

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad De Ciencias Naturales Y Matemáticas

**DISEÑO DE UN PRODUCTO CON POTENCIAL HERBICIDA-
FUNGICIDA, UTILIZANDO UN DESECHO DE LA COSECHA DE
CACAO, CARACTERIZADO QUÍMICAMENTE Y CON SU RESPECTIVO
CONTROL DE PROCESOS ECONÓMICAMENTE FACTIBLES, PARA
LA UTILIZACIÓN EN ÁREAS DE PEQUEÑOS PRODUCTORES**

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Químico

Presentado por:

Leticia Lisseth Tituaña Picuasi

Dannes Abrahan Vera González

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres, Marcelo Tituaña y Elena Picuasi, a mis hermanos, Daysi, Wendy, Andy, Auki y Tupak, por ser un pilar fundamental para mí crecimiento personal.

Este proyecto y toda mi trayectoria académica, lleva estampado los sueños de cada uno de los niños de las comunidades rurales que pude conocer, quienes sueñan con dejar una huella en este camino finito, pero las condiciones sociales a las que hemos sido sometidos por cientos de años, nos han impedido crecer y abandonar sueños y, por ende, una parte de nosotros. Es por eso que, me honra dirigirme a mi pueblo kichwa y dedicarles esta parte de mí.

Leticia Lisseth Tituaña Picuasi

DEDICATORIA

A Dios porque me ha dado todas las cosas.

A mis padres Juan M. Vera del Pezo y Francia L. González Panchana por creer en mí.

A mis hermanos Mayrena Elizabeth, Néstor Andrés y Medardo Efraín por su apoyo incondicional.

A mis tíos María del Pilar Vera y Félix Gonzalez por su ayuda en el transcurso de mi carrera.

A mis sobrinos Juan, Isaac, Johan, Ian, Saskia, Jesús para que esto los anime a perseguir sus estudios universitarios.

Dannes Abrahan Vera González

AGRADECIMIENTOS

Mi más cálido y sincero agradecimiento a quienes me brindaron de su ayuda para que me encontrara en esta etapa. Ellos son: los señores conserjes de la universidad, personal administrativo de ESPOL, estudiantes que se detenían en las garitas para llevarme hacia la facultad, profesores y a la familia de amigos que pude formar durante estos años.

Mi eterna gratitud por ayudarme a expandir mi visión, no permitir que me faltara comida y regalarme una parte de cada uno de ustedes para reconstruirme.

Leticia Lisseth Tituaña Picuasi

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien me ha permitido tener la oportunidad y ha provisto de muchas cosas de gran manera.

Mis agradecimientos a mis padres por su apoyo incondicional a lo largo del transcurso de la carrera académica.

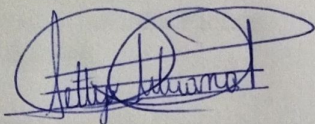
A la Dra. María Isabel Jiménez por su ayuda y guía para la realización de este documento

Al Sr, Frank Roca por su ayuda en la realización de la metodología y toma de fotografías.

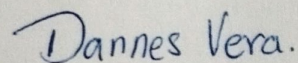
Dannes Abrahan Vera González

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Leticia Lisseth Tituaña Picuasi y Dannes Abrahan Vera González damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Leticia Lisseth Tituaña Picuasi



Dannes Abrahan Vera González

EVALUADORES

NADIA MAGALY FLORES
MANRIQUE

Firmado digitalmente por
NADIA MAGALY FLORES
MANRIQUE
Fecha: 2021.09.22 15:10:22
-05'00'

M.Sc. Nadia Flores Manrique
PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:
GLADYS RINCON POLO

Ph.D. Gladys Rincón Polo
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente trabajo consiste en establecer las bases y criterios de diseño para la obtención de un producto fungicida-herbicida a partir de la baba de cacao, garantizando su efectividad y cumpliendo con normas desde su recolección hasta su almacenamiento, con la finalidad de aprovechar los residuos que se generan a partir de la recolección de cacao como materia prima en la industria alimenticia. Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, se estableció una metodología basada en la simulación de las acciones realizadas por los agricultores cacaoteros a lo largo del proceso de cosecha, lo que permitió la recolecta datos de variación de temperatura, pH y °Brix durante 252 horas. Los datos obtenidos fueron analizados para determinar que el tiempo óptimo de fermentación de la baba de cacao, que resulta a aproximadamente a los 6 días de su almacenamiento sellado, siendo el grupo funcional primario; los ácidos carboxílicos. Es así que, la baba de cacao al tener como grupo funcional primario a los ácidos carboxílicos, puede contrarrestar el crecimiento de malezas como el *Commelina difusa* y *Eleusine indica*; y contrarrestar enfermedades provocadas por hongos tales como: *Colletotrichum sp.*, *Curvularia sp.*, *Fusarium sp.* Y *Mycosphaerella fijiensis*.

Palabras Claves: Grupos Funcionales, Fungicida, Herbicida, Baba de Cacao, Fermentación

ABSTRACT

The present work consists of establishing the bases and design criteria for obtaining a fungicide-herbicide product from cocoa slime, guaranteeing its effectiveness and complying with standards from its collection to its storage, in order to take advantage of the residues. that are generated from the harvesting of cocoa as a raw material in the food industry. For the fulfillment of the proposed objectives, a methodology was established based on the simulation of the actions carried out by cocoa farmers throughout the harvest process, which allowed the collection of data on the variation of temperature, pH and ° Brix for 252 hours. The data obtained were analyzed to determine that the optimal fermentation time of the cocoa slime, which results at 6 days of its sealed storage, being the primary functional group: carboxylic acids. Thus, cocoa slime, having carboxylic acids as its primary functional group, can counteract the growth of weeds such as *Commelina diffusa* and *Eleusine indica*; and counteract diseases caused by fungi such as: *Colletotrichum* sp., *Curvularia* sp., *Fusarium* sp. And *Mycosphaerella fijiensis*.

Key Words: Functional Groups, Fungicide, Herbicide, Cacao Slime, Fermentation

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
ÍNDICE GENERAL	IV
ABREVIATURAS	VII
SIMBOLOGÍA	VIII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS	X
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Justificación del problema.....	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Marco Teórico.....	4
1.4.1. Producción de Cacao	4
1.4.1.1. Cosecha.....	4
1.4.1.2. Fermentación	5
1.4.1.3. Secado.....	5
1.4.2. Residuos	5
1.4.2.1. Baba de cacao	6
1.4.3. Bioquímica de la Fermentación	7
1.4.3.1. Fermentación Alcohólica	7
1.4.3.2. Fermentación Acética	7
1.4.3.3. Características de medición en la fermentación	8
1.4.3.4. Levaduras presentes.....	8
1.4.4. Malezas	9

1.4.4.1. Malezas de hoja angosta	9
1.4.4.2. Malezas de hoja Ancha	10
1.4.5. Herbicidas	10
1.4.5.1. Grupos funcionales o familia química de herbicidas	10
1.4.5.2. Ácidos aromáticos carboxílicos	10
1.4.6. Hongos	11
1.4.6.1. Tipos de Hongo que afectan al cacao	12
1.4.7. Fungicidas	12
1.4.7.1. Tipos de Fungicidas	12
1.4.8. Ácido Acético	13
1.4.8.1. Toxicidad	13
1.4.8.2. Almacenamiento	13
CAPÍTULO 2.....	15
2. METODOLOGÍA.....	15
2.1. Evaluación de grupos funcionales con potencial fungicida-herbicida del mucílago de cacao.	15
2.2. Determinación de la cinética de fermentación del mucílago de cacao.....	16
2.2.1. Materiales, Equipos y Reactivos	16
2.2.2. Simulación de la cosecha.....	17
2.2.3. Determinación del tiempo de la cinética de fermentación.....	19
2.3. Generación de la información de etiqueta	21
2.3.3. Información de las secciones	23
2.3.3.1. Sección izquierda	23
2.3.3.2. Sección central	23
2.3.3.3. Sección derecha.....	24
2.4. Diseño del Diagrama de Bloques del Proceso	25
CAPÍTULO 3.....	26
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	26
3.1. Grupos funcionales de la baba de cacao con potencial fungicida herbicida .	26

3.1.1.	Composición química del mucílago de cacao.....	26
3.1.2.	Grupos funcionales presentes en el mucílago de cacao	27
3.1.3.	Análisis de Potencial Herbicida-Fungicida de los grupos funcionales primarios del mucílago de cacao.	28
3.2.	Determinación de la cinética de fermentación del mucílago de cacao.....	28
3.2.1.	Resultados tras la Simulación de la cosecha	28
3.2.2.	Determinación del tiempo óptimo de la cinética de fermentación	29
3.3.	Condiciones de formulación y almacenamiento	34
3.3.1.	Datos físicos-químicos del ingrediente activo	34
3.3.2.	Toxicología	34
3.3.3.	Primeros auxilios	35
3.3.4.	Efectos sobre la salud humana.....	35
3.3.5.	Efectos sobre el ambiente	35
3.4.	Diagrama de flujo	36
CAPÍTULO 4.....		38
4.	Conclusiones y Recomendaciones	38
Bibliografía.....		41
APENDICE		45
A.	Balance de Materia del Proceso	45
4.1.1.	Separación	45
4.1.2.	Despulpación.....	45
4.1.3.	Fermentación	46
4.2.	Etiqueta	48

ABREVIATURAS

ANECACAO Asociación Nacional de exportadores de cacao

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

CCN-51 Colección Castro Naranjal, Clon 51

pH Potencial de Hidrogeno

FRAC Fungicide resistance action committee

INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización

SIMBOLOGÍA

kg	Kilogramo
g	Gramo
mg	Miligramo
h	Horas
ml	Mililitro
L	Litros
°Brix	Grados Brix
CO ₂	Dióxido de Carbono
°C	Grados Celcius

