

Artículo Original
Original Article

EFFECTOS DEL MUCILAGO DE CACAO ADICIONANDO CON TRES NIVELES DE VINAGRE Y MELAZA COMO HERBICIDA EN EL CULTIVO DEL CACAO (Theobroma cacao L.)
EFFECTS OF COCOA MUCILAGE SUPPLEMENTED WITH THREE LEVELS OF VINEGAR AND MOLASSES AS A HERBICIDE IN COCOA (Theobroma cacao L.)

Raúl Enrique Vera Montoya

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Maestría en Agronomía mención Producción Agrícola Sostenible. Quevedo, Ecuador.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0358-223X>

Jaime Fabián Vera Chang

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Industria y Producción. Quevedo, Ecuador.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6127-2307>

Luis Humberto Vásquez Cortez

Universidad Técnica de Babahoyo, Carrera de Agroindustria. Babahoyo, Ecuador.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1850-0217>

Fernando Javier Cobos Mora

Universidad Técnica de Babahoyo, Carrera de Agroindustria. Babahoyo, Ecuador.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>

Sanyi Lorena Rodríguez Cevallos

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Carrera en Alimentos. Quevedo, Ecuador.

Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-4684-9587>

Álvaro Martín Pazmiño Pérez

Universidad Técnica de Babahoyo, Carrera de Agropecuaria. Babahoyo, Ecuador.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9869-253X>

Juan Andrés Villamarín Barreiro

Universidad de Zulia, Facultad de Agronomía Luz. Zulia, Venezuela.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5615-0209>

Autor corresponsal: Fernando Javier Cobos Mora: fcobos@utb.edu.ec

Cómo citar este artículo:

Vera Montoya RE, Vera Chang JF, Vásquez Cortez LH, Cobos Mora FJ, Rodríguez Cevallos SL, Pazmiño Pérez AM, et al. Efectos del mucilago de cacao adicionando con tres niveles de vinagre y melaza como herbicida en el cultivo del cacao (theobroma cacao L.). Rev. Soc. cient. Parag. 2025;30(1):01-13.

RESUMEN

La investigación se efectuó en la finca "Tres Potrillas", del cantón Ventanas, provincia de Los Ríos – Ecuador, en los meses de marzo y abril 2022. El objetivo fue aprovechar el mucilago de cacao con vinagre y utilizarlo como herbicida en el cultivo de cacao para el control de malezas. Para ello, se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con diseño Trifactorial, siendo el Factor A la concentración de mucilago (0, 25, 50 y 100 %), el Factor B la concentración de vinagre, (25,50 y 75%), y Factor C la poda (con poda y sin poda), dando un total de veinticuatro tratamientos y dos repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Rendimiento (kg/ha/año), número de malezas controladas, porcentaje de afectación a las malezas (%), porcentaje de afectación foliar y floral (%). Los resultados obtenidos mostraron que el T24 destacó en las variables rendimiento, porcentaje de afectación a las malezas, porcentaje de afectación foliar y floral, mientras que, en contraparte, T1 se mostró como el tratamiento menos conveniente al obtener los menores registros, a excepción de la variable número de malezas controladas donde no existieron diferencias

significativas. Finalmente se concluye que, el uso combinado de mucílago (100%) + vinagre (75%) sin poda (T24), presenta un gran potencial de control de malezas, y con ello permite mejorar los parámetros productivos en el cultivo de *T. cacao*.

Palabras clave: bioproductos; control de malezas; mucílago de cacao; cacao, vinagre.

ABSTRACT

The research was carried out on the "Tres Potrillas" farm, in the Ventanas canton, Los Ríos province - Ecuador, during the months of March and April 2022. The objective was to take advantage of cocoa mucilage with vinegar and use it as a herbicide in cocoa crops for weed control. For this, a Randomized Complete Block Design (RCBD) was used, with a three-factor design, where Factor A is the mucilage concentration (0, 25, 50 and 100%), factor B being the vinegar concentration (25, 50 and 75%), and factor C is the pruning (with and without pruning), resulting in a total of twenty-four treatments and two repetitions. The variables evaluated were: Yield (kg/ha/year), number of weeds controlled, percentage of weed damage (%), and percentage of foliar and floral damage (%). The results obtained showed that T24 stood out in the terms of variables yield, percentage of weed damage, percentage of foliar and floral damage. T1, on the other hand, proved to be the least convenient treatment by obtaining the lowest records, except for the variable number of weeds controlled where there were no significant differences. Finally, it was concluded that the combined use of mucilage (100%) + vinegar (75%) without pruning (T24), presents a great potential for weed control, thus allowing for improved productive parameters in the cultivation of *T. cacao*.

