



**CARRERA:**

Ingeniería Agroindustrial

**TÍTULO:**

Evaluación de efectividad del herbicida natural elaborado con mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*), como alternativa sostenible para el control de malezas.

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.**

**MODALIDAD PROPUESTA METODOLÓGICA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión sostenible y aprovechamiento de residuos agroindustriales.

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE:**

Ingeniero Agroindustrial

**AUTOR/A:**

Mendoza Tenorio Kevin

**ASESOR:**

Mgt. Jonathan Arguello Cedeño

**ESMERALDAS, FEBRERO 2024**

## AUTORÍA

Yo, Kevin Alexander Mendoza Tenorio Portador/a de la cédula de identidad

No. 080399994-5 declaro que los resultados obtenidos en trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de “Evaluación de efectividad del herbicida natural elaborado con mucílago de cacao (*Theobroma cacao L*), como alternativa sostenible para el control de malezas.” son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola, exclusiva responsabilidad legal y académica.

Kevin Alexander Mendoza Tenorio

Nombre Apellidos

C.I. 080399994-5

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mi padre Wilmer Mendoza y mi madre Zaida Tenorio. La vida no sería suficiente para expresarles mi gratitud y por todo lo que hacen a diario por mí, agradezco profundamente el amor, cariño y apoyo que me brindan constantemente en todas las decisiones que tomo en mi vida.

A mi hermana Xiomara Zúñiga, quien es mi persona incondicional siempre está para mí y la amo para siempre, a mis sobrinos Nicolás y Amir quienes son la alegría de la casa, todo lo que hago es porque ellos sean felices.

Mi agradecimiento infinito a mi familia, a pesar de todas las adversidades que la vida nos pone, permanecemos unidos y salimos adelante, los amo mucho.

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco a mi asesor de trabajo de integración curricular Mgt. Jonathan Arguello y a mis lectores por la paciencia, gracias por la predisposición y lineamientos pude desarrollar este trabajo de investigación. Además al Mgt. Freddy Quiroz quien me ayudo de forma desinteresada, guiándome en varias etapas de este trabajo.

Quiero expresar mi gratitud, no solo por el apoyo y respaldo brindado actualmente, sino también por el conocimiento y sabiduría que compartieron conmigo durante mi época académica, las lecciones y enseñanzas perduraran como un recurso invaluable a lo largo de mi vida profesional.

Finalmente a mis compañeros por las experiencias vividas a lo largo de la vida académica y a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas por darme la oportunidad de vivir una nueva experiencia de intercambio académico e intercultural en México.

## 1 Tabla de contenido

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
AUTORÍA .....	ii
CERTIFICACIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
Índice de Tablas .....	vii
Gráfico .....	vii
Índice de Figuras .....	viii
Introducción .....	1
Contexto de la propuesta .....	1
Definición del problema .....	2
Justificación .....	5
Objetivos .....	6
CAPITULO I. Marco teórico .....	6
1.1 Bases teóricas .....	6
1.1.1 Generalidades del Cacao .....	6
1.1.2 Descripción taxonómica del cacao .....	7
1.1.3 Herbicidas orgánicos .....	7
1.1.4 Ácidos orgánicos .....	8
1.1.5 Sal .....	9
1.1.6 Mucílago de cacao .....	9
1.1.7 Proceso de fermentación del mucílago de cacao .....	10
1.1.8 Combate químico y biológico de malezas .....	12
1.2 Antecedentes .....	13

CAPÍTULO II. Metodología o Tecnología Propuesta .....	16
2.1 Descripción de la metodología o tecnología propuesta .....	16
2.1.1 Tipo de la investigación .....	16
2.1.2 Nivel de investigación.....	16
2.1.3 Diseño de investigación .....	16
2.1.4 Localización del ensayo .....	18
Gráfico 1. Ubicación geográfica de la PUCESE campus Tachina.....	19
2.1.5 Delimitación del terreno.....	19
2.1.6 Muestreo.....	19
2.1.7 Variables Respuesta. ....	20
2.2 Análisis FODA de la metodología o tecnología:.....	22
2.3 Fases /etapas y pasos para la implementación:.....	22
2.3.1 Materiales .....	22
2.3.2 Métodos.....	23
2.3.3 Promedio de pH de mucilago de cacao durante 15 días de fermentación.....	25
CAPÍTULO III. Resultados.....	25
3.1 Evaluación de efectividad del herbicida natural elaborado con mucílago de cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ), como alternativa sostenible para el control de malezas.....	25
3.1.1 Evaluación de la efectividad de la propuesta.....	27
3.1.2 Medición del pH del suelo. ....	29
3.2 Impactos en la organización o empresa .....	29
3.3 Limitaciones o riesgos .....	30
CAPÍTULO IV. Plan de implementación .....	31

4.1	Cronograma de actividades:.....	31
4.2	Recursos necesarios: .....	32
4.3	Responsables de la implementación: .....	32
4.4	Presupuesto estimado .....	33
CAPÍTULO V. Conclusiones y recomendaciones .....		34
5.1	Conclusiones .....	34
5.2	Recomendaciones.....	35
6	Referencias .....	36
Anexos:.....		43

## Índice de Tablas

Tabla 1.	Explicación taxonómica del cacao. ....	7
Tabla 2.	Composición química de la baba de cacao. ....	10
Tabla 3.	Determinación de cobertura de malezas.....	20
Tabla 4.	Determinación de mortalidad. ....	21
Tabla 5.	Medición de pH del mucílago de cacao. ....	25
Tabla 6.	Porcentaje de cobertura visual.....	27
Tabla 7.	Promedio de control de mortalidad por tratamientos.....	28
Tabla 8.	Medición de pH del suelo.....	29
Tabla 9.	Presupuesto estimado. ....	33

## Gráfico

Gráfico 1.	Ubicación geográfica de la PUCESE campus Tachina.....	19
------------	---	----

## Índice de Figuras

Figura 1. Esquema del experimento.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2. FODA .....	22
Figura 3. Diagrama de actividades.....	31

## **Introducción**

### **Contexto de la propuesta**

El avance de las sociedades se encuentra estrechamente ligado al progreso de la agricultura, es innegable el hecho que las primeras civilizaciones surgieron en regiones próximas a extensos ríos y lagos, para lo cual fue decisivo el cambio de la recolección de frutos y semillas y pasar a la adopción de técnicas agrícolas. (Robledo)

La agricultura desempeña un papel decisivo en las economías de varios países en vía de desarrollo, dado a gran impacto en la producción nacional y generación de empleo, además la contribución fundamental para garantizar la seguridad alimentaria, especialmente en naciones con menor grado de industrialización. (FAO, 2006)

Según (Gómez, 1995) . Como maleza se considera toda planta que crece en un lugar no deseado o se expande en un cultivo en el que provoca más daño que beneficio reduciendo la biodiversidad. Las malezas se destacan por su habilidad para sobrevivir en condiciones ambientales desfavorables.

La existencia de malezas es un factor clave en cualquier programa destinado a la productividad agrícola y ganadera. Representa un impacto negativo y se extiende una amplia gama de áreas, incluyendo cultivos, sistemas de riego, pastizales, viveros, bosques y carreteras, entre otros. La mayoría de pérdidas económicas y los costos altos están asociados a al control se pueden ver principalmente en áreas cultivadas, donde compiten activamente por recursos como nutrientes, agua, luz y espacio. También, dificultan las labores de la cosecha, pierde valor el producto final y aumentan sus costos, ya que se control requiere de inversiones grandes e importantes. Por ende, las malezas no solo son un problema para los agricultores, también su presencia perjudica en última instancia a los consumidores. (Fernandez, 1982)

El cacao sobresale como uno de los principales cultivos agrícolas de exportación, el cual contribuye significativamente al ingreso de divisas en el país. Asimismo, otorga reconocimiento internacional a Ecuador esto debido a su excelente calidad y aroma, que lo posicionan como único en el mundo. Esta reputación hace que sea apetecido por todo el mercado internacional y que prácticamente toda la producción de cacao se logre exportar. (Rodríguez, y otros, 2021)

El desecho del mucílago de cacao se da principalmente por las siguientes causas; el 72% por falta de conocimientos, el 22% por el desinterés de los agricultores y el 6% por falta de iniciativa e innovación para otros productos. Pese a que extracto es esencial para el siguiente paso que es la fermentación, en repetidas ocasiones se produce más pulpa de la que se necesita. El sobrante de pulpa, con su delicioso sabor tropical, se lo ha utilizado para la elaboración de diversidad de productos, entre los cuales resaltan jalea de cacao, vino de cacao, nata, pulpa procesada, alcohol vinagre. “Aproximadamente de 40 litros de pulpa se pueden obtener de 800 kilos de semillas frescas”. (Arteaga, 2013)

Con base en lo antes mencionado, en este trabajo investigativo, se establece utilizar el mucílago de cacao en la elaboración de un herbicida natural, porque el mucílago de cacao es un desecho agroindustrial al cual no se le da valor agregado dentro de la industria y el cual puede generar la reducción del impacto sobre el ambiente y además aportar a los agricultores con la elaboración del herbicida natural utilizando como materia prima el mucílago de cacao.

