UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Tesis

Evaluación de la fitotoxicidad del mucílago de cacao sobre las malezas y su impacto en las propiedades fisicoquímicas del suelo en el centro poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025

Asesora:

Mag. Hancco Loayza, Helidia

Autores:

Condori Vergara, Jaime

Huanca Cruz, Yessica

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero(a) Ambiental

Cusco – Cusco –Perú

2025

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

" Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

Acta N°: 018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Cusco, a los 12 días del mes de diciembre del año 2025, siendo las 11:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Sub Directoral N° 196-2025-UTEA-FI-EPIARN-SD de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, Facultad de Ingeniería

Presidente	:	Mg. Pozo Gonzales José Salustio
Dictaminante	:	Mg. Arrieta Concha Cynthia Cecilia
Replicante	:	Mg. Escobar Candía Yesenia

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Evaluación de la fitotoxicidad del mucílago de cacao sobre las malezas y su impacto en las propiedades fisicoquímicas del suelo en el centro poblado Palomani – Echarate – La Convención – Cusco, 2025

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Bach: Huanca Cruz, Yessica

Bach: Condori Vergara, Jaime

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero (a) Ambiental

Concluido el acto de Sustentación, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Bach: Huanca Cruz, Yessica	Aprobado
Bach: Condori Vergara, Jaime	Aprobado

Siendo las 12:50 pm horas concluyó el Acto Académico, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mg. Pozo Gonzales José Salustio

Dictaminante: Mg. Arrieta Concha Cynthia Cecilia

Replicante: Mg. Escobar Candía Yesenia

(*): **Mayoría**: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; **Unanimidad**: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art.18 RGGAT.
(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

21% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

18% Fuentes de Internet
5% Publicaciones
14% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Metadatos

Datos de los Autores		
Apellidos y Nombres	:	Condori Vergara, Jaime
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	47749912
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0000-5645-6419
Apellidos y Nombres	:	Huanca Cruz, Yessica
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de documento de identidad	:	75534022
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0000-3367-9679
Datos de la Asesora		
Apellidos y Nombres	:	Mag. Hancco Loayza, Helidia
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	23946122
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0002-1928-5013
Datos de la Investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales
Línea de Investigación	:	Calidad Ambiental
Rango de años en el que se realizó la investigación	:	Enero – diciembre 2025.
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de similitud	:	21%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01

Dedicatoria

A Dios, por derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de su fuerza para vencer todos los obstáculos desde el principio de mi vida.

A mis padres, Martín Huanca, Guillermina Cruz y mi hermanito Rodrigo M. Por todo el esfuerzo y sacrificio que me brindaron, por su comprensión y apoyo incondicional en cada momento de mi vida

Yessica H.

Dedico este trabajo con profundo amor y gratitud a mi familia, por ser mi mayor inspiración y apoyo incondicional en cada etapa de este proceso. Gracias por creer en mí, por su comprensión y por no dejarme sola.

También agradezco a mis amigos que, de distintas formas, estuvieron presentes y acompañaron el desarrollo de este proyecto.

Jaime C.

Agradecimiento

Agradecemos infinitamente a Dios, ser divino, por guiar nuestros pasos día a día.

Estamos inmensamente agradecidos con nuestra asesora, Mg. Helidia Hancco Loayza, por su orientación perspicaz, apoyo incondicional y su retroalimentacion constructiva a lo largo de todo nuestro proceso de investigación.

Deseamos agradecer a nuestra amiga y colega la Ing. Elizabeth Noa por su guía y ayuda incondicional en nuestro proceso de investigación.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del mucílago de cacao sobre el crecimiento y mortalidad de malezas, así como su impacto en las propiedades fisicoquímicas del suelo en el centro poblado Palomani, distrito Echarate. Se aplicaron tres concentraciones (50 %, 75 % y 100 %) y un tratamiento testigo en parcelas de 2 m², bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones. La aplicación se realizó en intervalos de 24 horas durante tres días. En la metodología se utilizó como instrumento una ficha de observación, que permitió registrar datos sobre la fitotoxicidad del mucílago de cacao, el control de malezas y los cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: En cuanto a la fitotoxicidad se evaluó mediante la altura y la tasa de mortalidad de malezas, luego se analizaron los parámetros del suelo: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. El análisis de varianza (ANOVA) indicó que la altura ($F = 3314.55$; $p < 0.0001$) y la mortalidad ($F = 22629.8$; $p < 0.0001$) fueron afectadas significativamente, siendo el tratamiento al 100 % el más efectivo. En cuanto al suelo, aunque hubo diferencias estadísticas en todos los parámetros ($p < 0.0001$), los cambios fueron leves y no perjudicaron su calidad. Se concluye que el mucílago de cacao representa una alternativa orgánica eficaz para el control de malezas sin comprometer la salud del suelo.

***Palabras clave**: mucílago de cacao, herbicida orgánico, malezas, fitotoxicidad.*

Abstract

The present research aimed to evaluate the effect of cocoa mucilage on weed growth and mortality, as well as its impact on the physicochemical properties of the soil in the town Palomani, Echarate district. Three concentrations (50%, 75%, and 100%) and a control treatment were applied in 2 m^2 plots, using a Completely Randomized Block Design (CRBD) with three replicates. Applications were carried out at 24-hour intervals over three days. The methodology used was an observation sheet, which allowed data on cocoa mucilage phytotoxicity, weed control, and changes in soil physicochemical properties to be recorded. The results obtained were as follows: Phytotoxicity was assessed by weed height and mortality rate, and soil parameters were then analyzed: pH, electrical conductivity, organic matter, nitrogen, phosphorus, and potassium. Analysis of variance (ANOVA) indicated that height ($F = 3314.55$; $p < 0.0001$) and mortality ($F = 22629.8$; $p < 0.0001$) were significantly affected, with the 100% treatment being the most effective. Regarding the soil, although there were statistical differences in all parameters ($p < 0.0001$), the changes were slight and did not impair soil quality. It is concluded that cocoa mucilage represents an effective organic alternative for weed control without compromising soil health.

Keywords*: cocoa mucilage, organic herbicide, weeds, phytotoxicity.*

Índice

Portada i

Acta de sustentación ii

Reporte de similitud iii

Metadatos iv

Dedicatoria v

Agradecimiento vi

Resumen vii

Abstract viii

Índice ix

Índice de tablas xi

Índice de figuras xiii

Índice de anexos xiv

Acrónimos xv

I. Introducción 16

II. Planteamiento del problema 19

2.1. Descripción y formulación del problema 19

2.2. Objetivos 22

2.2.1. Objetivo general 22

2.2.2. Objetivos específicos 22

2.3. Justificación e importancia 22

2.4. Hipótesis 25

2.5. Variables 26

III. Marco Teórico 28

3.1. Antecedentes 28

3.2. Bases Teóricas 37

3.3. Definición de Términos 52

IV. Metodología 57

4.1. Tipo y nivel de investigación 57

4.2. Ámbito temporal y espacial 58

4.3. Población y muestra 60

4.4. Instrumentos 61

4.5. Procedimientos 64

4.6. Análisis de datos 68

V. Resultados y Discusión 69

VI. Conclusiones 97

VII. Recomendaciones 99

VIII. Referencias 101

IX. Anexos 111

Índice de tablas

Tabla 1 Matriz de operacionalización de Variables 27

Tabla 2 Distribución de Cultivares de Cacao en el Perú al 2011 38

Tabla 3 Características fisicoquímica del mucilago de cacao 40

Tabla 4 Los herbicidas..... 48

Tabla 5 Ubicación Geográfica..... 59

Tabla 6 Resultados caracterización fisicoquímica – mucilago de CCN-51 65

Tabla 7 Identificación y caracterización de malezas 66

Tabla 8 Tratamientos y sus concentraciones 66

Tabla 9 Características del diseño experimental 67

Tabla 10 Tasa de Mortalidad (%) de malezas según concentración del mucílago de caca69

Tabla 11 Reducción del tamaño de malezas..... 71

Tabla 12 Resultados del Análisis fisicoquímico del suelo por tratamiento..... 72

Tabla 13 Observaciones ambientales por tratamiento..... 75

Tabla 14 Estadísticas descriptivas para la concentración - mortalidad 76

Tabla 15 Estadísticas descriptivas _ altura de la maleza 77

Tabla 16 Estadística descriptiva - Parámetros fisicoquímicos del suelo 78

Tabla 17 Prueba de Normalidad 79

Tabla 18 Prueba de Normalidad - propiedades fisicoquímicas 79

Tabla 19 Prueba de Levene 80

Tabla 20 Prueba de Levene - propiedades fisicoquímicas..... 81

Tabla 21 ANOVA mortalidad de malezas..... 82

Tabla 22 ANOVA crecimiento de malezas 84

Tabla 23 ANOVA conductividad eléctrica del suelo 85

Tabla 24 ANOVA potasio (K) del suelo 86

Tabla 25 ANOVA Materia Orgánica del suelo 86

Tabla 26 ANOVA nitrógeno en el suelo (N)..... 87

Tabla 27 ANOVA Fosforo en el suelo (P) 87

Tabla 28 ANOVA pH del suelo..... 88

Tabla 29 Indicadores toxicológicos estimados del mucílago de cacao 91

Índice de figuras

Figua 1 Cacao (*Theobroma cacao* L.) 38

Figura 2 Mucílago de cacao recién extraído, al momento de separar las semillas..... 40

