones. Le siguió Glufosinato 100 cc + Mucílago 2 L, con 67,8% de control, lo que confirma que la presencia del herbicida es el factor determinante del control, mientras que el mucílago actúa como un potenciador de su eficacia. Por el contrario, las combinaciones sin glufosinato mostraron bajos niveles de control, destacándose Glufosinato 0 + Mucílago 2 L con apenas 5,2%, evidenciando que el mucílago aplicado de forma aislada no logra un control efectivo de malezas a los 14 días. El coeficiente de variación de 1,14% indica una muy baja variabilidad experimental, lo cual refleja una adecuada precisión del ensayo y alta confiabilidad de los resultados obtenidos en esta evaluación.

4.1.4 Porcentaje de control de malezas a los 28 días después de la aplicación (%)

A los 28 días después de la aplicación, el glufosinato de amonio alcanzó su máxima expresión de control sobre las malezas evaluadas. El nivel A2 (100 cc/20 L) registró un 94 % de control, valor que fue estadísticamente superior al

tratamiento sin aplicación del herbicida (A1: 0 cc/20 L), el cual presentó un 29,20 % de control. Esta diferencia significativa evidencia el efecto acumulativo y definitivo del glufosinato, que con el paso del tiempo provoca la necrosis total de los tejidos vegetales y la muerte de las malezas.

En cuanto al mucílago de cacao, la dosis B2 (5 L/20 L) alcanzó un 71,40% de control, superando significativamente a la dosis B1 (2 L/20 L), que obtuvo 51,80%. Este resultado confirma que el mucílago contribuye de manera positiva al control de malezas, especialmente cuando se utiliza en dosis más altas, potenciando la acción del herbicida y prolongando su efecto residual visible.

El análisis de la interacción entre glufosinato y mucílago mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos combinados. La combinación Glufosinato 100 cc + Mucílago 5 L presentó el mayor porcentaje de control (98,4%), diferenciándose estadísticamente de todas las demás combinaciones evaluadas. Le siguió Glufosinato 100 cc + Mucílago 2 L, con 90,1 % de control, lo que demuestra que, aunque el glufosinato es el principal responsable del control, el incremento en la dosis de mucílago maximiza su eficacia. Por el contrario, los tratamientos sin glufosinato mostraron controles bajos a moderados, destacándose Glufosinato 0 + Mucílago 2 L, con apenas 13,6% de control, lo que ratifica que el mucílago aplicado de manera aislada no logra un control adecuado de malezas, incluso a los 28 días después de la aplicación.

El coeficiente de variación, al mantenerse dentro de valores aceptables para ensayos de campo, indica una adecuada precisión experimental, respaldando la confiabilidad de los resultados obtenidos en esta etapa final de evaluación.

Tabla 8
Porcentajes de control de malezas a los 7,14 y 28 dda

N°	Factor A	Factor B	7 dda	14 dda	28 dda
	(Glufosinato de amonio)	(Mucílago de cacao)			
1	a1 0,0	b1 2L	2,8 d	5,2 d	13,6 d
2	a1 0,0	b2 5L	9,6 c	22,8 c	44,8 c
3	a2 100	b1 2L	37,8 b	67,8 b	90,0 b
4	a2 100	b2 5L	52,8 a	82,8 a	98,0 a
Coeficiente de variación			4,4 %	1,4 %	0,6 %

Elaborado por: El autor, 2026

4.2 Identificar las especies de malezas más susceptibles a los tratamientos aplicados.

Con base en el inventario florístico inicial y las evaluaciones posteriores a la aplicación de los tratamientos, se identificaron diferencias claras en la susceptibilidad de las especies de malezas frente al uso de mucílago de cacao solo y en combinación con glufosinato de amonio.

4.2.1 Susceptibilidad de las malezas al mucílago de cacao aplicado de forma independiente

Los tratamientos donde se aplicó únicamente mucílago de cacao, sin glufosinato de amonio, se evidenció un efecto de control parcial sobre algunas especies de malezas, reflejado en la reducción de la cobertura y densidad poblacional, particularmente en malezas de hoja ancha como *Amaranthus hybridus*, *Malvastrum coromandelianum* y *Acalypha australis*. Este efecto se manifestó principalmente a partir de los 14 DDA y se mantuvo hasta los 28 DDA, lo cual coincide con los porcentajes de control registrados en los resultados. El control observado se atribuye a un efecto de fitotoxicidad provocado por el mucílago, posiblemente relacionado con su contenido de compuestos orgánicos, acidez y capacidad de alterar la superficie foliar, generando clorosis leve, necrosis localizada y retraso en el crecimiento de las plantas. Sin embargo, este efecto fue insuficiente para lograr un control eficiente y sostenido en especies de mayor vigor, como *Rottboellia cochinchinensis* y *Cyperus rotundus*, las cuales mostraron alta persistencia y capacidad de recuperación.