Keywords: bioproductos; weed control; cocoa mucilage; cocoa; vinegar.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), representa uno de los rubros de mayor importancia económica para el Ecuador, ocupando el tercer lugar de las exportaciones no petrolera⁽¹⁾. En relación a su producción, así como el de otros cultivos de interés, los científicos Silveria y otros⁽²⁾ han llegado a indicar que uno de los puntos de inflexión en términos de calidad son las aplicaciones excesivas de pesticidas, lo que ha generado deterioro del suelo, erosión, salinización y pérdida de biodiversidad.

Tales problemas se agravan más ante la falta de información, la sobredosificación de productos convencionales, las malas prácticas de almacenamiento y la disposición final de los desechos por parte de los agricultores y demás actores agrícolas⁽³⁾. Ejemplo de lo anterior, es el método de control de las malezas en base al uso de portafolios *herbicidas*, los cuales además de generar contaminación ambiental (aire, agua y suelo), pueden llegar a causar afectaciones a la salud del ser humano⁽⁴⁾.

La utilización indiscriminada de *herbicidas* químicos en el cultivo de cacao ha ocasionado importantes pérdidas debido a la elevada cantidad de toxinas que se pueden acumular en la almendra⁽⁵⁾. Por tal motivo, grandes industrias y certificaciones de cacao a nivel mundial han prohibido el uso de pesticidas químicos, dado que al momento de realizar los análisis de laboratorios se ha podido detectar la presencia de estas moléculas ocasionando pérdidas en toda la cadena de producción⁽⁶⁾. Adicionalmente, el alto costo de estos insumos utilizados en el manejo del cultivo representa un rubro de gran cuantía para el productor, quien frecuentemente se ve afectado debido a las costosas inversiones de producción⁽⁷⁾ y bajos precios de venta, generando pérdidas en sus utilidades. En virtud de lo anterior, se desarrolló el presente trabajo, que buscó evaluar los efectos del mucílago de cacao adicionado con tres niveles de vinagre y melaza como herbicida en el cultivo del cacao.

METODOLOGIA

En la presente investigación se planteó la siguiente hipótesis; la aplicación de mucílago de cacao enriquecido con diferentes niveles de vinagre y melaza tiene un efecto significativo en el control de malezas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), proporcionando una alternativa ecológica a los herbicidas sintéticos.

Localización del estudio: La investigación se llevó a cabo entre marzo y abril del 2022, en la finca "Tres Potrillas", del cantón Ventanas, de la de la provincia de Los Ríos, Ecuador, exactamente en las coordenadas 1°22'49.8720" Latitud Sur y 79°26'02.3892" Longitud Oeste, a una altura de 35 m s. n. m.

Tratamientos de estudio: En la presente investigación se plantea los tratamientos de estudio y se describen los tratamientos estudiados en campo en cómo se detalla en la (Tabla 1).

Trat. ¹	Código	Detalle
T1	c0v1p1	Concentración A0 (0%) más vinagre (B1) (25%) con poda (C1)
T2	c0v1p2	Concentración A0 (0%) más vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)
T3	c0v2p1	Concentración A0 (0%) más vinagre (B2) (50%) con poda (C1)
T4	c0v2p2	Concentración A0 (0%) más vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)
T5	c1v3p1	Concentración A1 (25%) más vinagre (B3) (75%) con poda (C1)
T6	c1v3p2	Concentración A1 (25%) más vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)
T7	c1v1p1	Concentración A1 (25%) más vinagre (B1) (25%) con poda (C1)
T8	c1v1p2	Concentración A1 (25%) más vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)
T9	c1v2p1	Concentración A1 (25%) más vinagre (B2) (50%) con poda (C1)
T10	c2v2p2	Concentración A2 (50%) más vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)
T11	c1v3p1	Concentración A1 (25%) más vinagre (B3) (75%) con poda (C1)
T12	c1v3p2	Concentración A1 (25%) más vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)
T13	c2v1p1	Concentración A2 (50%) más vinagre (B1) (25%) con poda (C1)
T14	c2v1p2	Concentración A2 (50%) más vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)
T15	c2v2p1	Concentración A2 (50%) más vinagre (B2) (50%) con poda (C1)
T16	c2v2p2	Concentración A2 (50%) más vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)
T17	c2v3p1	Concentración A2 (50%) más vinagre (B3) (75%) con poda (C1)
T18	c2v3p2	Concentración A2 (50%) más vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)
T19	c3v1p1	Concentración A3 (100%) más vinagre (B1) (25%) con poda (C1)
T20	c3v1p2	Concentración A3 (100%) más vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)
T21	c3v2p1	Concentración A3 (100%) más vinagre (B2) (50%) con poda (C1)
T22	c3v2p2	Concentración A3 (100%) más vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)
T23	c3v3p1	Concentración A3 (100%) más vinagre (B3) (75%) con poda (C1)
T24	c3v3p2	Concentración A3 (100%) más vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

