

ORIGINAL

Use of cocoa mucilage (*Theobroma cacao* L.) for the control of weeds in african palm (*Elaeis guineensis*)

Uso del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) para el control de arvenses en palma africana (*Elaeis guineensis*)

Jaime Fabián Vera Chang¹ , Anthony Joel Tobar Nivelá² , Luis Humberto Vásquez Cortez^{3,4} , Fátima Rene Medina Pinoargote³ , Marlon Darlin López Izurieta³ , Hugo Eduardo Córdova Terán³ , Luiggi Steeven López Salvatierra⁵ , Jhoan Alfredo Plua Montiel^{6,7} , Rosa Isabel Narváez Narváez⁷ , Bryan Patricio Ramos Chalaco⁷ , Álvaro Martín Pazmiño Pérez³ , Sanyi Lorena Rodríguez Cevallos⁵ 

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador.

²Estudiante de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas. Ingeniería en Agropecuaria, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus Experimental La María Km, 7 vía al Empalme. Los Ríos, Ecuador.

³Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos, Ecuador.

⁴Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, ICAI-CONICET.

⁵Investigador Independiente.

⁶Department of Food Science and Technology. University of Córdoba. International Campus of Excellence in the AgriFood Sector ceiA3. Córdoba, Spain.

⁷Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura. Av. General Rumiñahui s/n Sangolquí, Ecuador, P.O.BOX: 171-5-231B.

Citar como: Vera Chang JF, Tobar Nivelá AJ, Vásquez Cortez LH, Medina Pinoargote FR, López Izurieta MD, Córdova Terán HE, et al. Use of cocoa mucilage (*Theobroma cacao* L.) for the control of weeds in african palm (*Elaeis guineensis*). Salud, Ciencia y Tecnología. 2025; 5:1832. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20251832>

Enviado: 11-01-2025

Revisado: 28-03-2025

Aceptado: 24-06-2025

Publicado: 25-06-2025

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

ABSTRACT

The use of cocoa mucilage to control weeds in African palm (*Elaeis guineensis*) was evaluated, given the need for sustainable alternatives for weed control. As an objective of the study, the effectiveness of different concentrations of mucilage (0 %, 60 %, 80 % and 100 %) on broad-leaf and narrow-leaf weeds was evaluated. This study was developed by directly applying cocoa mucilage to the experimental plots, evaluating different variables such as weed cover, mortality and biomass weight. The results showed significant differences in weed coverage before and after the application of the bioherbicide. The treatment with broad leaves reached a coverage of 62,37 %, while the treatment with narrow leaves had 50 % coverage. Regarding weed mortality, the treatment with 100 % mucilage and narrow leaf achieved a mortality of 99 %, while the treatment with 60 % mucilage and broad leaf had a mortality of 46 %. Biomass weight, the treatment with broad leaves recorded the highest initial weight of 606 g, but the treatment with 100 % mucilage and narrow leaves had the lowest weight of dead biomass, with only 73 g. In conclusion, treatment with 100 % mucilage and narrow leaf showed the best results in controlling weeds in African palm. This study highlights the potential of mucilage as a bioherbicide and its effectiveness in agriculture.

Keywords: Weeds; Bioherbicide; Biological Control; Mucilage; Palm.

RESUMEN

Se evaluó el uso del mucílago de cacao para controlar arvenses en palma africana (*Elaeis guineensis*), dada la necesidad de alternativas sostenibles para el control de malezas. Como objetivo de estudio se evaluó