Tabla 9
Nivel de susceptibilidad de las principales especies de malezas bajo diferentes combinaciones de glufosinato de amonio y mucílago de cacao a los 28 DDA

Especie de maleza	Tipo	Glufosinato + Mucílago 5	Glufosinato + Mucílago 2	Mucílago 5	Mucílago 2
<i>Amaranthus hybridus</i>	Hoja ancha	Alta	Alta	Media	Baja
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	Hoja ancha	Alta	Media	Media	Baja
<i>Acalypha australis</i>	Hoja ancha	Alta	Media	Media	Baja
<i>Eleusine indica</i>	Gramínea	Alta	Media	Baja	Baja
<i>Echinochloa colona</i>	Gramínea	Alta	Media	Baja	Baja
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Gramínea	Media	Media	Baja	Nula
<i>Cyperus rotundus</i>	Ciperácea	Baja	Baja	Baja	Nula

Elaborado por: El autor, 2026

4.2.2 Susceptibilidad y respuesta agronómica de las principales especies de malezas al tratamiento Glufosinato 100 cc + Mucílago 5 L a los 28 días después de la aplicación (DDA)

La Tabla 12 muestra que el tratamiento Glufosinato 100 cc + Mucílago 5 L presentó una alta eficacia sobre la mayoría de las especies de malezas evaluadas, particularmente sobre malezas de hoja ancha como *Amaranthus hybridus*, *Malvastrum coromandelianum* y *Acalypha australis*, las cuales evidenciaron susceptibilidad muy alta y eliminación total a partir de los 14 DDA. En el grupo de las gramíneas, *Eleusine indica* y *Echinochloa colona* mostraron alta susceptibilidad, mientras que *Rottboellia cochinchinensis* presentó un control progresivo debido a su elevada biomasa inicial. Por su parte, *Cyperus rotundus* fue la especie menos susceptible, con persistencia y rebrote parcial.

Tabla 10
Susceptibilidad de las malezas al tratamiento Glufosinato 100 cc + Mucílago 5 L a los 28 días después de la aplicación (DDA)

Especie (científico)	Nombre común	Tipo de maleza	Dominancia inicial	Respuesta al tratamiento (Glu 100 + Muc 5)	Susceptibilidad
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Caminadora	Hoja angosta (gramínea)	Alta	Reducción progresiva, control casi total a 28 DDA	Media–Alta
<i>Eleusine indica</i>	Pata de gallina	Hoja angosta (gramínea)	Media	Daño severo y desaparición a partir de 14 DDA	Alta
<i>Echinochloa colona</i>	—	Hoja angosta (gramínea)	Baja	Eliminación temprana y sin rebrote	Alta
<i>Cyperus rotundus</i>	Coquito	Hoja angosta (ciperácea)	Media	Reducción parcial, persistencia y rebrote	Baja
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	Chichibe	Hoja ancha	Baja	Necrosis rápida y muerte total	Muy alta
<i>Acalypha australis</i>	—	Hoja ancha	Muy baja	Eliminación total desde 14 DDA	Muy alta
<i>Amaranthus hybridus</i>	Bledo	Hoja ancha	Media	Clorosis temprana y muerte total	Muy alta
<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho	Helecho	Muy baja	Afectación leve y desaparición parcial	Media

Elaborado por: El autor, 2026

4.3 Realizar un análisis económico comparativo entre los tratamientos evaluados.

El análisis económico comparativo evidenció que el tratamiento Glufosinato de amonio + Mucílago de cacao a 5 L presentó el mejor balance costo–beneficio, a pesar de tener un mayor costo por aplicación. Su alta eficacia permitió espaciar las aplicaciones hasta cada dos meses, reduciendo el número total de intervenciones anuales y alcanzando el menor costo anual (252 USD).

Por el contrario, los tratamientos con control parcial o bajo, como el uso exclusivo de mucílago de cacao, requirieron una mayor frecuencia de aplicación, lo que incrementó significativamente el costo anual, llegando hasta 580 USD en el tratamiento de menor eficacia. Esto demuestra que un menor costo por aplicación no necesariamente implica menor costo total, cuando el control de malezas es insuficiente.

En términos económicos y agronómicos, la integración del glufosinato de amonio con mucílago de cacao permitió optimizar el control de malezas, reducir la frecuencia de aplicaciones y minimizar los costos de manejo, constituyéndose en la alternativa más rentable para el sistema productivo evaluado.

Tabla 11.
Análisis beneficio/costo

Tratamientos	Glu 100 + M 5	Glu 100 + Muc 2	Mucílago 5	Mucílago 2
Costo por aplicación (USD)	42	39	29	29
Frecuencia de control	Cada 2 meses	Cada 1 mes	Cada 1 mes	Cada 18 días
Aplicaciones/año	6	12	12	20
Costo anual (USD)	252	468	348	580
Nivel de control	Alto	Medio–Alto	Medio	Bajo

Elaborado por: El autor, 2026

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación confirman la alta eficacia del glufosinato de amonio en el control de malezas en el cultivo de cacao, especialmente cuando se combina con mucílago de cacao, evidenciando un efecto sinérgico que incrementa el porcentaje de control y prolonga su acción en el tiempo.