Figura 3 Cascarilla de los granos del cacao..... 43

Figura 4 Malezas presentes en sistemas agrícolas..... 44

Figura 5 Mapa de ubicación del Centro Poblado Ivochote 59

Figura 6 Tasa de Mortalidad (%) de malezas según Concentración del Mucílago 70

Figura 7 Comparación de altura inicial y final de malezas 71

Figura 8 Comparación de parámetros fisicoquímicos del suelo por tratamiento 73

Figura 9 Observaciones ambientales por tratamiento 75

Figura 10 Distribución de mortalidad de malezas..... 82

Figura 11 ANOVA crecimiento de malezas..... 84

Índice de anexos

Anexo 1 Matriz de Consistencia 112

Anexo 2 Validación del o los instrumentos..... 114

Anexo 3 Instrumento de investigacion: Ficha de observación..... 115

Anexo 4 Base de datos 118

Anexo 5 Galería de figuras..... 121

Acrónimos

ANOVA	: Análisis de Varianza
MO	: Materia Orgánica
N	: Nitrógeno
P	: Fósforo
K	: Potasio
pH	: Potencial de Hidrógeno
CE	: Conductividad Eléctrica
DBCA	: Diseño de Bloques Completamente al Azar
CCN-51	: Variedad de cacao (Colección Castro Naranjal 51)
PS	: Presiembra
PRE	: Preemergente
POST	: Postemergente

I. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de gran relevancia a nivel mundial, no solo como materia prima fundamental para la producción de chocolate, sino también por su importancia económica, social y ambiental. Según Alava (2020) en países productores como Perú, Ecuador, Costa de Marfil y Ghana, millones de familias dependen de este cultivo para su subsistencia, mientras que su manejo adecuado contribuye a la conservación de la biodiversidad y al fortalecimiento de sistemas agroforestales sostenibles. Perú, en particular, se ha consolidado como uno de los principales exportadores de cacao fino de aroma a nivel mundial, lo que representa una oportunidad económica estratégica para los pequeños productores, pero también exige la adopción de prácticas agrícolas responsables y sostenibles. No obstante, el control de malezas continúa siendo un desafío en la agricultura convencional, donde el uso intensivo de herbicidas químicos puede afectar la salud de los productores, la calidad del suelo y el equilibrio ecológico.

La presente investigación se desarrolló en el centro poblado Palomani, distrito Echarate, una comunidad donde la agricultura familiar constituye la principal fuente de ingresos y alimentación. En este contexto, se evaluó el mucílago de cacao, un subproducto del procesamiento del grano, como posible bioherbicida. Este estudio se sitúa en la intersección de la agroecología y la toxicología agrícola, al analizar tanto los efectos fitotóxicos sobre las malezas como el impacto sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo.

El interés por esta investigación surge de la limitada evidencia científica sobre la utilización del mucílago de cacao en condiciones de campo. Aunque algunos estudios destacan su potencial fitotóxico en ensayos in vitro, son escasos los estudios aplicados en parcelas agrícolas, especialmente en comunidades rurales como Palomani. Por ello, esta investigación busca generar información confiable que respalde el uso del mucílago como alternativa sostenible frente a herbicidas químicos.

Para alcanzar este objetivo, se diseñó un experimento de campo en parcelas representativas del centro poblado, donde se aplicaron diferentes concentraciones de mucílago fermentado y se compararon con un tratamiento testigo sin aplicación. Se midieron indicadores de fitotoxicidad de las malezas y se evaluaron parámetros fisicoquímicos del suelo, complementando con análisis de laboratorio. Los resultados fueron analizados mediante métodos descriptivos y comparativos, permitiendo determinar la efectividad del mucílago y su impacto sobre la calidad del suelo.

En cuanto a la organización de la tesis, el Capítulo II aborda el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación, la hipótesis y las variables. El Capítulo III desarrolla el marco teórico, incluyendo antecedentes, bases teóricas, definición de términos y base legal. El Capítulo IV detalla la metodología, los instrumentos, procedimientos y análisis de datos. Los Capítulos V y VI presentan los resultados, discusión y conclusiones del estudio, mientras que el Capítulo VII contiene las recomendaciones. Finalmente, se incluyen referencias bibliográficas y anexos en los capítulos VIII y IX, respectivamente.

Como limitación del estudio, se reconoce que los hallazgos corresponden a condiciones específicas de Palomani, por lo que su aplicación en otras regiones requiere considerar diferencias climáticas, edáficas y de manejo agrícola. No obstante, los resultados aportan evidencia valiosa sobre el potencial del mucílago de cacao como alternativa orgánica

y sostenible para el control de malezas, contribuyendo a fortalecer prácticas agrícolas más amigables con el ambiente y la salud de los productores.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

A nivel mundial el uso de herbicidas químicos se ha incrementado de forma sostenida, superando los 2 millones de toneladas anuales y generando degradación de suelos, contaminación de agua y pérdida de biodiversidad (FAO, 2022). Las regiones que más consumen estos productos son Asia (52,8%), América (30%) y Europa (13,8%) (González & Fuentes, 2021). Los herbicidas constituyen el grupo más utilizado dentro de los plaguicidas (47,5%) (Diez & Barra, 2021). Además, su aplicación prolongada altera la microbiota del suelo, reduce la actividad enzimática y genera residuos que pueden llegar a cuerpos de agua, afectando su calidad y aumentando la resistencia de las malezas (Zalazar et al., 2022; Sánchez-Bryan et al., 2021).

En el Perú, la situación es igualmente preocupante. Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MINAGRI, 2020), el uso de herbicidas químicos es una práctica común en la agricultura convencional, lo que ha llevado a la contaminación de suelos y agua, especialmente en áreas rurales donde la agricultura es la principal actividad económica. En muchos casos, los agricultores utilizan estos productos sin conocimiento adecuado sobre sus efectos a largo plazo, tanto en la salud humana como en el medio ambiente (Ordoñez et al., 2019). En respuesta a estos desafíos, el gobierno peruano ha comenzado a impulsar el uso de alternativas orgánicas, aunque su implementación aún es limitada (CONCYTEC, 2023).

A nivel regional, en la zona de Quillabamba, región Cusco, el uso de agroquímicos sigue siendo prevalente, especialmente en cultivos de café y cacao. Los agricultores locales, aunque conscientes de los riesgos asociados con los herbicidas químicos, muchas veces continúan utilizándolos debido a su costo relativamente bajo y su disponibilidad en el mercado. Esto ha generado preocupación sobre los efectos negativos en la salud de las comunidades rurales y en la calidad de los suelos agrícolas, lo que ha afectado la sostenibilidad de las actividades agrícolas en la región. (INIA, 2020)

Finalmente, en el centro poblado Palomani, ubicado en el distrito Echarate, los agricultores enfrentan el desafío de mantener la productividad de sus cultivos sin comprometer la calidad del suelo ni el equilibrio ambiental. El uso continuo de herbicidas químicos ha deteriorado progresivamente la salud del suelo, reduciendo su fertilidad, alterando su estructura y favoreciendo la resistencia de las malezas, lo que incrementa los costos de producción y la dependencia de agroquímicos. Si esta situación persiste, se prevé una degradación significativa de la capacidad productiva del suelo a nivel local, con consecuencias como la disminución de los rendimientos agrícolas, pérdida de biodiversidad edáfica y mayor vulnerabilidad a la erosión. Ante esta problemática, surge la necesidad urgente de buscar alternativas sostenibles y ecológicas, como el uso de un herbicida orgánico a base de mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*, que podría no solo ser eficaz en el control de malezas, sino también mitigar los impactos ambientales negativos. El mucílago de cacao, un subproducto agrícola abundante en la región, ha sido identificado como un recurso con potencial para la elaboración de herbicidas orgánicos, ofreciendo una opción viable que reduzca la contaminación del suelo y, al mismo tiempo, proporcione un control efectivo de las malezas. No obstante, aún se desconoce la efectividad real de este bioproducto y su impacto sobre la calidad del suelo en condiciones de campo.

La presente investigación tiene como objetivo determinar los parámetros técnicos óptimos de aplicación de este herbicida, evaluar su eficacia en el control de diferentes especies de malezas y analizar el impacto ambiental que genera en las propiedades fisicoquímicas del suelo. De esta forma, se espera contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y menos perjudiciales para el ecosistema local, proporcionando a los agricultores alternativas viables y respetuosas con el medio ambiente. Los resultados obtenidos permitirán validar el uso del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* como bioherbicida, ofreciendo evidencia científica que respalde su implementación en sistemas agrícolas locales. Esto no solo reducirá la dependencia de herbicidas químicos y sus efectos adversos, sino que también fomentará la reutilización de un subproducto agroindustrial disponible en la región, promoviendo así una agricultura más resiliente, eficiente y acorde con los principios de sostenibilidad.

2.1.1. Problema general

¿Cuál es la fitotoxicidad del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* sobre las malezas y como afecta las propiedades fisicoquímicas del suelo en el Centro Poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025?

2.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los parámetros técnicos óptimos en términos de dosis, frecuencia y método de aplicación del herbicida orgánico a base de mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* para el control eficiente de malezas en el Centro Poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025?
- ¿Qué nivel de fitotoxicidad tiene el mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* sobre las diferentes especies de malezas presentes en el Centro Poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025?