¹ Trat.: Tratamiento

Diseño experimental y análisis estadístico: Para evaluar el efecto del mucílago de cacao y la melaza en combinación con vinagre como herbicida en el cultivo de cacao, se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un arreglo trifactorial.

El Factor A correspondió a las concentraciones de mucílago de cacao y melaza, establecidas en cuatro niveles: 0% (control), 15% de mucílago + 10% de melaza (25%), 25% de mucílago + 25% de melaza (50%) y 50% de mucílago + 50% de melaza (100%). El Factor B representó la concentración de vinagre, con tres niveles de aplicación: 25%, 50% y 75%. Por último, el Factor C consideró la práctica de poda, con dos condiciones: con poda y sin poda.

El diseño experimental contempló 24 tratamientos, cada uno con dos repeticiones, lo que permitió minimizar la variabilidad experimental y mejorar la robustez de los análisis. Para evaluar las diferencias estadísticas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P < 0,05$), garantizando una comparación rigurosa y una interpretación precisa de los efectos de los factores evaluados sobre las variables de estudio; según como se muestra en la (Tabla 2).

Fuente de Variación		Grados de Libertad
Tratamientos.	t-1	23
Bloque	r-1	1

Factor A	a-1	2
Factor B	b-1	2
Factor C	c-1	1
Iteración AxB	(a-1)(b-1)	4
Iteración AxC	(a-1)(c-1)	2
Iteración BxC	(b-1)(c-1)	2
Error experimental.	axbxc(r-1)	18
Total		41

Tabla 2. Esquema de ANDEVA

El diseño experimental: Se procedió a recolectar el mucílago de cacao a partir de mazorcas maduras de cacao CCN-51, luego fue escurrido el mucílago de la variedad CCN-51 (Colección Castro Naranja), luego se procedió con el filtrado, fermentado y finalmente almacenado en recipientes herméticos por 15 días. Posteriormente fue distribuido en 24 distintos recipientes (tratamientos) en el que se agregó melaza junto a distintos niveles de vinagre para ser aplicados en las parcelas experimentales.

A partir de los 15 días posteriores a la aplicación de los tratamientos, se realizaron los respectivos muestreos en cada una de las parcelas en estudio, tomando como referencia cinco plantas seleccionadas al azar para determinar las distintas variables.

Datos tomados y forma de evaluación sobre el Rendimiento (kg/ha/año): Se obtuvo el rendimiento mediante el registro del peso de las almendras por parcela (unidad experimental). Para ello se empleó la siguiente ecuación:

$$\frac{kg}{ha} / año = \frac{Rendimiento\ por\ parcela\ útil\ (kg) * 10000\ m^2}{Área\ de\ parcela\ útil\ (m^2)} * 12$$

Número de malezas controladas: Por medio de la observación se determinó el número de malezas por cada una de las parcelas, para así determinar el efecto de los tratamientos evaluados.

Porcentaje de afectación foliar y floral del cacao (%): A los 20 días posteriores a la aplicación de los tratamientos herbicida, se determinó su efecto fitotóxico sobre las flores del cacao. Para lo cual se aplicó un método basado en los cambios suscitados en las plantas por la aplicación de un producto herbicida, mismos que se pueden observar en la siguiente (Tabla 3)⁽⁸⁾:

Índice	Porcentaje (%)	Descripción de control
0	1 - 4	Ninguno
1	5 - 11	Daño muy débil. Leve amarillamiento
2	12 - 25	Daño parcial. Hojas cloróticas
3	26 - 30	Daño parcial. Clorosis general. Puntos necróticos
4	31 - 40	Daño general. Necrosis parcial. Hojas deformadas. Límite de peligro
5	41 - 60	Daño general. Necrosis general. Sin recuperación
6	61 - 80	Daño general. Moderada mortandad de plantas
7	81 - 99	Daño permanente. Alta mortandad en plantas
8	100	Destrucción total
9	0	No hay

Tabla 3. Escala de estimación del porcentaje de afectación foliar y floral

Fuente:⁽⁸⁾

RESULTADOS

Rendimiento (kg/ha/año)

En los resultados en el rendimiento de los cultivos. Para el Factor A (concentraciones de mucílago de cacao y melaza) se observó significancia estadística según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), obteniendo el mayor efecto el nivel al 100% con 1244,22 kg/ha/año de rendimiento, mientras el nivel al 0% obtuvo el registro más bajo con 929,88 kg/ha/año.