En este estudio, el tratamiento Glufosinato 100 cc + Mucílago 5 L alcanzó porcentajes de control de 55,8%, 82,8% y 98,4% a los 7, 14 y 28 días después de la aplicación (DDA), respectivamente. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Almeida (2020), quien señaló que el glufosinato de amonio presentó el mayor control de malezas desde los 14 hasta los 49 DDA en cacao CCN-51, con efectos fitotóxicos leves y transitorios. La similitud en la tendencia temporal confirma que el glufosinato presenta una acción progresiva, intensificándose conforme avanza el tiempo posterior a la aplicación, hasta alcanzar un control casi total. Asimismo, los altos niveles de control obtenidos en este trabajo coinciden con los hallazgos de Aguilera (2022), quien reportó que la mezcla de glufosinato con mucílago permitió reducir la población de malezas en un 18 % adicional, además de mejorar el rendimiento del cultivo y la relación beneficio–costo. En el presente estudio, esta mejora se reflejó no solo en el control porcentual, sino también en la reducción de la frecuencia de aplicación, lo que derivó en un menor costo anual de manejo de malezas.

En relación con el uso del mucílago de cacao aplicado de forma independiente, los resultados mostraron un control parcial, especialmente sobre malezas de hoja ancha como *Amaranthus hybridus*, *Malvastrum coromandelianum* y *Acalypha australis*, con efectos más evidentes a partir de los 14 DDA. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Bastida (2018) y Adrián et al. (2025), quienes atribuyen el efecto herbicida del mucílago a la inhibición enzimática, la acidez y la alteración fisiológica del tejido foliar, logrando reducciones significativas en especies sensibles, principalmente de hoja ancha. Sin embargo, los niveles de control obtenidos con mucílago solo en este estudio fueron inferiores a los reportados por Adrián et al. (2025) y Marín et al. (2024), quienes alcanzaron controles superiores al 85 % empleando concentraciones más altas (75–100 %) y procesos de fermentación prolongada. Esta diferencia

puede atribuirse a las concentraciones utilizadas, al tipo de fermentación, al cultivo evaluado y a las condiciones agroclimáticas, lo que refuerza la idea de que el mucílago, aunque tiene potencial bioherbicida, no garantiza por sí solo un control eficiente y sostenido en cacao bajo las condiciones evaluadas. En el caso de las gramíneas y ciperáceas, especies como *Rottboellia cochinchinensis* y *Cyperus rotundus* mostraron menor susceptibilidad, especialmente cuando se aplicó mucílago de forma aislada. Este comportamiento coincide con lo señalado por Cruz (2024) y San Gregorio et al. (2021), quienes reportaron bajos niveles de control del mucílago sobre especies perennes y altamente vigorosas, atribuyéndolo a su elevada biomasa inicial y, en el caso de *Cyperus rotundus*, a su reproducción mediante tubérculos subterráneos. Por otro lado, la identificación de especies altamente susceptibles al tratamiento combinado, como *Amaranthus hybridus*, *Malvastrum coromandelianum* y *Acalypha australis*, coincide con lo reportado en estudios previos, donde estas especies son consideradas indicadoras de eficacia herbicida, debido a su rápida respuesta fisiológica frente a compuestos de acción de contacto como el glufosinato.

Desde el punto de vista económico, los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Aguilera (2022) y Marín et al. (2024), quienes destacan que las estrategias integradas permiten mejorar la rentabilidad del manejo de malezas. En este estudio, el tratamiento Glufosinato + Mucílago 5 L, pese a presentar un mayor costo por aplicación, mostró el menor costo anual (252 USD) debido a su alta eficacia y menor frecuencia de aplicación, confirmando que la eficiencia técnica se traduce directamente en eficiencia económica. En conjunto, los resultados de esta investigación respaldan el uso del mucílago de cacao como coadyuvante y complemento del control químico, más que como sustituto total del herbicida, contribuyendo a un manejo más eficiente, sostenible y económicamente viable del complejo de malezas en sistemas de producción de cacao.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El inventario inicial de malezas evidenció una alta diversidad florística en el sistema de cacao, con predominio de especies de hoja angosta, principalmente *Rottboellia cochinchinensis* y *Eleusine indica*, las cuales presentaron los mayores valores de densidad y cobertura en todos los cuadrantes evaluados.

El uso de glufosinato de amonio combinado con mucílago de cacao presentó el mayor nivel de control de malezas en el cultivo de cacao, alcanzando valores cercanos al 100 % a los 28 días después de la aplicación, superando a los tratamientos aplicados de forma individual.