INDICE DE FIGURAS

Figura 2 1 Materiales, Equipos y Reactivos necesarios para la Simulación de la cosecha (2.2.2) y la Determinación del tiempo óptimo de fermentación del mucílago de cacao (2.2.3).	17
Figura 2 2 Pesaje de las mazorcas de cacao.	17
Figura 2 3 Corte transversal de las mazorcas de cacao.	18
Figura 2 4 Simulación de las acciones de los agricultores para fermentar el grano de cacao... ..	18
Figura 2 5 Recolecta de baba.....	18
Figura 2 6 Pesaje de grano retenido en el tamiz.....	19
Figura 2 7 Medición volumétrica (ml) de la baba de cacao.	19
Figura 2 8 Distribución equivolúmetrica en envases de vidrio, previamente identificados.....	20
Figura 2 9 Medición de temperatura.	20
Figura 2 10 Medición de °Brix con el refractómetro.	20
Figura 2 11 Medición del pH de la baba de cacao.	21
Figura 3 1 pH vs. Tiempo [h] para las 6 muestras de baba de cacao recolectadas.	30
Figura 3 2 Temperatura [°C] vs. Tiempo [h] para las 6 muestras de baba de cacao recolectadas.	31
Figura 3 3 °Brix [%] vs Tiempo [h] para las 6 muestras de baba de cacao recolectadas	31
Figura 3 4 pH vs. Tiempo [h] para la muestra 1 de baba de cacao.	32
Figura 3 5 Temperatura [°C] vs. Tiempo [h] para la muestra 1 de baba de cacao.	33
Figura 3 6 °Brix [%] vs Tiempo [h] para la muestra 1 de baba de cacao.....	33
Figura 3 7 Diagrama de bloques del proceso para la producción del producto herbicida/fungicida	36
Figura A 1 Proceso de separación.....	45
Figura A 2 Proceso de Despulpación.....	45
Figura A 3 Proceso de fermentación	46
Figura A 4 Mezcla	46
Figura B 1 Etiqueta generada del producto	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 1 Composición química del mucílago de cacao. (Ortiz & Álvarez, 2015).....	6
Tabla 1 2 Características físicas del mucílago del cacao. (Balladares et al., 2016)	7
Tabla 3 1 Composición química del mucílago de cacao (Balladares et al., 2016).....	26
Tabla 3 2 Clasificación de compuestos químicos en función de su grupo químico o biológico (Balladares et al., 2016) (PubChem, 2021; NIST, 2021).....	27
Tabla 3 3 Resultados obtenidos tras la cosecha, extracción y recolección de baba de cacao*.	29
Tabla 3 4 Formulación del producto.	36
Tabla 3 5 Corrientes de entrada y salida del proceso.....	37

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador se encuentra entre unos de los países más biodiversos del mundo, cuenta con una gran variedad de cultivos gracias a su posición geográfica, de acuerdo con las condiciones climáticas son las más aptas para el sector agrícola, en este caso tenemos a la planta de cacao que influyen factores como la temperatura, lluvia y radiación solar. Este cacao es una de las plantas que se desarrollan bajo sombras, la humedad que hay zonas de cultivos de cacao es muy importante ya que influye a la presencia de enfermedades que afectan el fruto, así como también si se privara de humedad la planta moriría. El cacao no soporta menos de 19-20°C y para un florecimiento normal y abundante se requiere 25°C. (Anecacao, 2015)

Las provincias de mayor producción en la costa son Los Ríos, Guayas, Manabí El Oro. En el Ecuador se desarrollan 2 tipos de cacao, uno de ellos es el cacao CCN-51, se caracteriza por tener un color rojizo en su estado de maduración. Además, es reconocido por su resistencia a las enfermedades comunes que afectan a las plantaciones de cacao como la moniliasis, Escoba de bruja y Mal machete. (Anecacao, 2015).

La fruta de cacao consta de una mazorca donde lo que más se utiliza son los granos o semillas con destino a la fabricación de chocolate, esto representa entre un 20-25% de la fruta, donde el resto se desperdicia.

Las semillas de cacao están rodeadas por una pulpa aromática. Estudios previos hablan de que la pulpa mucilaginosa está compuesta por células esponjosas parenquimatosas, que contienen células de savia ricas en azúcares (10-13%), pentosas (2-3%), ácido cítrico (1-2%), sales (8-10%) y el resto de agua según revelo los análisis hechos, esto representa menos del 10% del contenido del fruto.

El control de malezas en los cultivos de cacao debe ser constante ya que al tener presencia de está, privatizaría de los nutrientes correctos que necesitan una planta de cacao, esto también aumentaría la probabilidad de ser refugio de plagas donde las enfermedades estarían entrando, afectando de manera negativa al cultivo. Se puede hacer un control químico identificando las malezas y seleccionando el herbicida mas eficaz.

El control de plagas en los cultivos trata de identificar a los hongos que son causantes de las enfermedades afectantes, donde se aplica un producto estudiando el modo de acción más eficaz y selectivo, de manera que no se vea mayormente afectado el cultivo.

1.1. Descripción del problema

Las plantaciones de cacao en el Ecuador corresponden a un porcentaje importante en la producción agrícola del país, Existen dos tipos de cacao cultivados en Ecuador uno llamado "Nacional", que es la más popular entre los fabricantes de chocolate, por la calidad de su grano y su aroma. Sin embargo, al ser infectado por enfermedades como la "moniliasis" o la "escoba de bruja" se introdujo al país variedades que se mezclaron con el cacao original dando frutos con alta producción, pero el contenido de aromas no se comparaba al Nacional, por esta razón es que tenemos la segunda variedad más importante que es el CCN-51, este tiene un estimado de cuatro veces más productividad a las clásicas y resistencia a las enfermedades (Anecacao, 2015).

La mayoría de los agricultores optan por utilizar productos químicos para la protección de sus plantaciones evitando la proliferación de las enfermedades que afectan a esta producción, como el glifosato. Este puede ser perjudicial porque es un herbicida de alto espectro que puede afectar negativamente a las plantaciones de cacao ya que reduciría la conversión y efectividad de los nutrientes hacia la planta de cacao, así como lo hacen las malezas. En los últimos años hay una tendencia a consumir productos a base de materia orgánica solucionando problema de medio ambiente y productividad (Suriaga, 2016).

La conversión aproximada entre en grano en baba y el grano en seco es de 0.4, esto revela que hay gran cantidad de baba de cacao en la mazorca, indicando un bajo rendimiento de materia prima. Se conoce poco de los compuestos de baba de cacao, estudios anteriores informan que en lugares donde se hace la fermentación y se escurre la baba del cacao fermentada, presenta lugares libres de malezas típicas que suelen haber en estos tipos de cultivos. Esto indica el potencial de la baba de cacao como agente herbicida – fungicida, al estudiar las características físicas y químicas de esta baba se puede explicar el efecto que produce hacia las malezas y hongos (Norofña, 2018).

Hay una tendencia en usar la baba de cacao como herbicidas-fungicidas esto implicaría que los agricultores conozcan más sus productos y que puedan darle un uso óptimo a estos residuos. Por esta razón se propone un diseño para el primer intento de proceso industrial a partir de la baba de cacao para la obtención de un herbicida que pueda beneficiar a la industria cacaotera ecuatoriana.

1.2. Justificación del problema

Según el informe de (The International Cocoa Organization, 2018) la producción de cacao durante la cosecha entre el 2015 y 2016, bordeaba los 3.9 millones de toneladas, una exportación de 47 mil millones de dólares y una producción de biomasa residual de 16 millones de toneladas (International Trade Center, 2019a ; The International Cocoa Organization, 2018) representando relevancia a nivel mundial debido, al cultivo familiar que se genera y la logística para el transporte, comercialización, fabricación y distribución de la materia prima y productos derivados, generando ingresos para aproximadamente 50 millones de personas (Beg, Ahmad, Jan, & Bashir, 2017).

En las últimas décadas, la demanda internacional de cacao ha generado grandes preocupaciones socioambientales, lo que ha provocado que en los últimos años los subproductos del cacao adquieran interés y, sean aprovechados en las empresas de todo el mundo para desarrollar diversos productos a escala industrial, llegando a una cifra de 244 millones de dólares en el 2017 únicamente en la exportación de residuos de cacao, aun así, la aplicabilidad de la biomasa residual del cacao solo se ha estudiado ligeramente (International Trade Center, 2019a ; The International Cocoa Organization, 2018).

Las observaciones recopiladas por los cacaoteros de la región costaequatoriana, describen el potencial herbicida-fungicida de este material, por lo que el presente trabajo, es el primer intento por producir un producto que combata efectos perjudiciales en los cultivos, causados por hongos patógenos resultantes del desecho o quema inadecuada de la cáscara de la mazorca de cacao en el suelo por los mismos agricultores, como la *Marasmius perniciosus*, *Phytophthora palmivora* y *P. megakarya*, que son responsables de la pudrición de la mazorca de cacao (Vásquez et al., 2019).

Es así que, el proyecto de materia integradora contribuye a mejorar la sostenibilidad de esta importante cadena de producción y alimentaria, a través de la gestión adecuada de biomasa residual mediante la biotransformación del fruto del cacao.

Estas acciones reducirán problemas fitosanitarios y generarán nuevos ingresos para los agricultores, dándole valor a la biomasa residual que ha sido muy poco estudiada hasta ahora.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Establecer las bases y criterios de diseño para la obtención de un producto fungicida-herbicida a partir de la baba de cacao, garantizando su efectividad y cumpliendo con normas desde su recolección hasta su almacenamiento.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Evaluar las características químicas de la baba de cacao para identificar grupos funcionales con las acciones fúngicas y herbicidas, garantizando el potencial herbicida-fungicida.
2. Evaluar la cinética de fermentación para la determinación del tiempo óptimo de fermentación y conservación del producto.
3. Establecer las condiciones del producto final para su posterior almacenamiento cumpliendo las normas nacionales de un producto de carácter herbicida-fungicida.
4. Diseñar el diagrama de bloques para la obtención del producto herbicida-fungicida mediante los criterios de balance de masa y las condiciones de cada proceso.

1.4. Marco Teórico

1.4.1. Producción de Cacao

1.4.1.1. Cosecha

Comúnmente la cosecha para el cacao CCN-51 se da en dos temporadas del año, donde la floración se da entre 5-6 meses, se reconoce el punto de maduración cuando la mazorca pasa de tener un color vino tinto a un color rojizo o también de color naranja. Cuando se haya observado y seleccionado las mazorcas maduras se las retira del árbol acumulándolas en un sitio (Arreaga, 2020, p.19).

El agricultor toma un machete corto para hacer un corte con el fin de abrir la mazorca para luego extraer los granos de cacao, el machete debe ser corto y no tener un buen filo de manera que no pueda afectar los granos al cortar la mazorca. Luego de la extracción de los granos de cacao se los lleva a la

fermentación. Se recomienda hacer estas acciones en menos de 24 horas (Arreaga, 2020, p.19).

1.4.1.2. Fermentación

Los agricultores comúnmente utilizan diferentes estilos de fermentación ya sea por el recipiente donde se lleva a cabo la fermentación ya que es el proceso responsable de la calidad del cacao. Una forma es de cajones en cascadas que consiste en colocar las almendras en baba en estos cajones que tienen perforaciones al suelo, esto se hace para evacuar la baba. La ventaja de esto es que se pueden ir montando cajón tras cajón, por eso es el nombre de cajones en cascada, la fermentación aquí dura aproximadamente entre 5 a 7 días, a estos cajones se los cubren para protegerlos del sol, la lluvia y el viento, además por el hecho que se lo haga en maderas ayuda a que no haya cambios bruscos en la temperatura de fermentación de las almendras porque en este periodo la temperatura crece 10°C de más. Los otros recipientes donde los agricultores hacen la fermentación son en sacos de yute donde estos al contener las almendras en baba son apiladas en una base de madera o de plástico aislándolas del suelo, aunque también algunos agricultores las cuelgan todo esto para permitir una mejor aireación y alejarlos de animales que pueden causar una alteración, aquí en los sacos de yute se deja las almendras a fermentar entre 4 a 6 días (Aldas & Revilla, 2020, p. 15-16)

1.4.1.3. Secado

Luego de haber pasado el proceso de fermentación los agricultores recogen los granos ya fermentados para colocarlos a secar de manera natural con los rayos del sol, son muy pocos los que usan un horno, el lugar donde las almendras se secan son en tablas o encima de un plástico negro en un suelo de cemento, es recomendable que cada cierto tiempo se vaya manipulando los granos mientras se secan ya que esto ayuda al secado (Arreaga, 2020, p.20).

