



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA:

Extracción y procesamiento del mucilago de cacao (*Theobroma cacao* L.), y su uso en el campo agrícola.

AUTORA:

Yojana Elizabeth Castro Baquerizo

TUTOR:

Ing. Agr. Darío Javier Dueñas Alvarado, MAE.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

El cacao es uno de los rubros de mayor relevancia en la estructura agrícola productiva de Ecuador y fuente de ingreso para miles de familias campesinas. El mucilago puede ser extraído de la almendra para la elaboración de productos amigables con el medio ambiente y a su vez de beneficio nutricional para los seres humanos. La investigación planteo describir los beneficios de la extracción y procesamiento del mucilago de cacao en el campo agrícola. Para el efecto se utilizó investigación documental seleccionada de fuentes primarias, una vez colectada se parafraseo y analizo con el fin de tener parámetros técnicos de control. Los resultados mostraron que a través del tiempo se han probado, tanto en campo como laboratorio, un sinnúmero de formas de extraer este jugo de las almendras del cacao. En la actualidad estos procesos ya han sido investigados y se cuenta con protocolos técnicos, que hacen muy estable el producto obtenido, y que permiten en su tiempo utilizar el producto de diversas formas y campos. En una primera instancia el uso apunta a un biofertilizantes de calidad alta, ya que cuenta con una alta carga de bacterias benéficas para el suelo, así como, con algunos micronutrientes esenciales como hierro, zinc y cobre. En un segundo punto el mucilago de cacao ha sido utilizado por diversos investigadores como herbicida, siendo al momento los resultados muy variables. En una tercera línea el uso está dirigido a ser empelado como antifúngico, sin embargo, estos trabajos aún están en procesos iniciales.

Palabras Claves: Mucilago de cacao, Nutrición Vegetal, Control de malezas, Biofertilizante.

SUMMARY

Cocoa is one of the most important items in the productive agricultural structure of Ecuador and a source of income for thousands of peasant families. The mucilage can be extracted from the almond to produce environmentally friendly products and in turn of nutritional benefit for human beings. The research aimed to describe the benefits of the extraction and processing of cocoa mucilage in the agricultural field. For this purpose, documentary research selected from primary sources was used; once collected, it was paraphrased and analyzed to have technical control parameters. The results showed that over time, countless ways to extract this juice from cocoa kernels have been tested, both in the field and in the laboratory. Currently, these processes have already been investigated and there are technical protocols that make the product obtained very stable, and that allow the product to be used in various ways and fields over time. In the first instance, the use points to a high quality biofertilizer, since it has a high load of beneficial bacteria for the soil, as well as some essential micronutrients such as iron, zinc, and copper. In a second point, cocoa mucilage has been used by various researchers as a herbicide, with the results being very variable at the moment. In a third line, the use is aimed at being used as an antifungal, however, these works are still in the initial processes.

Keywords: Cocoa mucilage, Plant Nutrition, Weed control, Biofertilizer.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

RESUMEN.....	ii
SUMMARY	iii
1.CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. LINEA DE INVESTIGACIÓN	5
2.DESARROLLO.....	5
2.1. Marco Conceptual.....	5
2.1.1 Mazorca del cacao.....	5
2.1.2 Mucilago del cacao y su composición	6
2.1.3 Uso del mucilago de cacao en agricultura	8
2.2. Marco Metodológico.....	11
2.3. Resultados	11
2.4. Discusión de Resultados	13
3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	15
3.1. Conclusiones	15
3.2. Recomendaciones	15
4.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
ANEXOS.....	20

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de mucha importancia económica en el Ecuador siendo exportador de 260 mil toneladas de grano seco y otros elaborados, de los cuales tenemos el mucilago el cual actualmente ya representa para el sector agrícola industrial una fuente de ingreso debido a sus atributos alimenticios que presenta para los seres humanos. El mucilago o también llamado “baba del cacao”, en otros tiempos no era más que el desperdicio de la cosecha siendo desechable y sin fin comercial, pero estudios nos indican que se puede elaborar productos de consumo tales como bebidas, néctares y jaleas de cacao (Rodríguez 2021).

El cacao es uno de los rubros de mayor relevancia en la estructura agrícola productiva de Ecuador y fuente de ingreso para miles de familias campesinas. Se cultiva en Los Ríos (Vinces, Babahoyo, Palenque Baba, Pueblo Viejo, Catarama y Ventanas), Guayas (Naranjal, Balao y Tenguel) y El Oro (Machala y Santa Rosa), en mayor cantidad. El promedio de área sembrada por agricultor es de 3 hectáreas, los rendimientos anuales fluctúan entre 300 a 500 kg /ha de cacao seco (Latacela et al. 2017).