## **Definición del problema**

La agricultura constituye a uno de los principales sectores en la generación de ingresos económicos para el Ecuador, el año 2020 existieron 116 empresas que se dedicaron al cultivo de cacao, de las cuales el 18% estuvo situado en la provincia de Esmeraldas. Esta actividad

genero 1.109 empleos, de las cuales el 90% corresponden a las Mipymes. (CFN, 2022)

En Ecuador, parte de las dificultades que genera impacto a la calidad ambiental es el uso en exceso de productos agroquímicos utilizadas para el control de malas hierbas en la agricultura, bien sea la tecnificada o artesanal. Los productos químicos no terminan resultando solamente nocivos para los organismos que se intentan controlar, sino también causa daño a otros seres presente en el área que se aplica, en esto se incluye a los trabajadores agrícolas que realizan la aplicación del herbicida químico, e inclusive a los consumidores de los productos finales. Además, estos químicos se acumulan en el suelo, creando riesgos para el futuro, y su efectividad disminuye con el pasar del tiempo esto debido al desarrollo de la resistencia por parte de los organismos con los que se quiere acabar, lo que significa un crecimiento en la concentración de herbicida químicos para lograr la misma efectividad. (Coloma, Alulema, & Gualliche, 2017)

Son estas las actividades más contaminantes debido al uso de químicos para acabar con plantas no deseadas, parte importante de la población ecuatoriana usa agroquímicos, los mismos que ocasionan daños al medio ambiente en el aire, al tener contacto con las fuentes hídricas y directamente al suelo, además presentan daños a la salud humana.

En el Ecuador, se han implementado restricciones sobre diversos productos químicos, como el Methamidophos, y también se han prohibido otros debido a que son altamente tóxicos para la salud humana, de los animales y del medio ambiente. A pesar de estas medidas existen algunos agricultores que continúan utilizando en los cultivos sin pensar en las consecuencias dañinas. Otro desafío consiste en la aplicación de productos que son de larga duración, muchos de los cuales ingresan al país de contrabando desde las naciones vecinas, donde su uso aun es legal o permitido. Aquellos problemas destacados no están siendo considerados de manera adecuada en la Legislación Ecuatoriana para ello es fundamental

establecer sanciones pertinente y efectivas para los agricultores que causan daños ambientales por utilizar agroquímicos. Las sanciones deben ser consideradas proporcionalmente a la gravedad del daño causado y deben incluir multas económicas, restricciones agrícolas. Además es primordial la supervisión de las entidades públicas para garantizar el cumplimiento de las normas ambientales, proteger el medio ambiente y a los consumidores. (ARCOSA, 2015)

La toma decisiones de saber cómo y con qué sustancias realizar el manejo de los cultivos, pueden ser permanentes o transitorios, puede incidir por diversos factores, siendo los más económicos y culturalmente los más destacados. Los agricultores, son considerados parte de un grupo prioritario a nivel nacional, y se suelen enfrentar a varias condiciones económicas precarias razón por la cual los lleva a buscar alternativas y formas económicas de mantener a sus cultivos. Esta situación normalmente encamina a la elección de herbicidas y plaguicidas que llegan a ser altamente nocivos, generando impactos significativos en el medio ambiente, la calidad de los productos agrícolas que se produzca en el área utilizada y la salud de los trabajadores, esencialmente cuando no utilizan de forma adecuada los equipos de protección personal pertinente para las diversas actividades que se deban realiza. (Coloma, Cuesta, España Escobar, & Gualliche Serdan, 2017).

El cacao, un cultivo predominante de las regiones tropicales de América Latina, experimenta una fase de postcosecha, durante el cual se utiliza solamente el 20% del fruto seco y entre tanto el 80% sobrante se compone de subproductos: cáscara 65%, placenta 10% y baba 5%. El último mencionado, se lo considera como exudado de cacao, se lo localiza naturalmente en las almendras como una envoltura y durante la fermentación, se estima que se desechan un aproximado de 70 litro de mucílago de cacao por cada tonelada de cacao seco. Este desecho postcosecha tiene un papel considerable en la creación de alcohol y ácido

acético durante el desarrollo de fermentación de las semillas de cacao. (Reyes, 2020)

Por estos motivos en las más recientes investigaciones se están buscando alternativas que se puedan utilizar en el control de malezas, aprovechando los desechos agrícolas o subproductos de la postcosecha del cacao, en este caso la baba de cacao como herbicida natural.

¿Qué tan efectivo es un herbicida natural elaborado a base de mucílago de cacao en los diferentes tipos malezas?

## **Justificación**

Debido a las crisis agrícolas ocurridas en los últimos años, el Ecuador se ha convertido en un productor por excelencia de cacao, pero los procesos de post cosecha no se han logrado estandarizar, por lo que se propone utilizar de manera óptima cada parte que se obtiene del cacao.

En la actualidad la mayor parte de los agricultores solo le dan importancia a la almendra de cacao y desechan productos como el mucílago o baba de cacao el cual se lo puede tomar como herramienta para la sustitución del uso de herbicidas químicos los cuales causan daños tanto a la vida silvestre, a la productividad del suelo y contaminación al medio ambiente.

Se justifica este trabajo como la utilización del mucilago de cacao como alternativa al uso de productos químicos, logrando así darle valor agregado a este desperdicio y convertirlo en un subproducto, generando a los productores un ahorro y producir ingresos económicos.

Con la ejecución del presente trabajo se trata al mucílago de cacao como medida a implementar para el control de malezas, de este modo desarrollar un herbicida natural aprovechando el exudado de cacao proveniente de la postcosecha del cacao.

## **Objetivos**

### **Objetivo general.**

Analizar el efecto fitotóxico postaplicación del herbicida natural sobre las diferentes especies de malezas.

### **Objetivos específicos.**

- Identificar la dosis de herbicida con mayor efectividad en el control de malezas.
- Determinar el impacto ocasionado por el herbicida natural en el suelo mediante mediciones de pH al finalizar el estudio.
- Generar una propuesta de un herbicida natural de residuos agroindustriales que permita a los productores reducir gastos en el manejo de malezas.

## **CAPITULO I. Marco teórico**

### **1.1 Bases teóricas**

#### **1.1.1 Generalidades del Cacao**

Ecuador es el país con la cuarta posición en la producción mundial de cacao, siendo reconocido a nivel internacional por calidad de aroma y sabor de sus almendras. En el año 2018, el país exportó un total de 315,571 toneladas métricas de cacao, consolidándose como uno de los principales productos de exportación. (Santos, 2020)

“ Los principales destinos a donde se exporta el cacao ecuatoriano son los países de la Unión Europea y Estados Unidos”. Del fruto del cacao únicamente se utiliza el 10%, el cual representa a la semilla. Por el contrario, el 90% sobrante de los componentes del fruto como la cascara, el mucilago y la testa de la semilla son desechados. (Santos, 2020)

### 1.1.2 Descripción taxonómica del cacao.

A continuación, en la (Tabla 1) se detalla la taxonomía del cacao. (INIAP, 2022)

**Tabla 1. Explicación taxonómica del cacao.**

<b>Reino:</b>	<i>Plantae</i>
<b>Subreino</b>	<i>Tracheobionta</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Familia</b>	<i>Malvaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Theobroma</i>
<b>Especie</b>	<i>Cacao</i>
<b>Nombre Científico</b>	<i>Theobroma cacao L</i>

**Fuente:** Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

(INIAP, 2022)

### 1.1.3 Herbicidas orgánicos

El término herbicidas orgánicos está clasificado bajo la categoría de bioplaguicidas, en los cuales se incluye una variedad de productos que controlan malezas mediante diferentes mecanismos, mencionando hongos, extracto de plantas, harina de gluten de maíz y vinagre. Estos productos tienen la característica de degradarse de forma inesperada, sin comprometer la preservación del medio ambiente. En conjunto con otras prácticas culturales, las que generan impactos significativo en los cultivos. Los bioplaguicidas provienen de sustancias naturales que se encuentran presente en animales, plantas, microorganismo y algunas sustancias naturales. Dada la evolución de la agricultura, el vinagre y el mucílago de cacao se destacan por su eficacia en el manejo y tener poco impacto en determinados microorganismos del suelo. (Avendaño, y otros, 2011)

La alelopatía, es una disciplina científica en creciente importancia dentro de la agricultura para de plagas, parásitos y malezas en los cultivos, mediante el uso de compuestos

de origen vegetal. Esta ciencia aborda principalmente estudiar sustancias que influyen en la mejora de estructuras orgánicas, se convierte en una herramienta de gran importancia en la manipulación de hierbas en la agricultura. (Molina, y otros, 2020)

En la práctica agrícola, se ha reconocido la importancia de la alelopatía a través de la historia, tomando estrategias que consideran estas instancias. Las vegetaciones y cultivos han evitado la entrada de parásitos mediante la implementación de rotaciones en cultivos adecuados. En este contexto, los herbicidas ecológicos se formulan a partir de ingredientes naturales, sin el uso de productos químicos. Los dos tipos utilizados principalmente son los ácidos y los ácidos grasos. (Molina, y otros, 2020)

#### **1.1.4 Ácidos orgánicos**

Los herbicidas orgánicos que tienen ácido pueden incluir componentes como el limón, la lima o el vinagre, “ la concentración ácida del herbicida orgánico es usualmente de 15 a 20 por ciento. Este se rocía directamente sobre las hojas de la hierba. El ácido destruye la capa protectora de las hojas que toca, haciendo que estas mueran”. “ El ácido puede también caer en la raíces haciendo que muera la planta. Debes tener cuidado y evitar rociar herbicida ácido directamente sobre las plantas que deseas conservar, pues matará cualquier planta que toque”. (Kivi, 2021)

El ácido acético y ácido cítrico, los dos cuentan con un pH de tres, se los consideran herbicidas únicos utilizando hierbas. Estos ácidos son herbicidas emergentes de contacto que actúan de varias formas, pero principalmente afectando las membranas celulares y llevando a la deshidratación las plantas. Estos herbicidas son de mayor eficacia en plantas de menor tamaño. (Paredes, 2003)