La eficacia del control aumentó progresivamente en el tiempo, evidenciándose diferencias claras entre los 7, 14 y 28 días después de la aplicación, lo que confirma la acción sostenida del glufosinato y el efecto complementario del mucílago de cacao.

El mucílago de cacao aplicado de manera aislada mostró un control parcial de malezas, siendo más efectivo sobre especies de hoja ancha como *Amaranthus hybridus*, *Malvastrum coromandelianum* y *Acalypha australis*, pero con limitada eficacia sobre gramíneas y ciperáceas como *Rottboellia cochinchinensis* y *Cyperus rotundus*.

La combinación glufosinato + mucílago permitió reducir la frecuencia de aplicaciones de control de malezas, prolongando el periodo de control hasta aproximadamente dos meses, lo que representa una ventaja operativa frente a los tratamientos convencionales.

El análisis económico comparativo evidenció que el tratamiento combinado presentó el menor costo anual de manejo de malezas, a pesar de tener un mayor costo por aplicación, debido a la disminución en el número de aplicaciones requeridas durante el año.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda utilizar la combinación de mucílago de cacao + glufosinato de amonio como estrategia principal para el control de malezas en plantaciones de cacao, debido a su alta eficacia y menor costo anual de manejo.

En zonas con alta incidencia de malezas gramíneas y ciperáceas perennes, se sugiere emplear el tratamiento combinado y complementar con prácticas de manejo integrado, como control mecánico puntual o rotación de métodos de control.

Para futuras investigaciones, se sugiere evaluar diferentes concentraciones y tiempos de fermentación del mucílago de cacao, el impacto a largo plazo del uso de mucílago sobre la biota del suelo y la sostenibilidad del agroecosistema.

Se recomienda realizar ensayos en diferentes condiciones edafoclimáticas y edades del cultivo, con el fin de validar la consistencia de los resultados obtenidos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Adrián, W., Muñoz, A., Vivianna, S., Nagua, A., Alberto, C., & Muñoz, G. (2025). Evaluación del Mucílago de Cacao (*Theobroma cacao* L.) como Estrategia Sostenible para el Control de Malezas en Plantaciones de Plátano (*Musa balbisiana*). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(3), 2016–2029. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V9I3.17822
- Aguilera, N. A. Lucia. (2022). *Efecto del glufosinato más mucílago de cacao sobre malezas en el cultivo de cacao (Theobroma cacao l.)* [Tesis]. Universidad Agraria del Ecuador.
- Almeida, V. R. Ernesto. (2020). *Estudio de herbicidas en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la zona de Pueblo Nuevo, cantón Babahoyo*. Universidad Agraria del Ecuador.
- Alonso, L. F. G. (2024). *XXIII Reunión Nacional de Técnicos de la caña de azúcar*. <https://www.eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2024/07/LIBRO-DE-RESUMENES-SATCA-2024-FINAL-1.pdf>
- Anzalone, A., & Silva, A. (2010). Evaluación de herbicidas sulfonilureas para el control de malezas en cafetales. *Bioagro*, 22(2), 95–104. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Bastida, N. Alexandra. (2018). *Determinación de la fitotoxicidad del mucilago de la semilla de cacao ccn-51 sobre las malezas en el cultivo de cacao* [Tesis, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16757>
- Bastidas, J., Moreira, A. F. M., Bayas, B. W. O., & Briones-Bitar, J. (2023). Cocoa Mucilage: A Novel Substrate for Fermented Tea-Based Beverages. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 18(5), 1169–1178. <https://doi.org/10.18280/IJDNE.180518>
- Carvajal, C. V. Marcela. (2020). *Caracterización fisicoquímica del mucilago del cacao* [Tesis, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/55647?utm_source=chatgpt.com
- Código Orgánico Del Ambiente (Registro Oficial Suplemento No. 983, 12 de Abril de 2017) (2017). [moz-extension://85531271-0b9b-4b89-96ac-](https://www.moz-extension://85531271-0b9b-4b89-96ac-)

89ba277f2617/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fwww.epmrq.gob.ec%2Fimagenes%2Fservicios2020%2FCODIGO_ORGANICO_DEL_AMBIENTE_COAM.pdf