Uno de los principales rubros económicos del Ecuador es la exportación de cacao, clasificado por tener aroma y calidad. El mucilago es un perceptor influyente en la fermentación de las almendras, pero pequeñas cantidades el restante se vuelve desecho que no se utiliza, por tanto, debemos aprovechar su contenido de azúcar y su extracción debe ser manejada con estándares de calidad para el procesamiento y luego su exportación e incluso comercialización local (Arciniega y Espinoza 2020).

Una de las dudas más grandes de muchos profesionales relacionados a las ciencias agrarias se centra en el mecanismo fisiológico por los cuales un herbicida actúa sobre determinadas especies, consideradas malezas. Identificar productos ecológicos que tengan este efecto, desde el punto de vista fisiológico da los parámetros que se puede utilizar a la hora de decidir uno u otro principio activo. Alternar el uso de diferentes modos de acción limita la presión de selección sobre la maleza disminuyendo el riesgo de aparición de resistencia.

El mucilago de cacao lo podemos extraer de la almendra, tiene como composición bioquímica estructura polisacáridos y celulósicos igualando la cantidad de azúcar que tienen las pectinas constituida por pentosas, hexosas y también ácidos uránicos. Químicamente su reacción es variable puede ser acida o neutra todo dependerá del peso de la estructura vegetal (Sánchez *et al.* 2019).

En vista de que los productores de cacao al momento de la fermentación desperdician el mucílago de las primeras horas de fermentación, que ayudaría a la economía de pequeñas y medianas agricultoras. En cuanto al mucílago, o pulpa, lo define que se descompone en sustancias líquidas. El azúcar de la pulpa se transforma primero en alcohol, y seguidamente en ácido acético. Gran parte de la pulpa escapa en forma de exudado.

El mucilago puede ser extraído de la almendra para la elaboración de productos amigables con el medio ambiente y a su vez de beneficio nutricional para los seres humanos. La condición necesaria para la extracción del mucilago para luego procesarlo debe ser el estado maduro de la almendra de cacao (Fernández *et al.* 2022). A partir de lo antes expuesto, el aprovechamiento del mucilago de cacao como producto de uso agrícola (herbicida o fertilizantes) natural, para permitirá darle valor agregado al líquido, que en la actualidad está siendo desperdiciado.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mucilago del cacao en otros tiempos ha sido visto como un desperdicio desechable después de la cosecha y por la falta de conocimientos, investigaciones y emprendimientos no se habría camino a pensar que se podía generar otros productos aprovechables que se pueden comercializar. Es necesario saber que muchas zonas cacaoteras del Ecuador al desechar el mucilago de cacao se aleja de potenciar este producto que es de provecho económico y alimenticio por su contenido nutricional.

El cultivo del cacao para el Ecuador es de mucha importancia económica por que genera grandes ingresos que benefician el desarrollo de nuestro país, pero es necesario la innovación que nos ayude a fortalecer la sustentabilidad de este cultivo que tiene mucho potencial en el mercado internacional.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los agricultores pueden generar otra fuente de ingreso que nos brinda este cultivo implementando inversiones después de la cosecha del cacao que sea sustentable y rentable para el agricultor. Es necesario saber que se debe mejorar el procesamiento que se le da a las almendras de cacao al momento de la cosecha llevar medidas de calidad e higiene con la finalidad de garantizar que no se modifique el contenido del mucilago.

El mucílago hidrolizado es conocido en la industria como "exudado". Durante la fermentación provee el sustrato para varios microorganismos que son esenciales para el desarrollo de los precursores del sabor del chocolate, los cuales son expresados completamente después, durante el proceso de tostado. Este subproducto por lo general es desechado durante el proceso de fermentación y en

muy pocos casos no es utilizado bajo ningún concepto.

Debemos tener en cuenta el contenido de exudado o lixiviado productos de la fermentación de almendras de cacao tiene una alta carga química de varios compuestos. El mucilago del cacao puede ser utilizado para la producción con fines de obtener subproductos para ser utilizados en las plantaciones, desde varios puntos de control; sea plagas o enfermedades. De esta manera se reutilizará parte de los desechos que se producción en la cosecha de frutos y que no son reincorporados en campo.

Se considera una nueva alternativa también para las zonas locales de nuestro país teniendo en cuenta que puede ser procesado para múltiples usos que ayude a reactivar la economía y desarrollo de nuestras comunidades que se pueden beneficiar atreves de emprendimientos en la cual se preparen para la alimentación diaria de nuestro país.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Describir los beneficios de la extracción y procesamiento del mucilago de cacao en el campo agrícola.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Detallar el procesamiento del mucilago de cacao para la obtención de fertilizantes y herbicidas.
- b. Enlistar los componentes del mucilago del cacao y su beneficio en el campo agrícola.