### **1.1.5 Sal**

“Las variedades de rocas de sal son usadas como herbicida salino. La sal deshidrata las hojas de las plantas, lo que las mata. Si la sal se aplica a la tierra, deshidratará las raíces y también las matará. Debes tener cuidado cuando apliques sal a la tierra”. “Esta permanece en ella y una aplicación recurrente hará que la tierra quede inutilizable para que la planta crezca. Si se aplica mucha sal en una zona de jardín, esta puede esparcirse a la tierra que la rodea y matar las plantas que deseas conservar. La sal funciona mejor en zonas donde no se desea que crezcan plantas, como grietas en el concreto”. (Kivi, 2021)

### **1.1.6 Mucílago de cacao**

La sustancia viscosa, generalmente translúcida se encuentra normalmente en la planta del cacao

Las semillas o almendras de cacao están rodeadas por una pulpa ácida con sabor ligeramente dulce, el extracto está constituido por células esponjosas parenquimatosas, que tiene células rica en azúcares (10-13%), pentosas (2-3%), ácido cítrico (1-2%), y sales (8-10%); en el procedimiento de cosecha de las almendras de cacao, la baba es erradicada a través de la fermentación y descompuesta por microorganismos. La relevancia de la composición del exudado de cacao está que los azúcares que tiene son los que inician con el procedimiento de la fermentación. (Guerra, 2019)

En referencia al mucílago o exudado de cacao, se descompone en sustancias líquidas a través de procesos bioquímicos, transformándose inicialmente en alcohol y posteriormente en ácido acético. Una parte considerable de la baba de cacao se libera en forma de exudado. “La concentración de alcohol en el exudado es, aproximadamente, del 2-3% y la del ácido acético del 2,5%”. (Paz, 2012)

La (Tabla 2) demuestra la composición química del mucílago antes y después del proceso de fermentación.

**Tabla 2. Composición química de la baba de cacao.**

<b>Estructura de la pulpa</b>		
	<b>Antes de fermentarse</b>	<b>Posterior a fermentarse</b>
<b>Agua</b>	82-87%	45- 47%
<b>Sacarosa</b>	12%	0%
<b>Ácido cítrico</b>	1-2%	0,50%
<b>Pectina</b>	1 - 1,5%	
<b>Ph</b>	3,70%	6,50%
<b>Alcohol etílico</b>		0,50%
<b>Alcohol acético</b>		1,60%

**Fuente:** (Marquez & Salazar, 2015)

### **1.1.7 Proceso de fermentación del mucílago de cacao**

La fermentación es un procedimiento bioquímico complicado en el que las levaduras metabolizan azúcares y otros compuestos, utilizando estos sustratos para crecer y así lograr la transformación en etanol. En el tema del beneficio del cacao, la fermentación se la destaca como uno de los procedimientos cruciales. Durante este proceso la microflora desempeña parte fundamental ya que ayuda a la erradicación de la baba de cacao que cubre la almendra, desaprovechándolo. (Utrilla, 2019)

La fermentación de inicia transformando todos los azúcares que se encuentran en el mucílago de cacao en alcohol etílico. Seguido se convierten en ácido acético. Realizando este procedimiento con la azúcar presente hasta que las levaduras no sobrevivan. En los primeros días de la fermentación, las levaduras prevalecen en la población microbiana, descomponiendo los azúcares de la pulpa que lo cubre al grano y producir el etanol. Con condiciones de pH y una baja cantidad de oxígeno, estas levaduras tienen una ventaja

inicialmente sobre los organismos del ácido láctico. Simultáneamente, el ácido cítrico natural presente en la pulpa es metabolizado por los organismos del ácido láctico, y el crecimiento inicial de estas especies microbianas se va interrumpiendo a medida que los niveles de oxígeno van decreciendo. Del proceso de fermentación se obtienen subproductos como el ácido acético mismo que en conjunto con las altas temperaturas acaba con la semilla y evita la germinación.

Durante este proceso, la pulpa mucilaginosa se exuda despacio de la masa que se está fermentando y, por el efecto de la gravedad, desciende hasta el final del recipiente donde se está desarrollando la fermentación. En una buena fermentación correcta se ve un aumento representativo de la temperatura, mayor de 10°C, en el transcurso de las 24 horas, va alcanzando posteriormente temperaturas mayores a los 40°C. La fermentación alcohólica acaba cuando la concentración de alcohol aumenta de 12 a 14%, lo cual indica que los azúcares de la pulpa ya han sido consumidos. En este momento, el ingreso de oxígeno a la masa y el crecimiento de pH provocan la eliminación de las levaduras. (Marquez & Salazar, 2015).

De acuerdo con un estudio efectuado con las diversas variedades más significativas actualmente cultivadas en el Ecuador, se estableció que se necesitan 72 horas de fermentación para las almendras de variedad morado, 64 horas para las semillas de variedad amarillo, y 84 horas para la variedad introducida al cultivo recientemente por el INIAP, mayormente conocida como CCN-51. (INIAP, 2022).

En el curso del primer día de fermentación, el pH de los cotiledones desciende gradualmente hasta alcanzar 6.3, sin embargo, durante el tercer y cuarto día consecutivamente experimenta un disminución más rápida, logrando aproximadamente un valor de 4.75. Posteriormente, el valor experimenta cambios significativos lentos hasta la finalización

completa de la fermentación (Erazo, 2019).

### **1.1.8 Combate químico y biológico de malezas.**

En la agricultura tecnificada, la intervención principal de las malezas se hace mediante la aplicación de productos químicos. Sin embargo, la creciente preocupación por una agricultura sostenible y respetuosa con el ambiente da como resultados la restricción de productos químicos. Empujando a la búsqueda de herbicidas que sean de origen natural como una alternativa para el control de malezas. (Carrera, Efecto del Extravto del Mucílago de Cacao (*Theobroma cacao* L). como Herbicida Orgánico en Paja Peluda (*Rottboellia cochinchinensis*), 2016)

En la actualidad el control de maleza está ocupando mucho espacio dentro de la agricultura moderna, dando excelentes resultados en el control de insectos. El control biológico de malezas implica la liberación de enemigos naturales, generalmente exóticos, para combatir plantas invasoras con el fin de que se establezcan, se dispersen y reduzcan los niveles de maleza de las unidades experimentales. Hasta ahora, los agentes de control biológico han sido principalmente insectos, ácaros o fitopatógenos. Este enfoque representa una alternativa sostenible al uso de productos químicos como herbicidas y métodos mecánicas de manejo, ya que es seguro, tiene un impacto ambiental menor y se perpetúa por sí mismo. (Cabrera, s.f.)

El siguiente trabajo investigativo intervienen las materias próximas a mencionar:

**Biología.-** Dado que la biología es la ciencia donde mediante el desarrollo de estudios se pueden mejorar productos alimentarios y no alimentarios, logrando la fermentación del mucilago de cacao con condiciones óptimas para lograr un herbicida natural.

**Química.-** Puesto que es la química es la ciencia que estudia las propiedades de las

sustancias en este caso se la utilizó para manejar datos exactos en cuanto a la conductividad eléctrica y el pH, los mismo que nos permiten claridad en cuanto a efectos y efectividad del producto.

**Innovación y desarrollo de productos Agroindustriales no alimentarios.-** Es la materia donde mediante investigación del mercado midiendo las necesidades y notando que se está desperdiciando un subproducto, de la post cosecha como es el mucílago de cacao, se puede aprovechar y desarrollar nuevos productos agroindustriales no alimentarios.

## 1.2 Antecedentes

El primer herbicida empleado fue el ácido dichlorophenoxyacetic 2,4-D, como se lo abrevia comúnmente. En principio comercializado por la compañía Sherwin-Williams hacer alrededor de 40 años, se caracteriza por ser de fácil fabricación y económico, y tiene la capacidad de afectar a numerosas plantas de hojas. A lo largo de los años se ha observado que las dosis elevadas de 2,4-D aplicadas en circunstancias críticas del crecimiento pueden causar varios daños a los cultivos como al maíz o cereales. A pesar de esto, su bajo costo ha llevado a que su uso sea recurrente, convirtiéndolo en uno de los herbicidas más ampliamente utilizados en el mundo. Las formulaciones actuales de 2,4-D, de misma forma que otros herbicidas ácidos, tienen a emplear sales de amina, generalmente trimethylamine, porque son de más fácil manejo que el ácido puro. (Trujillo, 2021)

La agricultura ha dependido a gran escala de herbicidas químicos para realizar el proceso de control de malezas, pero su uso excesivo provoca preocupaciones sobre la resistencia que presentan las malezas, sobre la contaminación que producen el suelo y las fuentes hídricas, así como también la salud humana. (Carrera, Efecto del Extravto del Mucílago de Cacao (*Theobroma cacao* L). como Herbicida Orgánico en Paja Peluda

(*Rottboellia cochinchinensis*), 2016)

En este marco, se presenta el interés de buscar alternativas naturales y sostenibles el cual ha tenido crecimiento significativo por desarrollar productos eco amigable. El mucílago de cacao es un subproducto que ha presentado propiedades que pueden evitar el crecimiento de malas hierbas de manera efectiva y respetuosa la agricultura. (Hipo M. , 2017)

Los herbicidas naturales, a diferencia de los herbicidas químicos convencionales, son productos derivados de fuentes naturales como plantas, microorganismos u otros organismos vivos. Aunque presentan varias ventajas, también tienen ciertas carencias y limitaciones, así como una necesidad de desarrollo y promoción en el campo de la agricultura y la gestión de malezas. (Urgiles, 2018)

Menor potencia y efectividad, en comparación con los herbicidas químicos, los herbicidas naturales a menudo tienen una potencia y efectividad inferiores. Esto significa que pueden requerir dosis más altas o aplicaciones más frecuentes para lograr resultados comparables en el control de malezas. Espectro de control limitado los herbicidas naturales a menudo tienen un espectro de control más limitado en comparación con los herbicidas químicos. Pueden ser efectivos contra ciertos tipos de malezas pero menos eficaces contra otros, lo que limita su aplicación en ciertos entornos agrícolas. (Urgiles, 2018)