la efectividad de diferentes concentraciones de mucílago (0 %, 60 %, 80 % y 100 %) sobre arvenses de hoja ancha y hoja angosta. Este estudio se desarrolló aplicando de manera directa el mucílago de cacao sobre las parcelas experimentales, evaluando diferentes variables como la cobertura de arvenses, mortalidad y peso de la biomasa. Los resultados mostraron diferencias significativas en la cobertura de arvenses antes y después de la aplicación del bioherbicida. El tratamiento con hoja ancha alcanzó una cobertura del 62,37 %, mientras que el tratamiento con hoja angosta tuvo un 50 % de cobertura. En cuanto a la mortalidad de los arvenses, el tratamiento con 100 % de mucílago y hoja angosta logró una mortalidad del 99 %, mientras que el tratamiento con 60 % de mucílago y hoja ancha tuvo una mortalidad del 46 %. El peso de biomasa, el tratamiento con hoja ancha registró el mayor peso inicial de 606 g, pero el tratamiento con 100 % de mucílago y hoja angosta tuvo el menor peso de biomasa muerta, con solo 73 g. En conclusión, el tratamiento con 100 % de mucílago y hoja angosta mostró los mejores resultados en el control de arvenses en palma africana. Este estudio destaca el potencial del mucílago como bioherbicida y su efectividad en la agricultura.

Palabras clave: Arvenses; Bioherbicida; Control Biológico; Mucílago; Palma.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) representa el tercer producto agrícola de exportación más relevante en Ecuador, constituyéndose como un pilar estratégico del sector agroindustrial nacional.⁽¹⁾ De acuerdo con el Censo Agropecuario Nacional, se estima que esta especie se cultiva en aproximadamente 243059 hectáreas bajo sistemas de monocultivo, y en 191272 hectáreas en asociación con otras especies agrícolas, totalizando cerca de 433978 hectáreas dedicadas a su producción.⁽²⁾ Esta extensa superficie cultivada no solo sustenta una economía basada en la exportación, sino que además origina una amplia gama de productos, subproductos y residuos agroindustriales, cuyo aprovechamiento integral constituye una oportunidad clave para el desarrollo sostenible y la innovación tecnológica en la cadena de valor del cacao.⁽³⁾

Actualmente, los subproductos derivados del procesamiento del cacao, en particular el mucílago, han despertado un creciente interés por su potencial en el desarrollo de biocompuestos con aplicaciones agroecológicas, tales como bioherbicidas, biofungicidas e incluso bioinsecticidas.⁽⁴⁾ Esta biomasa secundaria, también conocida como pulpa de cacao, corresponde a una matriz viscosa y translúcida que rodea a las semillas dentro del fruto del *Theobroma cacao* L. Cada fruto contiene entre 30 y 50 semillas, cuyo número, forma y tamaño pueden presentar variabilidad.⁽⁵⁾

Estas semillas, de morfología elipsoidal y aplanada, con longitudes que oscilan entre los 2 y 4 cm, están envueltas por una capa blanquecina y azucarada compuesta predominantemente por tejido parenquimático. La pulpa mucilaginososa está formada por células esponjosas de tipo parenquimatoso, con una elevada concentración de azúcares reductores, pentosas, ácido cítrico y minerales esenciales, lo que la convierte en una fuente valiosa para su valorización agroindustrial.⁽⁶⁾

En los sistemas de producción de palma africana (*Elaeis guineensis*), la presencia de arvenses representa un factor de riesgo fitosanitario significativo, ya que estas especies adventicias pueden actuar como hospedantes alternativos de diversas plagas y enfermedades. Un ejemplo relevante es la marchitez letal, una patología de etiología aún discutida pero atribuida potencialmente a un fitoplasma, el cual es diseminado por insectos del orden Hemiptera que completan su ciclo biológico en múltiples especies de arvenses presentes en las plantaciones.⁽⁷⁾ Ante este riesgo, se vuelve imperativo implementar estrategias eficaces de manejo y control de arvenses en el entorno del cultivo.