1.5. LINEA DE INVESTIGACIÓN

Dominio: Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología.

Línea: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublíneas: Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1. Marco Conceptual

2.1.1 Mazorca del cacao

Es una cascara gruesa que protege a la fruta, puede tener entre 25 a 60 almendras que se encuentran entrelazadas por unas venas conocidas comúnmente como "Maguey". Tienen un tamaño promedio de 10 a 35 cm con un ancho de 8 a 10 cm (Promedio), el color depende de la variedad. Maguey: Se puede definir como la placenta del fruto de cacao, el cual aporta sustancias tales como los ácidos, azúcares y las sustancias pépticas (Graziani *et al.* 2002).

El fruto del cacao, *Theobroma cacao* L., denominado comúnmente mazorca, consiste en una cáscara relativamente gruesa que encierra un número muy diverso de semillas, entre 20 y 50, dispuestas normalmente en cinco hileras y sumergidas en una pulpa mucilaginosa de color blanco y sabor azucarado (Graziani *et al.* 2002).

El fruto de cacao se compone por cascara y placentas que quedan cuando se quiebran los frutos al extraer los granos; estas representan al menos el 75% del peso total de las mazorcas cosechadas, es decir que máximo un 21% del producto expresado por semillas o granos se aprovecha para el beneficio. Los frutos son de tamaño, color y formas variables, pero generalmente tienen forma de baya, de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, siendo lisos o acostillados, de forma elíptica y de color rojo, amarillo, morado o café. Los frutos se dividen interiormente en celdas de sabor ácido a dulce y aromática (Arteaga 2013).

La cosecha inoportuna del Cacao genera tres principales impactos. Primero, se disminuyen las propiedades organolépticas en el producto final, con lo cual no se logra obtener el sabor y olor de un cacao de alta calidad debido a la disminución de antioxidantes. Segundo, aumenta la presencia de oxalatos solubles, a la par de disminuir los oxalatos insolubles dentro del grano de cacao, por consiguiente, la comercialización de granos puede tener un impacto negativo en la salud humana. Tercero, en algunas variedades de Cacao cuyas mazorcas no han sido cosechadas a tiempo, los granos empiezan a germinar al interior del fruto generando así una pérdida completa del producto (Heredia *et al.* 2020).

En la explotación cacaotera sólo se aprovecha económicamente la semilla, que representa aproximadamente un 10% de la masa del fruto fresco. Los subproductos generados, la cáscara y la pulpa, cuando se depositan en los suelos se consideran un foco para la propagación de un hongo del género *Phytophthora* spp, el cual es el causante principal de pérdidas económicas de la actividad cacaotera. Por otra parte, estos residuos ocasionan un impacto ambiental de gran magnitud, debido al desprendimiento de gas metano que se produce de forma natural por la descomposición de sustancias orgánicas en ambientes pobres en oxígeno (Diaz 2021).

2.1.2 Mucilago del cacao y su composición

El mucílago del cacao es una sustancia blanca, pegajosa y carnosa que rodea los granos de cacao dentro de la vaina. No sólo es totalmente comestible para los animales y los humanos, sino que además está dotada de un sabor único. Afrutado, dulce, picante y ligeramente ácido, el mucílago del cacao ofrece la mezcla perfecta de sabores de frutas tropicales como el mango, la piña, la fruta de la pasión y el lichi. Al igual que ocurre con los granos de cacao, también el mucílago tiene diferentes perfiles de sabor según la variedad de cacao (Toufood 2022).

El mucílago o pulpa de cacao es una sustancia viscosa, generalmente hialina que contienen las plantas de cacao. Su fruta contiene de 30 a 50 semillas, el

número, forma y tamaño puede variar. El mucílago es un componente esencial del proceso de fermentación, un paso crucial para desarrollar los precursores del sabor dentro de los granos de cacao (García 2023).

Las almendras de cacao se encuentran cubiertas de una pulpa llamada mucílago (baba), que contiene de 10 a 15% de azúcar, 1% de pectina y 1,5% de ácido cítrico, misma que es removida e hidrolizada por microorganismos durante el proceso de fermentación. Con respecto a la producción, por cada 100 kg de cacao, aproximadamente produce de 4 a 7 litros de mucílago durante las primeras horas (Santana *et al.* 2018).

El mucílago que acompaña a las semillas de cacao contiene entre 82 y 87% de agua, es rica en azúcares entre el 10 y 15% de su peso conformada de la siguiente manera: 60% sacarosa y 39 % de una mezcla entre glucosa y fructuosa, de 2 al 3% de pentosas, ácido cítrico 1-3% y pectina de 1-1,5%. Además, vitaminas entre la más importante la vitamina C, aminoácido y proteínas siendo un medio favorable para el crecimiento microbiano (Largo y Yugcha 2016).