1.4.2. Residuos

Es de simple vista reconocer la cantidad de materia que no se usa en todo el fruto de cacao, en los últimos años ha despertado en interés social y ambiental de tener un accionar con los residuos de cacao, Según (Orellana, 2021) a los agricultores en el Ecuador se los motiva cumplir normas como

Rainforest Aliance que tienen como misión “conservar la biodiversidad y asegurar medios de vida sostenibles transformando las prácticas de uso de suelo, las prácticas empresariales y el comportamiento de los consumidores” (Rainforest Aliance, 2017). Esto hace que haya más preocupación en tratar los residuos del fruto de cacao, comúnmente el mucilago o baba que se evacua en la fermentación se lo deja perder y las mazorcas cortadas sirven de abono mismo de las plantas.

Además, que se ha incrementado las exportaciones de residuos provenientes de los residuos de cacao, llegando a tener ingresos de hasta 224 millones de dólares para países africanos, exportando cascara, mucilago, entre otros residuos (Arreaga, 2020, p.21).

1.4.2.1. Baba de cacao

La pulpa de cacao posee características aromáticas, mismos que son removidos posterior al proceso de cosecha a través de la fermentación, seguido por la hidrolización por microorganismos, conocido finalmente como “exudado”(Ortiz & Álvarez, 2015). El uso de la pulpa en exceso ha sido de gran interés en la industria alimentaria y farmacéutica, debido a la composición química que presenta.

Tabla 1 1 Composición química del mucílago de cacao. (Ortiz & Álvarez, 2015)

Componente	%p/p (base húmeda)
Agua	79,2-84,2
Proteína	0,09-0,11
Azúcares	12,50-15,9
Glucosa	11,6-15,32
Pectinas	0,9-1,19
Ácido cítrico	0,77-1,52
Cenizas	0,40-0,50

Asimismo, la investigación realizada por (Balladares et al., 2016) muestra los siguientes resultados:

Tabla 1 2 Características físicas del mucílago del cacao. (Balladares et al., 2016)

Parámetros	Valores promedios (n=3) ± desviación estándar.
Densidad (g/ml)	1,1±0,001
°Brix	19,6±0,57
pH	3,58±0,07
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	192154
Conductividad (mS/cm)	3,29±0,06
Salinidad (ppt)	3,04E+2 ±0,02
Tensión superficial (N)	52,65 ±1,91

1.4.3. Bioquímica de la Fermentación

En este proceso se descompone la pulpa que rodea las almendras y también se produce cambios bioquímicos dentro de las almendras donde se reduce los azúcares y se desarrolla los aromas. En la fermentación actúan microorganismo, también se toma en cuenta la tasa de cambios de temperatura, humedad y pH, aquí hay formaciones de alcoholes, ácidos, compuestos polifenólicos. En resumen, lo que sucede en la fermentación es que gracias de agentes como bacterias y levaduras se producen cambios en las características de la sustancia a fermentarse. Así también el medio de fermentación con la presencia de azúcares y ácido cítrico que permite que los microorganismos crezcan (Aldas & Revilla, 2020, p.17).

1.4.3.1. Fermentación Alcohólica

Esta fermentación se produce de manera anaeróbica hidrolítica, es decir, no debe haber entrada de aire, sin oxígeno, originado por la actividad de levaduras que, en su primera fase por un periodo de 48 horas, aumenta la población de ésta. La acción de estos microorganismos es transformar el mucílago en alcohol etílico y dióxido de carbono. (Aldas & Revilla, 2020, p.17)

1.4.3.2. Fermentación Acética

En esta fermentación se produce ácido acético (CH₃COOH) o compuestos derivados de Ácidos carboxílicos, contrario a la fermentación

alcohólica se produce de manera aeróbica, es decir con la presencia de oxígeno. En resumen, hay una oxidación de alcohol, en este caso alcohol etílico, esto es causada por la bacteria *Acetobacter aceti*, que a comparación de las levaduras necesitan oxígeno para su crecimiento y actividad (Aldas & Revilla, 2020, p.17)

1.4.3.3. Características de medición en la fermentación

pH:

Potencial Hidrógeno es una medida de acidez o alcalinidad de una solución. Tiene una escala de 0-14, con valores siete como neutro, menor que siete ácidos, y mayor a siete básico. Según (Rios & Yohany, 2019, p25) control el ph ayuda a la ploriferacion y contamienacion bacteriana, asi mismo que contribuye a un optimo crecimiento de la poblacion de levaduras, ademas para garantizar el ciclos de las levaduras es necesario mantener la acidez

° Brix

Los grados brix son la representación del contenido de azúcares presentes en una solución, la medición se lo hace con la ayuda de un refractómetro, los °Brix ayudan a estimar la cantidad de zucares fermentables, así como se puede medir para saber la finalización de la fermentación en caso de mantenerse constante. (Rios & Yohany, 2019, p25)

Temperatura

La temperatura se mide debido que los microorganismos requieren un medio de entre 20-45 °C, si baja mucho la temperatura las levaduras presentes no se activan, en cambio se la temperatura es superior habrá un deceso de la poblacion de levaduras. (Rios & Yohany, 2019, p24)

1.4.3.4. Levaduras presentes

Según (Jordan & Parra, 2020, p.14) “Las levaduras son microorganismos eucariotas que fermentan una variedad de azúcares de diferentes fuentes, obteniendo como producto final de CO₂ y etanol. Su reproducción es de manera asexual mediante mitosis”. Cabe recalcar que

para la fermentación alcohólica el producto es etanol y CO₂ y para la fermentación acética el producto es ácido acético. Las levaduras presentes en la baba de cacao son:

Saccharomyces cerevisiae

Esta levadura es muy común dado que es la responsable de producir etanol comercial y es muy estudiada, para no afectar la capacidad de esta levadura de que consuma los azúcares fermentables en el mosto y la producción de etanol, se debe establecer y controlar la temperatura (Rios & Yohany, 2019, p.15).

Acetobacter

Pertenecientes al grupo GRAM (-), bacterias acéticas que utilizan como fuente de carbono al etanol considerando que requieren de oxígeno para su metabolismo aeróbico, su aspecto es en parejas o en cadenas. En cuanto al pH, hay especies de esta levadura que llegan de 3-6.5 de pH (Rios & Yohany, 2019, p.15).

1.4.4. Malezas

Las malezas son plantas que afectan el rendimiento y calidad de los productos cosechados en los cultivos e incrementa los costos de producción. Las acciones de control de maleza deben ir dirigidas a la maleza existente y a la prevención de producción de malezas nuevas para reducir la emergencia y maximizar la competencia del cultivo. (Rosale & Esqueda, 2006)

1.4.4.1. Malezas de hoja angosta

Su principal característica es que presenta hojas alargadas de la especie monocotiledóneas, donde están ciperáceas y poáceas que son unas de las familias más comunes. Según (Carrera, 2016, p.36) "Este grupo de malezas muestran un sistema radical fasciculado, las hojas además de estrechas, son envainadoras, su crecimiento con respecto al suelo es parabólico y protegen todos los puntos de crecimiento de la planta (tejidos meristemáticos) esto les ayuda a resistir a las aplicaciones foliares de los herbicidas"

1.4.4.2. Malezas de hoja Ancha

Son de la especie de dicotiledóneas, su forma de hoja es equivalente su anchura como su largura, son más accesibles a ser controladas en comparación que las de hojas angosta. Su sistema radical es pivotante, tiene puntos meristemáticos axilares y terminales que no están recubiertos por las hojas, las hojas anchas son poco cerosas; donde esto facilita una mejor acción en las aplicaciones de los herbicidas (Carrera, 2016, p.35),

1.4.5. Herbicidas

Los herbicidas son sustancias complejas donde su principal acción es tener la capacidad controlar las plantas indeseables inhibiendo o interrumpiendo su crecimiento. Deben ser utilizados de acuerdo a la información y especificaciones de sus características y propiedades, para que puedan sacar provecho de las acciones de los mismo, así como la prevención de un posible impacto ambiental, así sea el más rentable de los productos mo justificar el nivel de impacto en tal caso debe ser el menor impacto ambiental posible (Anzalone, 2007, p.2).

1.4.5.1. Grupos funcionales o familia química de herbicidas

Unas de las formas de agrupar los herbicidas es identificarlos por su familia química las cuales poseen características químicas y moleculares comunes. Hay casos de herbicidas que perteneciendo a un grupo de familia química muestra acciones totalmente diferentes a las de su familia, por eso es necesario tener la información necesaria de los ingredientes activos para conocer un poco más del comportamiento del herbicida (Anzalone, 2007, p.3)

1.4.5.2. Ácidos aromáticos carboxílicos

Dentro de la familia de herbicidas orgánicos no nitrogenados hay una lista que muestra un tipo de herbicidas, los ácidos aromáticos carboxílicos entre estos están los fenoxidos, benzoicos, fenilaceticos, Ftálicos.

1.4.5.3. Herbicidas Orgánicos

Según (Carrera, 2016, p. 39) “Los herbicidas orgánicos están hechos de ingredientes naturales. Son herbicidas libres de químicos. Existen tres

tipos principales que son comúnmente utilizados: ácidos, inhibidores de crecimiento y sal”

1.4.5.3.1. Ácidos

Se caracterizan por contener compuestos como ácido cítrico provenientes de las frutas cítricas o tropicales, y compuestos como el ácido acético, por lo general la concentración ácida de estos herbicidas está entre 15-20 % en peso, el modo de empleo es de manera foliar directamente a las hojas donde este destruye la capa protectora de las hojas. Dentro de este grupo hay herbicidas de ácidos grasos que también tienen características ácidas que al contacto con las hojas causa que se resequen y posteriormente a la muerte de la maleza, tener cuidado porque este tipo de herbicidas no es selectivo (Carrera, 2016, p. 39).

1.4.5.3.2. Inhibidores de crecimiento

Comúnmente este tipo de herbicidas impide que germine las malezas por lo general son usadas para prevenir que salgan malezas e impedir que malezas que aún no hayan crecido su raíz puedan sobrevivir, la maleza ya germinada y con raíz desarrollada no es eficaz (Carrera, 2016, p. 39).

1.4.5.3.3. Sal

Un herbicida salino hace que su acción sea de deshidratación a la maleza su modo de empleo puede ser directamente en las hojas como en el suelo, aunque se debe tener cuidado porque el suelo puede quedar inutilizable ya que el contenido de sal permanece en el suelo (Carrera, 2016, p. 39).