Para el Factor B (vinagre de alta concentración) fue significativo entre los tres niveles, obteniendo el 75% el mayor rendimiento con 1132,18 kg/ha/año diferente, mientras que al 50% y al 25% se registró una cifra de 1088,19 y 1047,36 kg/ha/año respectivamente. Por último, en el Factor C (podas) se observaron diferencias, obteniendo un mejor registro al no realizar la poda (1103,61 kg/ha/año) que al realizarla (1075,03 kg/ha/año) como se determina en la (Tabla 4).

FACTOR A (Concentraciones de mucílago)	Rendimiento (kg/ha/año)	GS
0 %	929,88	d
25%	1035,56	c
50%	1147,15	b
100%	1244,22	a
FACTOR B (Vinagre)		
25%	1047,36	c
50%	1088,19	b
75%	1132,18	a
FACTOR C (Podas)		
Con poda	1075,03	b
Sin poda	1103,61	a
Tratamientos	Descripción	
1	Concentración A0 (0%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	857,76 i
2	Concentración A0 (0%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	919,45 h
3	Concentración A0 (0%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	920,35 h
4	Concentración A0 (0%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	938,04 g
5	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	969,34 f
6	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	977,05 e
7	Concentración A1 (25%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	978,87 e
8	Concentración A1 (25%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	1008,35 e
9	Concentración A1 (25%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	1011,07 e
10	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	1057,34 d
11	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	1072,76 c
12	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	1083,65 c
13	Concentración A2 (50%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	1090,91 c

14	Concentración A2 (50%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	1117,67	b
15	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	1119,48	b
16	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	1174,37	b
17	Concentración A2 (50%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	1189,34	b
18	Concentración A2 (50%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	1190,70	a
19	Concentración A3 (100%) + vinagre (B1) (25%) con poda(C1)	1200,68	a
20	Concentración A3 (100%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	1204,76	a
21	Concentración A3 (100%) + vinagre (B2) (50%) con poda(C1)	1239,69	a
22	Concentración A3 (100%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	1241,05	a
23	Concentración A3 (100%) + vinagre (B3) (75%) con poda(C1)	1245,59	a
24	Concentración A3 (100%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	1334,94	a
Promedio		1089.30	
CV %		3,39	
E. E.		0,42	

Tabla 4. Rendimiento (kg/ha/año)

SEG: Grupos de Significancia

Letras distintas son significativamente distintas según la prueba de Tukey ($P < 0,05$)

Número de malezas controladas

Los efectos del herbicida en el control de malezas se presentan en la Tabla 5. Para el Factor A (concentraciones de mucílago de cacao y melaza), no se detectaron diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($P \geq 0,05$). No obstante, en términos numéricos, la concentración del 25% mostró la mayor cantidad de malezas controladas (208,17 malezas), mientras que las concentraciones del 50% y 100% presentaron valores más bajos, con 181,33 malezas controladas en promedio.

Un patrón similar se observó en el Factor B (concentración de vinagre), donde tampoco se evidenciaron diferencias significativas entre los tres niveles ($P \geq 0,05$). Sin embargo, la aplicación del 25% de vinagre registró el mayor número de malezas controladas (207,44 malezas), seguido del 50% (189,94 malezas) y el 75% (185,06 malezas).

En cuanto al Factor C (poda), no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0,05$). Sin embargo, el promedio de malezas controladas fue ligeramente superior cuando no se realizó la poda (194,42 malezas) en comparación con la condición de poda (193,88 malezas); En cuanto a las interacciones, se pudo observar que los tratamientos se mostraron similitud estadística ($P \geq 0,05$); como se muestra en la (Tabla 4).