El mucílago de cacao o pulpa es un tejido blanco que recubre el grano dentro del fruto, compuesto por células esponjosas parenquimatosas que tienen origen en el tegumento de la semilla. Su composición está principalmente constituida por azúcares (10-13%) los azúcares presentes en la pulpa son: sacarosa, glucosa y fructosa; ácido cítrico (1 a 2%) y sales (8 a 10%). El contenido de mono y disacáridos oscila entre el 11 y 18 %. La viscosidad de mucílago de cacao está asociada a la presencia de pectina, puede ser de hasta el 10 % en base seca y del 1,5 % en base húmeda. En nutrientes tiene: calcio, fosforo, hierro, potasio, cobre, magnesio, zinc, manganeso, aluminio y níquel (Piracoca 2022).

La pulpa de la semilla o mucilago representa alrededor del 40% del peso fresco de la semilla y está compuesta por un tejido parenquimatoso esponjoso que

contiene savia celular, que es rica en azúcares (10-13% de glucosa y fructosa; 0,7% de sacarosa, sales (8-10%), pentanosos (1.5% pectina), ácidos orgánicos (1-2%) y proteína (0,6%) (Carvajal 2022).

Se incluye la composición aproximada de proteína cruda, fibra cruda, ceniza, sodio, potasio, fósforo y otros elementos menores de pulpa de mies de cacao. El alto contenido de humedad y fibra cruda pueden limitar el consumo directo por los animales de este producto, aunque el ensilaje podría mejorar su valor alimenticio. Las cenizas son pobres en Mn, Cu y Zn, pero ricas en Ca, N, R Na, P, Fe y Mg; por esta razón, podrían utilizarse en la industria local de jabones o como fuente de fertilizante orgánico. Se sugiere su posible utilización como materia bruta para la producción de pectinas, jaleas y colorantes de alimentos (Awolumate 1983).

La pulpa mucilaginoso está compuesta por células esponjosas parenquimatosas, que contienen células de savia ricas en azúcares (10-13 %), pentosas (2-3 %), ácido cítrico (1-2 %), y sales (8-10 %). El mucílago que acompaña a las semillas de cacao contiene entre 82 y 87 % de agua, es rico en azúcares entre el 10 y 15% de su peso conformada de la siguiente manera: 60 % sacarosa y 39 % de una mezcla entre glucosa y fructuosa, de 2 al 3 % de pentosas, ácido cítrico 1-3 % y pectina de 1-1.5 %. Además, vitaminas entre la más importante la vitamina C, fibra (8,22%), proteínas (4,41%) y aminoácidos (Aguilar 2018).

2.1.3 Uso del mucilago de cacao en agricultura

El mucilago de cacao es una alternativa viable que debe ser tomada en consideración por los productores de cacao para el control de malezas, debido a que tiende a desarrollar mucha menos resistencia en las malezas que los productos químicos (herbicidas). El mucilago del cacao es selectivo con ciertas especies de malezas y posee una rápida degradación que puede ser favorable, ya que reduce la posibilidad de que queden residuos en los alimentos, suelo y ecosistemas, al igual que tienen un movimiento único (García 2022).

El mucilago de cacao obtenido luego de escurrimiento del grano mostró contenidos de 11,18 mg P L⁻¹, potasio de 0,2% K y 0,08% N. En la evaluación de TAC de maíz en dos variedades se observó que la variedad Calilla presentó mayor crecimiento en menor tiempo cuando se aplicó mucilago al 5% respecto de la variedad ICA V- 305, por lo cual se consideró el mejor tratamiento para usar como abono líquido. Considerando la existencia de malezas en el sitio de estudio, las cuales fueron retiradas solo en los dos primeros muestreos (13 y 21 dds) no se observó una tendencia clara en los valores TRC para las dos variedades de maíz evaluadas (Sánchez *et al.* 2019).

Se pudo desarrollar un bioproducto con pH controlado, como alternativa ecológica de utilidad. El bioproducto sirve para controlar progresivamente los insectos que impidan el desarrollo de la planta y frutos, además de observar un mejoramiento en el aspecto de la plantación en el 4to y 5to día de aplicación, lo cual sugiere que en mayores cantidades y más aplicaciones logre controlar a *M. roreri*, mejorando así la producción. Además, cabe destacar la acción herbicida que presentó a partir del 3er día de aplicación, contribuyendo así al mejor control de malezas que se presentan alrededor de la plantación (Moreno *et al.* 2021).