1.4.6. Hongos

Provenientes del latín fungus, su característica es que se nutren de organismos muertos o parásitos, sus membranas pueden ser celulósicas o tener micelina. Su reproducción es asexual y sexual y se originan de esporas. Los hongos desempeñan una función importante en el equilibrio de la naturaleza en muchos aspectos tanto positivos como negativos, pueden ayudar a desarrollar plantas, pero también son causantes de varias

enfermedades que afectan a cultivos específicos que van destruyendo poco a poco las plantas para convertirse en plagas. (Baraja, 2012, p. 14)

1.4.6.1. Tipos de Hongo que afectan al cacao

- La monilla

La moniliasis del cacao causada por el hongo *Moniliophthora roreri* que se dispersa fácilmente y es la causante de pérdidas superiores al 50% de la producción. Hace que mas mazorcas se endurezcan donde si avanza este hongo la mazorca se torna color blanco.

- Escoba de bruja

El hongo *M. perniciosa*, causante de la enfermedad conocida como Escoba de bruja del cacao, es endémico de las zonas tropicales de Sudamérica. Se dispersa por medio de tejido vegetal como semillas, varetas, frutos, brotes, y ramas. Afecta diferentes especies de los géneros *Theobroma*, *Herrania* y las pertenecientes a las familias *Solanaceae*, *Bignoniaceae* y *Malpighiaceae*, produciendo crecimientos anormales y lesiones en brotes, ramas, flores y frutos

1.4.7. Fungicidas

Los fungicidas son sustancias que no solamente están destinada a la destrucción de los hongos de los cultivos, sino que también proporcionan resistencia a la planta huésped o cuando es empleado acondiciona un medio que se vuelva inadecuado a la proliferación de estos hongos. También suelen usarse para controlar el moho, musgos y los hongos en otros entornos. Los fungicidas funcionan de diversas formas, pero la mayoría dañan las membranas celulares de los hongos o interfieren con su reproducción (Garcia & Portilla, 2011, p. 193)

1.4.7.1. Tipos de Fungicidas

Los fungicidas son clasificados por su modo de acción bioquímico donde se los identifica por letras mayúsculas.

- A: Metabolismo de Ácidos Nucleicos
- B: Citoesqueleto y proteína motora
- C: Respiración

- D: Síntesis de aminoácidos y proteínas
- E: Transducción de señales
- F: Síntesis o transporte de lípidos / integridad o función de la membrana
- G: Biosíntesis de esteroides en membranas
- H: Biosíntesis de la pared celular
- I: Síntesis de melanina en la pared celular
- P: Inducción de la defensa de la planta huésped
- U: Modo de acción desconocido
- M: Productos químicos con actividad en múltiples sitios
- BM: Biológicos con múltiples modos de acción: extractos de plantas

Lista tomada de la nueva actualización de la clasificación de los fungicidas por modo de acción bioquímicos por parte de FRAC (List, 2021, p. 1-17)

1.4.8. Ácido Acético

El ácido acético es un compuesto orgánico que proviene de la fermentación acética a través de la oxidación de un alcohol, por lo general es de origen vegetal pero a nivel industrial inyectan suministros de oxígeno para acelerar su reacción

1.4.8.1. Toxicidad

Según (Arce, 2001, p. 4) “La toxicología ambiental ha avanzado grandemente, para emerger como una ciencia multi-disciplinaria que estudia los efectos adversos e interactivos de los organismos y los químicos, por esto es importante conocer como los productos químicos afectan al ambiente”.

1.4.8.2. Almacenamiento

Las condiciones de almacenamiento son de mucha importancia dado que mantiene el estándar de seguridad, y es una garantía para prevención de accidentes. Por lo general se requiere las especificaciones del envase, lugar óptimo y condiciones de almacenamiento como temperatura, luz viento. También puntos a considerar es la fecha desde su formulación hasta su vencimiento.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La empresa multinacional Nestlé S.A, determinó la necesidad de aprovechar el mucílago de cacao, uno de los residuos que genera el proceso de extracción de materia prima en la producción de alimentos. Para ello, se realizó diferentes actividades multidisciplinarias de experimentación, factibilidad económica, diseño de producción y el establecimiento de las bases y criterios de diseño para la obtención de un producto fungicida-herbicida a partir de la baba de cacao. La metodología propuesta desde el punto de vista químico-ingenieril consistió en la clasificación según los grupos funcionales de la baba de cacao, determinación de la cinética de fermentación del mucílago, establecimiento de las condiciones de almacenamiento en función de las características físicas y químicas; y diseño de un diagrama de bloques del proceso.

El presente proyecto es de carácter no experimental, ya que se recopilaban datos físicos a condiciones normales de presión y temperatura; investigación con alcance explicativo, pues se determinaron los factores con potencial herbicida-fungicida del mucílago de cacao para contrarrestar el crecimiento de malezas como el canutillo (*Commelina difusa* conocida comúnmente como: “*hoja ancha*”) y Pata de gallina (*Eleusine indica* conocida comúnmente como “*hoja angosta*”); y contrarrestar enfermedades provocadas por hongos tales como: *Colletotrichum sp.*, *Curvularia sp.*, *Fusarium sp.* Y *Mycosphaerella fijiensis.*, a través de la literatura científica.

2.1. Evaluación de grupos funcionales con potencial fungicida-herbicida del mucílago de cacao.

Para conocer los grupos funcionales que caracterizan al mucílago o baba de cacao, herbicidas y fungicidas, se indagó en la literatura científica, con enfoque en grupos funcionales que inhiben el crecimiento de malezas y hongos en las plantaciones de cacao.

1. Revisión de bibliografía de grupos funcionales del mucílago de cacao.
2. Revisión bibliográfica para la identificación de los compuestos activos de los herbicidas Auxinas usados para malezas de hoja ancha y de herbicidas Glicinas para malezas de hoja angosta.

3. Revisión bibliográfica de los grupos funcionales presentes en los herbicidas: Glifosato y, ácidos benzoicos y fenolxicaboxílicos.
4. Revisión bibliográfica para la identificación de compuestos funcionales activos presentes en los fungicidas para atacar hongos que generan moniliasis y escoba de bruja.
5. Análisis de los grupos funcionales con potencial activo, presentes en: mucílago de cacao, herbicidas y fungicidas.

2.2. Determinación de la cinética de fermentación del mucílago de cacao

La determinación de la cinética de fermentación consiste en dos secciones, la primera corresponde a la simulación de la cosecha mientras que, la segunda sección equivale a la determinación del tiempo óptimo de la cinética de fermentación.

2.2.1. Materiales, Equipos y Reactivos

Materiales

- Vasos de precipitación
- Espátulas (para la recolección de una pequeña muestra de baba para llevarlo al refractómetro)
- Hielera
- Recipientes de vidrio
- Colador
- Machete
- Fundas ziploc
- Papel tissue

Equipos

- Medidor de ph
- Refractómetro
- Balanza

Reactivos

- Baba de cacai
- Agua destilada
- Hielo



Figura 2 1 Materiales, Equipos y Reactivos necesarios para la Simulación de la cosecha (2.2.2) y la Determinación del tiempo óptimo de fermentación del mucílago de cacao (2.2.3).

2.2.2. Simulación de la cosecha.

1. Selección en el campo de las mazorcas de cacao en función de la maduración.
2. Identificación y pesaje de las mazorcas de cacao.



Figura 2 2 Pesaje de las mazorcas de cacao.

3. Corte de la mazorca para la extracción de los granos en baba y posterior pesaje.



Figura 2 3 Corte transversal de las mazorcas de cacao.

4. Simulación en laboratorio de las acciones de los agricultores para fermentar el grano de cacao con baba y recolecta de baba.



Figura 2 4 Simulación de las acciones de los agricultores para fermentar el grano de cacao.



Figura 2 5 Recolecta de baba

5. Pesaje del grano retenido y determinación de la densidad de la baba.



Figura 2 6 Pesaje de grano retenido en el tamiz

2.2.3. Determinación del tiempo de la cinética de fermentación.

1. Distribución equivolúmetrica (20 ml) de la baba de cacao en vasos de precipitación previamente identificado.



Figura 2 7 Medición volumétrica (ml) de la baba de cacao.



Figura 2 8 Distribución equivolúmetrica en envases de vidrio, previamente identificados.

2. En tiempo cero se mide pH, °Brix y temperatura, se identifica color y aroma.



Figura 2 9 Medición de temperatura.



Figura 2 10 Medición de °Brix con el refractómetro.

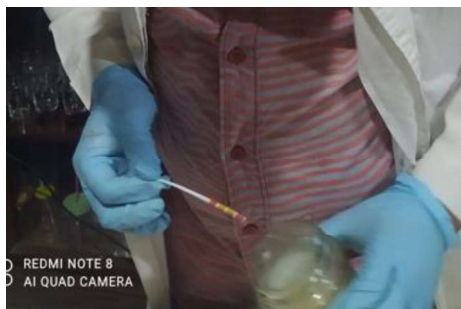


Figura 2 11 Medición del pH de la baba de cacao.

3. Se dejan las muestras en reposo sellado parcialmente para garantizar fermentación.
4. Por un lapso de 96h, se repite el paso 2 y 3 cada 4h.
5. Por un lapso de 7 días adicionales se repite el paso 2 y 3 cada 12h.
6. Análisis de los niveles de alcohol producido y acidez.

2.3. Generación de la información de etiqueta

2.3.1. Toxicología y seguridad

Antes de presentar la información de la etiqueta se consultó las características fisicoquímicas del principal ingrediente activo de la baba fermentada de cacao donde se enlistó las propiedades a consultar en fichas de seguridad:

- Datos físicos-químicos del ingrediente activo
- Toxicología
- Primeros auxilios
- Efectos sobre la salud humana
- Efectos sobre el ambiente
- Condiciones de almacenamiento

2.3.1.1. Almacenamiento

La baba recolectada en las salidas de campo fue sometida a observación tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Muestra en almacenamiento en frío y al ambiente
- Color a lo largo del tiempo

- Olor a lo largo del tiempo
- Mediciones de temperatura, ph y °Brix semanalmente

Donde se observó los cambios de estos parámetros con el pasar del tiempo por un lapso de dos meses.

2.3.2. Etiqueta

Se procedió a la revisión de información que se requiere para cumplir con el contenido escrito dentro de una etiqueta de Herbicida/fungicida, se revisó las normas nacionales del INEN, así mismo se verificó que según las normas nacionales no hay especificaciones para herbicida o fungicida, sino para plaguicidas de manera que abarca los dos productos tanto el herbicida como el fungicida. Por ende, para esta sección tomaremos el nombre de plaguicidas para los dos casos.

Según el (NTE INEN-1913, 2017) tenemos cuatro opciones de como presentar la información de la etiqueta, pero se seleccionó el primer ejemplo además porque se evidenció más completo. El tipo de etiqueta que se eligió se reparte en tres secciones de donde se indagó en la información y requisitos.

Para los requisitos que deberá tener de manera general el etiquetado se realizó una categorización de la toxicología y los símbolos de seguridad. Donde se puede identificar con una franja de un color especificado y debe estar en todas las secciones, así mismo del tamaño de la etiqueta que va de acuerdo con la capacidad del envase donde se encuentre en plaguicida.

