

## Mucílago Fermentado de Mazorcas de *Theobroma cacao* L. para el Control de Malezas Mediante Alelopatía Fermented Mucilage from *Theobroma cacao* L. Pods for Weed Control Through Allelopathy

Rommel Arturo Ramos-Remache<sup>1</sup> , Juan José Reyes-Pérez<sup>1</sup> ,  
Ramón Antonio Macías-Macias<sup>1</sup> , Ramón Klever Macías-Pettao<sup>2</sup> ,  
Yordy Ariel Arcos-Palma<sup>3</sup> y Bernardo Espinosa-Palomeque<sup>4†</sup>

<sup>1</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Av. Quito, km 1.5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. 120501 Quevedo, Los Ríos, Ecuador; (R.A.R.R.), (J.J.R.P.), (R.A.M.M.).

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná, Av. Los Almendros y Pujilí, Sector la Virgen. 050250 La Maná, Cotopaxi, Ecuador; (R.K.M.P.).

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. km 5 vía El Empalme. 170518 Quevedo, Los Ríos, Ecuador; (Y.A.A.P.).

<sup>4</sup> Universidad Tecnológica de Escuinapa. Camino al Guasimal s/n. 82400. Escuinapa de Hidalgo, Sinaloa, México; (B.E.P.).

† Autor para correspondencia: bespinosa@utescuinapa.edu.mx

### RESUMEN

Las malezas juegan un papel importante en los sistemas ecológicos debido a su rápido crecimiento, elevada adaptabilidad y naturaleza invasora. En los sistemas agrícolas, su manejo constituye una práctica fundamental dentro del conjunto de labores culturales, junto con la poda, la regulación de sombra y el control de plagas, ya que incide directamente en los rendimientos del cultivo de *Theobroma cacao* L. (cacao). El objetivo del presente trabajo fue determinar la eficacia, severidad y fitotoxicidad del mucílago fermentado proveniente de mazorcas de cacao, considerando su potencial alelopático como agente de herbicida para el control de malezas en el cultivo de cacao. Se aplicaron seis tratamientos: T1 (1 día), T2 (30 días), T3 (60 días), T4 (90 días), T5 (5 años) y un control (agua), utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Previamente, se caracterizaron las propiedades bromatológicas de cada tratamiento. Se evaluaron indicadores de control de malezas como eficacia, severidad y fitotoxicidad a los cinco y diez días posteriores a la aplicación. El tratamiento con mucílago fermentado durante cinco años (T5), con un contenido de ácido acético del 6.37%, mostró la mayor efectividad en el control de malezas. Este tratamiento tuvo un impacto diferenciado sobre gramíneas y dicotiledóneas, siendo más efectivo contra estas últimas. Se observó una alta fitotoxicidad en especies como *Portulaca oleracea* (verdolaga), con desecación total del follaje, y *Rottboellia exaltata* L. (caminadora), con marchitamiento completo de la planta. Estos resultados sugieren que el uso de mucílago de cacao con prolongado tiempo de fermentación puede representar una alternativa sostenible y selectiva para el manejo de malezas, particularmente de gramíneas, en sistemas de cultivo de cacao.

**Palabras clave:** ácido acético, desecación, eficacia, incidencia.

### SUMMARY

Weeds play an important role in ecological systems due to their rapid growth, high adaptability, and invasive nature. In agricultural systems, their management constitutes a fundamental practice within the set of cultural operations, along with pruning, shade regulation, and pest control, as it directly affects the yield of *Theobroma cacao* L. (cacao) crops. The objective of this study was to determine the efficacy, severity, and phytotoxicity of fermented mucilage from cacao fruits, considering its allelopathic potential as a herbicidal agent for weed control in cacao plantations. Six treatments were applied: T1 (1 day), T2 (30 days), T3 (60 days), T4 (90 days), T5 (5 years), and a control (water), using a randomized complete block design



#### Cita recomendada:

Ramos-Remache, R. A., Reyes-Pérez, J. J., Macías-Macias, R. A., Macías-Pettao, R. K., Arcos-Palma, Y. A., & Espinosa-Palomeque, B. (2025). Mucílago Fermentado de Mazorcas de *Theobroma cacao* L. para el Control de Malezas Mediante Alelopatía. *Terra Latinoamericana*, 43, 1-12. e2281. <https://doi.org/10.28940/terra.v43i.2281>

Recibido: 10 de abril de 2025.

Aceptado: 13 de junio de 2025.

Artículo. Volumen 43.

Noviembre de 2025.

Editor de Sección:

Dr. Luis G. Hernandez Montiel

Editor Técnico:

Dr. David Cristóbal Acevedo

Dr. José Antonio González Fuentes



**Copyright:** © 2025 by the authors.

Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

with four replications. The bromatological properties of each treatment were previously characterized. Weed control indicators such as efficacy, severity, and phytotoxicity were evaluated five and ten days after application. The treatment with fermented mucilage for five years (T5), with an acetic acid content of 6.37%, showed the greatest effectiveness in weed control. This treatment had a differentiated impact on grasses and dicotyledons, being more effective against the latter. High phytotoxicity was observed in species such as *Portulaca oleracea* (purslane), which exhibited total desiccation of the foliage, and *Rottboellia exaltata* L. (cocoa vine), which showed complete wilting of the plant. These results suggest that the use of cacao mucilage with prolonged fermentation periods may represent a sustainable and selective alternative for weed management, particularly against broadleaf species, in cacao production systems.

**Index words:** acetic acid, drying, efficacy, incidence.

## INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao*) es un árbol perenne de origen tropical que pertenece a la familia *Sterculiaceae* y se encuentra de forma natural en las zonas húmedas de la cuenca alta del Amazonas. Su cultivo representa una actividad agrícola de gran relevancia económica a nivel global. Según la Organización Internacional del Cacao (ICCO), más de 50 millones de personas dependen directamente de esta cadena productiva, cuya distribución geográfica se concentra en África (68%), seguida de Asia (17%) y América (15%). Para el año 2021, la producción mundial de granos de cacao se estimó en aproximadamente 4.2 millones de toneladas métricas. Entre los principales países productores destacan Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Brasil, Nigeria, Camerún, Ecuador y Colombia. Este árbol inicia su fase productiva a partir del segundo año, generando frutos conocidos como mazorcas, que contienen las semillas del cacao. Cada mazorca está compuesta por una cáscara externa, el cotiledón y el embrión, y representa alrededor del 75% del peso total del fruto (Ramos *et al.*, 2023). El cultivo de cacao en el país de Ecuador es una actividad de gran importancia económica y cultural (Plasencia-Vázquez, Vilchez, Ferrer y Veloz, 2022), Ecuador es el principal productor de América y el cuarto a nivel mundial (FAOSTAT, 2023). El cultivo de cacao ha enfrentado desafíos significativos, uno de ellos ha sido las malezas y el efecto adverso que ocasiona el uso de herbicidas sintéticos sobre la floración y fructificación del cultivo (Sánchez-Arizo, Zambrano e Iglesias, 2019). Previo a la aparición de las enfermedades moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif y Par) y escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa* Cif y Par) las malezas eran el principal problema del cultivo de cacao, consideradas como indeseables dentro del agroecosistema, de acuerdo al tipo de hoja pueden ser de hoja ancha y de hoja angosta o gramíneas (Valdes, 2016), la importancia de su control se debe a diversos factores como son la competencia con el cultivo por agua, luz y nutrientes, además, de disminuir el rendimiento y la calidad física de sus almendras debido a que son hospederas de insectos que provocan daños al cultivo (Mejía *et al.*, 2010<sup>1</sup>). El control de malezas se ha basado en el uso de moléculas sintéticas, representando efectos negativos para el ambiente y la salud humana, las cuales pueden provocar resistencia en las malezas como el caso de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) y coquito (*Cyperus rotundus* L.), consideradas como las malezas más invasivas del cultivo (Dias, 2020<sup>2</sup>). Actualmente, las prácticas culturales se han convertido en una nueva tendencia para la competencia exitosa con las plantas arvenses (Bernal-Estrada *et al.*, 2024). Lo anterior ha incentivado la exploración de estrategias de manejo de malezas que sean más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, promoviendo el uso de alternativas naturales basadas en subproductos agrícolas. Estos subproductos contienen compuestos con potencial alelopático generados por las propias plantas, entre los cuales destaca el aprovechamiento de mucílagos provenientes de diversas especies vegetales (Marín-Cuevas, Menace, Carranza, Herrera y Tuárez, 2024).