- Coloma, C. T. A. C. M. ** Y. E. E. L. G. S. (2017). Elaboración de un herbicida natural a partir de la pulpa mucilaginosa. *Revista DELOS: Desarrollo Local Sostenibl.*
<https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.11763/delos29herbicida-natural-cacao>
- Cruz, F. Hector. (2024). *Efecto del mucilago fermentado de cacao en el control de malezas del cultivo de cacao (theobroma cacao l.) clon ccn 51 en la zona de san Alejandro padre Abad* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali]. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/7455>
- DaMatta, F. (2010). *Ecophysiology of tropical tree crops*. 389. https://www.researchgate.net/publication/236630801_Cacao_Ecophysiology_of_growth_and_production
- Darghan, E., Surendra, S., Plaza, G., & Monroy, J. (2016). Estimación Bayesiana y no-paramétrica del inventario de arvenses en el cultivo de crisantemo usando cuadrados de una red rígida. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 101–108. <https://doi.org/10.15446/AGRON.COLOMB.V34N1.53098>
- EPFL. (2025). Phytotoxicity | EPFL Graph Search. *Graph Search*. https://graphsearch.epfl.ch/en/concept/6612910?utm_source=chatgpt.com
- Furtado, de A.-A. V. Raúl. (2010). (PDF) Cacao: Ecophysiology of growth and production. *ResearchGate*. <https://n9.cl/ei6fhg>
- Gaines, T. A., Busi, R., & Küpper, A. (2021). Can new herbicide discovery allow weed management to outpace resistance evolution? *Pest Management Science*, 77(7), 3036–3041. <https://doi.org/10.1002/PS.6457>
- Goksen, G., Demir, D., Dhama, K., Kumar, M., Shao, P., Xie, F., Echegaray, N., & Lorenzo, J. M. (2023). Mucilage polysaccharide as a plant secretion: Potential trends in food and biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 230, 123146. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2023.123146>

- Guest, D. (2007). Black Pod: Diverse pathogens with a global impact on cocoa yield. *Phytopathology*, 97(12), 1650–1653. <https://doi.org/10.1094/phyto-97-12-1650>
- Intriago Flor, F., Macías-Zambrano, M., Napa-Vizúete, B., Vásquez-Cortez, L., Alvarado-Vásquez, K., Revilla-Escobar, K., Aldas-Morejon, J., & Vera-Chang, J. (2023). Inclusion of cocoa (*Theobroma cacao*) mucilage as a stabilizer in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) nectar. *Agroindustrial Science*, 13(2), 75–81. <https://doi.org/10.17268/AGROIND.SCI.2023.02.03>
- Jaramillo Díaz N. Y Quizhpe-Coronel, Z. (2019). *Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador Revisión Par Académico* (Edilaja, Ed.). Universidad Nacional de Loja. www.edilaja.com.ec
- Kannan, N., Read, Q., & Zhang, W. (2024). An algae-based polymer material as a pesticide adjuvant for mitigating off-target drift. *Heliyon*, 10(16), e35510. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E35510>
- Kurniadie, D., Umiyati, U., Widiyanto, R., & Kato-Noguchi, H. (2022). Effect of Chitosan Molecules on Paraquat Herbicidal Efficacy under Simulated Rainfall Conditions. *Agronomy*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12071666>
- Li, C., Zhang, Q., Sheng, X., Li, N., Ping, Q., & Zhang, J. (2024). Immobilization of multilayer sodium alginate/polysaccharide antibacterial material composite beads as glufosinate controlled release matrices. *International Journal of Biological Macromolecules*, 276. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2024.133531>
- Marín-Cuevas, C. V., Menace-Almea, M. A., Carranza-Patiño, M., Herrera-Feijoo, R. J., & Tuárez-Villacís, G. J. (2024a). Fitotoxicidad del mucílago de cacao sobre malezas en el cultivo de cacao CCN-51 *Theobroma cacao* L. *Código Científico Revista de Investigación*, 5(1), 710–729. <https://doi.org/10.55813/GAEA/CCRI/V5/N1/405>
- Moreno, S., Morán, E., Quijije, I., & Ochoa, D. (2021). Mucílago de *Theobroma Cacao* L. como base para un bioantimicrobiano mezclado con dos ácidos débiles: alternativas ecológicas. *Ecuadorian Science Journal*, 5(4), 98–108. <https://doi.org/10.46480/ESJ.5.4.173>