Se estudió las categorías, ya que existen cinco categorías que son

- Extremadamente peligroso
- Altamente peligroso
- Moderadamente peligroso
- Ligeramente peligroso
- Categoría U

Para saber al detalle de las definiciones y criterios de las categorías se encuentran establecidos en la norma ya antes mencionada.

Se realizó la clasificación toxicología de los pictogramas y símbolos de seguridad que se usaran en el almacenamiento, manejo, recomendaciones y advertencias.

2.3.3. Información de las secciones

2.3.3.1. Sección izquierda (Sección 4.2.2.3 de la Norma NTE INEN 1913 – 2017)

1. Describir las precauciones del producto según corresponda, ya sea que tenga las características de nocivo, venenoso, irritante, cuidadoso.
2. Especificar las acciones durante la preparación y utilización del producto como no comer, beber o fumar en mayúsculas, así mismo las acciones que se deben evitar y los implementos que se debería usar para mantener la seguridad.
3. Se revisó las posibles frases de advertencia que deberían ir, relacionadas al ambiente, alimentos, precauciones con el uso y eliminación de envases y cuidados con los equipos de aplicación.
4. En esta sección también va las instrucciones de primeros auxilios y consejos médicos. En diferentes casos ya sea inhalación, ingestión o contacto con el producto, se tomó en cuenta los posibles síntomas que pudieran ocurrir.

2.3.3.2. Sección central (Sección 4.2.2.4 de la Norma NTE INEN 1913 – 2017)

Así mismo se estudió la posible información que debería estar en la parte central de la etiqueta comenzando con la distinción de los pictogramas y leyenda de la categoría toxicológica del producto. Donde la categoría de “MUY TOXICO” usa una franja roja tomando un ejemplo, para nuestro caso se tomó como un producto al tener cuidado ya se viene de un producto orgánico, pero ha sido transformado mediante una reacción química como es la fermentación. Se lo categorizó como un producto de “CUIDADO” de franja color verde

Se tomó en cuenta presentar las leyendas como “LEA CUIDADOSAMENTE LA ETIQUETA ANTES DE USAR EL PRODUCTO”, “MANTENGASE BAJO LLAVE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS” y “USO AGRICOLA” según corresponda.

Se incluyó los siguientes ítems como Clase de plaguicida y tipo de formulación, donde esto se logró gracias a la norma NTE INEN 1838, el siguiente ítem es Nombre comercial del producto.

Se enlistó una serie de información que se propuso que debería estar

- Ingredientes activos
- Nombre y contenido de la importancia toxicológica
- Como no hay ingredientes aditivos no se tomó este ítem
- Indicar la concentración de un solvente en caso de tener, en este caso no tiene ni aditivos, ni solventes.
- Fecha de formulación
- Fecha de vencimiento: la fecha de vencimiento fue estimada bajo la realización de un experimento.
- Numero de Lote
- Contenido neto expresado en unidades de SI
- Nombre y dirección del titular
- Se verificó si el producto es inflamable, corrosivo o explosivo para su indicación en la etiqueta

2.3.3.3. Sección derecha (Sección 4.2.2.5 de la Norma NTE INEN 1913 – 2017)

En esta sección se revisó las indicaciones de modo de empleo y el modo de preparación, así mismo como tener cuidado de acciones de que deben evitar y acciones recomendables. Se enlistó los ítems relevantes de deberían estar en la etiqueta.

- Dosis de aplicación
- Frecuencia de aplicación
- Periodo de reingreso
- Fitotoxicidad
- Compatibilidad con otros productos
- Se indicará la frase de indicación toxicológica en este caso “LIGERAMENTE PELIGROSO III”, cabe recalcar que aparece como categoría III ya que esto indica la clasificación toxicológica hecha por la OMS (1975) según NTE INEN 1913

2.4. Diseño del Diagrama de Bloques del Proceso

El diagrama del proceso consiste en determinar las variables de:

- Presión
- Temperatura
- Flujo
- Composición

En cada línea del proceso.

Para ello, se consideró una simulación del proceso realizado en las fincas ecuatorianas, añadiendo el proceso de recolección de baba que normalmente se desperdicia.

En este caso de simulación, se tomó una base de 16 mazorcas considerado su peso total; ensayos mencionados en la sección 2.2.

Asimismo, para el diseño del diagrama de flujo de procesos se consideró lo siguiente:

- Las materias primas y el flujo de entrada.
- Identificación de cada proceso en todo el diagrama.
- Identificación de los componentes de entradas y salidas de cada paso del proceso.
- Identificación de las condiciones de entradas y salidas de cada paso del proceso.
- Identificación del producto o los productos.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Grupos funcionales de la baba de cacao con potencial fungicida herbicida

3.1.1. Composición química del mucílago de cacao

La caracterización química realizada por (Balladares et al., 2016) determinó los compuestos químicos presentes en el mucílago de cacao, usando HPLC, espectrofotometría de masas y cromatografía de gases, obteniendo la Tabla que se muestra a continuación.

Tabla 3 1 Composición química del mucílago de cacao (Balladares et al., 2016).

Pico	Retención de tiempo (min)	Componentes
1	9,49	Ácido 2-butenodioico
2	11,95	Ácido butanodioico
3	12,29	Eritritol
4	12,49	Ácido L-aspártico
5	12,87	Ácido L-treónico
6	13,16	Ácido treónico
7	14,18	Ácido glutámico
8	14,25	Ácido D-arabinónico gamma lactona
9	14,44	L-(+)-ácido tartárico
10	15,62	Beta-D (-) Lixopiranososa
11	15,75	Xilitol
12	17,27	Rubrolide C
13	19,08	L- ácido ascórbico
14	20,023	D-Ácido glucónico
15	20,10	Ácido galacturónico
16	20,19	Galactofuranósido

17	21,02	Inositol
18	29,65	Maltosa
19	30,11	Beta-gentiobiosa
20	35,19	Alfa D-glucopiranosido

3.1.2. Grupos funcionales presentes en el mucílago de cacao

Siguiendo la metodología del capítulo 2, en la sección de determinación de grupos funcionales de los compuestos, fue necesario clasificar a los componentes del mucílago de cacao según su grupo químico o biológico para analizar, en función de la literatura científica, el potencial fungicida-herbicida de los compuestos. Los resultados de (Balladares et al., 2016) permitieron conocer 3 ácidos carboxílicos, 4 ácidos de azúcar, 3 alcoholes de azúcar, 2 aminoácidos, 1 furano, 2 lactonas, 1 monosacárido, 2 disacáridos y 2 glucósidos, presentes en el mucílago de cacao y presentados en la Tabla 0.2.

Tabla 3 2 Clasificación de compuestos químicos en función de su grupo químico o biológico (Balladares et al., 2016) (PubChem, 2021; NIST, 2021).

Grupo Químico o Biológico	Compuestos químicos de la baba de cacao
Ácidos Carboxílicos	Ácido 2-butanodioico, Ácido butanodioico, Ácido glucónico
Ácidos de azúcar	Ácido treónico, Ácido L-treónico, L-(+)-ácido tartárico, L- ácido ascórbico
Alcoholes	Eritritol, Xilitol, Inositol
Aminoácidos	Ácido L-aspártico, Ácido glutámico
Furano	Beta-D (-) Lixopiranososa
Lactonas	Rubrolide C, Ácido D-arabinónico gamma lactona
Monosacáridos	Ácido galacturónico
Disacáridos	Maltosa, Beta-gentibiosa
Glucósidos	Galactofuranósido, Alfa D-glucopiranosido

En la tabla expuesta por (Jordan & Parra, 2020, p.13) en el Capítulo 1, los compuestos del mucílago de cacao manifiestan un valor porcentual de

agua superior al resto de los componentes (79,2-84,2%), siendo los azúcares el segundo grupo en mayor porcentaje (12,50-15,9%). Asimismo, el mucílago de cacao está conformado por un promedio de 11,6 a 15,32% de glucosa, 0,77-1,52% de ácido cítrico, 0,9-1,19% de pectinas, 0,40-0,50% de cenizas y finalmente, por un porcentaje poco significativo de 0,09-0,11% de proteínas.

3.1.3. Análisis de Potencial Herbicida-Fungicida de los grupos funcionales primarios del mucílago de cacao.

Para la determinación del potencial herbicida-fungicida, se usó el listado elaborado por (FRAC, 2021), en donde se encuentran los fungicidas clasificados en función del modo de acción bioquímico, sitio y código de destino, nombres del grupo, grupo químico o biológico, nombre común, comentarios de resistencia y el código FRAC (distingue a los grupos de fungicidas según su resistencia cruzada) de todos los compuestos químicos enlistados.

Según la lista de grupos funcionales químicos o biológicos de la Tabla 0.2., y el listado de fungicidas de la (FRAC, 2021), los ácidos carboxílicos son grupos químicos presentes en fungicidas con un modo de acción sobre el metabolismo de los ácidos nucleicos, los productos elaborados en base a este grupo funcional químico, son bactericidas, se conoce de su mecanismo de resistencia sin embargo, se desconoce el riesgo en hongos y su código.

En el caso de la acción herbicida de la baba de cacao, este, radica en la fermentación acética gracias a la alta cantidad de azúcares presentes, dando lugar a la formación de ácido acético que, al interactuar con las malezas de la plantación cacaotera como lo son; la hoja ancha y la hoja angosta, este, la marchita en un grado que depende de la formulación de la mezcla de baba de cacao y agua (Santos, 2020).

3.2. Determinación de la cinética de fermentación del mucílago de cacao.

3.2.1. Resultados tras la Simulación de la cosecha

Como resultado tras la simulación de las acciones realizadas por los agricultores en el campo para la cosecha de semillas de cacao, se obtuvo la siguiente tabla, en donde el enfoque fue conocer la baba de cacao recolectada a partir de una muestra de mazorcas cosechadas:

Tabla 3 3 Resultados obtenidos tras la cosecha, extracción y recolección de baba de cacao*.

<i>N° de mazorcas recolectadas [g]</i>	16
<i>Peso promedio del fruto de cacao [g]</i>	744,55
<i>Peso total del cacao recolectado [g]</i>	11912,8
<i>Peso total de las cáscaras de cacao [g]</i>	8334,2
<i>Peso total de residuos generados [g]</i>	335,4
<i>Peso total del grano de cacao en baba [g]</i>	2685,3
<i>Peso promedio de baba recolectada por fruto de cacao [g]</i>	34,87
<i>Volumen promedio de baba recolectada por cacao [ml]</i>	33,06
<i>Peso total de baba de cacao recolectada [g]</i>	557,9
<i>Volumen total de baba de cacao recolectada [ml]</i>	529,0
<i>Densidad [g/ml]</i>	1,05

*Ver Apéndice A: Balance de masa del proceso

3.2.2. Determinación del tiempo óptimo de la cinética de fermentación

Para la determinación del tiempo óptimo de la cinética de fermentación se siguió la metodología propuesta en el capítulo 2, obteniéndose así, las siguientes gráficas que manifiestan la dinámica del cambio de propiedades físicas en función del tiempo.