Los mucílagos son sustancias viscosas de origen vegetal con propiedades ácidas o neutras, cuya función depende del peso molecular y de la planta de origen, aunque se asemeja a las gomas y pectinas, su principal diferencia radica en sus propiedades físico-químicas especiales que los convierten adecuados para diversas

<sup>1</sup> Mejía, M., Gratzfeld, J., Luzio, W., Menis, M., Fick, K., McDowell, L., & Conrad, J. (2010). *Conceptos sobre fisiología de absorción y funciones de los minerales en la nutrición de plantas* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias). Palmira, Colombia.

<sup>2</sup> Dias, M. F. (2020). *Taxa de crescimento, curva de dose-resposta e avaliação da metabolização de amicarbazone por biótipos de Cyperus rotundus L.*, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Disponible en [https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=8468368](https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=8468368)

utilidades en la agricultura, especialmente relacionadas con el manejo de las malezas (Bello-Lara et al., 2016), ciertos mucílagos contienen ácido acético que al entrar en contacto con las malezas actúan como herbicidas de contacto, destruyendo la membrana celular, provocando un desecamiento de los tejidos vegetales (Webber III y Shrefler, 2009) e inhibidor del crecimiento de las plantas (Coloma, Cuesta, Escobar y Serdan, 2022). En las plantas Malvales como el cacao, el mucílago es uno de los principales subproductos, se clasifica dentro de los mucílagos ácidos, compuesto por carbohidratos, proteínas y compuestos fenólicos (Villarroel-Bastidas et al., 2024) y está localizado dentro de la mazorcas cubriendo las almendras (Uvidia, Rivera y Venegas, 2020), que son semillas de tipo recalcitrantes, sensibles a la desecación, se dispersan junto con los tejidos del fruto (carnoso) con altos contenidos de humedad y su viabilidad disminuye significativamente con la pérdida de agua (Doria 2010), motivo por el cual son sembradas en fresco (Uvidia et al., 2020). La composición química del mucílago del fruto de cacao es rica en polisacáridos que pueden afectar negativamente a las malezas por la presencia de ácido acético capaz de ocasionar amarillamiento, necrosis y la muerte de ellas, sin dañar el cultivo de cacao (Marín-Cuevas et al., 2024), además, al ser separado del fruto y ser sometido a un proceso de fermentación anaerobia es capaz de formar una película protectora sobre el suelo capaz de limitar la germinación de las semillas de malezas, actuando como una barrera física (Rangel-Fajardo et al., 2012).

Diversos estudios han demostrado que el uso del mucílago en la agricultura no solo es beneficioso para el control de malezas, sino que también mejora la retención de humedad, la estructura del suelo y al ser aplicado sobre las ramas de cacao puede incrementar los rendimientos (Guerrero, 2022<sup>3</sup>). Su importancia radica en aportar con la mitigación del cambio climático, donde la gestión eficiente de los recursos podría en un futuro reducir la dependencia de moléculas químicas y remplazarlas por métodos de control de malezas naturales y menos invasivos, hacia una transición a la agricultura orgánica (Jiménez-Tamayo, Encalada, Calapucha y Chafa, 2024). En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la eficacia, severidad y fitotoxicidad del mucílago fermentado proveniente de mazorcas de cacao, considerando su potencial alelopático como agente de herbicida para el control de malezas en el cultivo de cacao.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del Área Experimental

La investigación se realizó en la Finca Los Ramones, ubicada en el Recinto Número Siete, Provincia de Los Ríos, Ecuador, en las coordenadas 1° 11' 02" S; 79° 30' 20" O, a 75 m de altitud, un clima tropical húmedo, con una temperatura media anual de 25.8 °C y precipitación media anual de 2145 milímetros.

El área de estudio se ubica en una zona de Bosque Húmedo Tropical, según el sistema de zonas de vida de Holdridge (Holdridge, 1982), el suelo se clasifica como clase II, de topografía regular, tipo de suelo franco con pH medianamente ácido (5.7); altos contenidos de P (24 meq 100 mL), K (0.90 meq 100 mL), Ca (8 meq 100 mL) y Mg (2.8 meq 100 mL); medianos contenidos de materia orgánica (3.1%) y con ciertas limitaciones en sus contenidos de N (15 mg kg<sup>-1</sup>), S (7 mg kg<sup>-1</sup>) y B (0.24 mg kg<sup>-1</sup>).

### Material Genético

Los diferentes tratamientos del presente estudio fueron aplicados para el control de malezas en un monocultivo de cacao clon CCN-51, el cual presentaba excelentes características productivas, como un índice de mazorcas inferior a 16 mazorcas por kilogramo de cacao seco y un índice de almendras superior a 2 g, lo que lo convierte en el clon más productivo y con menor incidencia de enfermedades (Sánchez-Mora et al., 2015). Las parcelas experimentales con una superficie de 27 m<sup>2</sup> (12 m × 2.25 m) cada una y ubicadas en las calles del cacao estuvieron compuestas por clones CCN-51 de cacao homogéneos de crecimiento erecto con un marco de plantación de 3.00 m entre hilera × 2.25 m entre plantas y de baja altura, lo que facilitó la división de las unidades experimentales (Quintana-Fuentes y Gómez-Castelblanco, 2011, Ramos-Remache, Sotomayor, Amores y Rhón, 2023). Antes de la aplicación de los tratamientos, se identificaron y delimitaron las malezas presentes en el área experimental, las cuales fueron identificadas tanto por su nombre común y científico, de acuerdo con el Manual de malezas presentes en cultivos de importancia económica del Ecuador (Santillán, 2017) (Cuadro 1).