- ¿Cómo actúa el mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* en las propiedades fisicoquímicas del suelo despues de la aplicación en el Centro poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Evaluar la fitotoxicidad del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* sobre las malezas y como afecta las propiedades fisicoquímicas del suelo en el Centro Poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025.

2.2.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros técnicos óptimos (dosis, frecuencia y método de aplicación) del herbicida orgánico a base de mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* para el control eficiente de malezas en el centro poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025.
- Evaluar el nivel de fitotoxicidad del mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.)* en diferentes especies de malezas presentes en el centro poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025.
- Analizar el impacto del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* en las propiedades fisicoquímicas del suelo después de su aplicación en el centro poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025.

2.3. Justificación e importancia

La presente investigación resulta conveniente porque responde a la necesidad de encontrar alternativas ecológicas al uso de herbicidas químicos en zonas rurales como Centro Poblado Palomani, donde la agricultura familiar es vital para la economía local. Su utilidad

radica en generar evidencia científica sobre el uso del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* como bioherbicida, evaluando tanto su efectividad en el control de malezas como su impacto sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo. Esta información servirá de base para futuras prácticas agrícolas sostenibles, contribuyendo a la protección del ambiente, la salud humana y la fertilidad del suelo, al mismo tiempo que promueve el aprovechamiento de un subproducto agrícola que suele ser desechado.

La justificación social de este proyecto radica en los beneficios directos que aporta a los agricultores locales. El mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*, al ser un recurso abundante y de bajo costo en la zona, ofrece una opción económica accesible, que reduce la dependencia de productos químicos caros y perjudiciales. Además, el uso de este herbicida orgánico puede mejorar las condiciones laborales de los agricultores, al minimizar su exposición a productos tóxicos y reducir los riesgos de contaminación en las comunidades rurales, lo cual es esencial para mejorar la salud y el bienestar social en el centro Poblado Palomani.

Además, surge debido a la urgente necesidad de adoptar prácticas agrícolas sostenibles en el control de malezas en el centro poblado Palomani. Los agricultores de esta región, al igual que en muchas otras áreas rurales del Perú, dependen de herbicidas químicos para el manejo de malezas. Sin embargo, el uso intensivo de estos productos ha generado graves problemas ambientales, tales como la erosión del suelo, la pérdida de biodiversidad y la contaminación de fuentes hídricas. Esta situación afecta directamente la salud del ecosistema y compromete la sostenibilidad a largo plazo de las actividades agrícolas en la zona.

El herbicida orgánico a base de mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* propuesto en esta investigación ofrece una alternativa sostenible para el control de malezas. Al

aprovechar un subproducto natural del cacao, que actualmente es desechado, este herbicida puede reducir los impactos negativos en la calidad del suelo y el medio ambiente. Su uso no solo contribuye a mantener la fertilidad del suelo y proteger los ecosistemas locales, sino que también promueve una mejora en la calidad ambiental, que es fundamental para asegurar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas en el contexto del cambio climático y la degradación ambiental.

Desde un punto de vista metodológico, el estudio emplea un diseño experimental que permitirá comparar la eficacia del herbicida orgánico con los herbicidas químicos convencionales, así como evaluar su impacto en la composición y estructura del suelo. Esto cobra especial relevancia, ya que permite validar en tiempo real la efectividad de soluciones naturales y ofrecer recomendaciones fundamentadas en evidencia científica, lo cual fortalece el desarrollo de prácticas agrícolas que respetan el equilibrio ecológico y promueven la sostenibilidad del entorno rural.

La justificación social de este proyecto radica en los beneficios directos que aporta a los agricultores locales. El mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.),* al ser un recurso abundante y de bajo costo en la zona, ofrece una opción económica accesible, que reduce la dependencia de productos químicos caros y perjudiciales. Además, el uso de este herbicida orgánico puede mejorar las condiciones laborales de los agricultores, al minimizar su exposición a productos tóxicos y reducir los riesgos de contaminación en las comunidades rurales, lo cual es esencial para mejorar la salud y el bienestar social en el Centro Poblado Palomani.

Desde una perspectiva de calidad ambiental, esta investigación se alinea con la sostenibilidad y conservación ambiental, proporcionando una solución práctica que equilibra la productividad agrícola con la protección del entorno. La promoción de alternativas

orgánicas como el mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* no solo respalda la calidad ambiental al reducir el uso de productos químicos, sino que también fomenta la resiliencia de los ecosistemas frente a las presiones humanas y climáticas.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El mucilago de cacao *(Theobroma cacao L.)* aplicado en concentraciones de 50%, 75% y 100% sobre las malezas en el Centro Poblado Palomani, reducirá significativamente la densidad y el crecimiento de las malezas sin afectar negativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo y la biodiversidad local.

2.4.2. Hipótesis especificas

- La aplicación del mucilago de cacao *(Theobroma cacao L.)* en dosis y frecuencia óptimas del herbicida orgánico de mucílago de cacao reducirá significativamente el crecimiento de malezas en el Centro Poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025.
- El mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* como herbicida orgánico es eficaz en el control de las diferentes especies de malezas comunes en el Centro Poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025.
- El mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* no afectara significativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo como el pH, la conductividad eléctrica y la materia orgánica en el Centro Poblado Palomani - Echarate - La Convención – Cusco, 2025.

2.5. Variables

- **Variable Independiente**
  - Mucílago de Cacao *(Theobroma cacao L.)*
- **Variables Dependientes**
  - Fitotoxicidad sobre las Malezas
  - Propiedades Fisicoquímicas del Suelo

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Mucílago de Cacao *(Theobroma cacao L.)*	Sustancia orgánica obtenida del cacao que se utiliza como herbicida natural. (Alava, 2020)	Aplicación de mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* en diferentes dosis, frecuencias y métodos para controlar malezas. (Guerrero, 2022)	1. Dosis	Cantidad de mucílago aplicado (L/ha).	1.1 Dosis 50% mucilago (150 ml) 75% mucilago (225 ml) 100 % mucilago (300 ml)
			2. Frecuencia	Número de aplicaciones por período.	2.1 Aplicación semanal
			3. Método de aplicación	Tipo de aplicación (rociado).	3.1 Aplicación manual
Variables Dependientes	**Definición Conceptual**	**Definición Operacional**	**Dimensiones**	**Indicadores**	**Ítems**
Fitotoxicidad sobre las Malezas	Efecto negativo del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* sobre el crecimiento y desarrollo de las malezas. (Autrán & Puricelli, 2013)	Evaluación del control de las malezas tras la aplicación del mucílago de cacao. (Arturo, 2024)	1. Cobertura de malezas	Porcentaje de cobertura de malezas.	1.1 Menos del 10%
			2. Crecimiento	Altura promedio de las malezas.	2.1 Altura promedio (cm)
			3. Mortalidad	Porcentaje de mortalidad de las malezas.	3.1 Más del 80% de mortalidad
Propiedades Fisicoquímicas del Suelo	Características del suelo que afectan su calidad y fertilidad. (Medina & Vargas, 2022)	Análisis de las propiedades fisicoquímicas del suelo después de la aplicación del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*. (Arias & Covinos, 2021)	Medición del pH del suelo.		1.1 pH ácido (<6)
			Contenido de nutrientes (N, P, K).		2.1 Nivel de Nitrógeno (mg/kg)
			Porcentaje de materia orgánica en el suelo.		3.1 Más del 3% de materia orgánica
			Medida de la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica (dS/m).		4.1 Conductividad baja (< 0.5 dS/m)

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. Antecedente Internacionales

Mendoza (2024), Ecuador. “Evaluación de efectividad de herbicida natural elaborado con mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.),* como alternativa sostenible para el control de malezas. Analizó el efecto fitotóxico postaplicación del herbicida natural sobre las diferentes especies de malezas. Para ello realizaron un Diseño de Bloques completamente al Azar, con 3 concentraciones (T1= 100% de mucilago, T2= 75% de mucilago y 25% de agua, T3= 50% de mucilago y 50% de agua, T4= Testigo), con tres repeticiones siendo un Diseño Completamente al Azar y alcanzando un total de 12 unidades experimentales. Los resultados indicaron que esta combinación puede ser aplicada como un herbicida orgánico, mostrando efectividad en las distintas especies de malezas presentes en las unidas. El tratamiento del bloque 1T1, que consistía en una concentración del 100% de mucílago de cacao, demostró ser el más efectivo para controlar el crecimiento de las malezas, evidenciando su capacidad como herbicida natural. Sin embargo, la concentración más apropiada desde una perspectiva de sostenibilidad fue la del 50% de mucílago, empleada en el tratamiento del bloque 1T2, ya que no solo resultó efectiva, sino que también contribuyó a aumentar el pH del suelo, lo que es un factor clave para la productividad a largo plazo. Se concluyó que, se logró obtener un herbicida natural utilizando una mezcla de mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* y agua, efectivo para el control de malezas.