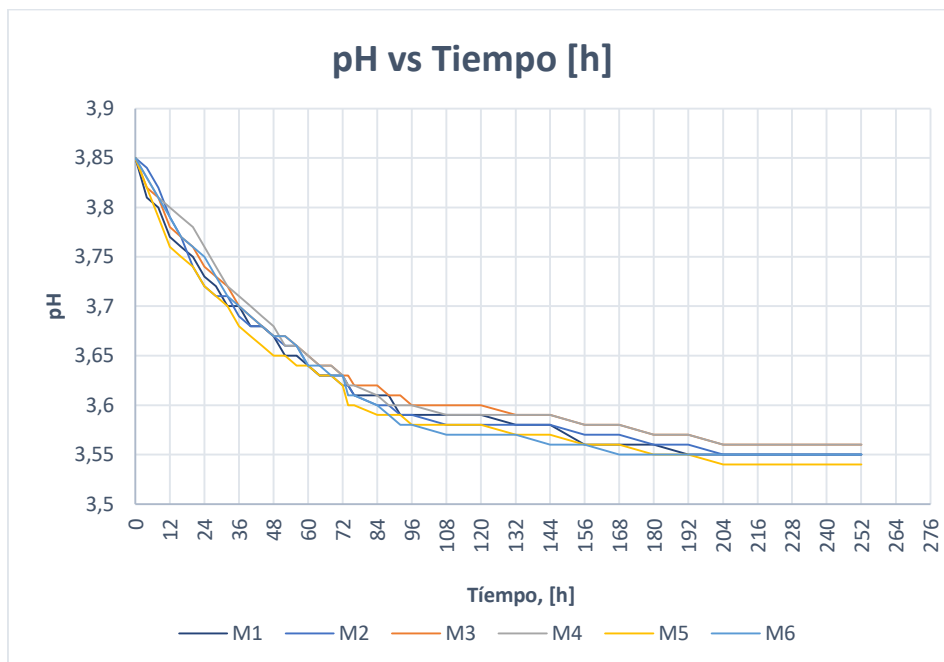


Figura 3 1 pH vs. Tiempo [h] para las 6 muestras de baba de cacao recolectadas.

En la figura 3.1 se muestra la variación de pH de las seis muestras tomadas con respecto al tiempo, en forma general las seis muestras se asemejan entre sí, no arrojan un dato atípico, nos indica que podemos estudiar una muestra para analizar cómo cambia el pH en las fases y días de fermentación. Además, al observar la reducción de pH y situarse alrededor de 3.5 da de manifiesto y garantizando la fermentación acética.

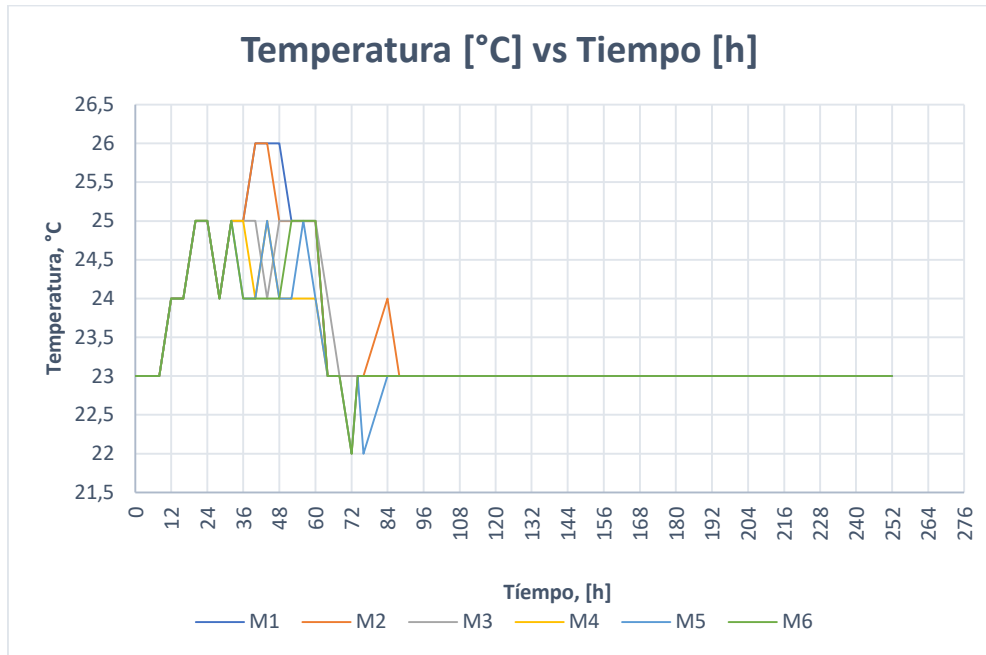


Figura 3 2 Temperatura [°C] vs. Tiempo [h] para las 6 muestras de baba de cacao recolectadas.

En la figura 3.2 se muestra la variación de temperatura de fermentación de las seis muestras con respecto al tiempo, donde se observó que pese que algunas muestras distintos valores, se logró ver que la diferencia es mínima además se puede ver que la mayor diferencia está en las primeras fases de fermentación.

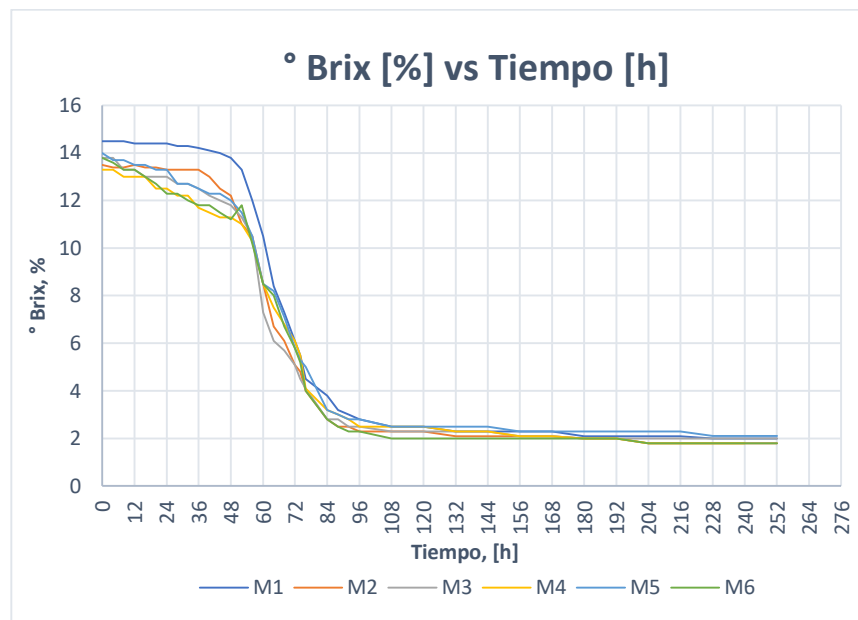


Figura 3 3 °Brix [%] vs Tiempo [h] para las 6 muestras de baba de cacao recolectadas

En la figura 3.3 se muestra la variación de solidos totales dentro de la baba de cacao en los días de fermentación medidos en porcentaje de °Brix, se observó que las seis muestras tienen similares tendencias con diferencias de valores mínimos a lo largo de la fermentación, esto es esencial porque nos ayuda ver cuando ya ha terminado la fermentación alcohólica.

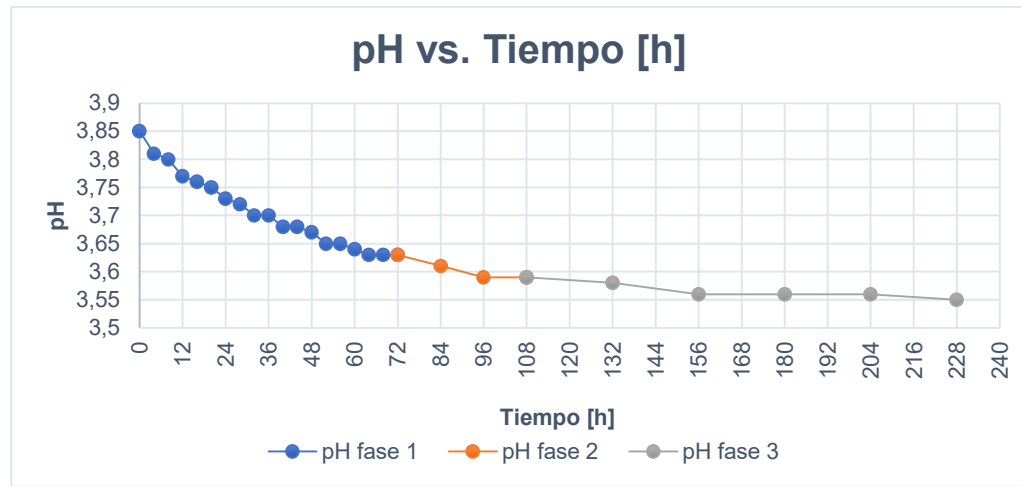


Figura 3 4 pH vs. Tiempo [h] para la muestra 1 de baba de cacao.

En la figura 3.4 se observó que el pH inicial de la muestra 1 fue de 3.85 la baba de cacao tiene un pH ácido en los primeros días de fermentación va bajando considerablemente, hasta cuando pasan los 6 días de fermentación que se va aproximando al pH óptimo de fermentación acética que está alrededor de los 3.5 en la escala de pH, además cabe recalcar que las fermentaciones acéticas son más lentas que pueden durar dos a tres meses dependiendo de las levaduras.

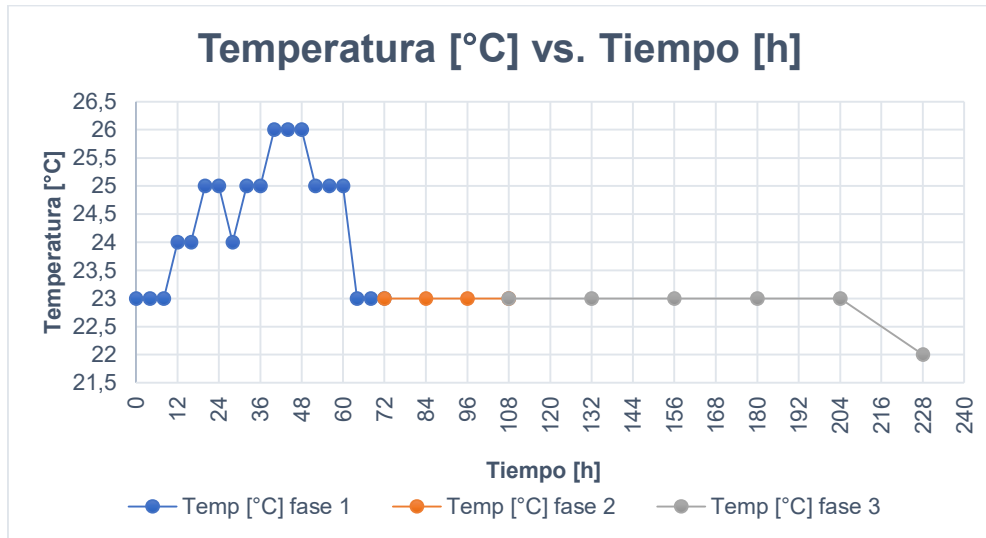


Figura 3 5 Temperatura [°C] vs. Tiempo [h] para la muestra 1 de baba de cacao.