<sup>3</sup> Guerrero, O. H. A. (2022). *Uso del mucílago de cacao en el manejo del musgo (Rigodium implexum) afectando al cultivo de cacao en el cantón ventanas*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador.

**Cuadro 1. Malezas de hoja ancha y gramíneas seleccionadas en el experimento.**  
**Table 1. Broadleaf weeds and grasses selected for the experiment.**

Nombre común	Nombre científico
Malezas de hoja ancha	
Lechosa	<i>Euphorbia hirta</i> L.
Bledo	<i>Amaranthus dubius</i> Mart
Escoba dura	<i>Sida rhombifolia</i> L.
Ortiga	<i>Laportea aestuans</i> L.
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Gramíneas	
Caminadora	<i>Rottboellia exaltata</i> L.
Coquito	<i>Cyperus rotundus</i> L.
Rodilla de pollo	<i>Boerhavia decumbens</i> V.

## Tratamientos y Diseño Experimental

Se evaluaron seis tratamientos en diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones, que estuvieron conformados por el mucílago de mazorcas de cacao en diferentes tiempos de fermentación y un testigo, para el control de malezas en el cultivo de cacao. El tratamiento T0 (testigo; sin aplicación), T1 (mucílago fermentado 1 día); T2 (mucílago fermentado 30 días); T3 (mucílago fermentado 60 días); T4 (mucílago fermentado 90 días), T5 (mucílago fermentado 5 años). Los tratamientos fueron aplicados a dosis de 15.12 L por unidad experimental, previa a su aplicación se muestro 1 L de cada tratamientos para determinar el pH y el contenido de ácido acético (%) (Cuadro 2).

## Método de Extracción y Aplicación

El mucílago empleado en los diferentes tratamientos fue extraído de mazorcas fisiológicamente maduras del clon CCN-51, a partir de la pulpa mucilaginososa (maguey) que recubre las almendras. El proceso de fermentación del mucílago inició cinco años antes del estudio para el caso del T5. El proceso de fermentación se realizó de manera anaeróbica y se almacenó adecuadamente hasta el momento de su aplicación (Marín-Cuevas *et al.*, 2024). Para ello, el mucílago se almacenó en tanques plásticos herméticamente cerrados de 50 L, ubicados en un ambiente oscuro, ambiente propicio para el desarrollo de levaduras, bacterias ácido lácticas y ácido acéticas responsables de los cambios bioquímicos que se producen en ella (Rojas-Rojas, Hernández y Mecía, 2021). El mucílago con el proceso de fermentación con distintos periodos de tiempo experimenta cambios significativos,

**Cuadro 2. Tratamientos, pH y Contenido de ácido acético del mucílago de cacao a diferentes tiempos de fermentación anaeróbica.**  
**Table 2. Treatments, pH, and acetic acid content of cocoa mucilage at different anaerobic fermentation times.**

Tratamientos	pH	Ácido acético (%)
T1 (1 días)	3.57	1.18
T2 (30 días)	3.54	1.87
T3 (60 días)	3.98	2.00
T4 (90 días)	3.82	2.17
T5 (5 años)	3.59	6.37

como un aumento en el porcentaje de alcohol y la formación de exopolisacáridos (Cervantes-Contreras y Pedroza, 2008). Antes de su aplicación en las unidades experimentales, el mucílago fue tamizado para eliminar impurezas, con un rendimiento promedio de 4.5 mL de mucílago por kg de grano fresco por hora (Sánchez-Olaya, Rodríguez, Castro y Trujillo, 2019). El equipo utilizado para su aplicación fue una aspersora manual tipo mochila con capacidad de 20 litros.

La cantidad de mucílago fermentado aplicado fue de 3.78 L por unidad experimental de superficie de 27 m<sup>2</sup> (12 m × 2.25 m) cada una y ubicadas en las calles del cacao, su aplicación se realizó de acuerdo con cada tratamiento en una frecuencia quincenal, en horas de la mañana sin presencia de humedad (Alvarado-Aguayo, Carrera y Yance, 2016). Diez días previo a la aplicación se realizó un corte de las malezas a 10 cm sobre el nivel del suelo, para que los tratamientos fueran asperjados homogéneamente. Posteriormente, las malezas fueron seleccionadas previa observación (Cuadro 2), se dejaron 25 plantas correspondientes a cada especie y se les dejó crecer libremente como un evento independiente según la metodología de por Vera *et al.* (2013). Cinco días después de la aplicación de los tratamientos se procedió a evaluar las variables estudiadas.

### Variables Evaluadas

La variable eficacia en la desecación como estrategia de control de malezas en el cultivo de cacao se determinó mediante el cálculo del porcentaje de aquellas arvenses que presentaron síntomas de afectación. Se realizaron dos evaluaciones a los 5 y 10 días después de la aplicación de los tratamientos. Para la variable efecto, se realizó una evaluación visual, con la ayuda de un marco de madera de 0.50 × 0.50 m (0.25 m<sup>2</sup>), según la metodología propuesta por Labrada (1991) y Alemán (2004), se evaluó el porcentaje de maleza utilizando la escala de notas propuesta por la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM, 1974), que va de 0 a 100%; donde 0% equivale a ningún tipo de control y 100% a un excelente control ejercido por el mucílago sobre las malezas (Cuadro 3). Asimismo, se evaluó la altura de planta con una regla graduada en centímetros.

La variable severidad con la que afectó los diferentes tratamientos evaluados a las malezas se caracterizó mediante una escala que indica porcentajes de necrosis o afectación en las hojas de las malezas y luego llevadas a una escala arbitraria de 0 -7 (Cuadro 4). En cada parcela, se seleccionaron al azar diez malezas de cada especie correspondiente a cada tratamiento para la cuantificación.

La determinación de la fitotoxicidad de los diferentes tratamientos evaluados se realizó a los 35 días de la aplicación. Se evaluaron los tratamientos mediante la observación directa del daño ocasionado sobre las malezas, se aplicó la escala de EWRS (European Weed Research Society) como se aprecia en el Cuadro 5 (CIBA-Geigy 1981).

### Análisis Estadístico

A fin de evaluar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad, los datos fueron sometidos a las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene. Dado que no se ajustaron a estos supuestos, el análisis estadístico se realizó mediante pruebas no paramétricas. La comparación entre los seis tratamientos, que consistieron en mucílago de mazorca de cacao fermentado durante distintos periodos para el control de malezas en el cultivo de cacao, se llevó a cabo mediante la prueba de Kruskal-Wallis ( $p \leq 0.05$ ). En los casos donde se detectaron diferencias estadísticamente significativas, se aplicó la prueba de comparación múltiple de medianas de Conover. Todos los análisis fueron efectuados con el software MedCalc® (MedCalc Software bvba, 2014).