En post-emergencia el mucilago o baba de cacao tuvo un efecto de fitotóxicidad, sobre las diferentes especies de malezas de hojas anchas y hojas angostas (<30días). Con el 50% del mucilago de cacao más 50% agua H1D2A2 alcanzó mayores promedios a los 8 y 15 días con valores de 95,58 y 94,7 plantas muertas respectivamente, compartiendo el rango también se encuentra el tratamiento conformado por baba de cacao al 100% con una sola aplicación (H1D1A1) con 81,42 plantas de mortalidad; el testigo (sin baba de cacao) registró 40,81 plantas muertas que es aproximadamente sólo el 50% de los tratamientos mencionados anteriormente, de acuerdo a la escala de (ALAM 1974), observándose leve quemadura y moderado retraso en el desarrollo (Hipo 2017).

La eficacia del fungicida orgánico sobre el hongo *Collectotrichum* es del 100% y para el hongo *Fusarium* sp. fue de 89,91% causantes de la enfermedad Antracnosis, presentes en los cultivos de cacao, logrando el objetivo del fungicida orgánico. Se estableció que el mucílago de cacao debe cumplir de entre 5 a 7 días para desarrollar un potencial de fungicida orgánico, tiempo que permanece en almacenamiento antes de envasado; de tal forma que se previene envasar un líquido que aún está generando gases, evitando un hinchamiento de la botella (Haro y López 2021).

Los resultados indica que el mucílago de cacao controla las malezas en un 61,59 %, y el mucílago más cloruro de sodio (al 24 % de sodio) controla las malezas en un 76,84 %, las malezas encontradas pertenecen a la familia de las Poaceae: *Echinochloa colonum*, *Paspalum conjugatum*, *Eleusine indica*, *Digitaria sanguinalis* y *Rottboellia conchinchinensis*. Con respecto a los microorganismos en el suelo se encontró en el tratamiento testigo una actividad microbiana que libera 9,42 ml/g de dióxido de carbono (CO₂), en el área que se aplicó mucílago más cloruro de sodio, la actividad microbiana libera 7,87 ml/g de CO₂, a comparación del tratamiento de mucílago que libera 6,55 ml/g de CO₂, esto nos indica que hay efecto negativo del mucílago de cacao en la actividad de los microorganismos presentes en el suelo (Trillo 2011).

Las especies *Cuphea carthagenensis*, *Cyperus odoratus* y *Lindernia crustacea* se controlaron con concentraciones de un litro de mucílago de cacao puro al 100% obteniendo un control de 100%, 96,98% y 100%, en su orden; y de un litro de mucílago de cacao con un litro de agua, obteniendo un control de 100%, 80.81% y 100% respectivamente. La especie *Eleusine indica* fue la más resistente siendo necesaria una dosis de mucílago de cacao puro al 100% para obtener un 70,98% de control. En la especie *Cyperus odoratus* se presentó menor número de malezas con los tratamientos 5,41 malezas/m², el testigo presentó mayor incremento en el número de la maleza 70,29 malezas/m² (Noroña 2018).

El efecto ocasionado por el herbicida orgánico sobre el musgo se basa a la acidez que, al entrar en contacto causa su eliminación mediante desecación que es generada por la combinación del mucílago fermentado y ácido acético. Los tratamientos que obtuvieron mayor control sobre musgo (*Rigodium implexum*) fueron los T4 (90% mucílago – 10% ácido acético - 0% agua destilada) y T5 (100% mucílago fresco) con un porcentaje de mortalidad de 49,11 % y 36,25 % en las plantas de cacao seleccionadas, sin embargo, T3 (65% mucílago - 10% ácido - 25% agua destilada) no afectó la floración del cacao con un porcentaje de mortalidad de 28,04 %, por lo cual, fue el tratamiento más óptimo para ser aplicado en las plantaciones de cacao para el control de musgo (Gavilánez y Benavides 2022).

2.2. Marco Metodológico

La presente investigación se basa en el estudio del componente práctico en la modalidad de titulación denominado Examen Complexivo, en este caso se utilizó métodos de investigación cualitativos y cuantitativos. A través de estos se realizó la colecta de datos y análisis de los principales puntos convergentes encontrados, con esto se hará el detalle de la información de una manera secuencial y debidamente ordenada.

Para la elaboración del informe se obtuvo información de fuentes primarias y secundarias de diferentes bibliotecas virtuales, libros actualizados, artículos científicos, memorias de congresos, páginas web y materiales bibliográficos que contribuyan al avance de la investigación documental.

2.3. Resultados

El mucilago o baba del cacao es un producto resultante del proceso de fermentación que se produce en el grano a partir de su cosecha, en este la almendra pierde la parte externa compuesta por la capa mucilaginoso que al entrar en contacto con aire se fermenta exudando su parte líquida. Por este motivo se

considera un subproducto de un proceso bioquímico que se da en el grano, el cual tiene niveles de alcohol y fenol, altos en su inicio que con el pasar de las horas es estabilizado por las bacterias lácticas.