- Olufemi, A. K., Babatunde, A. K., Olufemi, O. O., Adewale, A. S., Osasogie, U., Mohammed, I., & Akanji, A. S. (2020). Evaluation of herbicides and manual weed control methods in the establishment of *Theobroma cacao* L. in Cross River State of Nigeria. *Https://Wjarr.Com/Sites/Default/Files/WJARR-2020-0368.Pdf*, 8(1), 298–306. <https://doi.org/10.30574/WJARR.2020.8.1.0368>
- Othman, A., El-Zemaity, M., El-Sayed, W., & Hanafi, A. (2021). Dissipation of Glyphosate and Glufosinate Ammonium in Soil and Weed Control in Citrus orchards, under Egyptian Conditions. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 0(0), 0–0. <https://doi.org/10.21608/AJS.2021.91572.1407>
- Pérez Pisco, M., & López Gonzales, D. (2019). *Evaluación del biocontrol de malezas utilizando aguas mieles de cacao en la EEA EL PORVENIR- INIA, 2018*.
- Quiceno-Suarez, A., Cadena-Chamorro, E. M., Ciro-Velásquez, H. J., & Arango-Tobón, J. C. (2024). By-products of the cocoa agribusiness: high value-added materials based on their bromatological and chemical characterization. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 77(1), 10585–10599. <https://doi.org/10.15446/RFNAM.V77N1.107738>
- Ramiro Bermeo Toledo, C., Federico Vera Aviles, D., Paz Muñoz Ronquillo, M., Eduardo Herrera Eguez, F., & Agustin Sabando Avila, F. (2025). Diversity And Abundance Of Weeds Associated With Cocoa (*Theobroma Cacao* L.) Cultivation In Three Zones Of The Ecuadorian Tropics. *International Journal of Environmental Sciences*, 11(8), 539–550. <https://doi.org/10.64252/BAXX3N90>
- Reddy, D. N., & Dileep, K. A. D. (2022). Pesticide Action Network India Glufosinate Ammonium An Overview. *PAN India*. www.pan-india.org
- Resolución No. 218. Manual Técnico Para El Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de Uso Agrícola (Revisión Junio 2022) (2022). <https://www.agrocalidad.gob.ec/>
- Rikolto, in west A. (2025). *Strengthening the cocoa sector in Ecuador | Rikolto in West Africa*. https://westafrica.rikolto.org/id/node/2774?utm_source=chatgpt.com
- Rodríguez-Castro, R., Guerrero, R., Valero, A., Franco-Rodríguez, J., & Posada-Izquierdo, G. (2024). Cocoa Mucilage as a Novel Ingredient in Innovative

- Kombucha Fermentation. *Foods*, 13(11).
<https://doi.org/10.3390/FOODS13111636/S1>
- Ronquillo, M. Mary. (2023). *Diversidad y abundancia de malezas asociadas al cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en tres zonas del trópico ecuatoriano* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/8093>
- San Gregorio, J. R. P., Moreira Pioto, N., Augusto Forti, V., Rodrigues, J., Vinicius da Silva, P., & Andrea Monquero, P. (2021). Propagation and control of *Anredera cordifolia* (Ten.) Stennis (madeira vine). *Australian Journal of Crop Science*. <https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.08.p3320>
- Takano, H. K., & Dayan, F. E. (2020, December 1). *Glufosinate-ammonium: a review of the current state of knowledge*. *Pest Management Science; Pest Manag Sci*. <https://doi.org/10.1002/PS.5965>
- Venkatachalam, S. K., Senthilkumar, D., Duraisamy, N., Sheela, T., & Moovendhan, M. (2025). Advancements in Polysaccharide-Based Carriers for Eco-Friendly Fungicide Delivery. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 101026. <https://doi.org/10.1016/J.CARPTA.2025.101026>
- Vera Chang, J. F., Tobar Nivelá, A. J., Vásquez Cortez, L. H., Medina Pinoargote, F. R., López Izurieta, M. D., Córdova Terán, H. E., López Salvatierra, L. S., Plua Montiel, J. A., Narváez Narváez, R. I., Ramos Chalaco, B. P., Pazmiño Pérez, Á. M., & Rodríguez Cevallos, S. L. (2025). Use of cocoa mucilage (*Theobroma cacao* L.) for the control of weeds in african palm (*Elaeis guineensis*). *Salud, Ciencia y Tecnología*, 5, 1832–1832. <https://doi.org/10.56294/SALUDCYT20251832>
- Widnyana, I. K., EkaMartiningsih, N. Gst. Ag. G., Suryana, I. M., Javandira, C., & Yudiarini, N. N. (2019). Diversidad de malezas y su impacto en la existencia de las principales plagas y enfermedades en *Theobroma cacao* en el distrito de Tabanan, provincia de Bali, Indonesia. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*, 7(10), 371–379. <https://doi.org/10.29121/GRANTHAALAYAH.V7.I10.2019.407>
- Widnyana, I. K., EkaMartiningsih, N. Gst. Ag. G., Suryana, I. M., Javandira, C., & Yudiarini, N. N. (2020). Weeds diversity and its impact on the existence of main pests and diseases in *theobroma cacao* in Tabanan district, bali province Indonesia. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*,

7(10),

371–379.

<https://doi.org/10.29121/GRANTHAALAYAH.V7.I10.2019.407>

Yang, Y., Gupta, V. K., Du, Y., Aghbashlo, M., Show, P. L., Pan, J., Tabatabaei, M., & Rajaei, A. (2023). Potential application of polysaccharide mucilages as a substitute for emulsifiers: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242(Pt 2).

<https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2023.124800>

Yazid, A. (2024). The Effect of Fermentation Duration of Cocoa Pulp Waste Bioherbicide (*Theobroma cacao* L.) on the Mortality Rate of Sweet Potato Weeds (*Borreria latifolia*). *Journal agronomi tanaman tropika (juatika)*, 6(2).