Costo y disponibilidad en muchos casos, los herbicidas naturales pueden ser más costosos de producir y adquirir en comparación con los herbicidas químicos convencionales. Además, su disponibilidad puede ser limitada en ciertas regiones o mercados, lo que dificulta su adopción generalizada. (Urgiles, 2018)

A pesar de estas limitaciones, la necesidad de herbicidas naturales es evidente en un contexto de agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente:

Reducción de la Dependencia de Químicos, los herbicidas naturales ofrecen una

alternativa importante a los herbicidas químicos sintéticos, lo que puede ayudar a reducir la dependencia de la agricultura de productos químicos potencialmente dañinos para la salud humana y el medio ambiente. (Montero, Cardoso, & Cañarte, 2017)

Conservación del ambiente, algunos herbicidas naturales pueden ser selectivos en su acción, lo que significa que pueden controlar malezas específicas sin dañar otros organismos no objetivos, lo que contribuye a la conservación de la biodiversidad en los agroecosistemas. Agricultura orgánica y certificaciones sostenibles los herbicidas naturales son fundamentales para la agricultura orgánica y otras prácticas agrícolas sostenibles que buscan reducir el impacto ambiental y ofrecer productos agrícolas más saludables y seguros para el consumidor. (Montero, Cardoso, & Cañarte, 2017)

En resumen, aunque los herbicidas naturales tienen limitaciones y desafíos, su desarrollo, investigación y promoción son fundamentales para avanzar hacia sistemas agrícolas más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.

## **CAPÍTULO II. Metodología**

### **2.1 Descripción de la metodología**

#### **2.1.1 Tipo de la investigación**

La presente investigación será de tipo aplicada, ya que se mantiene un propósito definido el cual es aplicación de herbicida natural utilizando como el mucílago de cacao, la baba de cacao se ha utilizado durante varios años como herbicida indirectamente, con este trabajo se añadirá valor agregado, se mejorarán procesos y podrá ser comercializado.

(Cigueñas, 2021)

#### **2.1.2 Nivel de investigación**

Esta investigación será de dos tipos, la cual será documental y de campo; documental ya que se recopilarán datos e investigaciones científicas para la aplicación del herbicida natural utilizando baba de cacao, en la cual se analizarán características organolépticas y fisicoquímicas. De campo; puesto que se trabajará de forma directa en el campo, desde conocer, ver y escuchar a los agricultores, conocer trabajos similares realizados y haciendo pruebas donde se dividirán por secciones el terreno para lograr la investigación se tendrá un solo factor con tres dosificaciones de baba de cacao y un testigo o control.

#### **2.1.3 Diseño de investigación**

El tipo de diseño es Experimental. El diseño que se utilizó es completamente al azar con un solo factor el cual mantiene relación con las tres dosificaciones de baba de cacao y un testigo. Se logró mantener el elemento esencial del proyecto mediante la modificación de la variable independiente, permitiendo al investigador el manejo de la variable independiente

según la conveniencia de la investigación o de los avances que se fueran consiguiendo.

(Cigueñas, 2021)

Se realizó un Diseño de Bloques completamente al Azar, con 3 concentraciones y un testigo absoluto, donde se dividirán por parcelas el terreno para lograr la investigación se tendrá un solo factor con tres dosificaciones de exudado de cacao y un testigo.

**Donde:**

T1= 100% DE MUCÍLAGO

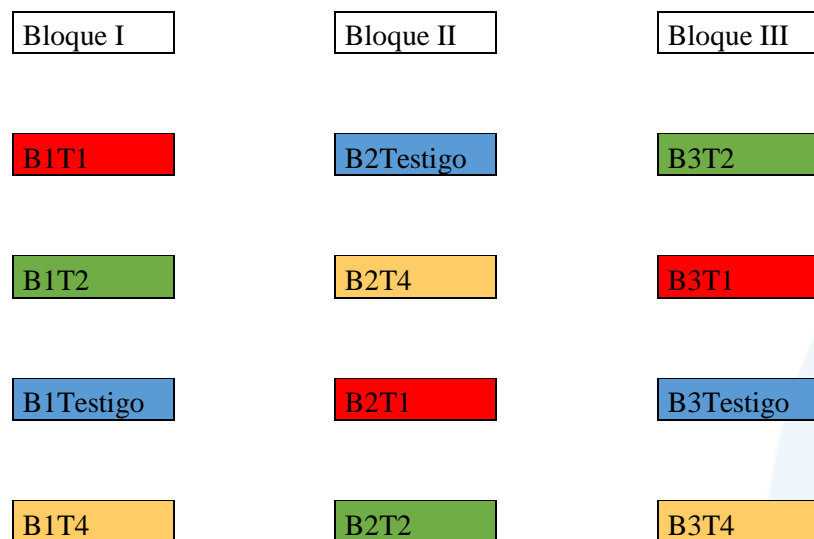
T2= 75% DE MUCÍLAGO Y 25% DE AGUA

T3= 50% DE MUCÍLAGO Y 50% DE AGUA

T4= TESTIGO

**Esquema del experimento.** El estudio se compuso de estuvo tres tratamientos y un testigo, con tres repeticiones siendo un Diseño Completamente al Azar y alcanzando un total de 12 unidades experimentales.

A continuación se muestra el esquema del área donde se muestran los bloques, tratamientos, repeticiones y las unidades experimentales, para los cuales se desarrolló un sistema de identificación donde el color rojo representa la concentración del 100%, verde al 75% de concentración de baba de cacao y 25% de agua, el color dorado al 50% de concentración de baba de cacao y 50% de agua y el tratamiento absoluto de color azul. Para la división de las unidades experimentales se elaboró de tal manera que no se puedan repetir de forma consecutiva entre filas y columnas para evitar un sesgo en la aplicación de los tratamientos y obtener resultados.

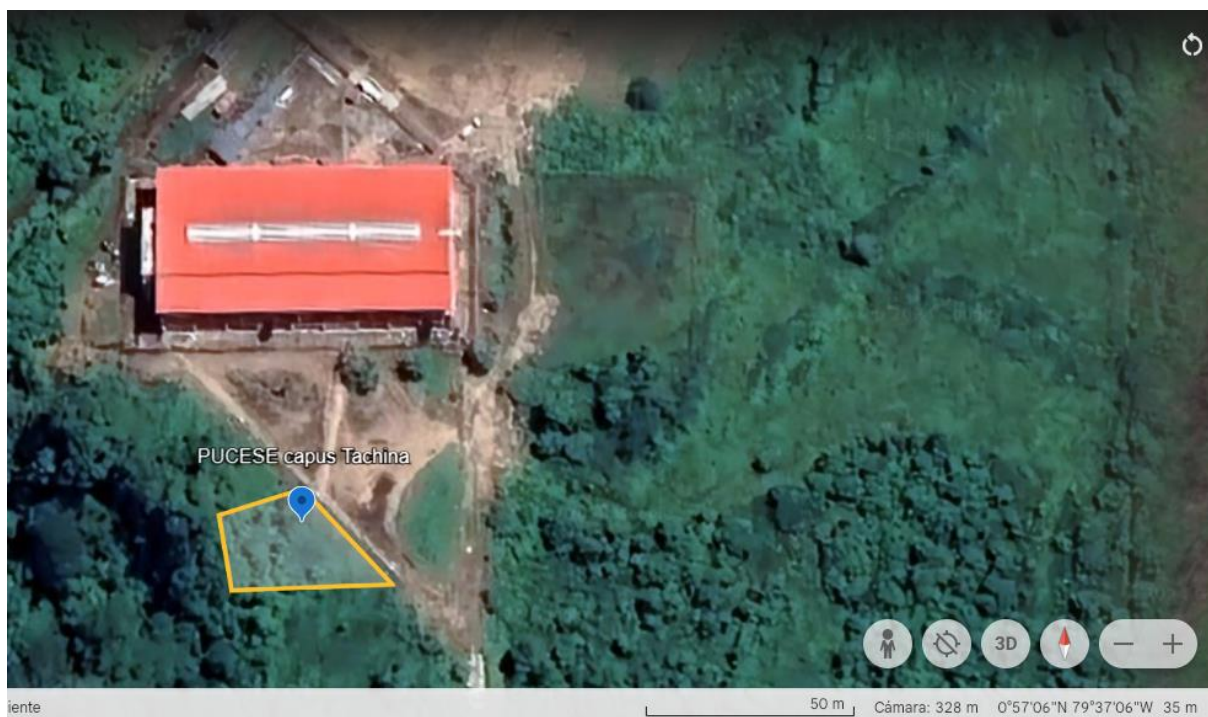


**Figura 1. Esquema de experimento.**

#### **2.1.4 Localización del ensayo**

El siguiente trabajo de integración curricular, se desarrolló en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas campus Tachina, ubicado en la vía al recinto el Tigre del cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas. La localidad se encuentra entre las siguientes coordenadas: 0°57'05"N 79°37'05"W35 m.

**Gráfico 1. Ubicación geográfica de la PUCESE campus Tachina**



**Fuente: Google Earth, (2024)**

### **2.1.5 Delimitación del terreno**

Para realizar la delimitación del terreno, se cortaron estacas 48 estacas de 50 cm, utilizando una cinta métrica se dividió las unidades experimentales obteniendo 12 parcelas de 1.5m de largo y 1.5m de ancho, divididas por calles de 1.5m de separadas las cuales fueron establecidas para todas las unidades experimentales. El área total del ensayo fue de 100 m<sup>2</sup>.