Tituaña & Vera (2021), Ecuador. “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”. Tuvieron como objetivo 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. De carácter no experimental, ya que recopilaron datos físicos a condiciones normales de presión y temperatura; con alcance explicativo ya que 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* conocida 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. 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), determinaron 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 dé 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. Además, 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.*

Marín et al. (2024), Ecuador. "Fitotoxicidad del mucílago de cacao sobre malezas en el cultivo de cacao CCN-51 *Theobroma cacao L*", realizada en el Instituto Superior Tecnológico Los Andes. Evaluaron la fitotoxicidad del mucílago de cacao sobre malezas en el cultivo de cacao CCN-51 *Theobroma cacao L*". Utilizaron el diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos, incluidos dos testigos, uno químico y otro mecánico. Realizaron la recolección de mazorcas de cacao de las cuales extrajeron el mucílago, un subproducto común en la producción de cacao. Este mucílago lo sometieron a un proceso de fermentación anaeróbica durante un período de 40 días, con el fin de estudiar su potencial como herbicida orgánico. Para el experimento, prepararon cuatro tratamientos con diferentes concentraciones de mucílago de cacao: 100%, 75%, 50% y 25%, aplicándose sobre parcelas previamente preparadas con la presencia de malezas. Los resultados obtenidos a los 21 días posteriores a la aplicación de los tratamientos revelaron que el mucílago de cacao al 75% (tratamiento T4) fue altamente eficaz en el control de las malezas, alcanzando un porcentaje de efectividad del 86.67%. Este nivel de control, aunque ligeramente inferior al tratamiento químico estándar, mostró un 95% de efectividad, destacando al mucílago como una opción viable y menos dañina para el medio ambiente. Desde el punto de vista económico, el análisis de rentabilidad mostró que el tratamiento con mucílago al 75% también resultaba competitivo, con un costo estimado de $35 por aplicación, lo que representa una alternativa económicamente atractiva para los agricultores.

Benavides & Gavilanes (2022), Ecuador. "Impacto del mucílago de cacao más ácido acético en el control demusgos (*rigodium implexum*) sobre cultivos de cacao orgánico.".

Tuvieron el objetivo de evaluar el efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.)* más ácido acético como herbicida orgánico para el control de musgos (*Rigodium implexum*) en cultivos de cacao del sector la Adelina. Dicho estudio fue experimental y consistió en 5 tratamientos con 3 repeticiones cada tratamiento con las siguientes concentraciones en porcentajes de mucílago de cacao, ácido acético, agua destilada T1(15:10:75), T2(40:10:50), T3(65:10:25), T4(90:10:0), T5(100:0:0), considerando la identificación de las plantas con más musgos, este proceso se experimentó en 15 plantas de cacao orgánico en ramas identificadas por un área determinada para obtener el porcentaje de musgo eliminado por el área del musgo ocupado. En cuanto, a los resultados obtenidos de la parte experimental, realizaron un análisis ANOVA en el cual dentificaron el mejor tratamiento dando como efectivo al tratamiento 4, sin embargo debido a su alta concentración de mucílago del herbicida orgánico no se lo considera óptimo para inhibir el musgo (Rigodium implexum) porque mató a las flores del cacao tornándose en desventaja la baja producción de cacao, lo que se concluyó que el tratamiento 3 es el tratamiento óptimo para el control del musgo, permitiendo mitigar el uso de este residuo orgánico que se encuentra al alcance de los agricultores.

Guerrero (2022), Ecuador. “Uso del Mucilago de Cacao en el manejo del musgo *(Rigodium implexum*) afectando al cultivo de cacao en el Canton Ventanas”. El objetivo fue evaluar el uso del mucílago de cacao para el manejo del musgo *(Rigodium implexum)* que afectaba al cultivo de cacao en el cantón Ventanas. Utilizó un diseño de bloques completos al azar de 7 tratamientos y 3 repeticiones en laboratorio y en campo 4 tratamientos y 5 repeticiones en los que se estudió el efecto del mucílago de cacao más otras sustancias (ácido acético 10 %, ácido cítrico 25 % y ácido láctico 88%) sobre el musgo en la producción de CCN-51 y el testigo absoluto no tuvo ninguna aplicación. Concluyeron que el tratamiento T1 (Mucílago + Ácido Acético) mostró un 64.67% de efectividad, clasificado como

"suficiente", seguido de T4 (Mucílago + Ácido Láctico) con un 60.33% y T5 (Mucílago + Ácido Cítrico) con un 49.33%, considerado "regular". Los tratamientos con menor efectividad fueron T3 (Mucílago + Sulfato de Sodio) con un 33.33% y T6 (Mucílago + Glicerina) con 14%, categorizado como "control pobre". Además, al probar los tres mejores tratamientos para el control de musgo, T1 (Mucílago + Ácido Acético) fue el más eficaz, con un 85.80% de control. En términos de rendimiento agronómico, analizaron variables, como el número de mazorcas por planta y el peso de las semillas, donde T1 obtuvo el mayor rendimiento con 1601.47 kg/ha, seguido de T3 con 1360.55 kg/ha y T2 con 1169.21 kg/ha. El testigo (T4) tuvo un rendimiento de 968.76 kg/ha. Finalmente, el análisis económico mostró que los tratamientos T1 y T4 fueron los más rentables, con índices de ganancia de 1.89 y 1.45, respectivamente. Los hallazgos evidenciaron que el mucílago, combinado con ácido acético, controla eficazmente las malezas y mejora el rendimiento del cacao.

3.1.2. Antecedentes Nacionales

Cigüeñas & Ramirez (2021), Tarapoto- San Martin. “Efecto de mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* como herbicida natural en *Desmodium sp y Cyperus L*”. Su objetivo fue desarrollar un herbicida natural a partir del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* y evaluar su efectividad en el control de las malezas *Desmodium sp. y Cyperus rotundus L*. El estudio fue de tipo aplicado y se centró en dos especies de malezas: una de hoja ancha (*Desmodium sp.)* y otra de hoja angosta *(Cyperus rotundus L.)*. Los datos fueron recolectados después de dos aplicaciones del bioherbicida. La primera se realizó a los 7 días de la germinación de las malezas, y la segunda, 7 días después de la primera. Durante ese proceso, observo signos de marchitamiento en las malezas. Una tercera aplicación se llevó a cabo 7 días después, utilizando el bioherbicida a través de fumigación. Las variables analizadas incluyeron la altura, el número de flores y el número de hojas de las malezas

tratadas. Concluyendo que, el mucílago de cacao fermentado por 30 días puede ser utilizado eficazmente como un agente biocontrol de malezas. El estudio evidenció que el bioherbicida es una alternativa viable para disminuir la contaminación ambiental y promover una agricultura más sostenible.

Pérez & López (2019), Tarapoto. “Evaluación del biocontrol de malezas utilizando aguas mieles de cacao en la EEA EL PORVENIR- INIA”. Cuyo objetivo fue evaluar el control biológico de malezas utilizando "aguas mieles de cacao" en la EEA EL PORVENIR-INIA. La investigación fue de carácter experimental, utilizando un Diseño de Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA) con 5 tratamientos, 3 repeticiones y parcelas de 2 x 2 m. Para ello determinaron la concentración más efectiva de los tratamientos e identificaron taxonómicamente las especies de malezas controladas, tanto de hoja ancha como angosta. Obteniendo como resultado que, el tratamiento más eficaz fue el T3 BH2C3, compuesto por 0.51 L de aguas mieles de cacao fermentado, 100 g de cloruro de sodio y 0.49 L de agua, logrando un control del 36% de malezas, según la prueba de rangos múltiples Duncan ($p<0.5$). Este tratamiento mostró mayor efectividad en malezas de hoja angosta, como las pertenecientes a las familias *Poáceas (digitaria sanguiralis; cynodon hirsutus stent y trichlris plurifola fourn); Cyperaceae (cyperus rotundus) y Amaranthaceae (archirantes indica),* las mismas que pertenecen a los tipos de malezas de hoja angosta con un valor de 20.67 %. Concluyeron que las aguas de mieles de cacao fermentado son efectivas para el biocontrol de malezas de hoja ancha y angosta.

Trillo (2021), Junín. “Efecto del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* en el control de malezas y la composición del suelo en el fundo Bio Selva – Satipo”. Su objetivo fue determinar la influencia del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* en el control de malezas y la composición del suelo en el fundo Bio Selva – Satipo. El estudio fue de tipo

experimental, utilizó el diseño bloques completamente aleatorizados (DBCA), 3 tratamientos y 3 repeticiones. Los resultados fueron: el mucílago de cacao controla las malezas en un 61,59 %, y el mucílago de cacao más cloruro de sodio (al 24 % de sodio) controla las malezas en un 76,84 %, las malezas controladas pertenecen a la familia de las *Poaceae: Echinochloa colona;* arrocillo, *Paspalum conjugatum;* horquetilla, *Eleusine indica;* pata de gallina, *Digitaría sanguinalis;* pendejuelo, *Rottboellia conchinchinensis;* caminadora. Además, el mucílago de cacao no influye en las propiedades químicas del suelo. En cuanto a los microorganismos del suelo, el tratamiento testigo presentó una liberación de 9,42 ml/g de CO_2, mientras que en el área con mucílago de cacao más cloruro de sodio fue de 7,87 ml/g y en el tratamiento solo con mucílago de cacao de 6,55 ml/g, evidenciando un efecto negativo sobre la actividad microbiana. Finalmente, concluyen que el mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* influye en el control de malezas y en la actividad microbiana del suelo.