**Cuadro 3. Escala de observación utilizada para la evaluación de la eficacia del control de malezas.**  
**Table 3. Observation scale used for evaluating weed control efficacy.**

Porcentaje (%)	Denominación
0 - 40	Ninguno a pobre
41 - 60	Regular
61 - 70	Suficiente
71 - 80	Bueno
81 - 90	Muy bueno
91 - 100	Excelente

**Cuadro 4. Escala de severidad valorada según el porcentaje de necrosis presentada en las hojas de las malezas.**  
**Table 4. Severity scale based on the percentage of necrosis observed on weed leaves.**

Escala	Necrosis foliar (%)
0	0-14
1	15-29
2	30-44
3	45-59
4	60-74
5	75-89
6	90-99
7	100

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

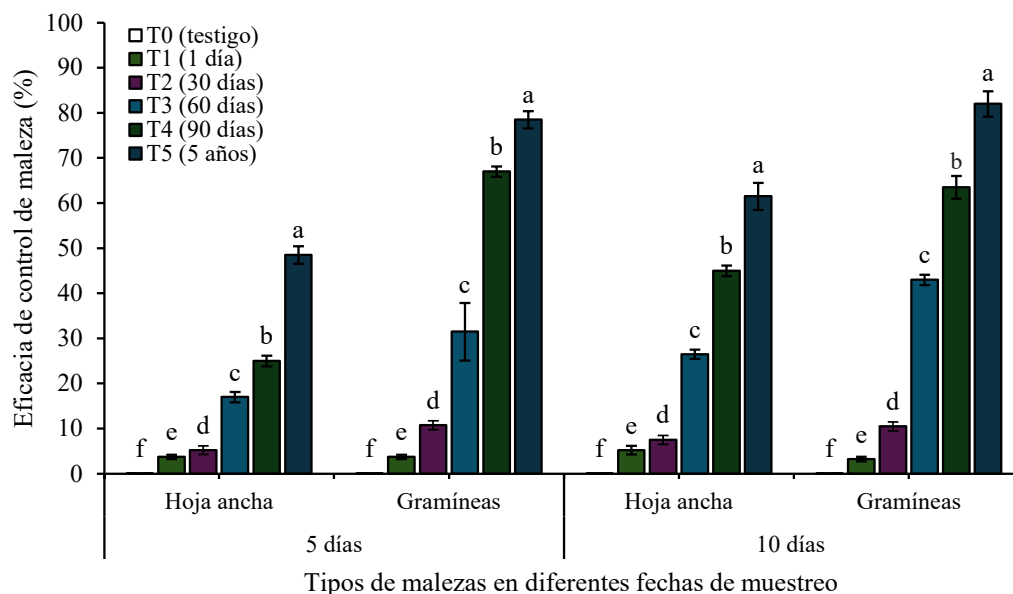
### Eficacia del Mucílago de Cacao sobre la Incidencia de Malezas de Hoja Ancha y Gramíneas

Los resultados mostraron diferencia significativa entre los tratamientos base mucílago de mazorca de cacao fermentado sobre el control de malezas a los 5 y 10 días posteriores a la aplicación tanto en gramíneas como en malezas de hoja ancha ( $p < 0.05$ ), se mostró resistencia en estas últimas, lo cual permite indicar que la aplicación prolongada del mucílago de mazorca de cacao fermentado puede alterar la población de malezas predominantes en el cultivo de cacao, esto se atribuye que las malezas de hoja ancha suelen presentar adaptaciones fisiológicas que les permiten tolerar mayores concentraciones de sustancias alelopáticas, debido a mecanismos como la exudación de compuestos neutralizantes o una mayor plasticidad en la absorción de nutrientes (Figura 1). Estos resultados coinciden con los establecido por Acheampong, Lowor, Owusu-Ansah y Opoku-Ameyaw (2013) quienes indican que el jugo derivado de pulpa de cacao fermentada durante cinco días con concentraciones de 1.86% de ácido láctico y 0.96% de ácido acético y aplicado en especies epífitas presentes en el cultivo de cacao, solo presento efecto fitotóxicos leves. En *Platyserium stemaria*, registró síntomas marginales como decoloración foliar asociada a pérdida de clorofila y manchas necróticas localizadas. En *Bulbophyllum* spp., la respuesta se limitó a clorosis en hojas senescentes, sin afectar significativamente el tejido foliar joven, por lo tanto, el jugo de pulpa de cacao fermentado tiene efecto bioherbicidas.

**Cuadro 5. Escala de fitotoxicidad del mucílago de cacao según EWRS (European Weed Research Society).**  
**Table 5. Phytotoxicity scale of cocoa mucilage according to the EWRS (European Weed Research Society).**

Escala	Fitotoxicidad
1	Ausencia absoluta de síntomas, plantas sanas
2	Síntomas muy leves, cierta atrofia
3	Síntomas leves, pero claramente apreciables, clorosis débil sin necrosis
4	Síntomas más acusados, fuerte clorosis aún sin necrosis
5	Fuerte clorosis o necrosis, diseminadas en manchas pequeñas
6	Clorosis muy fuerte, necrosis al 50%
7	Desecación de la mitad de las hojas
8	Desecación de todas las hojas
9	Desecación de la planta completa, no hay recuperación