Particularmente, el mantenimiento del “plato” zona circular de 2,5 a 3 metros de radio alrededor del estípite constituye una práctica ampliamente adoptada. Esta intervención busca minimizar la competencia interespecífica por recursos esenciales como agua, luz y nutrientes, además de optimizar las labores agrícolas relacionadas con la recolección de racimos, el riego, la fertilización, la recolección de frutos sueltos y la ejecución de acciones sanitarias preventivas.⁽⁸⁾

Considerando la creciente preocupación por el uso intensivo e indiscriminado de insumos agroquímicos una práctica común en más del 85 % de los productores del sector agrícola menciona Vera en el año 2023⁽⁹⁾ y la urgente necesidad de mitigar los impactos ambientales derivados, especialmente sobre los recursos edáficos e hídricos, se hace prioritario promover alternativas sostenibles dentro de los sistemas productivos. Esta necesidad se ve intensificada por la escasa implementación de prácticas de reciclaje de biomasa dentro de las unidades de producción agropecuaria.⁽⁶⁾

En este contexto, el desarrollo e implementación de bioherbicidas se perfilan como una estrategia prometedora para el manejo de arvenses. Estas soluciones biológicas no solo contribuyen a reducir la dependencia de herbicidas sintéticos, sino que también podrían mejorar la eficiencia productiva del agroecosistema y fomentar un manejo más equilibrado y regenerativo de los recursos naturales.⁽¹⁰⁾

En virtud de lo ya mencionado, la finalidad de este estudio se basó en aprovechar un subproducto de origen agroindustrial, como lo es el mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes concentraciones, para el control de arvenses en hojas anchas y angostas en un cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*), promoviendo prácticas agroecológicas incentivando de esta manera la reducción del uso de insumos químicos.⁽¹¹⁾

MÉTODO

Tipo de estudio

El trabajo de investigación corresponde a un estudio experimental de campo, que tuvo un carácter cuantitativo, donde se evaluó las diferentes concentraciones del mucílago de cacao sobre el control de arvenses de hoja ancha y angosta, bajo condiciones agroecológicas específicas.

Localización

El estudio experimental se llevó a cabo en la hacienda “Sarafica”, de propiedad del Sr. Francisco Tobar, localizada en el sector 24 de Mayo, jurisdicción del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador. La unidad productiva se ubica a una altitud de 72 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de 1° 02’ 01,9” de latitud sur y 79° 30’ 48,1” de longitud oeste, condiciones que corresponden a una zona de baja altitud con clima tropical húmedo, características propias de esta región agrícola de alto rendimiento.

Datos agroclimáticos	Promedios
Temperatura °C	24
Humedad relativa media (%)	90
Heliofanía horas luz/año	900
Precipitación mm/año	2298,2
Topografía del terreno	Ligeramente regular

Universo y muestra

El universo estudiado se conformó por la población de arvenses de la unidad productiva. Mientras que la muestra experimental se determinó mediante parcelas delimitadas, a las mismas que se les aplicó ocho diferentes tratamientos, cada uno con tres repeticiones.

Diseño Experimental

El experimento fue estructurado bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA) con un arreglo factorial 4 × 2, correspondiente a dos factores: A (porcentaje de mucílago de cacao aplicado) y B (tipo de arvenses). El factor A incluyó cuatro niveles de concentración (0 %, 50 %, 75 % y 100 % de mucílago), mientras que el factor B contempló dos grupos de arvenses: de hoja ancha y de hoja angosta, dando lugar a un total de ocho tratamientos experimentales. Cada tratamiento fue replicado en tres ocasiones. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el cálculo de la media aritmética y su correspondiente desviación estándar (SD). Previamente a la aplicación del análisis de varianza (ANOVA), se verificó la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, estableciendo un nivel de significancia de $p < 0,05$.

VARIABLES EVALUADAS

Para esta investigación se evaluó las siguientes variables:

Control visual de la cobertura de arvenses: Mediante la observación se estimó el porcentaje del área cubierta por arvenses de cada parcela antes de la primera y segunda aplicación. Para ello, se empleó la escala propuesta por Alam citada en la investigación de Hipo⁽¹²⁾ (tabla 2).