Cabrera (2019), Tumbes. "Efecto del extracto de mucilago de cacao (*Theobroma cacao L*). como herbicida orgánico en paja peluda (*Rottboellia cochinchinensis*)." Tuvo como objetivo determinar el efecto del extracto del mucilago de cacao como herbicida orgánico en el control de paja peluda mediante la aplicación de diferentes dosis bajo condiciones controladas. La investigación fue de tipo aplicada en un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con un solo factor experimental. Estudió el efecto de 3 concentraciones (T1 = 100% de mucilago, T2, = 75% de mucilago y 25% agua y T3 = 50% de mucilago y 50% de agua, y el testigo (T4 = Testigo) absoluto y se realizaron cuatro repeticiones (16 bandejas). La población estuvo compuesta por el total de las plantas de la maleza *Rottboellia cochinchinensis*. Después de tres aplicaciones realizadas a los 15, 30 y 45 días, los resultados mostraron que el mucílago de cacao inhibe el crecimiento de las malezas. El tratamiento T1 (100 % mucílago) fue el más eficaz en reducir crecimiento, flores

y hojas de malezas, logrando además la mejor relación beneficio/costo (1.98). En comparación, el testigo presentó un 168.13 % más de crecimiento, 1137 % más flores y 97 % más hojas, confirmando la efectividad económica y ambiental del herbicida orgánico.

Espinoza & Peche (2024), San Martín. "Contaminación de suelos por uso de agroquímicos en cultivos de papaya *(Carica papaya)*, Picota, Perú". Cuyo objetivo fue evaluar el efecto de los agroquímicos en el suelo, comparando entre parcelas de cultivos de papaya (Carica papaya), con y sin intervención antrópica. Su metodologia fue dividir su area de estudio en 5 parcelas de papaya que tuvieron una extensión de 1 hectáreas cada parcela y 1 testigo (sin actividad agrícola), localizaron 5 puntos, de donde extrajeron cada muestra de suelo. Los resultados finales fueron comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelos (D.S. Nº 011-2017-MINAM) de cadmio, plomo y cromo VI en una tabla por parcelas, posteriormente compararon con los resultados del análisis de laboratorio. Determinando que existien diferencias significativas entre la concentración de metales pesados de los suelos de cultivos de papaya y sin intervención antrópica. Concluyeron que en los cultivos de papaya (Carica papaya) del distrito de Tingo de Ponasa se emplean principalmente herbicidas como Glyphosate, Amida, cloroanilida y 2,4 D 720 g/L; insecticidas como dimetoato y aldrin; y fungicidas como Ditiocarbamato, Ethylene-bisdithiocarbamate y Copper hydroxide, todos con sustancias altamente tóxicas. En cuanto a metales pesados, el cadmio presentó la mayor concentración (1,677 mg/kg), seguido del plomo (13,297 mg/kg) y el cromo VI (0,7833 mg/kg), superando los ECAs para suelos agrícolas. Finalmente, recomiendan el uso de herbicidas orgánicos para mitigar el impacto de los químicos.

Por ultimo, Rueda & Santos (2020), Lambayeque. "Utilización de glifosato y su efecto en las propiedades químicas en suelos cultivados de café *(Coffea arabica)*, en el

distrito de Chirinos – San Ignacio". Su objetivo fue determinar el efecto de la aplicación de glifosato en las propiedades químicas en suelos cultivados de café (coffea arabica) en el distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio. La metodología fue una investigación aplicada con diseño pre experimental. Se estudió 4 parámetros que corresponden a la composición química del suelo: Conductividad Eléctrica (C.E), Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K) y Potencial de Hidrogeno (pH). Consideraron 3 parcelas que comprendían 30 plantas de café y una parcela testigo, el tipo de suelo fue franco arcilloso. A dos lotes se aplicaron dosis de 7.5 ml de Bazuka por litro de agua y 10 ml de Bazuka por litro de agua respectivamente, primero extrajeron una muestra de cada lote antes de aplicar el glifosato, luego se tomó una segunda muestra por lote a los 4 días de haber aplicado el Bazuka, posteriormente tomaron otra muestra por cada lote a los 15 días después de haber aplicado el Bazuka y por último se extrajeron una muestra de cada lote a los 33 días de haber aplicado el Bazuka. Las muestras de suelo analizadas en laboratorio mostraron que la conductividad eléctrica, el nitrógeno y el pH no presentaron alteraciones significativas, mientras que el fósforo disminuyó notablemente y el potasio aumentó moderadamente. No se hallaron diferencias significativas en los intervalos de muestreo, concluyéndose que las dos dosis aplicadas solo afectaron de manera considerable al fósforo.

3.1.3. Antecedentes Locales

Zúñiga (2019), Vilcabamba. "Evaluación de tres herbicidas sistémicos post emergentes en el control de la Puca Kora *(Rumex acetosella)* ". Tuvo como Objetivo evaluar el nivel de eficiencia de 03 herbicidas sistémicos post emergentes (Glifosato, Atrazina y 2,4D) en el control de la Puca Kora *(Rumex acetosella)*. Emplearon la investigación experimental exploratoria, utilizando el diseño en bloques completamente al azar (DBCA), con 03 bloques, 04 tratamientos (T1, T2, T3 y T4), y 03 repeticiones de cada uno, haciendo

un total de 12 unidades experimentales, utilizando una dosis promedio de: Glifosato (2.7 ml/6 m2), Atrazina (1.2ml/6m2) y 2,4 D (2.7 ml/6 m2). Los resultados mostraron que 2, 4D (2.7 ml/6 m2), obtuvo el mejor resultado con un grado de afectación entre el 80 y 100% en la muerte del área foliar y radicular de la Puca Kora *(Rumex acetosella)*, la Atrazina (1.2ml/6m2), obtuvo un grado de eficiencia entre de 60 al 80% en la muerte del área foliar y radicular de la Puca kora *(Rumex acetosella*) y por último el Glifosato (2.7 ml/6 m2), obtuvo un grado de eficiencia entre de 40 al 60% en la muerte del área foliar y radicular de la Puca kora *(Rumex acetosella)*. Concluyendo que, para obtener un mayor grado de afectación en la aplicación de herbicidas, es fundamental considerar la fenología de la maleza, el momento crítico y oportuno de aplicación para lograr eliminarla de los campos de cultivo.

3.2. Bases Teóricas

3.2.1. El cacao

El cacao es un fruto procedente de América que se puede utilizar como ingrediente para alimentos entre los que destaca el chocolate. Su uso se remonta a la época de los mayas, aztecas e incas, y desde entonces se ha usado tanto para fines nutricionales como médicos (Cigüeñas & Ramirez, 2021).

Figura 1

Cacao (Theobroma cacao L.)



Según el MINAGRI (2016), en el Perú, existen una serie de cultivares agrupados en grupos genéticos o germoplásmicos naturales y/o artificiales, están clasificados de acuerdo a la propuesta por Lachenaud, en 1997: Criollo, Forastero del Alto Amazonas o Amazonas, Forastero del Bajo Amazonas o Guyanas, y Nacional. Un quinto grupo genético (artificial), corresponde a los cultivares Trinitarios.

En la Tabla 2 se puede apreciar, en resumen, la distribución de estos grupos genéticos en términos porcentuales a nivel nacional al 2011, de manera que un 44% de las áreas corresponden al cacao fino (variedades criollo y nativos), es decir 37 119 hectáreas; mientras que el cacao común o corriente, que está conformado por los grupos genéticos CCN-51 (hibrido), corresponde al 53,6% de los cultivos; y el grupo Trinitario y Forastero, con el 2,2% (1 855 hectáreas), ambos grupos (corrientes) suman un total de 47 300 hectáreas (56% del total).

Tabla 2

Distribución de Cultivares de Cacao en el Perú al 2011

Total Nacional		Cacao Fino		Cacao Común o Corriente			
Producción	%	Criollo+ Nativos	%	CCN-51	%	Trinitario+ Foratero	
84737	100%	37 119	44%	45 445	53,6%	1 855	2,2%

Nota: MINAGRI/DEVIDA/junio 2014

3.2.2. Mucilago de Cacao

Bajaña (2017), define como una sustancia blanda y viscosa, de color beige, que recubre las semillas del fruto y está conformado por células alargadas que provienen del interior del fruto y se fusiona con la piel de la semilla, dándole una textura mucilaginosa cuando el fruto está en su punto de madure, esta parte del cacao representa entre el 49% y el 52% de su peso fresco y es importante por su función protectora, es una fuente rica de biopolímeros, ya que contiene polisacáridos similares a los de la celulosa. .

Las semillas de cacao están rodeadas de un mucilago que contiene 10 a 15% de azúcar, 1% de pectina y 1,5% de ácido cítrico, normalmente se desperdician más de 70 litros por tonelada de este material mucilaginoso. (Vallejo, et al., 2016).

Durante el proceso de fermentacion, el mucilago o la pulpa sufre un deterioro convirtiendose en una sustancia liquida. Inicialmente, los azucares de la pulpa se transaforman en alcohol, el cual luego se convierte en ácido acético ñuego de la fermentacion. Buena parte de la pulpa se elimina en exudado , que contiene aproximadamente entre un 2 y 3% de alcohol y un 2.5% de ácido acético (Paz, 2012).