### **2.1.6 Muestreo**

Se realizaron tres aplicaciones en distintos momentos; se la realizó la primera aplicación 21 después de la preparación del terreno en el cual se trabajó completamente el área a utilizar que fue 81m<sup>2</sup> esperando a que crezcan las malezas a las cuales se les aplico el herbicida natural, donde se tomó datos de plantas por parcelas para llevar el control, la

segunda aplicación se la realizó 12 días después donde de igual forma se tomaron datos de las malezas por parcelas y se iban llevando datos de la efectividad y la última aplicación fue al día 18 donde ya se obtuvieron datos exactos que arrojó la investigación, como la mata de maleza, efectos del pH sobre el suelo en el que aplicó.

La toma de datos se realizó tomando eligiendo una parcela de cada tratamiento, en ese espacio se procedió a tomar los datos del pH del suelo antes y después de la aplicación de las diferentes dosificaciones, además se evaluó de forma visual el crecimiento de malezas en las unidades experimentales seleccionadas, esto se lo realizó por cada tratamiento seleccionado.

## **2.1.7 Variables Respuesta.**

### **2.1.7.1 Control visual cobertura de malezas**

La evaluación visual se realizó mediante una inspección visual, en la cual se determinó el porcentaje del área total de cada unidad experimental, antes de la primera aplicación y antes de la segunda aplicación. Se utilizó la escala representativa desde 0 hasta 100%, donde el 0 representara un suelo completamente desnudo y 100 a un área totalmente llena de maleza. Después se evaluaron los niveles de cobertura de malas hierbas, valores que presentan en la (Tabla 3) según (ALAM 1974), citado por (Hipo M. , 2017)

**Tabla 3. Determinación de cobertura de malezas.**

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

**Fuente:** (ALAM 1974), citado por (Hipo, 2017)

### 2.1.7.2 Control de mortalidad.

En resumen, las evaluaciones de fototóxicidad tras la aplicación de baba de cacao + biol de hojas como herbicida natural en diferentes dosificaciones, sobre las diferentes especies de malezas, se llevaron a cabo midiendo el porcentaje de mortalidad a los ochos días después de la primera aplicación y quince días después de la segunda aplicación. Después de eso se evaluaron los niveles de mortalidad de malezas en cada tratamiento utilizando una escala de 0 hasta 100%. En esa escala 0 indicaba ningún a pobre lo que significaba que no había efecto de fitotóxicidad sobre las malezas, mientras que el 100 indica a un daño excelente, se describe en la (Tabla 4) según (ALAM 1974), citado por (Hipo M. , 2017).

**Tabla 4. Determinación de mortalidad.**

<b>Índice(porcentaje)</b>	<b>Denominación</b>
0 a 40	Ninguno a pobre
41 a 60	Regular
61 a 70	Suficiente
71 a 80	Bueno
81 a 90	Muy bueno
91 a 100	Excelente

**Fuente:** (ALAM 1974), citado por (Hipo, 2017)

## 2.2 Análisis FODA de la metodología o tecnología:

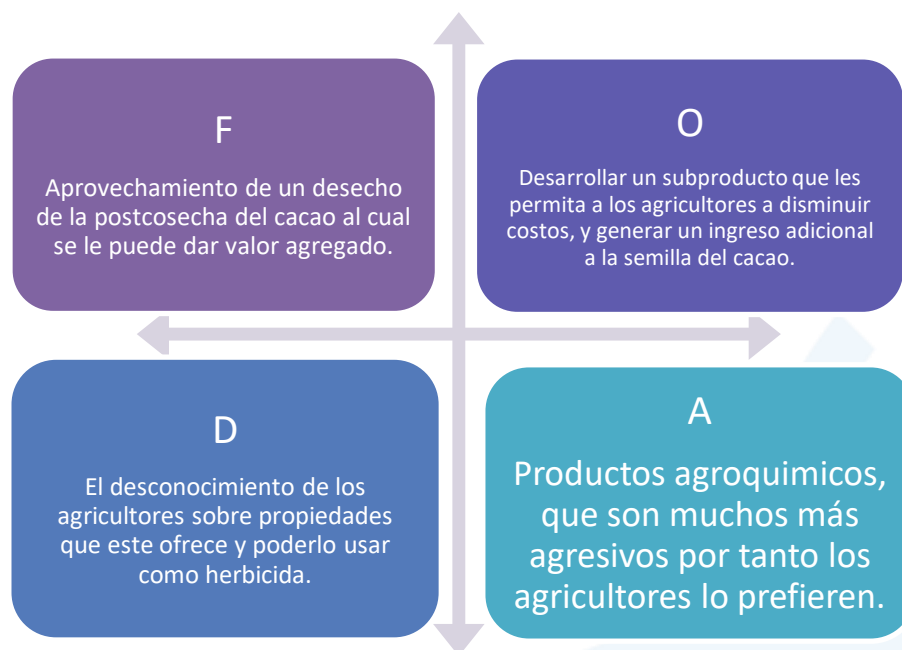


Figura 2. FODA

## 2.3 Fases /etapas y pasos para la implementación:

### 2.3.1 Materiales

Para la elaboración del trabajo investigativo se utilizarán los siguientes materiales:

- Canecas de 20 litros para la fermentación.
- Balde
- Motoguadaña
- Colador
- Airlock cilíndrico italiano
- Tapón caucho negro para airlock
- Medidor de pH digital tipo lápiz Kegland

- Mucílago de cacao
- Una bomba de mochila fumigadora
- Computadora
- Libro de campo
- Lapicero
- Cabo azul
- Cintas de colores para identificar las diferentes parcelas.

### **2.3.2 Métodos**

El método experimental fue el que se utilizó ya que la variable independiente que fue la que se manipuló en este caso las diferentes dosificaciones del mucílago de cacao para poder revisar el efecto sobre la variable dependiente; este trabajo se desarrolló minuciosamente teniendo en cuenta que se separaron en dos grupos las parcelas, el primero son las parcelas en las cuales se explicó el herbicida mejor nombrado como grupo de experimento, y en el otro grupo se considera al grupo al que no se le aplicó en el cual están las parcelas testigo.

- Se preparó el terreno, cortando toda la maleza existente utilizando una moto guadaña, el terreno cuenta con una dimensión de 100m<sup>2</sup>.
- Se marcaron 12 parcelas o unidades experimentales divididas en tres bloques cada uno con medidas de 1.5m x 1.5m por cada unidad experimental, se utilizaron para dividir estacas de caña guadua de 0.50 m y cabo para lograr cerrar, las calles tienen una dimensión de 1.5m por cada bloque y 1.5m por cada unidad experimental.
- Se tomó datos del pH en el suelo antes y después de la aplicación del herbicida.
- Se recolecto el mucílago de cacao, luego se lo pasó por un colador para eliminar toda la impureza que se haya podido filtrar, se la depositaron 10 litros en canecas de 20

litros ya que el mucílago de cacao dentro de las primeras 24 horas empieza el proceso químico de la fermentación y expulsa gases para ello se utiliza el airlock cilíndrico italiano y el tapón de caucho negro para el airlock. El mucílago se dejará fermentar durante 15 días en los cuales se tomarán diarios datos del pH.

- Se prepararon las diferentes dosificaciones a utilizar en todos los tratamientos que fueron al 100% de baba de cacao, al 75% de baba de cacao y 25% de agua, al 50% de baba de cacao y 50% de agua y el testigo absoluto.
- Se realizó la aplicación del herbicida una vez obtenidas las mezclas agregándole 2.5 litros respectivamente en cada unidad experimental.
- Se realizó la toma de datos, antes de las diferentes aplicaciones del pH, y de la cantidad de malezas en las unidades experimentales.
- Se determinó la efectividad que presentó la baba de cacao como herbicida natural en el control de hierbas.

Mediante el levantamiento de información se espera obtener datos del cambio producido en el pH del suelo, se toman datos antes y después de la aplicación del herbicida, otro dato a considerar es el control de maleza el cual se lo realizará de forma visual para ello se tomará el área estudiada y se comparan los resultados antes y después de la aplicación del herbicida.

### 2.3.3 Promedio de pH de mucílago de cacao durante 15 días de fermentación.

A continuación se presenta los datos de variación de pH durante los 15 días posteriores a la recepción del mucílago de cacao hasta conseguir que se fermente mostrados en la (Tabla 5).

**Tabla 5. Medición de pH del mucílago de cacao.**

Tiempo (días)	pH	Temperatura °C
1	4,46	28,7
2	4,13	27
3	4,13	27,6
4	4,02	27,6
5	4,01	27,6
6	4	27,2
7	3,97	28,4
8	3,95	28,1
9	3,92	27,6
10	3,89	27,4
11	3,86	27,8
12	3,84	27,3
13	3,83	27
14	3,81	27,2
15	3,8	27

**Fuente:** (Mendoza, 2024)

## CAPÍTULO III. Resultados

### 3.1 Evaluación de efectividad del herbicida natural elaborado con mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*), como alternativa sostenible para el control de malezas.

Los resultados logrados en esta investigación pueden contribuir al desarrollo de buenas prácticas en la agricultura, más sostenibles y amigables con el medio ambiente,

brindando a los agricultores una alternativa viable para el control de malezas.