FACTOR A (Concentraciones de mucílago)	N° de malezas controladas	GS
0 %	205,42	a
25%	208,17	a
50%	181,33	a
100%	181,33	a
FACTOR B (Vinagre)		
25%	207,44	a

50%	189,94	a
75%	185,06	a
FACTOR C (Podas)		
Con poda	193,88	a
Sin poda	194,42	a
Tratamientos	Descripción	
1	Concentración A0 (0%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	223,95 a
2	Concentración A0 (0%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	220,1 a
3	Concentración A0 (0%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	219,06 a
4	Concentración A0 (0%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	217,31 a
5	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	215,44 a
6	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	207,44 a
7	Concentración A1 (25%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	207,35 a
8	Concentración A1 (25%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	200,35 a
9	Concentración A1 (25%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	198,73 a
10	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	195,73 a
11	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	194,98 a
12	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	193,52 a
13	Concentración A2 (50%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	192,48 a
14	Concentración A2 (50%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	192,31 a
15	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	191,19 a
16	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	190,81 a
17	Concentración A2 (50%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	189,56 a
18	Concentración A2 (50%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	181,73 a
19	Concentración A3 (100%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	181,65 a
20	Concentración A3 (100%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	176,48 a
21	Concentración A3 (100%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	172,6 a
22	Concentración A3 (100%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	168,02 a
23	Concentración A3 (100%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	165,35 a
24	Concentración A3 (100%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	163,44 a
Promedio	194,15	
CV %	20,62	
E. E.	20,83	

Tabla 5. Número de malezas controladas
SEG: Grupos de Significancia
Letras distintas son significativamente distintas según la prueba de Tukey ($P < 0,05$)

Porcentaje de impacto negativo foliar del cacao (%)

La afectación foliar registrada se observa en el Tabla 6. Para el factor A (concentraciones de mucílago de cacao y melaza) se observó significancia estadística según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$); destacando la concentración del 0% con el 10,25%, de afectación foliar mientras que la concentración del 100% obtuvo el valor más bajo con el 4,93% porcentaje de impacto negativo. En cuanto al Factor B (vinagre) se observó diferencias entre los tres niveles ($P \leq 0,05$), obteniendo al 25% el registro más alto con 8,14%, y el 75% el registro más bajo con 6,89%. De igual forma ocurrió en el Factor C (podas) donde se observaron diferencias estadísticas ($P \geq 0,05$), obteniéndose cuando se realiza la poda un promedio de 7,63% de impacto negativo, y cuando no se realiza, de 7,39%; como se puede visualizar en la (Tabla 6).

FACTOR A (Concentraciones de mucílago)	Porcentaje de afectación foliar (%)	GS
0 %	10,25	a
25%	8,49	b
50%	6,36	c
100%	4,93	d
FACTOR B (Vinagre)		
25%	8,14	a
50%	7,49	b
75%	6,89	c
FACTOR C (Podas)		
Con poda	7,63	a
Sin poda	7,39	b
Tratamientos	Descripción	
1	Concentración A0 (0%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	11,04 a
2	Concentración A0 (0%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	10,73 a
3	Concentración A0 (0%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	10,34 a
4	Concentración A0 (0%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	10,12 a
5	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	9,74 a
6	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	9,53 b
7	Concentración A1 (25%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	9,25 c
8	Concentración A1 (25%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	9,00 c
9	Concentración A1 (25%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	8,53 d
10	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	8,41 d
11	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	8,05 e
12	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	7,10 f
13	Concentración A2 (50%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	7,15 g
14	Concentración A2 (50%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	6,84 h
15	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	6,50 i
16	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	6,18 j
17	Concentración A2 (50%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	5,80 j
18	Concentración A2 (50%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	5,69 k

19	Concentración A3 (100%) + vinagre (B1) (25%) con poda(C1)	5,62	k
20	Concentración A3 (100%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	5,52	k
21	Concentración A3 (100%) + vinagre (B2) (50%) con poda(C1)	5,07	l
22	Concentración A3 (100%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	4,75	m
23	Concentración A3 (100%) + vinagre (B3) (75%) con poda(C1)	4,47	m
24	Concentración A3 (100%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	4,17	n
Promedio		7,48	
CV %		4,67	
E. E.		0,18	

Tabla 6. Porcentaje de afectación foliar del cacao
SEG: Grupos de Significancia
Letras distintas son significativamente distintas según el test de Tukey ($P < 0,05$)

Porcentaje de afectación floral del cacao (%)

Para el factor A (concentraciones de mucílago de cacao y melaza) se observó significancia estadística según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$); destacando la concentración del 0% con el 10,98% de afectación floral, mientras que la concentración del 100% obtuvo el valor más bajo con el 4,70% de afectación. En cuanto al Factor B (vinagre) se observó diferencias entre los tres niveles ($P \leq 0,05$), obteniendo al 25% el registro más alto con 8,72% de afectación, y el 75% el registro más bajo con 7,29%. De igual forma ocurrió en el Factor C (podas) donde se observaron diferencias estadísticas ($P \geq 0,05$), obteniéndose cuando se realiza la poda un promedio de 8,10% de afectación, y cuando no se realiza, de 7,87%, respectivamente; como se visualiza en la (Tabla 7).