Figura 2

Mucílago de cacao recién extraído, al momento de separar las semillas



3.2.2.1. Características fisicoquímicas del mucilago de cacao CCN -51

A continuación, se muestra la caracterización del mucilago:

Tabla 3

Características fisicoquímica del mucilago de cacao

parámetros	Métodos	Variedad Nacional	Variedad CCN-51
Humedad (%)	PEE/LA/07 INEN 382	82.84	82.92
Proteína (%)	PEE/LA/01 INEN ISO 8968	0.78	0.62
Grasa (%)	PEE/LA/05 INEN ISO 8962	0.00	0.00
Ceniza (%)	PEE/LA/03 INEN 401	0.55	0.44
Fibra (%)	INEN 522	0.00	0.00
Carbohidratos totales (%)	Cálculo	15.83	16.02
Energía (Kcal/100 g):	Cálculo	66.44	66.56
Acidez (% como ácido cítrico)	PEE/LA/06 INEN ISO 750	0.54	0.79
Sólidos solubles (%)	PEE/LA/08 AOAC 932.12	15.80+-0.85	16.00+-0.85
pH (20ºC)	PEE/LA/10 INEN ISO 1842	4.45+-0.13	3.44+-0.13

Nota: De "Parámetros físico-químicos de las variedades de cacao Nacional y CCN-51" por Álava, 2020, Repositorio de la Universidad Agraria del Ecuador.

3.2.2.2. Productos derivados del mucílago de cacao

El mucílago de cacao puede ser aprovechado para la obtención de diversos productos derivados, debido a su alto contenido de azúcares fermentables y compuestos bioactivos, entre los que destacan:

a) **Bioproductos fermentados:** El mucílago de cacao es ampliamente utilizado en la elaboración de productos como vinagre, alcohol y bebidas fermentadas. Su alto contenido de azúcares fermentables lo convierte en una materia prima ideal para la producción de biocombustibles y bioetanol, fomentando su aprovechamiento como un recurso renovable (Villanueva & Villar, 2019).
b) **Productos en la industria alimentaria:** En el sector alimentario, el mucílago de cacao se ha utilizado para desarrollar productos innovadores como jugos, néctares y edulcorantes naturales. Estos productos son valorados por su contenido nutricional, ya que contienen antioxidantes, vitaminas y minerales esenciales, además de poseer un sabor característico que aporta valor agregado (Sánchez & Rodríguez, 2019).
c) **Fertilizante y enmiendas orgánicas:** Debido a su riqueza en materia orgánica y nutrientes, el mucílago de puede transformarse en fertilizantes líquidos o enmiendas orgánicas. Al ser aplicado al suelo, mejoran sus propiedades fisicoquímicas, como la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes, favoreciendo una agricultura sostenible (Arturo, 2024).
d) **Bioherbicida de origen natural:** Estudios recientes han destacado el potencial del mucílago de cacao como un herbicida orgánico. Debido a su contenido de compuestos químicos específicos, puede inhibir el crecimiento de malezas sin causar un impacto significativo en el suelo o en la biodiversidad del ecosistema,

representando una alternativa ecológica frente a los herbicidas sintéticos (Benavides & Gavilanes, 2022).

De esta manera, el aprovechamiento del mucílago de cacao como bioproducto fermentado, ingrediente para la industria alimentaria, fertilizante orgánico o bioherbicida constituye un ejemplo claro de economía circular en la agricultura. Al transformar un subproducto del proceso de beneficio del cacao en insumos útiles, se reducen los residuos, se optimizan los recursos disponibles y se promueve un ciclo de producción sostenible, en el que los desechos se convierten en valor agregado para la comunidad y el medio ambiente. Esta estrategia no solo fortalece la sostenibilidad de la producción agrícola, sino que también genera oportunidades económicas adicionales para los productores, fomentando prácticas responsables y eficientes (Villanueva & Villar, 2019; Sánchez & Rodríguez, 2019; Arturo, 2024; Benavides & Gavilanes, 2022).

3.2.2.3. Efectividad del herbicida orgánico de mucilago de cacao

Mendoza (2024), el herbicida natural a base de mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.)* y agua, tiene una efectividad en el control de las diferentes malezas. Por lo tanto, puede ser utilizado como agente controlador de malezas, debido a su contenido de ácido acético. Para optimizar su eficacia, resulta fundamental considerar la proporción de mucilago en la mezcla con agua, ya que la concentración juega un papel crucial en el nivel del control que se puede alcanzar. Se sugiere utilizar el mucílago en concentraciones iguales o mayores al 50 %, ya que a partir de este nivel su acción como herbicida resulta más estable y efectiva.

3.2.3. Cáscara del cacao

El procesamiento del cacao genera una gran cantidad de residuos, ya que solo el 10% del fruto se convierte en producto comercializable, mientras que el 90% restante compuesto por cáscaras, mucílago y otros subproductos suele desecharse sin un aprovechamiento

adecuado (Soares & Oliveira, 2022). A pesar de que el comercio mundial de productos de cacao movió 24.500 millones de dólares en 2019 y se proyecta que alcance los 30.200 millones en 2026, esta industria continúa enfrentando el reto de valorizar sus residuos de forma sostenible (Mohd et al., 2017).

Figura 3

Cascarilla de los granos del cacao



3.2.4. Malezas

Es una planta que crece de manera espontánea entre los cultivos y, por su resistencia y facilidad de adaptación, compite fuertemente por espacio, agua y nutrientes, llegando a dominar sobre las especies de interés económico y afectando su desarrollo (Zegarra & Arévalo, 2019). Pueden afectar hasta 30% o más en el rendimiento de algunos cultivos (FAO, 2020). El uso de rastrojo para cubrir el suelo y la siembra de diferentes cultivos ayudan a que aparezcan menos malezas, y cuando se hace el deshierbe a mano, usar deshierbadores facilita el trabajo y ahorra tiempo (Gopal, 2021).

Figura 4

Malezas presentes en sistemas agrícolas



La dinámica del crecimiento y población de malezas puede variar cada año y en cada lote según múltiples factores bióticos y abióticos, por lo que, no es aconsejable adoptar las mismas prácticas de manejo de las malezas cada temporada (Gómez, 2024). Para disminuir el efecto negativo de las malezas y para hacer un uso más eficiente de los herbicidas de síntesis química, con menor impacto ambiental y lograr mayor rentabilidad del sistema de producción, se requiere el uso del manejo integral de malezas (MIM) sin perjudicar el medio donde se desarrolla (Moreano & Balaguera, 2021).

3.2.4.1. Clasificación de las malezas

De acuerdo a Arroyo (2022), se clasifican en:

- Por ciclo de vida; se clasifican en anuales (de verano y de invierno), Bianuales, perennes (simples por que crecen por sus semillas y las que son por reproducción sexual y asexual).
- Por su morfología; se dividen en hoja ancha (Dicotiledóneas: tienen nervaduras reticuladas, de hojas cotiledóneas y de raíces primarias verticales) y en las de hoja fina (Monocotidoneas: tiene una hoja cotiledonar, sistema radical fibroso, hojas alternas con venación paralela).

- Por su hábitat; se dividen en terrestres y acuáticas (sumergidas, flotantes, emergentes y semiacuáticas).
- Por la forma de crecimiento: se clasifica en erectas, rastreras, trepadoras y parasitas.

3.2.5. Los herbicidas

Los herbicidas son compuestos químicos, mayoritariamente de origen sintético, utilizados en agricultura para controlar o eliminar malezas en terrenos de uso agrícola. Su acción requiere penetrar en las plantas y moverse desde el punto de entrada hasta el lugar de impacto, interfiriendo en procesos fisiológicos y bioquímicos, como la fotosíntesis (Almeida, 2022).

3.2.5.1. Clasificación de los herbicidas

Sanchez & Rosales (2016) se clasifican de la siguiente forma:

- **Por la época de aplicación**: de presiembra (PS), preemergentes (PRE) y postemergentes. El glifosato, el paraquat, y el 2,4-D son los herbicidas comúnmente aplicados en la época PS.
- **Por la selectividad**: Selectivos (trabajan a cierta dosis, formas y épocas de aplicación) y no selectivos (ejercen su toxicidad sobre toda clase de vegetación y deben usarse en terrenos sin cultivo).
- **Tipo de Acción**; De contacto (eliminan solo las partes de la planta con las que entra en contacto) y sistémicos (que se aplican al suelo o al follaje y son absorbidos y transportados a toda la planta incluyendo sus raíces y otros órganos subterráneos). Entre ellos tenemos al 2,4-D y el prosulfuron.
- **Por su familia química:** Triazinas (afectan el fotosistema II y causan clorosis o necrosis), dinitroanilinas, fenoxiacéticos, cloroacetamidas, ciclohexanodionas, sulfonilureas y bipiridilos.

- **Por su modo de acción**; Reguladores del crecimiento (fenoxicarboxílicos, benzoicos, piridincarbo-xílicos y quinolincarboxílicos), inhibidores del crecimiento de plántulas (actúan en las plántulas poco después de su germinación, pero antes de su emergencia), inhibidores de la fotosíntesis (triazinas, triazinonas, fenilureas y uracilos y los de contacto a los nitrilos, benzotiadizoles y amidas), inhibidores de la síntesis de pigmentos (isoxazolidinonas, triazoles, isoxazoles y piridazinonas), inhibidores de la síntesis de lípidos, (ariloxifenoxipropionatos y ciclohexanodionas), inhibidores de la síntesis de aminoácidos y los destructores de la membrana celular.

3.2.5.2. Herbicidas químicos

Según un estudio realizado por el Instituto de Investigación para el Desarrollo (2023), revela que en el contexto agrícola peruano, la necesidad de mantener una producción constante y competitiva en el mercado internacional ha llevado a una creciente presión sobre los sistemas de cultivo, lo que ha incentivado el uso intensivo de insumos agroquímicos, especialmente herbicidas, los cuales se aplican con frecuencia para eliminar o controlar el crecimiento de malezas con el fin de asegurar rendimientos estables y evitar interferencias en el desarrollo de los cultivos.