A través del tiempo se han probado, tanto en campo como laboratorio, un sinnúmero de formas de extraer este jugo de las almendras del cacao. En la actualidad estos procesos ya han sido investigados y se cuenta con protocolos técnicos, que hacen muy estable el producto obtenido, y que permiten en su tiempo utilizar el producto de diversas formas y campos.

Para evitar las pérdidas producidas de los lixiviados del mucilago del cacao, con el tiempo se han desarrollado un sinnúmero de trabajos de investigación, esto han sido desarrollados desde tres vertientes. En una primera instancia el uso apunta a un biofertilizantes de calidad alta, esto se da por cuanto al ser un producto de descomposición bacteria, este cuanta con una alta carga de bacterias benéficas para el suelo, así como, con algunos micronutrientes esenciales como hierro, zinc y cobre.

Se ha implementado también el uso del mucilago como biofertilizante foliar, sin embargo, este producto debe ser considerado de riesgo. Esto se debe a que, al tener una alta carga fenólica y alcohólica, puede producir quema en los tejidos de las hojas, aun así, si se logra la estabilización el líquido puede ayudar ya que se conocen más de 10 elementos químicos que la planta podría utilizar.

En un segundo punto el mucilago de cacao ha sido utilizado por diversos investigadores como herbicida, siendo al momento los resultados muy variables. En un principio debe considerarse que el líquido mucilaginoso obtenido de la fermentación tiene una gran cantidad de alcohol, fenoles y ciertos ácidos orgánicos, esto hace que sea un producto de acción de contacto y con capacidad de quema de tejido, lo que lo hace un producto no selectivo y de uso restringido. Así mismo, está demostrado que no controla todos los grupos de malezas que se encuentran

en las diversas plantaciones agrícolas, y aun tendiendo control este es muy variable.

Los resultados muestran que el control de malezas en poaceas ronda entre el 50-75%, siendo este menor en medida que las malezas tienen alturas mayores a 50 cm de altura. Por otro lado, en otras especies como euphorbiaceas, ciperáceas y fabáceas, estos rangos son más variables llegando en algunos casos por debajo de un umbral del 25%, con una media de 35-50%. Es decir, comparado con un herbicida químico su efecto es menor, sin embargo, el líquido del mucilago no deja residuos en el suelo que no se degraden de manera inmediata.

En una tercera línea el uso está dirigido a ser empelado como antifúngico, sin embargo, estos trabajos aún están en procesos iniciales y esto se debe principalmente a que su uso está restringido por la capacidad quemante que tiene el líquido sobre los tejidos vegetales.

2.4. Discusión de Resultados

El trabajo muestra que el mucilago del cacao es una alternativa para el manejo de las malezas en varios cultivos, sin embargo, se deben aun realizar investigaciones en cuanto concentración y épocas de aplicación. Esto concuerda con García (2022) quien indica que el mucilago de cacao es una alternativa viable que debe ser tomada en consideración por los productores de cacao para el control de malezas, debido a que tiende a desarrollar mucha menos resistencia en las malezas que los productos químicos (herbicidas). El mucilago del cacao es selectivo con ciertas especies de malezas y posee una rápida degradación que puede ser favorable, ya que reduce la posibilidad de que queden residuos en los suelos y ecosistemas.

Diversos estudios muestran la capacidad del mucilago para ser utilizado con efecto fungicida, sin embargo, existe la posibilidad de que el producto afecte el tejido foliar. Esto concuerda por lo descrito por Haro y López (2021) quienes encontraron resultados muy favorables del uso de este lixiviado sobre todo en el hongo

Collectotrichum y *Fusarium*, el principal problema es que el mucilago debe cumplir de entre 5 a 7 días para desarrollar un potencial de fungicida orgánico, tiempo que permanece en almacenamiento antes de envasado.

Los resultados también muestran un uso importante del mucilago en el control de insectos plaga. Si bien este punto está en desarrollo en algunas regiones, su potencial es alto debido a que no es contaminante. Esto concuerda con Moreno *et al.* (2021) quienes desarrollaron un bioproducto con pH controlado, como alternativa ecológica de utilidad. Este bioproducto sirve para controlar progresivamente los insectos que impidan el desarrollo de la planta y frutos.

El uso del mucilago como biofertilizante también ha sido desarrollado por un sinnúmero de investigadores y productores, este tiene excelentes resultados en las aplicaciones realizadas, ya que contiene una gran cantidad de elementos nutritivos para las plantas. Esto concuerda con Largo y Yugcha (2016); Piracoca (2022) y Carvajal (2022) quienes indican que el mucilago del cacao tiene vitaminas, aminoácidos y proteínas, así como nutrientes: calcio, fósforo, hierro, potasio, cobre, magnesio, zinc, manganeso, aluminio y níquel.