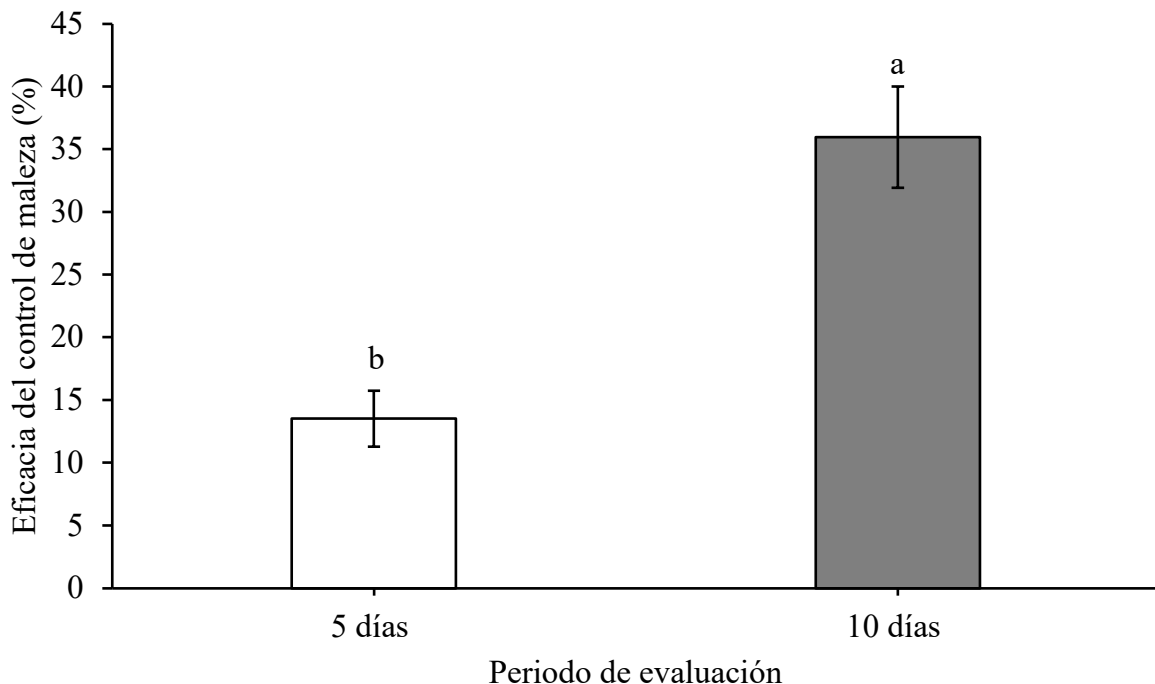


**Figura 1. Eficacia en el control de maleza con aplicación del mucílago de mazorca de cacao con diferentes tiempos de fermentación, a los 5 y 10 días posteriores a la aplicación en un monocultivo del clon CCN-51.** Los resultados se reportan como el promedio  $\pm$  desviación estándar. Valores con letras diferentes en las barras indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figure 1. Weed control efficacy following the application of cocoa pod mucilage fermented for different periods, evaluated at 5 and 10 days after application in a monoculture of clone CCN-51.** Results are reported as mean  $\pm$  standard deviation. Bars with different letters indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ).

A los cinco días después de la aplicación, se observó mayor eficacia en el control de malezas gramíneas con el tratamiento T5 (mucílago fermentado durante 5 años), alcanzando una eficiencia del 78.50%, seguido del tratamiento T4 (mucílago fermentado durante 90 días) con 67.00%, el tratamiento control no presentó control de maleza (Figura 1). Estos hallazgos son similares a los reportados por Marín-Cuevas *et al.* (2024), quienes indican que el mucílago de cacao al 75% presentó eficacia de 86.67% a los 21 días posteriores a la aplicación. Se ha demostrado que este tipo de tratamiento base mucílago de cacao permite controlar diversas malezas de hoja ancha, gramíneas y ciperáceas cuando se aplica en etapas tempranas del desarrollo fenológico (Alvarado-Aguayo *et al.*, 2016). Asimismo, estudios indican eficacias superiores al 90% al utilizar vinagre puro con ácido acético al 12.5% (Montero-Cedeño, Cardoso, Diniz, Cañarte, 2016). En cuanto a los 10 días posteriores a la aplicación, el tratamiento T5 mostró la mayor eficacia, incrementándose al 82% en comparación a los cinco días, siendo superior al resto de los tratamientos. Esto sugiere que el proceso de desecación de las malezas con mucílago de cacao fermentado por menos de 5 años es menos eficiente, ya que ocurre entre 24 y 72 horas, mientras que su efecto de control puede extenderse hasta 45 días (Alvarado-Aguayo *et al.*, 2016). Además, los tratamientos T3 (mucílago fermentado 60 días) y T4 mejoraron su eficacia en un 31.50% y un 67%, respectivamente, a los 10 días de aplicación (Figura 1). De acuerdo a Webber III y Shrefler (2009), encontraron un control de malezas con ácido acético al 20%, sin embargo, su efectividad disminuye con el tiempo. Es importante considerar que el uso de dosis elevadas de concentración de ácido acético podría generar impactos ambientales, particularmente en el suelo, al modificar sus componentes químicos y biológicos. De acuerdo con Sitinjak (2021) quienes indican que una mezcla de 1 mL de glifosato (por debajo de la concentración estándar) con 75 a 150 mL de agua de pulpa de cacao sin fermentar tiene el potencial de controlar las malezas (*Achyranthes aspera* L, *Ageratum conyzoides*, *Alysicarpur vaginalis*, *Asytasia intrusa*, *Cyperus kylingia*, *Echinocloa colonum*, *Mimosa pudica* y *Paspalum conjugatum*) en las plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) después de 3-4 semanas de aplicación.

Al analizar la variable eficacia por fechas posteriores a la aplicación de los tratamientos mostró un efecto significativo ( $p < 0.01$ ) y se presentó un incremento a los 10 días (35.96% de eficacia), en comparación a los 5 días (13.53% de eficacia) (Figura 2). Estos promedios se atribuyen a la variación existente en los contenidos de ácido acético en los diferentes tratamientos, por su propiedad desecante muy similar a los herbicidas sintéticos de contacto y cuya acción no es selectiva, así lo reportaron estudios realizados por Webber III y Shrefler (2009).



**Figura 2. Eficacia en el control de maleza con aplicación del mucílago de mazorca de cacao fermentado a los 5 y 10 días posteriores a la aplicación en un monocultivo del clon CCN-51.** Los resultados se reportan como el promedio  $\pm$  desviación estándar. Valores con letras diferentes en las barras indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figure 2. Weed control efficacy following the application of fermented cocoa pod mucilage, evaluated at 5 and 10 days after application in a monoculture of clone CCN-51.** Results are reported as mean  $\pm$  standard deviation. Bars with different letters indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ).

Los hallazgos obtenidos resultan significativos, ya que demuestran el potencial del mucílago de cacao sometido a fermentación como una opción viable para el manejo de malezas. Estas últimas constituyen uno de los principales obstáculos en la producción cacaotera, y se ha reportado que el empleo de herbicidas puede contribuir a disminuir los costos de manejo, al tiempo que favorece el desarrollo vegetativo del cultivo. En este sentido, la incorporación de alternativas de origen natural, como el mucílago fermentado, se presenta como una estrategia más sustentable y eficaz para mejorar la productividad. Una vía complementaria para el control de malezas en sistemas agrícolas y plantaciones consiste en el uso de bioherbicidas elaborados a partir de residuos líquidos provenientes de la pulpa del cacao (Yazid, 2024).

### Efectividad del Mucílago de Cacao sobre Severidad de Malezas de Hoja Ancha y Gramíneas

La severidad de los diferentes tratamientos sobre las malezas se expresó en la supresión del crecimiento de estas. Se observó un efecto inhibitorio en ambos tipos de malezas por efecto de los tratamientos base mucílago de mazorca de cacao con mayor tiempo de fermentación ( $p < 0.05$ ). A partir de los 5 días, los tratamientos T5, T4 y T3 mostraron un mejor control sobre el crecimiento de las malezas de hoja ancha con promedios de altura de 1.96 cm, 2.06 cm y 2.08 cm, respectivamente, de igual manera los tratamientos T5 y T4 también lograron controlar malezas de hoja angosta con promedios de 5.27 cm y 5.72 centímetros.

A los 10 días a partir de la aplicación se logró mantener la acción inhibitoria del crecimiento de malezas con el tratamiento T5 tanto para malezas de hoja ancha como de hoja angosta (gramíneas) con promedios de 1.29 cm y 9.91 cm, respectivamente. Los resultados son relevantes, dado que la producción natural de ácido acético contenida en el mucílago de cacao cuando se fermenta provoca la inhibición del desarrollo de las malezas, producto del efecto alelopático, lo cual podría ser un control alternativo sostenible de malezas, estos resultados coinciden con los reportados por Montero-Cedeño *et al.* (2016), donde destacan que el uso del mucílago es una alternativa a los altos costos de los herbicidas como del ácido acético comercial (Cuadro 6).