En la figura 3.5 se observó que la variación de temperatura de la muestra 1 se da en la primera fase de fermentación, es decir en los primeros días, esto garantiza la fermentación alcohólica ya que las levaduras al tomar los azúcares fermentables y transformarlos en alcohol y dióxido de carbono producen una reacción exotérmica. Lo mismo pasa en los lugares donde se suelen fermentar los granos de cacao que los primeros días la temperatura sube hasta 10 grados por lo que se garantiza condiciones de aireación, así mismo pasa en la baba vemos que en los días de mayor actividad de fermentación suben dos grados de temperatura, aunque cabe recalcar que la temperatura ambiente está alrededor de 23° aproximadamente.

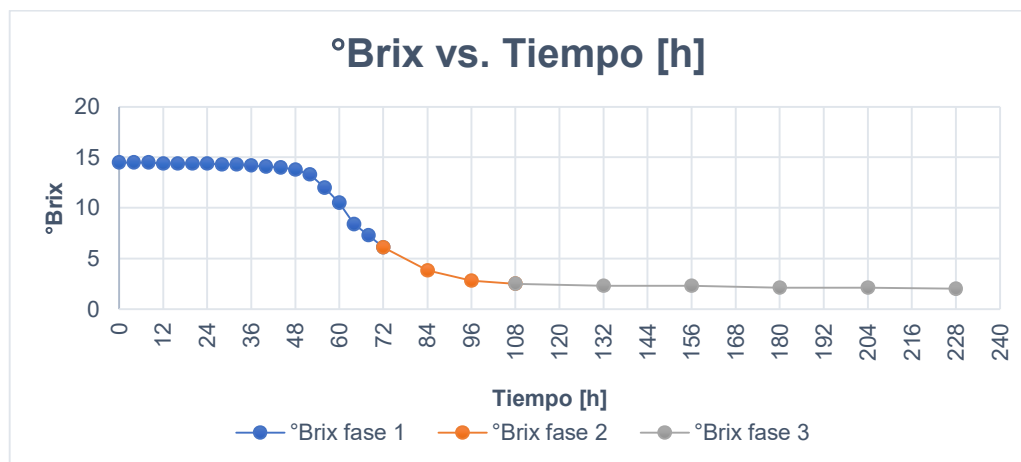


Figura 3 6 °Brix [%] vs Tiempo [h] para la muestra 1 de baba de cacao

En la figura 3.6 muestra la variación de los °Brix de la muestra 1, se observó que la mayor fermentación es a partir de los dos días, esto ocurre cuando la baba, luego de salir de la mazorca, es manipulada, produciendo una aireación que oxigena a la levadura donde en ese preciso momento comienza a activarse, luego necesita crecer la población de levadura, donde ya teniendo la población necesaria es donde se hace la mayor transformación de azúcares fermentables en alcohol. Se observó también que la fermentación termina dentro de los 6 días porque no se observó una medición significativa en los °Brix.

3.3. Condiciones de formulación y almacenamiento

3.3.1. Datos físicos-químicos del ingrediente activo

Los datos de su ingrediente activo (ácido acético) se dan a continuación:

- Familia química: Ácidos orgánicos carboxílicos
- Sinónimos: Acido etanoico, ácido metonocarboxílico, ácido etílico
- Fórmula Química: CH_3COOH
- Punto de Ebullición: 244 °F
- Gravedad Específica: 1.01
- Densidad de Vapor: 1= Aire
- Porcentaje de Volatilidad: 100%
- Presión de Vapor: 11 mm de Hg
- Solubilidad en agua: Completa
- Olor y apariencia: el color y la apariencia son de acuerdo al tipo de vinagre Datos proporcionados por Industrias Monfel (2001) y Grensense Labs. (2001). Según (Arce, 2001)

3.3.2. Toxicología

El ácido acético no presenta riesgos para la salud humana. Dentro de las aplicaciones para niveles agrícolas no se recomienda pasar del 20% de acidez debido a que los niveles de acidez pueden afectar a la planta, esto es requerido por (Organic herbicides, 2001) para una agricultura orgánica eficaz.

3.3.3. Primeros auxilios

Los primeros auxilios están dados de acuerdo a las principales categorías de intoxicación expuestas para los plaguicidas y de acuerdo al ingrediente activo (ácido acético)

- Ojos: Lavado rápido con abundante agua por 15 minutos, si la irritación persiste la consulta médica es necesaria.
- Piel: Lavado del área expuesta con agua y jabón, además remover la ropa contaminada.
- Inhalación: Alejar al personal a una zona con aire fresco.
- Ingestión: Enjuague bucal con agua fresca, no inducir al vómito y la atención médica es necesaria.

Estos primeros auxilios son sólo en el caso de que no se hayan cumplidos las medidas de seguridad que requiere el uso de cualquier plaguicida, sin tomar en cuenta que sea de tipo orgánico.

3.3.4. Efectos sobre la salud humana

Este ingrediente activo es un ácido orgánico se evidenció que tiene similares características y concentraciones al vinagre para uso doméstico por lo que los efectos a la vida humana no se esperan una acción de extremo peligro. Se manifestó que ácido acético es una molécula que se metaboliza rápidamente.

3.3.5. Efectos sobre el ambiente

En el ambiente es rápidamente degradado, en el suelo tarda entre 15 a 20 días y en sistemas acuíferos de 5 a 10 días, dependiendo de su acidez. Los productos a base de ácido acético como ingrediente activo son clasificados como Tier I al cumplir con todos los requerimientos para la seguridad del ambiente.

3.3.6. Condiciones de almacenamiento

Características de un buen almacenamiento de ácido acético:

- Mantener el recipiente herméticamente cerrado.
- Utilización de ventilación local y general.
- Temperatura de almacenaje recomendada: 15 – 35 °C

3.3.7. Etiqueta

Recopilada la información se diseñó una muestra de cómo debería ir la etiqueta del producto considerando la información recolectada de la revisión bibliográfica, así mismo de los datos tomados de almacenamiento de baba, la etiqueta se muestra en el apéndice B.

3.4. Diagrama de flujo

Previo a la realización del balance de materia del proceso de producción del herbicida/fungicida, la experimentación fue realizada por el equipo multidisciplinario con las siguientes formulaciones:

Tabla 3 4 Formulación del producto.

Formulación	Baba de cacao	Agua
1	100%	0
2	50%	50%
3	10%	90%

Siendo la Formulación 2, la óptima para contrarrestar las malezas de hoja ancha y hoja angosta, con un daño moderado provocado tras el contacto con la planta.

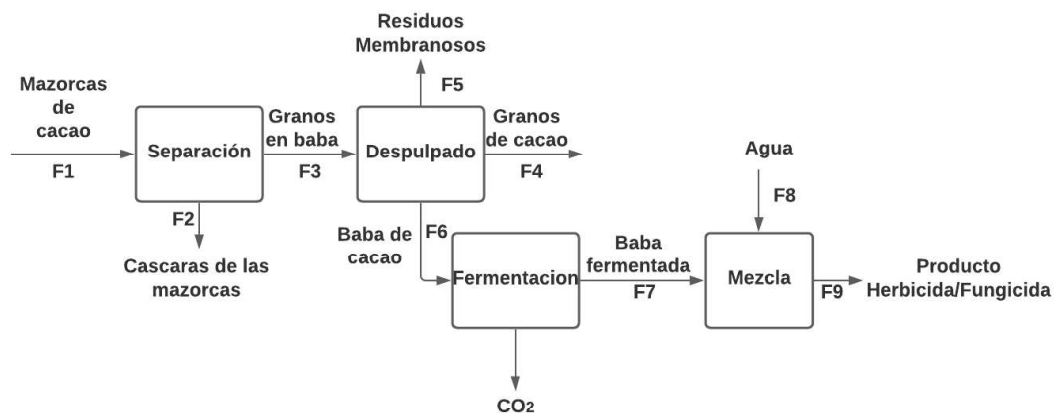


Figura 3 7 Diagrama de bloques del proceso para la producción del producto herbicida/fungicida

El balance de masa resultante se muestra en la tabla X, asimismo, los cálculos en cada unidad de proceso se encuentran en el Apéndice X.

Tabla 3 5 Corrientes de entrada y salida del proceso

N° de corriente	Corriente	Cantidad	Símbolo de Unidad
F1	Mazorcas de cacao	1000	kg
F2	Cáscaras de Mazorcas	774,6	kg
F3	Granos en baba	225,4	kg
F4	Granos de cacao	150,4	kg
F5	Residuos membranosos	28,2	kg
F6	Baba de cacao	44,4	L
F7	Baba fermentada	44,4	L
F8	Agua	88,8	L
F9	Producto Fungicida	133,2	L

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones

El diseño de un producto con potencial herbicida-fungicida, ha sido un proyecto realizado en equipo, uniendo habilidades de cuatro campos de estudios; Ingeniería Agrícola, Ingeniería Industrial, Ingeniería Química y Economía, con un alcance a nivel artesanal como primer paso hacia la innovación en el aprovechamiento de un desecho de la cosecha de cacao, para así, generar una nueva forma de ingresos entre los agricultores cacaoteros.

Es así que, el presente trabajo se desarrolló bajo la necesidad de aprovechar los residuos que se generan en la industria cacaotera, especialmente a la hora de la cosecha de las semillas de cacao, materia prima de innumerables alimentos. Agregándole valor a un desecho muy poco estudiado, y que ha venido siendo depositado sin ningún tipo de tratamiento en el suelo, poniendo en riesgo la capacidad de amortiguamiento del suelo y las fuentes de agua cercanas.

Conclusiones

La baba de cacao, al haberse considerado por medio de observaciones un potencial herbicida, se evaluó sus características químicas para identificar los grupos funcionales con lo cual se garantizaría no solo el potencial herbicida sino también el potencial fúngico. Tras la respectiva evaluación se concluye que, la baba de cacao está compuesta por un gran porcentaje de azúcares (12,5-15,9%), lo que permite la producción de ácido acético tras la fermentación acética de la baba, la acidez de este compuesto químico es lo que le otorga a la baba de cacao el potencial herbicida, con la capacidad de contrarrestar malezas de Hoja ancha y Hoja angosta que, al entrar en contacto con la planta provoca el marchitamiento y muerte de las malezas. Asimismo, la presencia de ácidos carboxílicos como parte de los compuestos de la baba de cacao, genera un potencial fungicida sobre los hongos, actuando sobre el metabolismo de ácidos nucleicos de *Colletotrichum* sp., *Curvularia* sp., *Fusarium* sp. y *Mycosphaerella fijiensis*.