Escala	Denominación
0-20	Desnudo
21-40	Poco cubierto
41-60	Medianamente cubierto
61-80	Altamente cubierto
81-100	Totalmente cubierto

Fuente: Hipo⁽¹²⁾

La evaluación del efecto del tratamiento sobre la mortalidad de las arvenses se llevó a cabo mediante la aplicación de una escala de severidad propuesta originalmente por Alam, citada en el estudio de Méndez⁽¹³⁾ (tabla 3). Esta metodología permitió cuantificar de forma estandarizada el grado de control ejercido por los diferentes tratamientos, facilitando la interpretación comparativa entre las especies de arvenses y los niveles de concentración de mucílago aplicados.

Índice	Nivel de control (%)	Descripción de control
0	0-40	Ninguno a pobre
1	41-60	Regular
2	61-70	Suficiente
3	71-80	Bueno
4	81-90	Muy bueno
5	91-100	Excelente

Fuente: Méndez⁽¹³⁾

Peso de biomasa verde de arvenses: se retiraron los arvenses presentes en cada una de las parcelas en las que se aplicaron los distintos tratamientos al final del ensayo, con la finalidad de determinar el peso de la biomasa verde restante.⁽¹²⁾

Consideraciones éticas

Esta investigación no tuvo como unidad de estudio a humanos ni animales, por lo que no fue necesario someter este trabajo a un comité de ética. Sin embargo fueron cumplidos los principios de bioseguridad, manejo responsable de residuos y no existió ninguna afectación al medio ambiente, ni a ninguno de los cultivos.

RESULTADOS

Promedio de la cobertura de arvenses

En la tabla 4, la cobertura de arvenses evaluada a los 15 días posteriores a la primera limpieza mostró valores promedio que oscilaron entre 43,67 % y 62,67 %. El tratamiento T1 (60 % mucílago + hoja ancha), presentó la mayor cobertura registrada (62,67 %), mientras que el tratamiento T4 (80 % mucílago + hoja angosta), evidenció la menor cobertura (43,67 %). No obstante, al evaluar la variable a los 15 días tras la segunda aplicación, se observó una inversión significativa en los resultados: el tratamiento control (T01) alcanzó la cobertura más alta, con un promedio del 70,33 %, en contraste con el tratamiento T6 (100 % mucílago + hoja angosta), que mostró una cobertura residual mínima del 2,33 %, indicando un control efectivo de la población de arvenses bajo estas condiciones.

Tratamientos	Porcentaje de cobertura 15 días		Porcentaje de cobertura 30 días	
	Porcentaje	Letra	Porcentaje	Letra
T01	61,33	a	70,33	a
T02	46,67	b	58,00	b
T1	62,67	a	53,00	b
T2	50,00	b	39,00	c
T3	61,67	a	39,00	c
T4	43,67	b	23,67	d
T5	61,33	a	15,00	e
T6	44,67	b	2,33	f
Media	54,00		37,54	
CV (%)	4,40		4,64	
Error estándar	5,64		3,03	

Mortalidad de arvenses

En la tabla 5 evidencian que el tratamiento T6 (100 % mucílago + hoja angosta), mostró la mayor eficacia,

registrando una mortalidad del 93 % a los 15 días tras la primera aplicación, la cual se incrementó hasta alcanzar el 99 % luego de la segunda aplicación. En contraste, el tratamiento T1 (60 % mucílago + hoja ancha) presentó la menor efectividad, con niveles de mortalidad de 39,67 % y 46 % a los 15 días después de la primera y segunda aplicación, respectivamente. Estos resultados confirman la existencia de diferencias significativas tanto entre los niveles de concentración del mucílago (factor A: 0 %, 60 %, 80 % y 100 %) como entre los tipos morfológicos de arvenses evaluados (factor B: hojas anchas vs. hojas angostas), subrayando la interacción diferencial en la respuesta biológica de las especies adventicias frente a los tratamientos aplicados.