**Cuadro 6. Altura de la planta maleza a los 5 y 10 días de la aplicación del mucílago de mazorca de cacao fermentado por diferentes periodos de tiempo.****Table 6. Weed plant height at 5 and 10 days after application of cocoa pod mucilage fermented for different periods.**

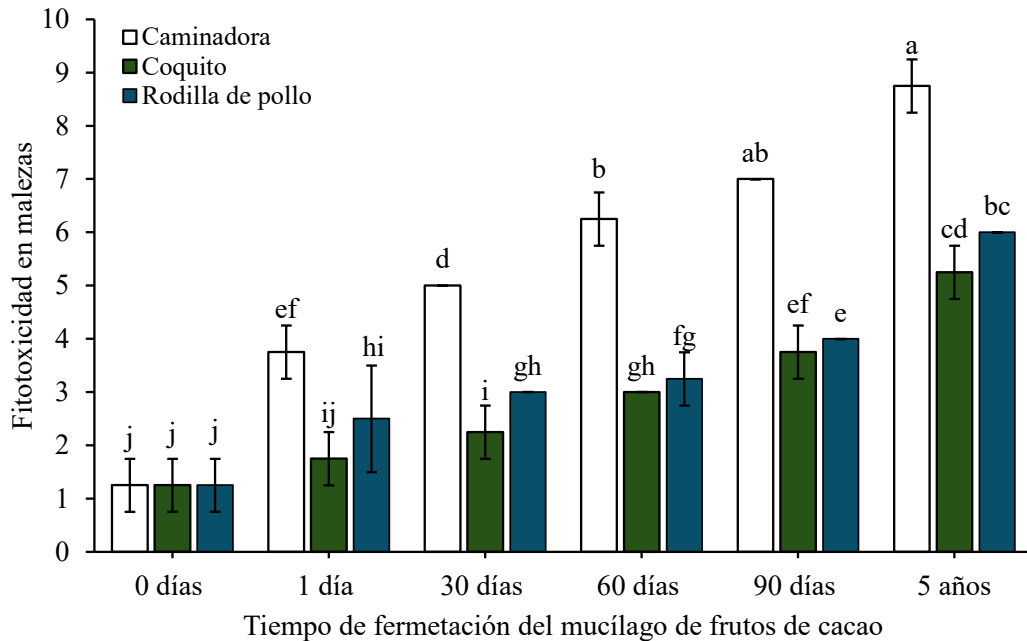
Tratamientos	5 días		10 días	
	Hoja ancha	Gramíneas	Hoja ancha	Gramíneas
	----- cm -----			
T1 (1 día)	3.31 ± 0.028 ab	16.38 ± 2.02 a	5.42 ± 1.17 a	16.67 ± 1.46 a
T2 (30 días)	3.05 ± 0.039 b	10.94 ± 1.18 ab	2.95 ± 1.26 b	11.52 ± 4.13 bc
T3 (60 días)	2.08 ± 0.52 c	7.68 ± 4.25 bc	2.63 ± 0.44 b	12.18 ± 1.89 b
T4 (90 días)	2.06 ± 0.011 c	5.72 ± 3.54 c	2.21 ± 0.45 bc	11.24 ± 1.14 bc
T5 (5 años)	1.97 ± 0.27 c	5.27 ± 1.87 c	1.29 ± 0.92 c	9.91 ± 0.85 c
T0 (Control)	3.77 ± 0.43 a	17.30 ± 6.11 a	8.89 ± 1.46 a	25.60 ± 5.40 a
CV (%)	13.24	33.96	26.35	20.25

Los resultados se reportan como el promedio ± desviación estándar. Valores con letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).  
Results are reported as mean ± standard deviation. Values with different letters within the same column indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ).]

### Fitotoxicidad del Mucílago de Cacao sobre la Resistencia de Malezas de Hoja Ancha y Gramíneas

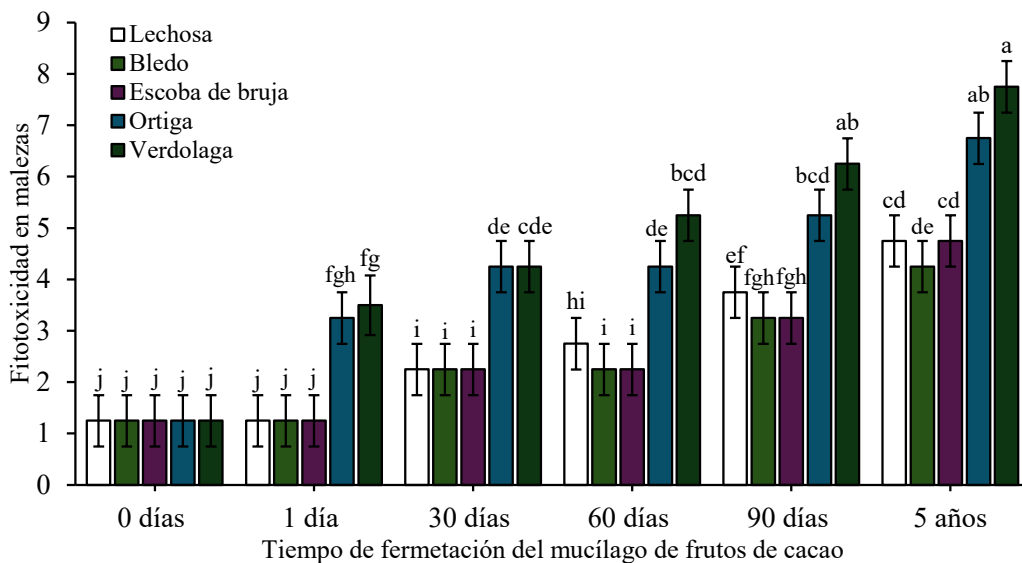
La fitotoxicidad en gramíneas dentro de la escala de observación fue mayor en los tratamientos el mucílago fermentado 5 años y 90 días, con valores promedios de 8.75 y 7.00 para la maleza caminadora (*Rottboellia exaltata* L.), respectivamente, los cuales se caracterizaron por la desecación total y la desecación de la mitad de las hojas, debido a las características biológicas de la planta, como sistema radicular y delgada cutícula (Figura 3). Por otra parte, el coquito (*Cyperus rotundus* L.), presentó resistencia a la aplicación del mucílago de mazorca de cacao independiente al tiempo de fermentación, debido a diversos mecanismos fisiológicos y bioquímicos que ocurrirían en tubérculos subterráneos, que actúan como reservorios de energía y le permiten regenerarse rápidamente tras la aplicación de herbicidas sistémicos o de contacto (Constantin y Maciel, 1999).