En el Perú, el uso de herbicidas químicos sigue siendo una práctica común en la agricultura convencional. Entre los más empleados se encuentran el Parakwat, clasificado como muy peligroso, y el Glifosato, registrado en presentaciones comerciales como Sahara, Basta, Roundup, Faena o Rodeo, y considerado moderadamente peligroso según su grado de toxicidad (Castillo et al., 2020).

3.2.5.3.Herbicidas orgánicos

Según Espinosa & Cisneros (2022), están hechos de ingredientes naturales, libres de químicos, existen tres tipos que son comúnmente usados como una práctica sostenible y económica:

- **Contenidos ácidos**: naturalmente se tiene al limón, lima o vinagre, cuya concentración de ácido es del 15 al 20%; cuando se rocía directamente sobre las hojas de la planta esta procede a destruir la capa protectora de las hojas que entra en contacto, haciendo que mueran. (Sánchez, 2019)
- **Contenido ácidos grasos**: Un ingrediente común en este tipo de herbicida es la grasa acida del jabón de coco, una vez que entran en contacto con la planta, disuelven las membranas de las hojas de las plantas, provocando que se sequen y mueran. (Tituaña & Vera, 2021)
- **Inhibidoras de la germinación**: tenemos a la harina de gluten de maíz, este herbicida se caracteriza porque previene el crecimiento de nuevas plantas sin perjudicar a aquellas que ya tienen raíz. Se aplica esparciendo sobre el área que se desea y prevenir el crecimiento de nuevas plantas o matar a aquellas que aún no han echado raíz. (Bajaña, 2017)
- **Sal**: En la naturaleza se pueden encontrar variedades de rocas de sal, estas pueden ser utilizadas como herbicidas salinos, ya que al contacto con las hojas de las plantas las deshidrata, lo cual provoca que la planta en contacto con la sal, procede a morir. Sin embargo, el uso recurrente puede provocar efectos adversos. (Kivi, 2021)

A continuación, en la Tabla 4 se presenta un resumen de los herbicidas utilizados en la agricultura para el control de malezas.

Tabla 4

Los herbicidas

Tipo / Familia	Ejemplo	Tipo de acción	Observación / Uso principal	Referencia
Fenoxiacético	2,4-D	Sistémico – Regulador de crecimiento	Control de malezas de hoja ancha en PS y PRE	Sánchez & Rosales, 2016
Bipiridilo	Paraquat	De contacto – no selectivo	Destruye tejido aéreo rápidamente – muy tóxico	Castillo et al., 2020
Fosfonometilglicina	Glifosato	Sistémico – no selectivo	Amplio uso en PS y control total del terreno	Almeida, 2022
Triazinas	Atrazina	Inhibidor Fotosistema II	Clorosis y necrosis por bloqueo de fotosíntesis	Sánchez & Rosales, 2016
Sulfonilureas	Prosulfuron	Sistémico	Inhibe síntesis de aminoácidos	Sánchez & Rosales, 2016
Herbicida ácido natural	Limón / vinagre	De contacto – orgánico	Quema superficial de hojas por acción ácida	Sánchez, 2019
Grasas ácidas vegetales	Jabón de coco	De contacto – orgánico	Disuelve membranas de hojas y tejidos	Tituaña & Vera, 2021
Inhibidor de germinación	Harina de gluten de maíz	Preemergente – orgánico	Evita crecimiento de nuevas plántulas	Bajaña, 2017
Salina (NaCl)	Sal natural	De contacto – orgánico	Deshidrata hojas y provoca marchitez	Kivi, 2021

3.2.5.4. Impacto en el medio ambiente y la salud de los herbicidas químicos

En el ámbito ambiental, los herbicidas han cobrado gran atención debido a su uso extendido y sus implicancias negativas en los ecosistemas agrícolas. Aunque estos productos han sido fundamentales para el control de malezas y el mantenimiento de altos rendimientos en los cultivos, su aplicación continua ha generado preocupaciones crecientes respecto a su impacto sobre el suelo, las plantas y la salud humana (Tovar, 2023).

El Glifosato de Monsanto es el herbicida de mayor producción en el mundo y aunque en varios países tiene distintos nombres, el mejor conocido con el nombre de Round Up.

Este herbicida a base de glifosato (N-fosfometilglicina), ha multiplicado su presencia en la cadena alimenticia, debido a que tiene la capacidad de modificar la genética de plantas para que toleren los altos niveles de aplicación del producto, esto ocasiona la inhibición de la enzima EPSPS (5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintasa), producida por la mayoría de las plantas, esencial para el metabolismo normal, de proteínas o llamados aminoácidos. (Quintero, 2014)

Además, una parte de los herbicidas que se aplican al cultivo, o al suelo en el que está creciendo, puede estar presente en la parte cosechada del cultivo, que puede ser consumido directamente o a través de productos animales. Se determinan los residuos del herbicida original y sus metabolitos en los cultivos y, basado en datos de estudios a largo plazo de alimentación animal (Caseley, 2021). Las mezclas herbicidas también presentaron efectos de interrupción endocrina, niveles tóxicos sobre las mitocondrias y sobre la integridad de la membrana celular. Las dosis están alrededor de las autorizadas en alimentos transgénicos.

3.2.6. Mecanismo celular del mucílago de cacao como herbicida potencial

El mucílago de cacao contiene ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y polisacáridos que pueden generar alteraciones celulares en las malezas. Los ácidos orgánicos y fenoles desestabilizan la membrana plasmática y provocan fuga de electrolitos, pérdida de turgencia y muerte celular por deshidratación (Anaya, 2020). Asimismo, la alta concentración de azúcares y polisacáridos modifica la presión osmótica alrededor de la semilla, dificultando la absorción de agua necesaria para activar enzimas de germinación, inhibiendo así la emergencia del radículo (Guerra & Rojas, 2021). Por lo tanto, el mucílago podría ejercer fitotoxicidad mediante interferencia en la integridad de membranas celulares y bloqueo de los procesos iniciales de germinación.

3.2.7. Los suelos

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre formada por la interacción de materiales minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos. Se origina a partir de la meteorización de las rocas y la descomposición de restos orgánicos, desempeñando un papel fundamental en los ecosistemas como soporte para la vegetación y regulador del ciclo del agua y nutrientes. Además, constituye un recurso esencial para la agricultura, ya que proporciona el medio físico, químico y biológico necesario para el crecimiento de las plantas (FAO, 2020).

3.2.8. Propiedades fisicoquímicas del suelo

3.2.8.1. Propiedades físicas

De acuerdo a Medina & Vargas (2022), se clasifican de la siguiente manera:

- **Por su textura**: la textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. La cual expresa la distribución del tamaño de las partículas sólidas de las que está compuesto el suelo.
- **Por su densidad**: se define como la masa por unidad de volumen (M/V), se subdivide en densidad real (Constituye la densidad de la fase sólida del suelo. Es un valor muy permanente pues la mayor parte de los minerales arcillosos presentan una densidad que está alrededor de 2.65 gramos por centímetro cúbico) y por su densidad aparente (refleja la masa de una unidad de volumen de suelo seco y no perturbado, para que incluya tanto a la fase sólida como a la gaseosa englobada en ella).
- **Por su porosidad**: se define por el volumen que ocupan los poros (y este se encuentra ocupado por gases y líquidos) con relación al volumen total ocupado por el suelo. Se pueden clasificar en: muy débilmente poroso (<5,0 % de poros),

débilmente poroso (5,0 - 9.9% de poros), moderadamente poroso (10,0 - 14, 9 % de poros), muy poroso (15,0 - 20,0 % de poros) y extremadamente poroso (>20,0 % de poros) (Morales, 2011).

3.2.8.2. Propiedades químicas

Las propiedades químicas de los suelos, están determinadas principalmente por la materia orgánica y las arcillas, por ser éstos las fuentes principales aportadoras de nutrientes (Morales, 2011)

- **Los nutrientes** están clasificados en: Primarios (Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K)), lo cuales se necesitan en grandes cantidades a comparación de las otras categorías, los secundarios (Azufre (S), Magnesio (Mg), Calcio (Ca)), los cuales son indispensables en pequeñas cantidades, con importancia que los nutrientes primarios y los terciarios (Zinc (Zn), Hierro (Fe), Boro (B), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl)) que son micronutrientes necesarios en concentraciones bajas (Osorio et al., 2021).
- **pH (Potencial de hidrogeniones)**; Indica si un suelo es ácido o alcalino, está determinado por el grado de absorción de iones H+, el valor del pH del suelo está en; ácido 3,5; alcalino 9,5; iones en 6,5. Es una de las variables más importantes en los suelos agrícolas, pues afecta directamente a la absorción de los nutrientes del suelo por las plantas, así como a la resolución de muchos procesos químicos que en él se producen (Vera et al., 2022).
- **Conductividad eléctrica (CE)**: Es la capacidad de una sustancia o solución para transmitir corriente eléctrica en un área definida. La corriente puede fluir a través de líquidos a nivel atómico o iónico. La conductividad permite medir la cantidad de

iones presentes en la muestra de forma indirecta, a mayor conductividad hay mayor contenido de iones. (Andrade, 2020)

- **Materia Orgánica**: El humus tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso (Julca et al., 2016). Contiene cerca del 5% de Nitrógeno (N) total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Grand & Michel, 2020).