Tratamientos	Mortalidad a los 15 días	Mortalidad a los 30 días
T01	0,00	0,00 g
T02	0,00	0,00 g
T1	39,67	46,00 f
T2	55,33	58,33 e
T3	71,67	79,00 d
T4	82,67	89,67 b
T5	79,67	86,67 c
T6	93,00	99,00 a
Media	52,75	57,33
CV (%)	1,93	1,47
Error estándar	1,04	0,71

Peso de biomasa en arvenses

Los resultados presentados en la Tabla 6, demostraron que existen diferencias altamente significativas (valor $P \leq 0,05$) entre los tratamientos. Por lo tanto, se demostró que el tratamiento T5 obtuvo la mayor biomasa verde hoja ancha con un peso 606 g después de la limpieza y la menor de T02 con 324 g, por consiguiente el tratamiento T01 mostro el mayor peso 572,33 g y el menor peso fue del tratamiento T6 con 73,00 g de biomasa muerta después de la segunda aplicación lo cual indica que existen diferencias significativas entre el factor A (mucílago 0, 60, 80 y 100 %) y factor B (arvenses hojas anchas y arvenses hojas angostas) evaluados en esta investigación.

Tratamientos	Peso (g) Biomasa inicial	Peso (g) Biomasa final
T01	539,00	572,33
T02	324,00	363,33
T1	564,33	479,67
T2	332,67	215,67
T3	594,67	327,67
T4	363,67	121,00
T5	606,00	199,67
T6	397,67	73,00
Media	465,25	290,29
CV (%)	0,69	2,63
Error estándar	10,31	58,40

DISCUSIÓN

Los resultados que fueron obtenidos demuestran que el mucílago del cacao demuestra gran eficacia como agente bioherbicida en situaciones de campo, en particular cuando es aplicado en concentraciones más elevadas como (80 % y 100 %) y se realizan aplicaciones de manera secuencial. En el lapso de 15 días luego de la segunda aplicación, el tratamiento T6, permitió que se redujera la cobertura vegetal a apenas un 2,33 %, lo cual permitió alcanzar una mortalidad del 99 %, lo que evidenció un control sobresaliente.

En contraste con los resultados obtenidos en la presente investigación, Aguilera⁽¹⁴⁾ reportó una cobertura máxima de malezas del 60 % y una mínima del 18 %, mientras que Pérez⁽¹⁵⁾ informaron valores aún más elevados, con un rango de cobertura entre 69,33 % y 48,00 %. Estos valores superan en general a los observados en este estudio, donde a los 15 días posteriores a la limpieza se registró una cobertura máxima de 62,67 % (tratamiento T1) y una mínima de 43,67 % (tratamiento T4). Sin embargo, después de la segunda aplicación, el tratamiento control alcanzó una cobertura de hasta 70,33 %, mientras que el tratamiento T6 (100 % mucílago + arvenses de hoja angosta) redujo la cobertura de manera drástica a tan solo 2,33 %, evidenciando una mayor eficacia en el control biológico.

Las discrepancias entre los estudios pueden atribuirse a las diferencias metodológicas: Aguilera⁽¹⁴⁾ empleó una combinación de glufosinato con mucílago de cacao en una única aplicación, mientras que en el presente ensayo se evaluaron distintas concentraciones de mucílago puramente natural, aplicadas en dos ocasiones. Esta estrategia pudo haber potenciado el efecto herbicida progresivo y sostenido del mucílago, particularmente en arvenses de hoja angosta.

Según Plúas⁽¹⁶⁾ en la aplicación T4 glifosato + mucílago (2 litros + 1 litro) obtuvo una mortalidad de las plantas (arvenses) del 92 % y al usar el T1 glifosato (1 ½ litro) se registró el 75 % de mortalidad. Macías⁽¹⁷⁾ presentó en su investigación que la aplicación del T5 con tiempo de fermentación de mucílago 5 años obtuvo una mortalidad de las plantas (arvenses) del 99,5 % y al usar el T1 con tiempo de fermentación de mucílago 1 día se registró el 58,33 % de mortalidad.