De la misma manera los resultados obtenidos como biofertilizantes han sido importantes tal como lo indican Sánchez *et al.* (2019) quienes determinaron contenidos de 11,18 mg P L⁻¹, potasio de 0,2% K y 0,08% N, realizando aplicaciones en maíz con dos variedades. Se observó que la variedad Calilla presentó mayor crecimiento en menor tiempo cuando se aplicó mucilago al 5% respecto de la variedad ICA V- 305, por lo cual se consideró el mejor tratamiento para usar como abono líquido.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

En función de lo descubierto en la investigación se deduce:

1. El mucilago de cacao debe de tener un cuidado de alta calidad para así no modificar su contenido nutricional que le va a proporcionar al campo agrícola. Con respecto a la producción, por cada 100 kg de cacao, aproximadamente se produce de 4 a 7 litros de líquido.
2. El proceso de fermentación del mucilagos debe de ser de 5 a 7 días para que tenga efecto antifúngico bajo cierta concentración.
3. El mucilago de almendras de cacao es pobre en Mn, Cu y Zn, pero rico en Ca, N, Na, P, Fe y Mg; por esta razón, podrían utilizarse en la industria local de jabones o como fuente de fertilizante orgánico.
4. El mucilago de las almendras de cacao posee en su composición química una alta cantidad de pectinas, sales, aminoácidos, proteínas, ácido cítrico, alcohol, ácido acético y otros ácidos orgánicos. Se incluye también: proteína cruda, fibra cruda y ceniza.
5. Este productos puede ser utilizado como herbicida en especial en géneros de la familia Poaceae.
6. En ciertas concentraciones se ha demostrado el efecto de biofertilizante del mucílago de cacao semi fermentando.

3.2. Recomendaciones

1. Aplicar mucilago de las almendras de cacao como biofertilizantes en concentraciones de semi fermentación no mayores al 2%.
2. Utilizar mucilago de las almendras de cacao como bio-herbicida en manejo agroecológico de malezas, en concentraciones fermentadas del 5%, revisando una concentración de fenoles del 1%.
3. Establecer mecanismos para asegurar procesos de calidad en la obtención de mucilago fermentado.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, D. 2018. Análisis la estabilidad natural a tiempo real de una mermelada empleando mucílago de cacao (*Theobroma cacao* CCN-51) combinado con trozos de Piña usando dos tipos de conservantes. Trabajo de titulación Ingeniera Agroindustrial, Universidad Católica de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 84p.

Arciniega, G; Espinoza, R. 2020. Optimización de una bebida a base del Mucí-lago del Cacao (*Theobroma cacao*), como aprovechamiento de uno de sus subproductos. Dominio De Las Ciencias, 6(3):310–326. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1286>

Arteaga, Y. 2013. Estudio del desperdicio del mucilago de cacao en el cantón Naranjal (provincia del Guayas). Revista ECA Sinergia, 4(4):50-59.

Awolumate, E. 1983. Composición química y uso potencial de subproductos de algunos cultivos en Nigeria. Turrialba, 33(4):381-386. e-ISSN: 0041-4360

Carvajal, V. 2022. Caracterización fisicoquímica del mucilago del cacao. Trabajo de titulación Ingeniera Química, Universidad Nacional Abierta y a distancia – UNAD. Bucaramanga, Colombia. 150p.

Díaz, A. 2021. Aprovechamiento de la cáscara de mazorca de cacao para la elaboración de tableros aglomerados. Tesis de Maestría, Universidad de Pamplona. Pamplona, España. 114p.

Fernández, Á; Erazo, C; Torres, C; Torres, E; Tuárez, D; Díaz, R. 2022. Extracción de mucílago de cáscara de *Theobroma cacao* L. para uso en clarificación de jugos de *Saccharum officinarum*. Ciencia y Tecnología, 15(1):25–33. <https://doi.org/10.18779/cyt.v15i1.540>

García, G. 2023. El mucílago de cacao, ingrediente que crece en el arte culinario (en línea). Disponible en: <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/el-mucilago-de-cacao-ingrediente-que-esta-creciendo-en-el-arte-culinario/>.

Consultado: 26-09-2023

García, M. 2022. Uso del mucilago de cacao en el control de maleza en plantaciones comerciales de cacao (*Theobroma cacao* L.). Trabajo de titulación Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador. 29p.

Gavilánez, X; Benavides, O. 2022. Impacto del mucílago de cacao más ácido acético en el control de musgos (*Rigodium implexum*) sobre cultivos de cacao orgánico. Trabajo de titulación Ingeniero Químico, Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador. 76p.