La fitotoxicidad causada en malezas de hoja ancha según la escala de observación fue mayor con el mucílago de mazorca de cacao fermentado 5 años (T5) y 90 días (T4) sobre la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) y la ortiga (*Laportea aestuans* L.), de igual forma, el mucílago fermentado con 60 días (T3) registró mayor fitotoxicidad sobre verdolaga, estos tratamientos presentaron plantas con desecación total y así como en la mitad de las hojas y en otros casos acompañada de clorosis muy fuerte, necrosis al 50% (Figura 4). A diferencia de otras malezas, con sistemas radiculares profundos, la verdolaga y ortiga, tienen raíces superficiales que pueden ser más sensibles a los efectos del mucílago, lo que limita su capacidad de absorción de recursos, además, la posición horizontal de las hojas y al poseer una cutícula relativamente delgada facilita su adhesión inmediata del mucílago sobre los tejidos vegetales (Alvarado-Aguayo *et al.*, 2016), produciéndose una mejor absorción del ácido acético, capaz de alterar la permeabilidad celular y afectar la división celular, proceso esencial para su crecimiento (Mejía *et al.*, 2010). Estas sintomatologías coinciden con Montero-Cedeño *et al.* (2016), quienes afirman que los efectos del ácido acético sobre las malezas de hoja ancha incluyen el amarillamiento, necrosis y hasta una eventual muerte por desecación, e incluso, estos promedios se han obtenido con concentraciones de ácido acético inferiores al 12%, lo cual no altera el pH, ni causa impacto negativo sobre la biomasa y actividad microbiana del suelo, así como tampoco se reporta ningún perjuicio sobre la salud humana. En términos generales, los incrementos de las plantaciones y la producción de cacao han generado un creciente interés por parte de las comunidades locales hacia los subproductos derivados de su procesamiento. Entre estos, el extracto de mucílago de cacao destaca por su elevado valor nutricional. En este contexto, el desarrollo de nuevos productos de alto valor añadido a partir del mucílago no solo representa una estrategia viable para mitigar los problemas ambientales asociados a su desecho, sino que también constituye una oportunidad para mejorar los ingresos económicos de la población local, como podría ser utilizar el mucílago fermentado para el control de malezas en los cultivos agrícolas (Tinh, An, Hòa, y Tươi, 2016).



**Figura 3. Fitotoxicidad del mucílago de mazorca de cacao con diferentes tiempos de fermentación sobre las malezas de hoja angosta: caminadora, coquito y rodilla de pollo.** Los resultados se reportan como el promedio  $\pm$  desviación estándar. Valores con letras diferentes en las barras indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figure 3. Phytotoxicity of cocoa pod mucilage fermented for different periods on narrowleaf weeds: caminadora, coquito, and rodilla de pollo.** Results are reported as mean  $\pm$  standard deviation. Bars with different letters indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ).



**Figura 4. Fitotoxicidad del mucílago de mazorca de cacao sobre las malezas de hoja ancha: lechosa, bleado, escoba dura, ortiga y verdolaga.** Los resultados se reportan como el promedio  $\pm$  desviación estándar. Valores con letras diferentes en las barras indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Figure 4. Phytotoxicity of cocoa pod mucilage on broadleaf weeds: lechosa, bleado, escoba dura, ortiga, and verdolaga.** Results are reported as mean  $\pm$  standard deviation. Bars with different letters indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

El tratamiento con mucílago de cacao fermentado durante cinco años (T5) mostró a los 10 días de aplicación, la mayor eficacia en el control de malezas tipo gramíneas, aunque se observó una supresión más significativa en el crecimiento de malezas de hoja ancha. Esta respuesta diferencial podría atribuirse a adaptaciones fisiológicas específicas de hojas ancha, que les permitieron tolerar concentraciones más elevadas de ácido acético. El tratamiento T5 provocó la desecación total y muerte definitiva de *Rottboellia exaltata* L. (caminadora), la desecación completa del follaje de *Portulaca oleracea* (verdolaga) y una desecación parcial en *Laportea aestuans* (ortiga). La concentración de ácido acético mostró una relación directa con el tiempo de fermentación del mucílago, siendo aproximadamente del 6% en el tratamiento T5. Este actuó como un herbicida de contacto natural, no selectivo, cuya eficacia se vio favorecida por las características morfofisiológicas de las malezas afectadas, tales como raíces superficiales, orientación horizontal y una epidermis foliar que facilitó la adherencia del compuesto a los tejidos vegetales. No obstante, un aspecto limitante de su aplicación es su carácter no selectivo, ya que afecta de manera diferencial tanto a gramíneas como a malezas de hoja ancha con excepción del *Cyperus rotundus* (coquito), que mostró mayor resistencia por lo que su uso sin una adecuada planificación dentro de un programa de manejo integrado de malezas podría alterar el equilibrio ecológico y la biodiversidad vegetal del agroecosistema.

## DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

## CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

## DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los conjuntos de datos utilizados o analizados durante el estudio actual están disponibles a pedido razonable del autor correspondiente.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

## FINANCIACIÓN

No aplicable

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Investigación, conceptualización, validación, administración del proyecto, adquisición de fondo: R.A.M.M. y R.K.M.P. Escritura: revisión y edición: R.A.R.R., Y.A.A.P. y B.E.P. Investigación, metodología: R.A.R.R. y R.A.M.M. Escritura: preparación del borrador original, escritura: revisión y edición: J.J.R.P. Curación de datos, análisis de datos: R.A.M.M. y Y.A.A.P. Escritura, revisión, análisis formal: Y.A.A.P., R.A.R.R., J.J.R.P. y B.E.P. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

## AGRADECIMIENTOS

A la Finca cacaotera Los Ramones, de propiedad del Ing. Ramón Macías Pettao, que contribuyó y brindó todas las facilidades para la realización de la presente investigación, así mismo; realizó la donación de los diferentes mucílagos de cacao CCN-51. A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por el apoyo otorgado a través del Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica (FOCICYT) 10<sup>ma</sup> Convocatoria, a través del proyecto PFOC10-24-2024 "Estrategias para mejorar la germinación, crecimiento y conservación de genotipos de *Theobroma cacao* Variedad Nacional en un jardín clonal".