FACTOR A % Mucílago	Porcentaje de afectación floral	GS
0 %	10,98	a
25%	9,22	b
50%	7,04	c
100%	4,70	d
FACTOR B (Vinagre)		
25%	8,72	a
50%	8,04	b
75%	7,29	c
FACTOR C (Podas)		
Con poda	8,10	a
Sin poda	7,87	b
Tratamientos	Descripción	
1	Concentración A0 (0%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	11,75 a
2	Concentración A0 (0%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	11,47 a
3	Concentración A0 (0%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	11,11 a
4	Concentración A0 (0%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	10,96 a
5	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	10,41 b
6	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	10,15 c

7	Concentración A1 (25%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	9,93	d
8	Concentración A1 (25%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	9,77	e
9	Concentración A1 (25%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	9,45	e
10	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	9,11	f
11	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	8,62	g
12	Concentración A1 (25%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	8,42	g
13	Concentración A2 (50%) + vinagre (B1) (25%) con poda (C1)	7,75	h
14	Concentración A2 (50%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	7,60	h
15	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) con poda (C1)	7,19	i
16	Concentración A2 (50%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	7,02	i
17	Concentración A2 (50%) + vinagre (B3) (75%) con poda (C1)	6,54	j
18	Concentración A2 (50%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	6,15	k
19	Concentración A3 (100%) + vinagre (B1) (25%) con poda(C1)	5,51	l
20	Concentración A3 (100%) + vinagre (B1) (25%) sin poda (C2)	5,16	m
21	Concentración A3 (100%) + vinagre (B2) (50%) con poda(C1)	4,90	n
22	Concentración A3 (100%) + vinagre (B2) (50%) sin poda (C2)	4,63	n
23	Concentración A3 (100%) + vinagre (B3) (75%) con poda(C1)	4,05	o
24	Concentración A3 (100%) + vinagre (B3) (75%) sin poda (C2)	3,96	o
Promedio		7,98	
CV %		3,5	
E. E.		0,15	

Tabla 7. Porcentaje de afectación foliar del cacao
SEG: Grupos de Significancia
Letras distintas son significativamente distintas según el test de Tukey ($P < 0,05$)

DISCUSIÓN

En alusión a los resultados obtenidos en esta investigación, se pudo constatar que, los tratamientos que involucraron un mayor porcentaje de mucílago de cacao y de vinagre de alta concentración en la preparación de herbicidas mostraron mejores resultados.

Aquello se puede deber a que, por un lado, el mucílago de cacao actúa como inhibidor en el desarrollo fisiológico de las malezas, alterando las acciones enzimáticas del metabolismo de las plantas, y cambiando su conformación, debido principalmente a su composición, rica en alcaloides, flavonoides, taninos y esteroides como indica Carrera⁽⁹⁾.

Lo cual es corroborado por Cigüeñas⁽¹⁰⁾ quien atribuye el efecto fitotóxico del mucílago de cacao como herbicida natural a la presencia de taninos, alcaloides, flavonoides y esteroides, mismos que incrementan el porcentaje de impacto negativo de malezas.

Por su parte, Soto⁽¹¹⁾ pudo observar que el concentrado del extracto de mucílago presentó una alta inhibición de malezas, principalmente en el número de hojas afectadas por malezas, obteniendo el mejor resultado la concentración del 100% de mucílago, lo cual según el propio autor se debe a que, estos productos afectan principalmente las zonas meristemáticas, lo cual permite detener el crecimiento rápidamente, genera sintomatología en hojas y el resto de planta, para finalmente provocar la muerte.

Asimismo, Carrera precisó que, en el caso de plantas perennes como el cacao, el herbicida únicamente es transportado hasta las raíces donde son eliminados inmediatamente, lo cual explicaría por qué no se afectó la zona foliar y floral del cacao con el uso de los distintos tratamientos.

Dichos resultados guardan relación con lo investigado por Vásquez y otros⁽¹²⁾ quien pudo constatar que, a mayor porcentaje de inclusión de mucílago de cacao, mayor fue el impacto negativo floral y foliar, lo cual se opone a lo observado en este trabajo donde los tratamientos que involucraron un mayor porcentaje de mucílago de cacao en su preparación, mostraron menores daños a la planta de cacao.