En el siguiente trabajo de campo se demostró la efectividad del herbicida natural frente a los diferentes tipos de malezas, que se encontraron en las unidades experimentales, por la repercusión de la zona donde se realizó la investigación; se tomaron los datos 5 días después de la primera aplicación donde se evidenciaron los efectos inhibidores de malezas mostrando un poco de cómo se iban marchitando las hojas y ciertas raíces, posteriormente se realizó la segunda aplicación 6 días después de la primera, se hizo recolección de datos 5 días después de la segunda aplicación en este paso ya se notó la disminución mayoritaria de las malezas presentes, por último a los 6 días siguientes, es decir, a los 18 días se realizó la fumigación, las aplicaciones se hicieron de la forma manera al 100% de mucílago de cacao, al 75% de mucílago de cacao y 25% de agua, al 50% de mucílago de cacao y 50% de agua, al testigo absoluto se lo manejó como indicador y a ese no se le aplicó ninguna concentración, 5 días después de la última fumigación se procedió al último levantamiento de información donde se evidenció el deterioro significativo de hojas en las diversas unidades experimentales, el terreno empezó a mostrar mayor claridad es decir había menos población de malezas llegando a la conclusión de que el tratamiento  $T_1 = 100\%$  de concentración de mucílago de cacao presentó los mejores resultados inhibidores de crecimiento de malezas para la cual se aplicó la tabla de ALAM para la interpretación de los datos con la escala pertinente, se establece como excelente ya que retrasa crecimiento de malezas, pero cabe recalcar y mencionar que todos los tratamientos presentas buenos resultados y algo que en la agricultura es importante es el nivel del pH del suelo el cual presenta la reducción de un punto en las concentraciones del 100% y en la del 75% de mucílago de cacao la reducción del pH es menor y en el de 50% se evidenció un aumento de un punto y la efectividad del mucílago de cacao es considera muy bueno.

### 3.1.1 Evaluación de la efectividad de la propuesta

#### 3.1.1.1 Proporción de control visual de malezas

Las valoraciones de cobertura de control visual de malezas, después de la primera aplicación se presentaron un promedio de 83,67%, totalmente cubierto según escala de ALAM, mostrando un resumen de los tratamientos, y después de la segunda aplicación se realizó el levantamiento del registro mostrando un promedio de 59.71 perteneciendo a la categoría de medianamente cubiertos. La unidad experimental donde se presentaron los datos más altos se dio en el tratamiento B1T1 con un porcentaje de 90.2 totalmente cubierto después de la primera aplicación y después de la segunda aplicación con 43.8%, siendo el tratamiento que más inhibe el crecimiento de las malezas como se describe en la (Tabla 6).

**Tabla 6. Porcentaje de cobertura visual.**

Tratamientos	Porcentaje del área después de la primera aplicación	Escala ALAM 1974	Porcentaje de área después de la segunda aplicación	Escala ALAM 1974
B1T1	90,2	Totalmente cubierto	43,8	Medianamente cubierto
B1T2	87,6	Totalmente cubierto	62,3	Altamente cubierto
B1T4	82	Totalmente cubierto	62,1	Altamente cubierto
B2T4	81,6	Totalmente cubierto	71,6	Altamente cubierto
B2T1	84,5	Totalmente cubierto	55,2	Medianamente cubierto
B2T2	77,9	Totalmente cubierto	51,4	Medianamente cubierto
B3T2	86	Totalmente cubierto	70	Altamente cubierto
B3T1	82,2	Totalmente cubierto	50,1	Medianamente cubierto
B3T4	81,1	Totalmente cubierto	70,9	Altamente cubierto
	83,67		59,71	
Testigo	90,1		92,3	Totalmente cubierto

Fuente: (Mendoza, 2024)

#### 3.1.1.2 Control visual de mortalidad

Para finalizar, el levantamiento de información se obtuvo datos del control de

mortalidad de las malezas según lo establecido por las escalas ALAM 1974, donde señala que el tratamiento que mejor respondió a las unidades experimentales fue el que constaba con concentraciones del 100% de mucílago de cacao donde se le aplicaron tres aplicaciones (B1T1), con una respuesta Excelente, otra unidad experimental que presentó buenos resultados fue (B1T2), en la cual se le realizó tres aplicaciones del herbicida natural con una concentración del 50% con una respuesta Muy buena, se describe en la (Tabla 7)

**Tabla 7. Promedio de control de mortalidad por tratamientos.**

Tratamientos	Área cubierta de maleza después de la primera aplicación	Escala ALAM 1974	Área cubierta de maleza después de la segunda aplicación	Escala ALAM 1974	Área cubierta de maleza después de la tercera aplicación	Escala ALAM 1974
<b>B1T1</b>	43,8	Regular	86,4	Muy bueno	97	Excelente
<b>B1T2</b>	62,3	Suficiente	82,1	Muy bueno	90	Muy bueno
<b>B1T4</b>	51,4	Regular	56,78	Regular	70	Suficiente
<b>B2T4</b>	62,8	Suficiente	68,36	Suficiente	74	Bueno
<b>B2T1</b>	55,2	Regular	77,46	Bueno	95,4	Excelente
<b>B2T2</b>	42	Regular	46,9	Regular	57	Regular
<b>B3T2</b>	46,8	Regular	63,7	Suficiente	72,8	Bueno
<b>B3T1</b>	50,1	Regular	73	Bueno	91	Excelente
<b>B3T4</b>	45	Regular	56,3	Regular	62	Suficiente
	51,04		66,91		78,8	
<b>Testigo</b>	40		35		30	Ninguno a pobre

**Fuente:** (Mendoza, 2024)

Los resultados de la (Tabla 7), representan la tasa de mortalidad de las malezas en los tratamientos 5 días después de la primera aplicación del herbicida natural a base de mucílago de cacao, donde la unidad experimental que presentó mejores resultados fue la (B2T4), donde se le aplicó a una concentración de 75% de mucílago de cacao y 25% de agua, presentando un valor de 62.8 representado esto en la escala de ALAM como Regular, después de 5 días de la segunda aplicación la unidad experimental que presentó mejores resultados fue la (B1T1),

donde la concentración de mucílago de cacao fue del 100%, con un control de maleza en el área según la escala de ALAM de 86.4 considerado como Muy bueno, consecuentemente 5 días después de la tercera aplicación se levantaron datos donde los tratamientos que presentaron mejores resultados fueron el (B2T1) y el (B1T1), en ambos se aplicó una concentración del 100% de mucílago de cacao representado según la escala de ALAM como Excelente.

### 3.1.2 Medición del pH del suelo.

A continuación se presenta los datos de variación de pH del suelo antes de la aplicación del herbicida y después de la aplicación del herbicida natural en la (Tabla 8).

**Tabla 8. Medición de pH del suelo.**

Unidad experimental	Tratamientos	pH del suelo antes de la aplicación del mucílago de cacao	pH del suelo después de la aplicación del mucílago de cacao
B1T1	100%	5,67	5,26
B2T2	75%	5,91	5,32
B2T1	50%	5,78	6,81

**Fuente:** (Mendoza, 2024)

El tratamiento B2T1 con el 50% de concentración de mucílago de cacao y 50% de agua presentó mejores resultados, mediante relación efectividad-cambio del pH del suelo, ya que presenta un aumento el cual es bueno para la productividad del suelo.

## 3.2 Impactos en la organización o empresa

Los impactos de la utilización del mucílago de cacao como herbicida natural serán significativamente positivos, ya que se reducirá la compra y consumo de agroquímicos, y se aprovechará cada parte del fruto del cacao además se reducirá el impacto ambiental lo que

beneficiará a la finca en el caso de que se quiera obtener certificación internacional relacionadas a que son orgánicas, a los empleados les reducirá la exposición a estos químicos que a ingesta no controlada puede producir daños a la salud.

### **3.3 Limitaciones o riesgos**

Una de las limitaciones que se puede presentar para la utilización del herbicida natural a base de mucílago de cacao es la estación del año, en verano al tener el sol más fuerte la intensidad del herbicida será mayor, por el contrario al invierno donde se tienen más lluvias la intensidad del herbicida disminuye para lo cual hay que aplicar las concentraciones de forma consecutivas y obtener mejores resultados.