## LITERATURA CITADA

- Acheampong, K., Lowor, S. T., Owusu-Ansah, F., & Opoku-Ameyaw, K. (2013). Use of fermented cocoa pulp juice for the control of non-vascular epiphytes on cocoa. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 8(3), 191-195.
- ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas) (1974). *Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas*. Vol. 1. D.F., México: ALAM.
- Alemán, F. (2004). *Manual de investigación agronómica con énfasis en ciencia de las malezas*. Managua, Nicaragua: Imprimatur Artes Gráficas.
- Alvarado-Aguayo, A., Carrera-Maridueña, M., & Yance-Carvajal, G. (2016). Estudio del impacto en el control natural de malezas a partir del vinagre. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 1, 1-16.
- Bello-Lara, J. E., Morales, R. B., Sumaya-Martínez, M. T., Juárez-López, P., Jiménez-Ruiz, E. I., Sánchez-Herrera, L. M., ... & García-Paredes, J. D. (2016). Biopolímeros de mucílago, pectina de nopalitos y quitosano, como recubrimientos en almacenamiento y vida de anaquel de frutos de aguacate 'Hass'. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2(2), 43-50.
- Bernal-Estrada, J. A., Loaiza-Ruiz, R. A., Monsalve-García, D. A., Barrera-Sánchez, C. F., Córdoba-Gaona, O. D. J., Tamayo-Vélez, Á. D. J., ... & Heredia, F. (2024). Modelo productivo para el cultivo de aguacate Hass en el departamento de Antioquia. Bogotá, Colombia : *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (agrosavia)*. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7407525>
- Cervantes-Contreras, M., & Pedrosa, A. M. (2008). Caracterización microbiológica del pulque y cuantificación de su contenido de etanol mediante espectroscopia Raman. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales*, 20(3), 1-5.
- CIBA-Geigy (1981). *Manual para ensayos de campo en protección vegetal* (2 ed.). Basilea, Suiza: CIBA-Geigy.
- Coloma, T. C., Cuesta, M. A., Escobar, Y. E., & Serdan, L. G. (2022). Elaboración de un herbicida natural a partir de la pulpa mucilagínosa del cacao (*Theobroma cacao*). *Revista DELOS*, 10(29), 1-14.
- Constantin, J., & Maciel, C. D. D. G. (1999). Evaluación de la eficiencia agronómica y selectividad del herbicida halosulfurón en el control del coquillo (*Cyperus rotundus*) en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* sp). *Pesticidas: Revista de Ecotoxicología y Medio Ambiente* 9, 45-64. <https://doi.org/10.5380/pes.v9i0.39602>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74-85.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2023). Anuario estadístico de la FAO año 2014. Consultado 07 abril 2023. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Holdridge, L. R. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). ISBN: 978-92-9039-031-1
- Jiménez-Tamayo, F. M., Encalada-Zumbia, M. C., Calapucha, A. R. M., & Chafa-Moina, S. P. (2024). Estrategias de sostenibilidad y responsabilidad ambiental en el sector agroindustrial. *Green World Journal*, 7(1), 1-13. <https://doi.org/10.53313/gwj71104>
- Labrada, R. (1991). *Métodos para el estudio de las malezas y los herbicidas*. La Habana: ENPES.
- Marín-Cuevas, C. V., Menace-Almea, M. A., Carranza-Patiño, M., Herrera-Feijoo, R. J., & Tuárez-Villacís, G. J. (2024). 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>
- MedCalc Software bvba (2014) *MedCalc Statistical Software User's Guide*. Ostend, Belgium: MedCalc Software bvba.
- Montero-Cedeño, S., Cardoso-Galvão, J. C., Diniz-Melo, C., & Cañarte-Bermúdez, E. (2016). Vinagre como desecante de plantas de cobertura y su efecto en la actividad microbiana del suelo en sistema de siembra directa. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 16, 16-25.
- Plasencia-Vázquez, A. H., Vilchez-Ponce, C. R., Ferrer-Sánchez, Y., & Veloz-Portillo, C. E. (2022). Efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del hongo *Moniliophthora roreri* y el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en Ecuador continental. *Terra Latinoamericana*, 40, 1-14. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1151>
- Quintana-Fuentes, L. F., & Gómez-Castelblanco, S. (2011). Perfil del Sabor del Clon CCN51 del Cacao (*Theobroma cacao* L.) Producido en Tres Fincas del Municipio de San Vicente de Chucurí. *Publicaciones E Investigación*, 5(1), 45-58. <https://doi.org/10.22490/25394088.594>
- Ramos, L. H., Cisneros-Yupanqui, M., Santisteban-Soto, D. V., Lante, A., Favaro, L., Casella, S., & Basaglia, M. (2023). Exploitation of cocoa pod residues for the production of antioxidants, polyhydroxyalkanoates, and ethanol. *Fermentation*, 9(9), 1-18. <https://doi.org/10.3390/fermentation9090843>
- Ramos-Remache, R., Sotomayor-Cantos, K., Amores-Puyutaxi, F., & Rhón-Dávila, F. (2023). Adaptación de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional en el piedemonte de Guasaganda, Cotopaxi, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 2938-2957.
- Rangel-Fajardo, M., Zavaleta-Mancera, H., Córdova-Téllez, L., López-Andrade, A., Delgado-Alvarado, A., Vidales-Fernández, I., & Villegas-Monter, A. (2012). Anatomía e histoquímica de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo mexicano. *Revista Fitotecnia. Mexicana*, 35(3), 189-197.
- Rojas-Rojas, K., Hernández-Aguirre, C., & Mencía-Guevara, A. (2021). Transformaciones bioquímicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) durante un proceso de fermentación controlada. *Agronomía Costarricense*, 45(1), 53-65.
- Sánchez-Ariza, V., Zambrano-Mendoza, J., & Iglesias-Paladines, C. (2019). *La cadena de valor del cacao en América Latina y El Caribe*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina.
- Sánchez-Mora, F., Medina-Jara, S., Díaz-Coronel, G., Ramos-Remache, R., Vera-Chang, J., Vázquez-Morán, V., ... & Onofre-Nodari, R. (2015). Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(3), 265-274.
- Sánchez-Olaya, D. M., Rodríguez-Pérez, W., Castro-Rojas, D. F., & Trujillo-Trujillo, E. (2019). Respuesta agronómica de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) en cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia en Desarrollo*, 10(2), 43-58. <https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.7958>
- Santillán, M. (2017). *Manual de malezas presentes en cultivos de importancia económica del Ecuador*. Quito, Ecuador: Agrocalidad.
- Sitijak, R. R. (2021). Potential of the mixture of cocoa (*Theobroma cacao* L.) pulp water with glyphosate in controlling weeds in oil palm plantations. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 5(11), 1940-1944. <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v5i11.8>
- Tinh, N. T. T., An, N. T., Hoa, H. T. T., & Tuoi, N. T. (2016). A study of wine fermentation from mucilage of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Dalat University Journal of Science*, 6(3), 387-397.
- Uvidia, D. N. V., Rivera, M. A. O., & Venegas, N. Y. V. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 503-524.
- Valdes, Y. B. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10964.19844>
- Vera, J. C., Barahona, J. S. V., Mora, F. D. S., Montúfar, G. H. V., Fiallos, F. R. G., Remache, R. R., ... & Torres, C. V. (2013). Efecto alelopático de Escoba de Bruja (*Moniliophthora perniciosa* stahel.) inoculadas en siete especies de malezas. *Revista Ciencia y Tecnología*, 6(1), 11-15.
- Villarreal-Bastidas, J. V., Argüello-Rivadeneira, J., Mendoza-Zambrano, J., Córdoba, M. G., Rodríguez, A., & Hernández, A. L. (2024). Efecto del mucílago de cacao en la bioconservación de carnes. *ITEA, Información Técnica Económica Agraria*, 120(3), 269-287.
- Webber III, C. L., & Shrefler, J. W. (2009). Vinegar (20% acetic acid) broadcast application for broadleaf weed control in spring-transplanted onions. In L. Brandenberger & L. Wells (Eds.). *2008 Vegetable Trials Report* (pp. 62-64). Stillwater, OK, USA: Oklahoma State University.
- 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*). *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)*, 6(2), 665-673. <https://doi.org/10.36378/juatika.v6i2.3608>