Graziani de Fariñas, L; Ortiz de Bertorelli, L; Angulo, J; Parra, P. 2002. Características físicas del fruto de cacao tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía Tropical*. 52(3):343-362. ISSN 0002-192X

Haro, D; López, M. 2022. Desarrollo de un producto para uso agrícola a partir del mucilago de cacao. Trabajo de titulación Ingeniero Industrial, escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 84p.

Heredia, J; Rueda, J; Talero, L; Ramírez, J; Coronado, R. 2020. Determinación de la madurez de mazorcas de Cacao, haciendo uso de redes neuronales convolucionales en un sistema embebido. *Revista Colombiana de Computación*, 21(2):42-55. e-ISSN: 2539-2115, <https://doi.org/10.29375/25392115.4030>

Hernández, R; Rojas, P. 2011. Estudio del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) con fines de aprovechamiento industrial y artesanal, en Barlovento, estado Miranda. Trabajo de titulación Ingeniero Químico, Universidad central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 101p.

Hipo, M. 2017. Aplicación de mucilago de semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el control de malezas. Trabajo de titulación Ingeniera Agropecuaria, Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 29p.

Largo, S; Yugcha, J. 2016. Elaboración de néctar natural de cacao a partir del mucílago. Trabajo de titulación Ingeniero de Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 60p.

Latacela, W; Colina, E; Castro, C; Santana, D; León, J; García, G; Goyes, M; Vera,

M. 2017. Efectos de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre poblaciones de micorrizas asociadas al cultivo de cacao. *European Scientific Journal - ESJ*, 13(6): 464-479. ISSN: 1857 – 7881. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n6p464>

Luzuriaga, D. 2018. extracción y aprovechamiento del mucílago de cacao (*Theobroma cacao*) como materia prima en la elaboración de vino. Trabajo de titulación Ingeniera en Alimentos, Universidad Técnica Equinoccial. Quito, Ecuador. 133p.

Moreno, S; Morán, E; Quijije, I; Ochoa, D. 2021. Mucílago de *Theobroma cacao* L. como base para un bioantimicrobiano mezclado con dos ácidos débiles: alternativas ecológicas. *Ecuadorian Science Journal*, 5(4):98-108. e-ISSN: ISSN 2602-8077. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.173>

Noroña, C. 2018. Determinación de la fitotoxicidad del mucilago de la semilla de cacao ccn-51 sobre las malezas en el cultivo de cacao. Trabajo de titulación Ingeniera Agrónoma, Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 101p.

Piracoca, M. 2022. Caracterización del mucílago de cacao (*Theobroma Cacao* L., clon TSH 565) como fuente de pectina y azúcares para el aprovechamiento en la industria de alimentos. Tesis Magister, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 114p.

Pizano, J. 2022. El mucílago de cacao (en línea). Disponible en: <https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/El-mucilago-de-cacao/289>.

Consultado: 26-09-2023

Rodríguez, R; Posada, G; Valero, A; Torres, E; Torres Navarrete, Y; Díaz, R. 2021. Valoración de baba de cacao (mucílago) no utilizada en el cantón Quevedo - Ecuador. *Revista Científica Ciencia Y Tecnología*, 21(32):79-86. <https://doi.org/10.47189/rcct.v21i32.489>

Sánchez, F; Garcés, F; Vásconez, G; Vera, J; Zambrano, J; Ramos, R. 2014. Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(1):33–41. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i1.134>

Sánchez, D; Rodríguez, W; Castro, D; Trujillo, E. 2019. Respuesta agronómica de mucilago de cacao (*Theobroma cacao* L.) en cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Ciencia en Desarrollo, 10(2):43-58. e-ISSN: 0121-7488. DOI: <https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.7958>

Santana, P; Vera, J; Vallejo, C; Álvarez, A. 2018. Mucílago de cacao, nacional y trinitario para la obtención de una bebida hidratante. Revista Ciencia y Tecnología, 4(1):179-189. e-ISSN: ISSN 1316-4821

Toufood. 2023. ¿Qué es el mucílago del cacao? (en línea). Disponible: <https://www.toufood.com/que-es-el-mucilago-del-cacao/>. Consultado: 26-09-2023

Trillo, M. 2011. Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el control de malezas y la composición del suelo en el fundo bio selva - Satipo. Trabajo de titulación Ingeniero en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro de Perú. Huancayo, Perú. 89p.

Villa, D; Osorio, M; Villacis, N. 2020. Extracción, propiedades y beneficios de los mucílago. Revista Ciencias Técnicas y Aplicadas, 6(2):503-524. ISSN: 2477-8818, <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1181>

ANEXOS



Fig 1. Mucílago obtenido de mazorcas del cacao



Fig 2. Herbicida obtenido de mucílago de mazorcas del cacao



Fig 3. Extracción de mucílago de mazorcas del cacao



Fig 4. Efecto herbicida del mucílago de mazorcas del cacao