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que el tratamiento T6 (100 % de mucílago + arvenses de hoja angosta) alcanzó una mortalidad del 99 % a los 15 días después de la segunda aplicación, mientras que el tratamiento T1 (60 % de mucílago + arvenses de hoja ancha) reportó un promedio de mortalidad del 46 % en el mismo periodo. Estos valores difieren significativamente de los reportados por Plúas⁽¹⁶⁾, quien utilizó concentraciones únicas de mucílago, sin variar los niveles de dosificación ni aplicar un esquema secuencial de tratamientos. En cambio, en este estudio se evaluaron cuatro concentraciones (0 %, 60 %, 80 % y 100 %) con un régimen de dos aplicaciones a intervalos de 15 días, lo que pudo haber influido directamente en la eficacia diferencial observada.

Asimismo, se evidencian discrepancias con los hallazgos de Macías⁽¹⁷⁾, quien reportó tasas de mortalidad superiores, posiblemente debido al uso de mucílago con un mayor tiempo de fermentación (cinco años), lo cual pudo haber incrementado la concentración y estabilidad de compuestos bioactivos responsables de la acción herbicida. En contraste, el mucílago empleado en el presente estudio fue sometido a un proceso de fermentación de solo 15 días. A pesar de ello, los resultados fueron altamente alentadores, con niveles de eficacia comparables en algunos tratamientos, lo que sugiere que incluso períodos cortos de fermentación pueden generar extractos funcionales con potencial bioherbicida, especialmente si se emplean en concentraciones elevadas y con aplicaciones repetidas.

El estudio desarrollado por Chu⁽¹⁸⁾, en el cual se evaluó el efecto del vinagre elaborado a partir de ramas de manzano sobre arvenses de hoja ancha cultivadas en macetas de 0,10 m × 0,10 m, reportó un peso máximo de biomasa verde de 2,5 g en condiciones sin tratamiento (75 % de supervivencia), y un valor mínimo de 0,5 g tras la aplicación del vinagre, alcanzando un 95 % de mortalidad. Aunque estos resultados evidencian una respuesta eficaz al tratamiento, las magnitudes de biomasa evaluadas fueron sustancialmente inferiores a las registradas en el presente estudio, principalmente debido a la diferencia en escala experimental.

En esta investigación, el tratamiento control (T01) alcanzó un peso máximo de biomasa muerta de 572,33 g, mientras que el tratamiento T6 (100 % mucílago + arvenses de hoja angosta) presentó un peso mínimo de 73,00 g a los 15 días posteriores a la segunda aplicación. Cabe destacar que estos valores se obtuvieron en parcelas experimentales de mayor extensión (2 m × 2 m), lo que proporciona una base más representativa para evaluar el impacto a campo. Esta diferencia metodológica resalta la efectividad del mucílago de cacao como bioherbicida en condiciones de mayor escala, con capacidad significativa para reducir la biomasa de arvenses de forma progresiva y sostenible.

De forma generalizada, los resultados obtenidos confirman la eficiencia del mucílago de cacao como bioherbicida está determinada por la concentración que fue empleada, también por la frecuencia de aplicación y el tipo de arvenses presente. La acción acumulativa observada tras dos aplicaciones sugiere que el mucílago actúa de forma progresiva, posiblemente gracias a compuestos fenólicos, ácidos orgánicos o microorganismos fermentativos presentes en el extracto, como lo sugieren Delgado⁽¹⁹⁾, quienes analizaron la composición química de residuos del cacao.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió cuantificar la cobertura inicial de arvenses antes de la aplicación de tratamientos bioherbicidas a base de mucílago de cacao, observándose una alta incidencia de especies de hoja ancha y una cobertura moderada en aquellas de hoja angosta. Esta distribución inicial reveló diferencias en la respuesta de los biotratamientos, evidenciando una variabilidad en la eficacia según el tipo morfológico de las arvenses.

Los resultados experimentales demostraron que el tratamiento T6 (100 % de mucílago + arvenses de hoja angosta) fue el más eficaz en la inducción de mortalidad, seguido por el T4 (80 % de mucílago + hoja angosta), lo que confirma el potencial fitotóxico del mucílago de cacao como insumo bioherbicida de origen natural. Esta eficacia diferencial destaca su utilidad en programas de manejo integrado de arvenses en sistemas de producción de palma africana, especialmente en el control de especies graminoides.