Es importante destacar que la concentración desempeña un papel clave en la efectividad de este elemento para el control de malezas. En este estudio, los tratamientos T21, T22, T23 y T24, que incluyeron un 100 % de mucílago de cacao, mostraron resultados similares a los reportados por Arce⁽¹³⁾ en investigaciones previas, donde también se empleó una concentración del 100 % de mucílago de cacao.

Por otra parte, en relación al efecto del vinagre de alta concentración, como indica Soto⁽¹¹⁾ y Carrasco y otros⁽¹⁴⁾ resaltan que generan la reducción de pH en los ácidos grasos insaturados presente en las paredes celulares vegetales, los cuales se oxidan al tener contacto con el oxígeno presentes de la atmosfera, por lo cual las bases de la pared son catalizados por la luz, generando hidróxidos, los cuales exponen a las células epidérmicas de las malezas ante la acción del vinagre de alta concentración, de forma biodegradable y sin persistir en el suelo como los ingredientes activos que componen los *herbicidas* convencionales.

Lo cual se apoya en lo mencionado por Vásquez y otros⁽⁵⁾, quien indica que muchos *herbicidas* que controlan algunos grupos de malezas tienen en su estructura química ácido acético al igual que el vinagre de alta concentración, por lo cual no lo considera un riesgo siempre y cuando se emplee en los niveles permitidos.

Estas diferencias en el porcentaje de efectividad de los productos se podrían deber al volumen aplicado por parcela, así lo asegura Arce⁽¹³⁾, quien indica que el control incrementa conforme la aplicación de los volúmenes de vinagre en la cobertura vegetal.

Sanclemente y otros⁽¹⁵⁾ reporta que el vinagre contiene ácido acético, un compuesto que causa daños a las células de la planta cuando entra en contacto. Para su uso como herbicida, productos vinagre de alta concentración con ácido matan muchas malezas comunes sin afectar la parte foliar y floral del cacao.

Para ello, es imperativo acudir a opciones amigables con el ambiente, como el ácido acético (vinagre), el cual tiene un efecto secante en la parte foliar de las malezas, produciendo mayores volúmenes de oxígeno que oxidan los ácidos grasos y producen la muerte.

Mominul y otros⁽¹⁶⁾, resalta las propiedades del vinagre, catalogándolo como una alternativa eficaz y económica. No obstante, también indica que pese a que posterior a su aplicación, las malezas se secan, se tornan marrones y se mueren rápidamente, existen ocasiones en que sus raíces no se ven afectadas por completos, lo cual puede llegar a producir su reemergencia en pocas semanas, para lo cual se recomienda emplear concentraciones suficientes para que las malezas no crezcan nuevamente.

Finalmente, tal y como indicaron Ordoñez y otros⁽¹⁷⁾ el uso de herbicida brinda grandes ventajas, dado que controlan la población de malezas, con un bajo nivel de toxicidad, reducción en la contaminación ambiental, a través del uso de residuos o materias primas con moléculas efectivas como es el caso del mucílago de cacao.

Así como también utilizando elementos de eficiencia herbicida comprobada como el vinagre y la melaza, sin dejar de lado el uso de prácticas culturales como la poda, mismo que repercute directamente sobre los componentes de producción (rendimiento) del cultivar.

CONCLUSIONES

Ninguno de los tratamientos evaluados pudo diferenciarse estadísticamente en cuanto al número de malezas controladas. No obstante, de la población de malezas afectadas se pudo constatar que el mayor porcentaje de impacto negativo se obtuvo al aplicar la combinación de Mucílago (100%) + vinagre (75%) sin poda.

La combinación de Mucílago (0%) + vinagre (25%) con poda (C1) presentó un mayor nivel de afectación foliar y floral del cultivo de cacao, mientras que la combinación de Mucílago (100%) + vinagre (75%) sin poda se mostró menos invasiva.

Finalmente, el tratamiento que se destacó productivamente fue T24 (Mucílago (100%) + vinagre (75%) sin poda) con 1334,94 kg/ha/año.