## CAPÍTULO IV. Plan de implementación

### 4.1 Cronograma de actividades:

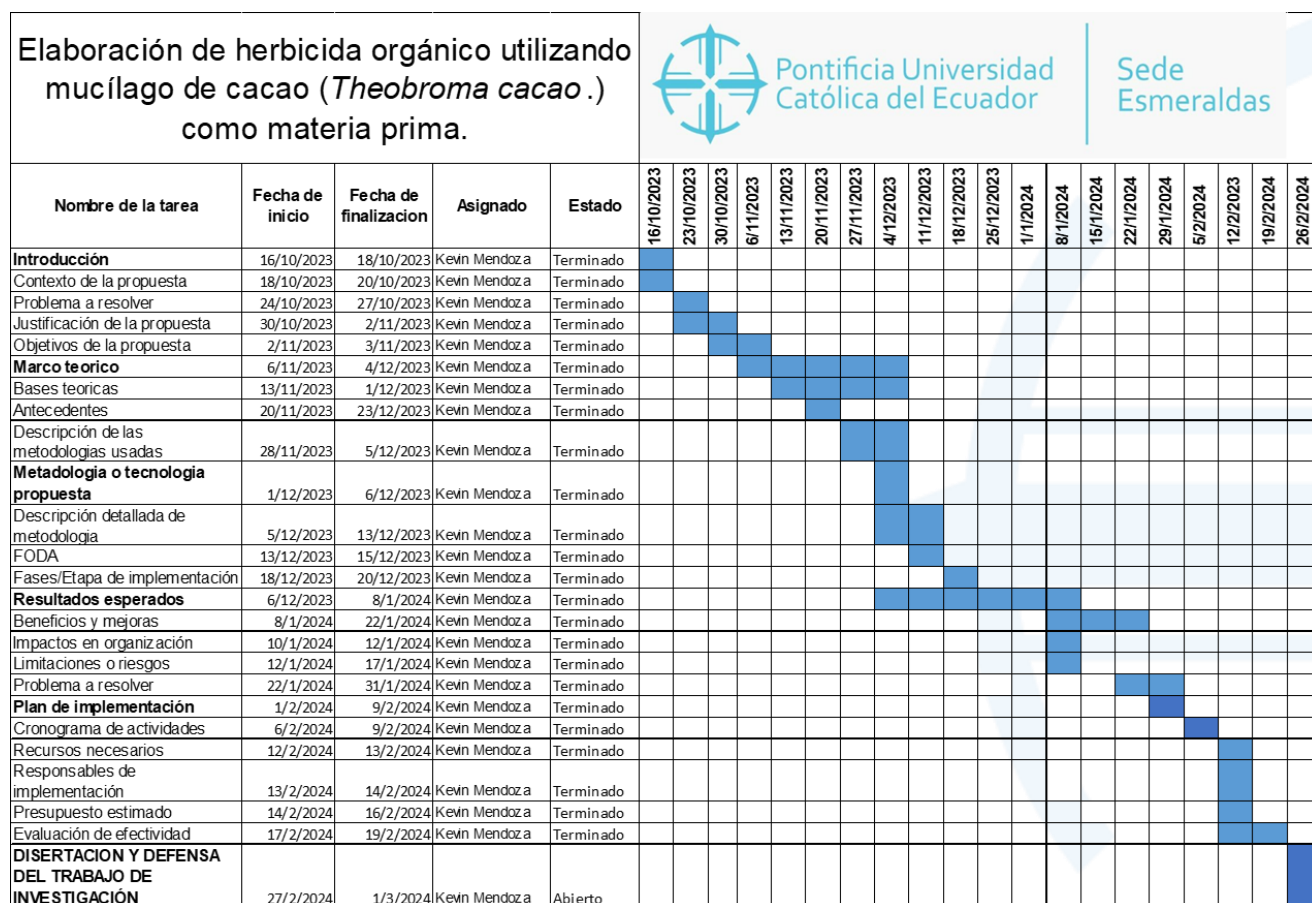


Figura 3. Diagrama de actividades

## **4.2 Recursos necesarios:**

Dentro de los recursos que se necesitan para llevar a cabo la implementación del proyecto son herramienta como canecas para almacenar el mucílago de cacao, el equipo que se utilizara constantemente es un potenciómetro y una solución de almacenamiento para medidor de pH Keglend para llevar el control según lo establecido en el plan, también airlock cilíndrico, tapón caucho negro para el airlock para lograr la fermentación controlada, además se necesitan una bomba mochila de fumigar, el personal debe llevar registro diario y fumigar para ello se necesitan de dos personas y poder sacar el trabajo adelante. Se debe brindar capacitaciones constates y actualizadas para el que el personal pueda manejar los diferentes equipos como el potenciómetro, la bomba mochila de fumigar y la fermentación del mucílago de cacao.

## **4.3 Responsables de la implementación:**

Todas las actividades que se realizaron para lograr el desarrollo e implementación de la investigación para obtener el herbicida natural a base de mucílago de cacao estuvieron a cargo del autor Kevin Mendoza. En las cuales conté con la ayuda y supervisión de distintos maestros para desarrollar las diferentes actividades como, compra, mezcla de materia prima y toma de datos fisicoquímicos del mucílago de cacao bajo la supervisión del Mgt. Jonathan Arguello, la limpieza y fumigación del terreno bajo la supervisión del Mgt. Eduardo Rebolledo y el levantamiento de información sobre la cantidad de malezas muertas bajo la supervisión del Mgt. Freddy Quiroz.

#### 4.4 Presupuesto estimado

A continuación en la (Tabla 9) se detallan el presupuesto estimado para la realización de esta investigación.

**Tabla 9. Presupuesto estimado en dólares.**

Fecha	Descripción	Transporte	Combustible	Comidas	Insumos	Varios	Total
27/12/2023	Limpieza del terreno	25	5	20	3	3	56
28/12/2023	Limpieza del terreno	25		20	3	4	52
29/12/2023	Limpieza del terreno	25	5	22	4	5	61
8/1/2024	Compra de mucílago de cacao	15		15	45	4	79
23/1/2024	Primera fumigación	15		12		4	31
28/1/2024	Levantamiento de datos	15		12		5	32
29/1/2024	Segunda fumigación	15		15		6	36
4/2/2024	Levantamiento de datos	15		15		2	32
5/2/2024	Última fumigación	15		12		4	31
9/2/2024	Levantamiento de datos	15		15		3	33
10/2/2024	Planificación, análisis y reporte	45		70		10	125
<b>Total</b>		225	10	228	55	50	568

Fuente: (Mendoza, 2024)

## **CAPÍTULO V. Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

La interpretación de los resultados del experimento realizado nos permite llegar a concluir lo siguiente. Se logró un herbicida natural a base de mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*), y agua para ser utilizado como agente controlador de malezas. De este modo se concluye que de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo investigativo que mezcla de mucílago de cacao y agua se lo puede aplicar como herbicida natural, ya que presentó efectividad en las diferentes malezas que se encontraban en las unidades experimentales.

El tratamiento BIT1, con una concentración del 100% de mucílago de cacao, presentó mayor efectividad en el control de malezas, se observó una reducción en el crecimiento de malezas, con esto se indica el alto poder como un herbicida natural.

La concentración más adecuada por sostenibilidad fue la de 50% de mucílago de cacao presente en el tratamiento BIT2 ya que aumentó el pH del suelo, siendo este un factor importante en la productividad del suelo.

Este trabajo de investigación podría fomentar a la valorización de los subproductos agrícolas, como el mucílago de cacao dándole valor agregado y convertirlo en un producto agroindustrial, con esto promoviendo la economía circular y la correcta utilización de los recursos.

## 5.2 Recomendaciones

Una vez cumplido con los objetivos, se recomienda a los agricultores y a las personas ligadas con el agro pensar en el aprovechamiento del mucílago de cacao, utilizar un herbicida natural que será amigable con el ambiente, y manejarlo como una alternativa antes el uso de agroquímicos que pueden deteriorar el suelo y contaminar la cuencas hídricas por los residuos.

Se recomienda el uso de este herbicida natural utilizando la concentración del 50% de mucílago de cacao, ya que cuenta con poder de controlar las malezas y ayuda con el aumento del pH del suelo factor que hace productivo el suelo.

Para investigaciones futuras, tomar estos datos y seguir realizando estudios y evaluar la efectividad del mucílago de cacao como herbicida en diferentes tipos de malezas presentes en el campo, además evaluar otras concentraciones que puedan presentar mejores resultados.

Se recomienda para futuras investigaciones realizar análisis a detalle para determinar la persistencia del herbicida natural en el suelo a largo tiempo, así mismo verificar la variabilidad de las respuestas de las diferentes especies de malezas ante el herbicida y desarrollar futuras investigaciones.

Estos resultados resaltan la importancia de considerar la concentración de mucílago de cacao aplicación del herbicida, ya que concentraciones altas al parecer están asociadas con mayor efectividad, sin embargo es completamente necesario tener un equilibrio para evitar cambios adversos en las características de los suelo.

## 6 Referencias

- Anecacao. (2023). *Tipos de Cacao*. Obtenido de anecacao.com: <https://anecacao.com/cacao-en-el-ecuador/tipos-de-cacao/>
- ARCOSA. (8 de JULIO de 2015). *REGLAMENTO REGISTRO SANITARIO PLAGUICIDAS*. Obtenido de [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/12/Resoluci%C2%A2n-ARCOSA-DE-029-2015-GGG\\_Reglamento\\_Registro\\_de-Plaguicidas\\_uso\\_domC%CC%A7stico\\_industrial.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/12/Resoluci%C2%A2n-ARCOSA-DE-029-2015-GGG_Reglamento_Registro_de-Plaguicidas_uso_domC%CC%A7stico_industrial.pdf)
- Arteaga, Y. (2013). Estudio del Desperdicio del Mucílago de Cacao en el Cantón Narajal (Provincia del Guayas). *Revista ECA Sinergia. Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas. U. T. M*, 49-59.
- Avendaño, C., Villareal, J., Gallardo, R., Mendoza, A., Aguirre, J., Sandoval, A., & Saúl, E. (30 de Septiembre de 2011). *Diagnóstico del cacao en México*. Obtenido de gob.mx: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232186/Diagnostico\\_del\\_cacao\\_en\\_mexico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232186/Diagnostico_del_cacao_en_mexico.pdf)
- Cabrera, G. (s.f.). *El Control Biológico de Malezas*. Obtenido de web.archive.org: [www.researchgate.net/profile/Jonathan\\_Gonzalez32/publication/339913851\\_MEMORIAS\\_CONGRESO\\_SOCIEDAD\\_COLOMBIANA\\_DE\\_ENTOMOLOGIA/links/5e6bb976458515e555793080/MEMORIAS-CONGRESO-SOCIEDAD-COLOMBIANA-DE-ENTOM](http://www.researchgate.net/profile/Jonathan_Gonzalez32/publication/339913851_MEMORIAS_CONGRESO_SOCIEDAD_COLOMBIANA_DE_ENTOMOLOGIA/links/5e6bb976458515e555793080/MEMORIAS-CONGRESO-SOCIEDAD-COLOMBIANA-DE-ENTOM)
- Camacho, Á., & Luis, O. (2020). *Tipos y variedades del cacao*. Obtenido de cacaomovil.com: <https://cacaomovil.com/site/about-us>
- Carrera, D. (2016). *Efecto del extracto del mucilago de cacao (theobroma cacao L). Como herbicida orgánico en paja peluda (Rottboelia cochinchinensis)*. Obtenido de

repositorio.untumbes.pe:

<http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/266/TESIS%20DE%20DOCTORADO%20-%20MARIELA%20CARRERA%20MARIDUE%c3%91A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carrera, D. (2016). *Efecto del Extravto del Mucílago de Cacao (Theobroma cacao L). como Herbicida Orgánico en Paja Peluda (Rottboellia cochinchinensis)*. Obtenido de

[https://repositorio.untumbes.edu.pe/:](https://repositorio.untumbes.edu.pe/)

<https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/266/TESIS%20DE%20DOCTORADO%20-%20MARIELA%20CARRERA%20MARIDUE%c3%91A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CEFA. (2015). *Cacao*. Obtenido de cefaecuador.org: <https://cefaecuador.org/productos/cacao/>

CFN. (Junio de 2022). *Corporacion Financiera Nacional B.P*. Obtenido de

<https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Cacao.pdf>

Cigüeñas, S. M. (2021). *Efecto de mucílago de cacao (Theobroma cacao L.) como herbicida natural en Desmodieum sp y Cyperus L, distrito de Tarapotp*. Obtenido de

[repositorio.unsm.edu.pe:](https://repositorio.unsm.edu.pe/)

<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/4141/1/MAEST.%20GEST.%20AMB.%20-%20Sintia%20Marlith%20Cig%c3%bce%c3%b1as%20Pi%c3%b1a.pdf>

Coloma, T. C., Cuesta, M. A., España Escobar, Y., & Gualliche Serdan, L. (2017).