<https://doi.org/10.36378/JUATIKA.V6I2.3608>

ANEXOS

Anexo 1 Promedio de porcentaje de malezas a los 7 dda

G, de amonio	M. cacao (L/20 L)	R1	R2	R3	R4	R5	PROMEDIO
0	2	2	3	2	3	4	2,8
0	5	8	10	9	11	10	9,6
100	2	35	38	40	37	39	37,8
100	5	50	53	55	52	54	52,8

Elaborado por: El autor, 2026

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
7 días	20	1,00	1,00	4,36	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		8344,65	7	1192,09	947,36	<0,0001
Glufosinato de amonio		7644,05	1	7644,05	6074,74	<0,0001
Mucílago de cacao (L/20?L) ..		594,05	1	594,05	472,09	<0,0001
Repeticiones		22,50	4	5,63	4,47	0,0193
G. de amonio*Mucí cacao		84,05	1	84,05	66,79	<0,0001
Error		15,10	12	1,26		
Total		8359,75	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,52827

Error: 1,2583 gl: 12

Repeticiones	Medias	n	E.E.
5	26,75	4	0,56 A
3	26,50	4	0,56 A
2	26,00	4	0,56 A B
4	25,75	4	0,56 A B
1	23,75	4	0,56 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,10632

Error: 1,2583 gl: 12

Glufosinato de amonio	Mucílago de cacao) <th>Medias</th> <th>n</th> <th>E.E.</th>	Medias	n	E.E.
A2	B2	52,80	5	0,50 A
A2	B1	37,80	5	0,50 B
A1	B2	9,60	5	0,50 C
A1	B1	2,80	5	0,50 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2 Promedio de porcentaje de malezas a los 14 dda

Glufosinato de amonio	Mucílago de cacao (L/20 L)	R1	R2	R3	R4	R5	PROMEDIO
0	2	4	5	6	5	6	5,2
0	5	20	22	25	23	24	22,8
100	2	65	68	70	67	69	67,8
100	5	80	83	85	82	84	82,8

Elaborado por: El autor, 2026

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
14 días	20	1,00	1,00	1,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20167,65	7	2881,09	7055,74	<0,0001
Glufosinato de amonio	18788,45	1	18788,45	46012,53	<0,0001
Mucílago de cacao (L/20?L) ..	1328,45	1	1328,45	3253,35	<0,0001
Repeticiones	42,30	4	10,57	25,90	<0,0001
Glufosinato de amonio*Muci..	8,45	1	8,45	20,69	0,0007
Error	4,90	12	0,41		
Total	20172,55	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,44024

Error: 0,4083 gl: 12

Repeticiones Medias n E.E.

3	46,50	4	0,32	A
5	45,75	4	0,32	A B
2	44,50	4	0,32	B C
4	44,25	4	0,32	C
1	42,25	4	0,32	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,19987**

Error: 0,4083 gl: 12

Glufosinato de amonio Mucílago de cacao.. Medias n E.E.

A2	B2	82,80	5	0,29	A
A2	B1	67,80	5	0,29	B
A1	B2	22,80	5	0,29	C
A1	B1	5,20	5	0,29	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Anexo 3 Promedio de porcentaje de malezas a los 28 dda**

Glufosinato de amonio	Mucílago de cacao (L/20 L)	PROMEDIO					
		R1	R2	R3	R4	R5	
0	2	12	14	15	13	14	13,6
0	5	42	45	47	44	46	44,8
100	2	88	90	92	89	91	90,0
100	5	96	98	100	97	99	98,0

Elaborado por: El autor, 2026

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
28 días	20	1,00	1,00	0,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23627,10	7	3375,30	23825,65	<0,0001
Glufosinato de amonio	20995,20	1	20995,20	148201,41	<0,0001
Mucílago de cacao (L/20?L) ..	1920,80	1	1920,80	13558,59	<0,0001
Repeticiones	38,30	4	9,58	67,59	<0,0001
Glufosinato de amonio*Muci..	672,80	1	672,80	4749,18	<0,0001
Error	1,70	12	0,14		
Total	23628,80	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,84832

Error: 0,1417 gl: 12

Repeticiones Medias n E.E.

3	63,50	4	0,19	A
5	62,50	4	0,19	B
2	61,75	4	0,19	B
4	60,75	4	0,19	C
1	59,50	4	0,19	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,70674