Asimismo, la evaluación del peso de biomasa verde al final del ensayo permitió valorar el impacto de los tratamientos sobre el crecimiento vegetativo de las especies adventicias. Si bien se observaron diferencias entre los tratamientos en cuanto al peso inicial y final de biomasa, se evidenció una reducción significativa en el tratamiento T6, lo cual respalda su efectividad en la supresión del desarrollo de arvenses de hoja angosta. Estos hallazgos refuerzan el valor del mucílago de cacao como alternativa agroecológica prometedor para sustituir parcialmente el uso de herbicidas sintéticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vera J, Radice M, Vásquez L, Intriago F. Peril químico de 12 clones tipo Nacional de pasta de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Univeridad Y Soc.* 2024;16(1):126-36. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/4311>
2. Vásquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju N, Prasad R. Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Discov Food.* 2024;4(163):1-13. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44187-024-00205-5>
3. Vásquez L, Pulgar N, Ponce G, Palma J. Valorización del mucílago de cacao, estrategias para mitigar el desperdicio y fomentar la sostenibilidad. *InvestiGo.* 2023;4(8):47-56. <https://www.revistainvestigo.com/EditorInvestigo/index.php/hm/article/view/58>
4. Vera R, Vera J, Vásquez L, Cobos F, Rodriguez S, Pazmiño Á, et al. Efecto del mucilago de cacao adicionando con tres niveles de vinagre y melaza como herbicida en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Rev Soc Científica del Paraguay.* 2025;30(1):1-13. <https://sociedadcientifica.org.py/ojs/index.php/rscopy/article/view/425>
5. Torres A, Vásquez L, Vera J, Alvarado K, Intriago F. Extraction of cocoa powder for the preparation of a drink by adding mucilage and guava. *Sarhad J Agric.* 2023;39(2):1-10. <https://researcherslinks.com/current-issues/Extraction-Cocoa-Powder-Preparation-Drink-Guava/14/32/7271>
6. Intriago F, Chávez G, Vásquez L, Alvarado K, Escobar R, Vera J, et al. Evaluación del contenido de cadmio y caracterización fisicoquímica de almendras y pasta de cacao (*Theobroma cacao*). *Innovaciencia.* 2023;11(1):1-11.
7. Ramos F, Arias S. Identificación taxonómica de arvenses presentes en el cultivo de palma aceitera. *Rev Cient Ecuatoriana.* 2015;1(1):1-12. <https://revistaecuadoreaescalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadoreaescalidad/index.php/revista/article/view/72>
8. Rivera Y, Ayala I, Romero H. Respuestas fisiológica de la palma de aceite a la aplicación de herbicidas al plato. *Rev Palmas.* 2020;41(2):27-37. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13165>
9. Vera J, Benavides J, Vásquez L, Alvarado K, Reyes J, Intriago F, et al. Effects of two fermentative methods on cacao (*Theobroma cacao* L.) Trinitario, induced with *Rhizobium japonicum* to reduce cadmium. *Rev Colomb Investig Agroindustriales.* 2023;10(1):95-106.
10. Vásquez L, Vera J, Erazo C, Intriago F. Induction of *rhizobium japonicum* in the fermentative mass of two varieties of cacao (*Theobroma Cacao* L.) as a strategy for the decrease of cadmium. *Int J Health Sci (Qassim).* 2022;3(April):11354-71.
11. Intriago F, Alvarado K, Vera J, Vásquez L, Tigselema S, Verduga C. Post-harvest quality of cacao (*Theobroma cacao* L.) for the chocolate industry. In: García L, Naga M, Zambrano F, Aguilar D, editors. *Sustainable Cacao Cultivation in Latin America.* 1st ed. London: Routledge; 2024. p. 270-91. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003381761-17/post-harvest-quality-cacao-theobroma-cacao-chocolate-industry-frank-intriago-flor-kerly-alvarado-v%C3%A1squez-jaime-vera-chang-luis-v%C3%A1squez-cortez-solanyi-tigselema-zambrano-cristhian-verduga-l%C3%B3pez>