ELABORACIÓN DE UN HERBICIDA NATURAL A PARTIR DE LA PULPA MUCILAGINOSA DE CACAO (THEOBROMA CACAO). *Revista DELOS*.

- Coloma, T., Alulema, M., & Gualliche, L. (junio de 2017). *Desarrollo Local Sostenible*.  
Obtenido de eumed.net: <https://www.eumed.net/rev/delos/29/herbicida-natural-cacao.html#:~:text=La%20pulpa%20de%20cacao%20en,de%20eliminaci%C3%B3n%20de%209%20d%C3%ADas>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe . (2015). *Diagnóstico de la Cadena Productiva del Cacao en el Ecuador*. Obtenido de vicepresidente.gob.ec:  
<https://www.vicepresidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/Resumen-Cadena-de-Cacao-rev.pdf>
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (10 de 2011). *Hoja botánica: Cacao*. Obtenido de botconsult.com:  
[http://www.botconsult.com/downloads/Hoja\\_Botanica\\_Cacao\\_2012.pdf](http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf)
- Erazo, C. (22 de 4 de 2019). *DISEÑO DE UN FERMENTADOR Y SECADOR SOLAR PILOTO, PARA DOS VARIETADES DE CACAO (Theobroma cacao L), EN EL CANTÓN EL EMPALME PROVINCIA GUAYAS*. Obtenido de repositorio.uisek.edu.ec:  
<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3361/1/FERMENTACION%20DE%20CACAO.pdf>
- FAO. (2006). *Agricultura, expansión del comercio y equidad de género*. Obtenido de fao.org:  
<https://www.fao.org/3/a0493s/a0493s02.htm>
- Fernandez, O. (1982). Manejo Integrado de Malezas. *Planta Daninha*, 69-79.
- Gómez, J. F. (1995). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali. *CENICAÑA*, 143-152. Obtenido de CENICAÑA.
- Guerra, K. (2019). *Evaluación de Levaduras a partir de dos Variedades de Mucpilago de Cacao (Theobroma cacao) para su uso en Procesos Fermentativos*. Obtenido de

<https://repositorio.uteq.edu.ec/>

<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/07852bf1-bf5f-495c-bc29-4dda0b619da3/content>

Hipo, M. (2017). *APLICACIÓN DE MUCÍLAGO DE SEMILLAS DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN EL CONTROL DE MALEZAS*. Obtenido de repositorio.uta.edu.ec:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25048/1/tesis%20022%20Ingenier%c3%ada%20Agropecuaria%20-%20Mar%c3%ada%20Hipo%20-%20cd%20022.pdf>

INEC. (04 de 2023). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/>:

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2022/PPT\\_%20ESPAC\\_%202022\\_04.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_%20ESPAC_%202022_04.pdf)

INIAP. (2022). *Manual de cultivo de cacao sostenible para la amazonía ecuatoriana*.

Obtenido de

[MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20CACAO%20SOSTENIBLE%20PARA%20LA%20AMAZONIA%20ECUATORIA%20N%C2%B0125%20\(2\).pdf](#)

Kalvatchev, Z., Garzaro, D., & Guerra, F. (6 de 06 de 1998). *Theobroma Cacao L. Un nuevo enfoque para nutrición y salud*. . Obtenido de Dialnet-

[TheobromaCacaoLUnNuevoEnfoqueParaNutricionYSalud: Dialnet-](#)

[TheobromaCacaoLUnNuevoEnfoqueParaNutricionYSalud-3233588%20\(2\).pdf](#)

Kivi, R. (20 de Noviembre de 2021). *Cómo funciona el herbicida orgánico*. Obtenido de

[ehowenespanol.com: https://www.ehowenespanol.com/cuales-son-efectos-del-alcohol-planta-info\\_98157/](https://www.ehowenespanol.com/cuales-son-efectos-del-alcohol-planta-info_98157/)

Marquez, A., & Salazar, E. (07 de 2015). *Análisis de los Niveles de Desperdicio del Mucílago*

*de Cacao y su Aprovechamiento como Alternativa de Biocombustible*. Obtenido de repositorio.unemi.edu.ec:

<https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/1770/1/An%C3%A1lisis%20de%20los%20niveles%20de%20desperdicio%20del%20muc%C3%ADlago%20de%20cacao%20y%20su%20aprovechamiento%20como%20alternativa%20de%20biocombustible.pdf>

Molina, C., Pillco, B., Salazar, E., Coronel, B., Sarduy, L., & Diéguez, K. (2020). Producción más limpia como estrategia ambiental preventiva en el proceso de elaboración de pasta de cacao. Un caso en la Amazonia Ecuatoriana. *Revista Industrial Data*, 1-9.

Montero, S., Cardoso, J., & Cañarte, E. (18 de Diciembre de 2017). *VINAGRE TRIPLE 12,5%: HERBICIDA NATURAL EN SIEMBRA DIRECTA DE MAÍZ (Zea mays) ORGÁNICO*. Obtenido de Dialnet: Dialnet-VinagreTriple125-7020055.pdf

Paredes, M. (2003). *Manual de cultivo del cacao*. Obtenido de repositorio.midagri.gob.pe: <https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/bitstream/20.500.13036/372/1/cacao%20-%20copia.pdf>

Paz, R. (19 de Julio de 2012). *Mucilago de cacao*. Obtenido de clubensayos.com: <https://www.clubensayos.com/Ciencia/Mucilago-Del-Cacao/236210.html>

Reyes, B. (2020). “*CONTENIDO DE VITAMINA C, POLIFENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES PRESENTES EN MUCILAGO DE CACAO (theobroma cacao L.) y VARIEDAD CCN-51 y NACIONAL*”. Obtenido de Universidad Técnica Estatal de Quevedo: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/02f8c8c9-77f6-4f5a-935d-0310c1f09811/content>

Robledo, L. (s.f.). *La historia de la agricultura y los cultivos transgénicos: Cienciarama*. Obtenido de Cienciarama:

[http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/323\\_cienciorama.pdf](http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/323_cienciorama.pdf)

Rodríguez, R., Posada, G., Valero, A., Torres, E., Torres, Y., & Díaz, R. (2021). Valoración de baba de cacao (mucílago) no utilizada en el cantón Quevedo-Ecuador. *Revista Científica Ciencia Y Tecnología.*, 79-86.

Santos, A. (05 de Mayo de 2020). *Estudio de prefactibilidad de una planta de producción de un herbicida organico a partir de mucílago de cacao*. Obtenido de repositorio.usfq.edu.ec:

<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9275/1/123516.pdf>

Trujillo, E. (2021). *ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE HERBICIDA NATURAL QUE UTILICE COMO MATERIA PRIMA LA BABA DEL CACAO*. Obtenido de repositorio.ug.edu.ec:

<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/09494bad-9057-4131-8c7d-7a13685767d8/content>

Urgiles, J. (14 de Septiembre de 2018). *Evaluación del efecto de herbicidas químicos y orgánicos para control de malezas en el cultivo de cacao CCN-51 (Theobroma cacao L.) en la zona de Naranjal, provincia del Guayas*. Obtenido de

[http://repositorio.ucsg.edu.ec/:](http://repositorio.ucsg.edu.ec/)

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11463/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-142.pdf>

Utrilla, M. (Diciembre de 2019). *PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE JUGO DE MUCÍLAGO DE CACAO (Theobroma cacao) COMO SUBPRODUCTO DE LA FERMENTACIÓN*. Obtenido de researchgate.net/:

<https://www.researchgate.net/profile/Marycarmen-Utrilla->

[Vazquez/publication/340364123\\_PRODUCION\\_DE\\_ETANOL\\_A\\_PARTIR\\_DE\\_J](https://www.researchgate.net/publication/340364123_PRODUCION_DE_ETANOL_A_PARTIR_DE_J)

UGO\_DE\_MUCILAGO\_DE\_CACAO\_Theobroma\_cacao\_COMO\_SUBPRODUCT  
O\_DE\_LA\_FERMENTACION/links/5e85167192851c2f52743259/PRODUCCION-  
DE-ETANOL-A-PART



**Anexos:**

**Preparación del terreno.**



**División de unidades experimentales.**



## Mucílago de cacao

Baba de cacao antes de la fermentación.



Baba de cacao fermentada.



**Malezas presentes en el área de estudio.**



**Familia:** *Fabaceae*.

**Especie:** *Sesbania bispinosa*.



**Familia:** *Petiveriaceae*.

**Especie:** *Petiveria alliacea* L.



**Familia:** *Euphorbiaceae*



**Familia:** *Gramíneas*

**Especie:** *Ricinus communis L.*

**Especie:** *Panicum máximum jacq*

**Control de mortalidad en las unidades experimentales.**

Primera aplicación del mucílago de cacao.



Segunda aplicación del mucílago de cacao



Tercera aplicación del mucílago de cacao.