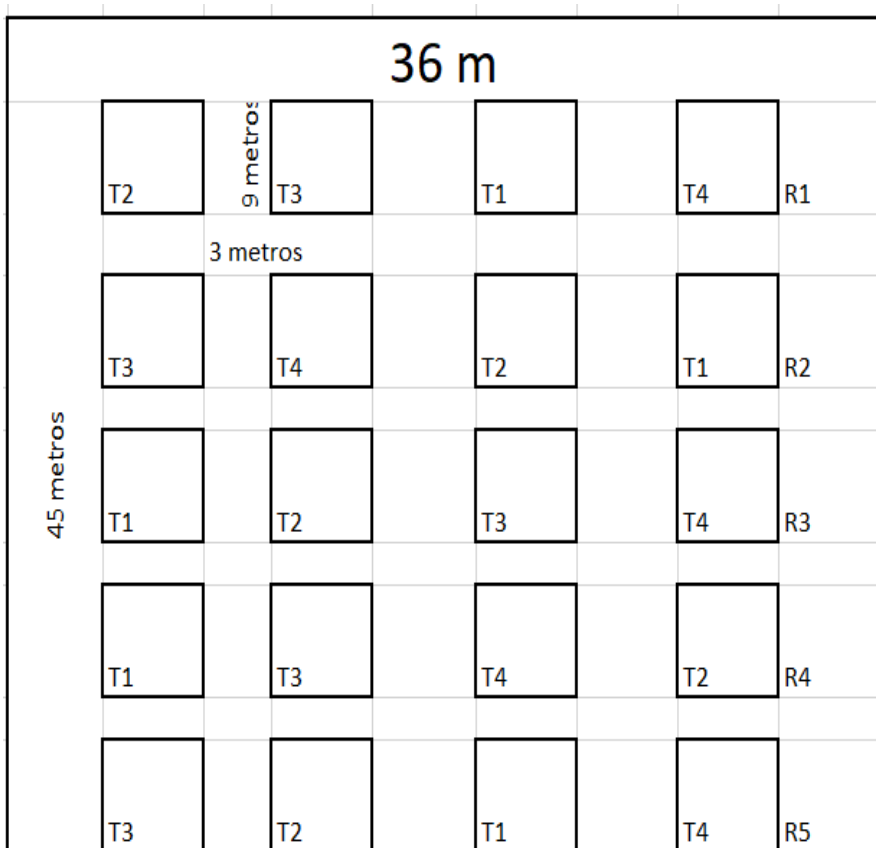
Error: 0,1417 gl: 12

Glufosinato de amonio Mucilago de cacao .. Medias n E.E.

A2	B2	98,00	5	0,17	A
A2	B1	90,00	5	0,17	B
A1	B2	44,80	5	0,17	C
A1	B1	13,60	5	0,17	D

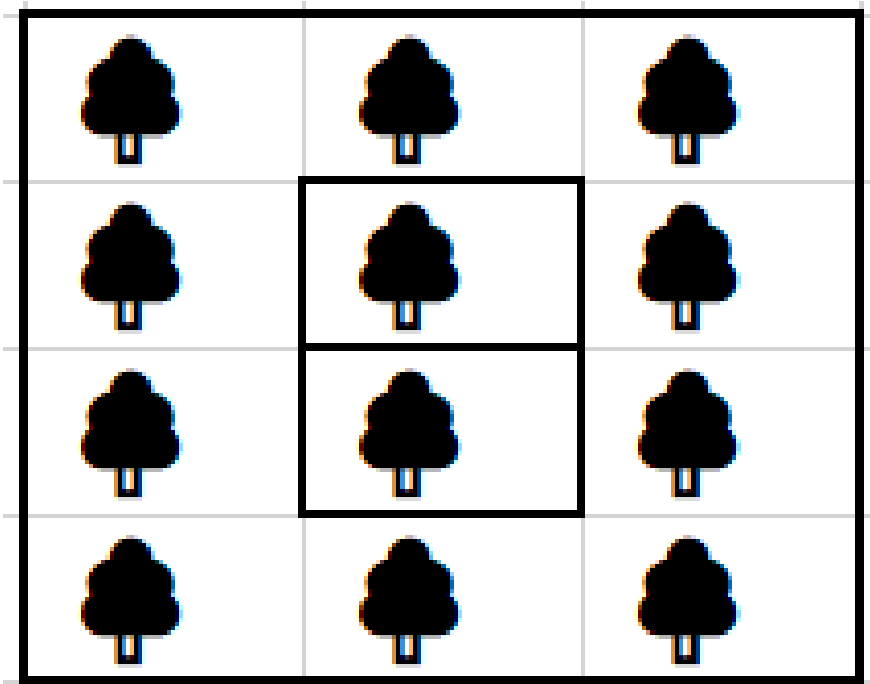
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 4 Croquis de campo



Elaborado por: El autor, 2026

Anexo 5 Parcelas experimentales



Elaborado por: El autor, 2026

Anexo 6 Visita del tutor e instalación del proyecto



Elaborado por: El autor, 2026

Anexo 7 Señalización de la parcela pintura en los bordes



Elaborado por: El autor, 2026

Anexo 8 Ubicación de Letreros en cada una las parcelas experimentales



Elaborado por: El autor, 2026

Anexo 9 Identificación de los tipos de malezas



Elaborado por: El autor, 2026

Anexo 10 Preparación de las dosis a aplicar



Elaborado por: El autor, 2026

Anexo 11 Preparación de los herbicidas en función de los tratamientos



Elaborado por: El autor, 2026

Anexo 12 Aplicación de los herbicidas en las parcelas



Elaborado por: El autor, 2026

Anexo 13 Revisión de malezas dda

Elaborado por: El autor, 2026