La recolección de materia prima (semilla de cacao) en los campos cacaoteros involucra una serie de procesos unitarios como separación y filtración, en donde se resalta la importancia de pasar por un proceso de fermentación previo

al secado de las semillas de cacao, pues es aquí en dónde la semilla adquiere su aroma característico además de otras propiedades organolépticas como el sabor. De la misma manera, la fermentación no solo es importante para la calidad de las semillas de cacao sino también para mejorar la efectividad del potencial herbicida/fungicida de la baba de cacao, pues un adecuado tiempo de fermentación alcohólica y acética, garantiza la efectividad fúngica y herbicida del producto sobre las malezas y hongos en la plantación cacaotera. En base a los resultados obtenidos tras la observación de las 6 muestras de baba de cacao a lo largo de 252 h, a temperatura ambiente (22-26, °C), se determinó que existe el inicio de una estabilización en cuanto a la variación de pH y °Brix a las 96 horas de observación. Lo que significa que a las 96h de almacenamiento para que se de la fermentación alcohólica y acética, el pH y los °Brix dejan de variar y tienden a adquirir valores estables de 3,55 y 2, respectivamente, luego de 6 días. Por tanto, se concluye que el producto resulta efectivo sobre hongos y malezas tras una fermentación alcohólica y acética mínima adecuada de 6 días.

Tras la observación del tiempo de fermentación, toxicología y peligrosidad de compuestos químicos primarios de la baba de cacao, se concluye que las condiciones de almacenamiento deben ser a temperatura ambiente con una variación máxima de 22 y 26°C, sellado herméticamente, en un lugar fresco y seguro, pues la composición de la baba de cacao lo convierte en ligeramente peligroso tras la fermentación.

Para realizar el balance de masa del proceso de producción del producto con potencial herbicida/fungicida, se consideró una composición al 50% del producto final y una base de cálculo de 10000 kg de mazorcas de cacao. Pues la efectividad comprobada a esta concentración da un resultado moderado del modo de acción sobre malezas y una efectividad muy buena sobre determinados hongos. Tras los debidos cálculos, mismo que se muestran en el Apéndice A, a partir de los 1000 kg de mazorcas de cacao se puede producir 133,2 L de fungicida/herbicida.

Recomendaciones

El presente proyecto tuvo un tiempo limitado para observar las condiciones óptimas de fermentación acética de mejor manera, por lo que se recomienda realizar esta experimentación para determinar la efectividad máxima que alcanza o en su defecto, si la efectividad disminuye, para contrarrestar los distintos tipos de hongos y malezas en grandes plantaciones, no solo cacaoteras sino también bananeras.

Bibliografía

- Aldas, J., & Revilla, K. (2020). Estudio del proceso fermentativo del cacao nacional considerando distintos tipos y su incidencia en las características físico-químicas y sensoriales. *Proyecto de investigación*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.
- Anzalone, A. (2007). Herbicidas: Modos y mecanismos de acción en plantas. *Thesis PhD*. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto.
- Arce, G. (2001). Evaluación técnica del vinagre para el manejo de malezas. *Proyecto de grado*. Zamorano, Zamorano.
- Arreaga, A. (2020). Identificación del perfil fenólico del mucílago y cascarilla de cacao de las variedades CCN-51 y Nacional. *Unidad de integración curricular*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.
- Baraja, E. (2012). Aplicación de la baba de cacao fermentada más vinagre en el control de musgos en el cultivo de cacao CCN-51. *Tesis de grado*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.
- Carrera, D. (2016). Efecto del extracto del mucílago de cacao (*Theobroma Cacao L*) como herbicida orgánico en paja peluda (*Rottboellia cochinchinensis*). *Tesis Doctoral*. Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes.
- García, J., & Portilla, F. (2011). Mecanismo de acción de los fungicidas. *Revista Ventana al Campo*, 193-202.
- Hipo, M. (2017). Aplicación de mucílago de la semilla de cacao en el control de malezas. *Tesis de grado*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Jordan, K., & Parra, M. (2020). EVALUACIÓN DEL MUCILAGO DE CACAO (*THEOBROMA CACAO L*) PARA LA OBTENCIÓN DE ETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN. *Trabajo de titulación*. Universidad Técnica de Machala, Machala.
- List, F. (2021). Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action. *Fungicide Resistance Action Committee*, 1-17.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 444972, Fumaric acid. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Fumaric-acid>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 1110, Succinic acid. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Succinic-acid>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 222285, Erythritol. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Erythritol>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 5960, Aspartic acid. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Aspartic-acid>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 5460407, L-Threonic acid. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/L-Threonic-acid>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 151152, Threonic acid. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Threonic-acid>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 33032, Glutamic acid. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glutamic-acid>.

National Institute of Estándar and Technology (2021). NIST Standar Reference Data Program for D-arabinonic acid, gammma lactone. Retrieved August 25, 2021 from <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=2782-09-4#Notes>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 444305, L(+)-Tartaric acid. Retrieved August 25, 2021 from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/L_-Tartaric-acid.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 641631, beta-D-Lyxose. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/beta-D-Lyxose>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 6912, Xylitol. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Xylitol>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 11112944, Rubrolide C. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Rubrolide-C>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 54670067, Ascorbic acid. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ascorbic-acid>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 10690, Gluconic acid. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Gluconic-acid>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 152867, Galacturonic acid, D-. Retrieved August 25, 2021 from [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Galacturonic-acid -D](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Galacturonic-acid-D).

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 6036, D-Galactose. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/D-Galactose>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 892, Inositol. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Inositol>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 6255, beta-Maltose. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/beta-Maltose>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 441422, Gentiobiose. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Gentiobiose>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 101719625, alpha-d-Glucopyranoside. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-d-Glucopyranoside>.

National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 101719625, alpha-d-Glucopyranoside. Retrieved August 25, 2021 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-d-Glucopyranoside>.

Noroña, C. (2018). Determinacion de la fitotoxicidad del mucilago de la semilla de cacao CCN-51 sobre las malezas en el cultivo de cacao. *Trabajo de titulacion*. Universidad central del Ecuador, Quito.

Orellana, E. (2021). Residuos de cacao [Grabado por E. Orellana]. Naranjito, Guayas, Ecuador.

Rios, R., & Yohany, K. (2019). DISEÑO DE UN PROCESO DE FERMENTACIÓN ALCHÓLICA. *Tesis de grado*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho.

Rosale, E., & Esqueda, V. (2006). *Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción*. Mexico: SAGARPA.

APENDICE

A. Balance de Materia del Proceso

4.1.1. Separación

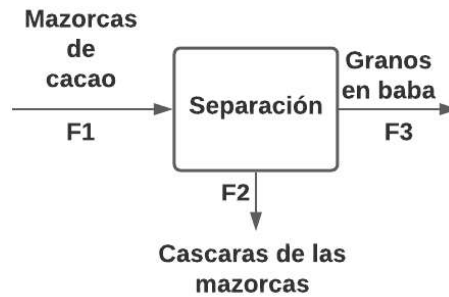


Figura A 1 Proceso de separación.

Base de Cálculo Seleccionado: 1000kg de mazorcas de cacao

Los datos recolectados a partir de 16 unidades de mazorcas de cacao indicaron que; el peso total de las mazorcas era de 11912,8 g con lo que se obtuvo 2685,3 g de grano en baba y 8334,2 g de cáscaras de las mazorcas.

Siendo así que,

$$1000kg \text{ M. Cacao} * \frac{2685,3 \times 10^{-3} kg \text{ G. baba}}{11912,8 \times 10^{-3} kg \text{ M. cacao}} = 225,4 \text{ kg G. en baba}$$

$$1000kg \text{ M. Cacao} * \frac{8334,2 \times 10^{-3} kg \text{ C. cacao}}{11912,8 \times 10^{-3} kg \text{ M. cacao}} = 699,6 \text{ kg C. cacao}$$

4.1.2. Despulpación

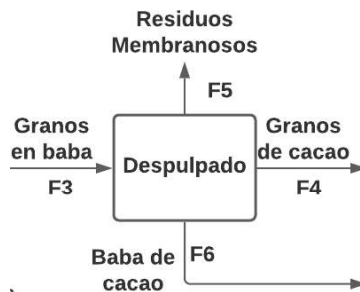


Figura A 2 Proceso de Despulpación

Los datos recolectados tras la simulación de las acciones realizadas por los agricultores durante la cosecha de cacao se determinaron que, a partir de

2685,3 g de grano en baba se obtuvieron 529 ml de baba de cacao y 335,4 g de residuos membranosos.

$$225,4 \text{ kg G. en baba} * \frac{529 \times 10^{-3} \text{ L Baba de cacao}}{2685,3 \times 10^{-3} \text{ kg G. en bab}} = 44,4 \text{ L B. de cacao}$$

$$225,4 \text{ kg G. en baba} * \frac{557,9 \times 10^{-3} \text{ kg Baba de cacao}}{2685,3 \times 10^{-3} \text{ kg G. en bab}} = 46,8 \text{ kg B. de cacao}$$

$$225,4 \text{ kg G. en baba} * \frac{335,4 \times 10^{-3} \text{ kg R. membranosos}}{2685,3 \times 10^{-3} \text{ kg G. en baba}} = 28,2 \text{ kg R.M}$$

$$masa_{in} = masa_{out}$$

$$masa_{g.en\ baba} = masa_{R.M} + masa_{baba} + masa_{grano}$$

$$masa_{grano} = 225,4 \text{ kg} - 28,2 \text{ kg} - 46,8 \text{ kg} = 150,4 \text{ kg Grano. Cacao}$$

4.1.3. Fermentación

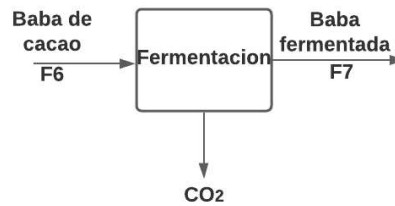


Figura A 3 Proceso de fermentación

Para este proceso se consideró que la liberación o pérdida de CO₂ no es significativa, por lo que el volumen de baba que entra al proceso de fermentación es igual en cantidad que la baba fermentada que sale del proceso.

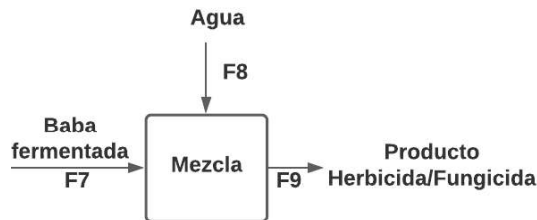


Figura A 4 Mezcla

Considerando que el volumen de baba fermentada es igual a 44,4L y de que el producto herbicida debe tener una concentración del 50%, entonces:

$$44,4 \text{ L B. cacao} * \frac{100 \text{ L de Agua}}{50 \text{ L B. cacao}} = 88,8 \text{ L de Agua}$$

Se tiene que el volumen necesario para obtener un producto herbicida/fungicida, se debe adicionar 88,8 L de Agua en el proceso de mezclado.