12. Hipo M. Aplicación de mucilago de semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el control de malezas. Universidad Técnica de Ambato; 2017. p. 1-67. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/143e8de8-5dc7-45ee-999e-013309df788d>
13. Mendez G. Evaluación de extractos vegetales con potencial para el control de malezas en agricultura orgánica. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2019. p. 1-70. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/dbc8beb2-dcc0-44f9-8eb8-0dc356480ba7>
14. Aguilera A. Efectos del glufonato más mucilago de cacao sobre malezas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Universidad Agraria del Ecuador; 2022. p. 1-58. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AGUILERA%20NACEPUCHA%20ANGELA%20LUCIA.pdf>
15. Pérez M, López D. Evaluación del biocontrol de malezas utilizando aguas mieles de cacao en la EEA EL PORVENIR-INIA, 2018. Universidad César Vallejo; 2019. p. 1-87. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31562>
16. Pluas G. Efecto de herbicida sistémico químico más mucilago de cacao en el cultivo de banano (*Musa AAA*). Universidad Agraria del Ecuador; 2022. p. 1-60. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PLUAS%20CHONILLO%20GINO%20JICKSON.PDF>
17. Macías R. Uso del mucilago para el control de malezas en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2022. p. 1-77. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/94837d92-8da7-4907-81e4-c8c052737ee1>
18. Chu L, Liu H, Zhang Z, Zhan Y, Wang K, Yang D, et al. Evaluation of Wood Vinegar as an Herbicide for Weed Control. *Agronomy*. 2022;12(12):1-13. <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/12/3120>
19. Delgado-Ospina J, Esposito L, Molina-Hernandez JB, Pérez-Álvarez JÁ, Martuscelli M, Chaves-López C. Cocoa Shell Infusion: A Promising Application for Added-Value Beverages Based on Cocoa's Production Coproducts. *Foods*. 2023;12(13):2442.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Jaime Fabián Vera Chang, Luis Humberto Vásquez Cortez, Anthony Joel Tobar Nivelá, Jhoan Alfredo Plua Montiel.

Curación de datos: Luis Humberto Vásquez Cortez, Sanyi Lorena Rodríguez Cevallos, Fátima Rene Medina Pinoargote, Sanyi Lorena Rodríguez Cevallos.

Análisis formal: Luis Humberto Vásquez Cortez, Marlon Darlin López Izurieta, Álvaro Martín Pazmiño Pérez.

Investigación: Jaime Fabián Vera Chang, Luis Humberto Vásquez Cortez, Anthony Joel Tobar Nivelá, Sanyi Lorena Rodríguez Cevallos, Fátima Rene Medina Pinoargote.

Metodología: Jaime Fabián Vera Chang, Luis Humberto Vásquez Cortez, Jhoan Alfredo Plua Montiel.

Administración del proyecto: Jaime Fabián Vera Chang, Luis Humberto Vásquez Cortez.

Recursos: Jaime Fabián Vera Chang.

Software: Jhoan Alfredo Plua Montiel, Luiggi Steeven López Salvatierra, Bryan Patricio Ramos Chalaco, Rosa Isabel Narváez Narváez.

Supervisión: Jaime Fabián Vera Chang, Luis Humberto Vásquez Cortez.

Validación: Marlon Darlin López Izurieta, Anthony Joel Tobar Nivelá, Bryan Patricio Ramos Chalaco, Rosa Isabel Narváez Narváez, Hugo Eduardo Córdova Terán.

Visualización: Sanyi Lorena Rodríguez Cevallos, Jhoan Alfredo Plua Montiel.

Redacción - borrador original: Jaime Fabián Vera Chang, Anthony Joel Tobar Nivelá, Sanyi Lorena Rodríguez Cevallos, Luis Humberto Vásquez Cortez.

Redacción - revisión y edición: Luis Humberto Vásquez Cortez, Jaime Fabián Vera Chang.