Declaración de financiamiento:	Los autores declaran que no reciben financiación externa.
Declaración de conflicto de intereses:	Los autores declaran no tener conflictos de intereses.
Declaración de autores:	Los autores aprueban la versión final del artículo.
Contribución de autores:	VM: trabajo de campo, análisis e interpretación de datos, toma, procesamiento, diseño de experimento; VC: trabajo de campo, análisis de datos, diseño de experimento; LV: Trabajo de campo, Análisis de datos, interpretación de resultados, redacción y edición del documento, diseño de experimento; CM: Corrección del trabajo, Interpretación de resultados, edición del documento; RC: Corrección del trabajo, Interpretación de resultados; PP: Corrección de trabajo, edición del documento; VB: Corrección de trabajo, redacción.
Agradecimientos:	A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Maestría en Agronomía mención Producción Agrícola Sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Camino SM, Diaz VA, Villacis DP. Posicionamiento y eficiencia del banano, cacao y flores del Ecuador en el mercado mundial. CIENCIA UNEMI. 2016;9(19):48–53. Disponible en: <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/323>
2. Silveira M, Aldana M, Piri J, Valenzuela A, Jasa G, Rodríguez G. Plaguicidas agrícolas: un marco de referencia para evaluar riesgo a la salud en comunidades rurales en el estado de sonora, México. Rev Int Contam Ambient. 2018;34(1):7–21. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/370/37055963001/html/>
3. 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. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44187-024-00205-5#citeas>
4. Vera Chang JF, Benavides Vera JI, Vásquez Cortez LH, Alvarado Vásquez KE, Reyes Pérez JJ, Intriago Flor FG, et al. Efectos de dos métodos fermentativos en cacao (*Theobroma cacao* L.) trinitario, inducido con *Rhizobium japonicum* para disminuir cadmio. RCIA. 2023;10(1):95–106. Disponible en: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/efectos-de-dos-metodos-fermentativos-en-cacao-theobroma-cacao-l>
5. 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; 3:11354–71.
6. Revilla Escobar K, Intriago Flor F, Chávez García G, Vásquez Cortez L, Alvarado Vásquez K, Vera Chang J, et al. Contenido de cadmio y caracterización fisicoquímica de almendras y pasta de cacao (*Theobroma cacao*). Innovaciencia. 2023;11(1). Disponible en: <https://revistas.udes.edu.co/innovaciencia/article/view/3411>
7. Marín C, Menace M, Carranza M, Herrera R, Tuárez G. Fitotoxicidad del mucílago de cacao sobre malezas en el cultivo de cacao CCN-51 *Theobroma cacao* L. Rev Investig Código Cient. 2024;5(1):710–29. Disponible en: <https://revistacodigocientifico.itslosandes.net/index.php/1/article/view/405>
8. Urgilés J. Evaluación del efecto de herbicidas químicos y orgánicos para control de malezas en cultivo de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Naranjal, provincia del Guayas. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil; 2018. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/11463>
9. Carrera D. Efecto del extracto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) como herbicida orgánico en paja peluda (*Rottboellia cochinchinensis*). Universidad Nacional De Tumbes; 2016. Disponible en: <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/266?show=full>

10. Cigueñas S. Efecto de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) como herbicida natural en *Desmodium* sp y *Cyperus* L, distrito de Tarapoto. Universidad Nacional De San Martín; 2021. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4141>
11. Soto C. Efecto del ácido acético en diferentes dosis para el control de malezas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tingo María. Universidad Nacional Agraria de La Selva; 2022. Disponible en: <https://repositorio.unas.edu.pe/items/7dcd0e2e-5e41-4d10-9ed1-b6b55a37aec0>
12. 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. Disponible en: <https://www.revistainvestigo.com/EditorInvestigo/index.php/hm/article/view/58>
13. Arce G. Evaluación técnica del vinagre para el manejo de malezas. Zamorano; 2001. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/items/1c9c1f7c-9f86-43d8-bd3d-fab8b8a4b04d>
14. Carrasco C, Guerrero S. Obtención y caracterización de un bioherbicida mediante fermentación bifásica alcohólica y acética del mucílago del café en la variedad robusta obtención y caracterización de un bioherbicida mediante fermentación bifásica alcohólica y acética del mucílago. Universidad De Guayaquil; 2022. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/items/17809836-d5ce-48f6-ace7-fb61d3702b4f>
15. Sanclemente Ó, García M, Valencia F. Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña (*Saccharum officinarum*). *Rev Investig Agrar y Ambient*. 2011;2(2):13 – 19.
16. Mominul A, Rezaul S, Afsana S, Yeasmin S. Unlocking the potential of bioherbicides for sustainable and environment friendly weed management. *Heliyon*. 2024;10(16):1–37. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024121196>
17. Ordoñez V, Frias M, Acosta H, Martínez M. Estudio sobre el uso de plaguicidas y su posible relación con daños a la salud. *Rev Toxicol*. 2019;36(2):148–53. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/919/91967023011/html/>