3.3. Definición de Términos

- **Fitotoxicidad:** Es el efecto negativo que una sustancia o agente químico ejerce sobre las plantas, alterando su desarrollo, crecimiento o salud. Este fenómeno puede ser causado por diversos factores, como pesticidas, fertilizantes en exceso, contaminación ambiental o incluso condiciones climáticas extremas. Los síntomas de la fitotoxicidad varían según el tipo de planta y la intensidad de la exposición, pero incluyen amarilleo de las hojas, deformaciones en los órganos vegetales, reducción en la fotosíntesis o incluso la muerte de la planta. (Autrán & Puricelli, 2013)
    - **Mucílago:** es una sustancia vegetal viscosa compuesta por polisacáridos capaces de retener agua y formar geles. Se encuentra en frutas, semillas y hojas, cumpliendo funciones de protección y almacenamiento de humedad. (Alava, 2020)
    - **Fitotóxicos:** Son aquellos compuestos que son de origen natural o antrópico, y cumplen la función de impedir el crecimiento normal y desarrollo de uno o

más tipo de plantas cuando son expuestas a una dosis determinada de dicho compuesto, pudiendo llegar a provocar la muerte del vegetal, esto debido a que el compuesto impide que la planta lleve a cabo la función metabólica esencial, asi como la inhibición de la fotosíntesis mediante la alteración de los fotosistemas. (Ronco, 2018)

- **Centro poblado Palomani**: Se refiere a la ubicación geográfica especifica donde se llevará a cabo la evaluación de fitotoxicidad del mucilago de cacao en las malezas y su impacto en las propiedades fisicoquímicas del suelo.

El estudio se centrará en los siguientes conceptos clave:

- **Control de malezas**: Práctica agrícola orientada a reducir o eliminar las malezas que compiten con los cultivos por nutrientes, agua y luz. En este caso, se evaluará el control de malezas mediante el uso del mucílago de cacao. (Arroyo, 2022)
- **Calidad ambiental**: Se refiere al estado de los recursos naturales en la zona de estudio, en relación con la preservación del suelo, el agua y la biodiversidad, que se verá influenciada por la transición del uso de herbicidas químicos a opciones orgánicas. (MINAM, 2017)
- **Impacto ambiental**: Evaluación de los efectos del herbicida de mucílago de cacao en comparación con los herbicidas químicos, considerando cambios en la composición del suelo y otros factores ecológicos. (Rueda & Santos, 2020)
- **Sostenibilidad agrícola*:*** Enfoque de producción que busca satisfacer las necesidades alimentarias actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, mediante el uso eficiente de recursos, el cuidado del suelo y la biodiversidad, y la reducción del uso de insumos químicos (FAO, 2020)
- **Bioinsumo agrícola:** Producto elaborado a partir de microorganismos, extractos vegetales u otros componentes naturales, destinado a mejorar la producción agrícola

mediante el control de plagas, fertilización o estimulación del crecimiento vegetal, con un bajo impacto ambiental (Altier et al., 2012).

- **Control biológico:** Estrategia ecológica de manejo de plagas o malezas que utiliza organismos vivos, sustancias naturales o compuestos derivados para reducir la población de especies no deseadas, promoviendo un equilibrio sostenible (FAO, 2021).
- **Clorosis:** Es cuando las hojas pierden su color verde natural y se tornan amarillas, debido a que la planta produce menos clorofila. Esto suele pasar por falta de nutrientes clave, problemas en las raíces o enfermedades que afectan la fotosíntesis.
- **Necrosis:** Es la muerte de ciertas partes de la planta, que se ven oscuras, secas y quebradizas. Puede aparecer por daños fuertes, como ataques de plagas, cambios bruscos de temperatura, exceso de sales o productos químicos.
- **Marchitez:** Ocurre cuando la planta pierde firmeza y se ve "caída" porque no tiene suficiente agua en sus tejidos. Esto puede deberse a sequía, raíces dañadas o bloqueos en los vasos que transportan agua.

3.4. Base Legal

- **Ley General del Ambiente (Ley N° 28611**); Establece los principios y normas generales para la protección del medio ambiente en el Perú, promueve el uso de prácticas sostenibles y la investigación de alternativas naturales para reducir el impacto ambiental, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país. (Congreso de la Republica, 2005)
- **Decreto Supremo N°002-2011-AG**; Tiene por Objetivo establecer normas y procedimientos para el registro y control de insumos agrarios, orientando el correcto

manejo y uso de insumos químicos para minimizar y prevenir daños a la salud y el medio ambiente. (MINAM, 2011)

- **Resolución Directoral 0057-2020-MINAGRI-SENASA-DIAIA**; Indica que a partir del 12 de julio 2021 está prohibido el uso, comercialización, distribución o fabricación de plaguicidas químicos agrícolas que contengan como ingrediente activo al Paraquat; además, prohibió la importación y registro del herbicida Paraquat, un compuesto presente en 18 formulaciones de plaguicidas registrados en el SENASA. (SENASA, 2020)
- **Ley Nº 26821** - Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, considera recursos naturales, al suelo, subsuelo y las tierras por su capacidad de uso mayor: agrícolas, pecuarias, forestales y de protección. Además, establece la responsabilidad de su cuidado para prevenir su degradación y fomenta prácticas sostenibles para minimizar un impacto ambiental negativo. (MINAM, 2010)
- **Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM**; En ella se aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, el cual constituye un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios. (MINAM, 2017)
- **Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM**; Contiene la Guía para Muestreo de Suelos tiene como objetivo brindar las especificaciones para el muestreo de sitios contaminados, determinando la presencia, identidad y cantidad de contaminantes presentes, así como la extensión y volumen de sitios contaminados en todo proyecto y/o actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar

riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia. (MINAM, 2014)

- **Ley N.º 27446 – Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (2001).** Regula la identificación, prevención y control anticipado de los impactos ambientales negativos derivados de proyectos o actividades humanas. Esta ley sustenta la necesidad de evaluar los efectos ambientales de las prácticas agrícolas, como la aplicación de herbicidas, incentivando el uso de alternativas orgánicas de bajo impacto.
- **Decreto Legislativo N.º 2778 – Ley de Promoción del Uso de Abonos Orgánicos y/o Fertilizantes Naturales (2002).** Promueve la producción, comercialización y aplicación de insumos orgánicos en la agricultura, a fin de mejorar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de productos químicos. Este dispositivo respalda el uso del mucílago de cacao como insumo orgánico alternativo con potencial herbicida.

Se tomaron en cuenta las especificaciones mencionadas en dicha guía para el muestreo de las muestras de suelo que luego serán evaluadas posteriormente en laboratorio.

Este marco legal representa una base importante y un respaldo solido para la investigación realizada, ya que al establecer pautas y normal ambientales, promueve un enfoque orientado hacia la conservación de los recursos naturales y el uso de prácticas sostenibles en la agricultura. Es por ello que se busca contribuir significativamente a los esfuerzos por un desarrollo sostenible y una mejora en las prácticas agrícolas y ambientales del país.

IV.Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

Es de tipo **Experimental**, según Acosta (2023) la investigación experimental se caracteriza por su diseño sistemático y controlado, su objetivo principal es establecer relaciones de causa efecto entre variables. En la presente investigación se manipuló una variable independiente “el uso del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*” con el propósito de observar su efecto directo sobre las variables dependientes, como la presencia de malezas y las propiedades fisicoquímicas del suelo. Para ello, se aplicaron distintas dosis y repeticiones, utilizando un mismo método de aplicación, lo que permitió analizar el comportamiento de los tratamientos en condiciones controladas. Además, se trabajó con un bloque testigo que no recibió tratamiento alguno, lo cual facilitó la comparación entre los efectos del mucílago y la ausencia del mismo. De esta forma, fue posible evaluar de manera clara y objetiva el impacto del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* en el entorno agrícola analizado.

Es de nivel **Explicativo**, según Hernandez (2014) este tipo de investigación trata de responder preguntas como "¿por qué ocurre esto?" o "¿cómo se produce este fenómeno?". El objetivo de esta investigación fue identificar las razones que explicaran los fenómenos observados durante la aplicación del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*. Se buscó establecer una relación de causa y efecto entre el uso de esta sustancia orgánica y su impacto tanto en las malezas como en las propiedades fisicoquímicas del suelo. El análisis del efecto

del mucílago tuvo como propósito comprender su acción fitotóxica sobre las malezas y su posible impacto en el ecosistema agrícola. Asimismo, se buscó determinar si su aplicación ocasiona variaciones en las propiedades del suelo, con el fin de obtener una visión integral de sus efectos. Esta necesidad de conocimiento orientó el estudio hacia un enfoque explicativo, lo que permitió no solo describir los resultados, sino también interpretar en profundidad los fenómenos observados.

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1. Temporal

La presente investigación se llevó a cabo entre los meses de noviembre de 2024 y julio de 2025, abarcando todo el proceso de planificación, ejecución y análisis de resultados. Este periodo incluyó tanto el trabajo de campo como las actividades de laboratorio, permitiendo recopilar la información necesaria para cumplir con los objetivos propuestos. La duración del estudio fue adecuada para observar los efectos del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* en las malezas y en las propiedades fisicoquímicas del suelo, dentro de un marco temporal que garantizó la fiabilidad de los datos obtenidos.

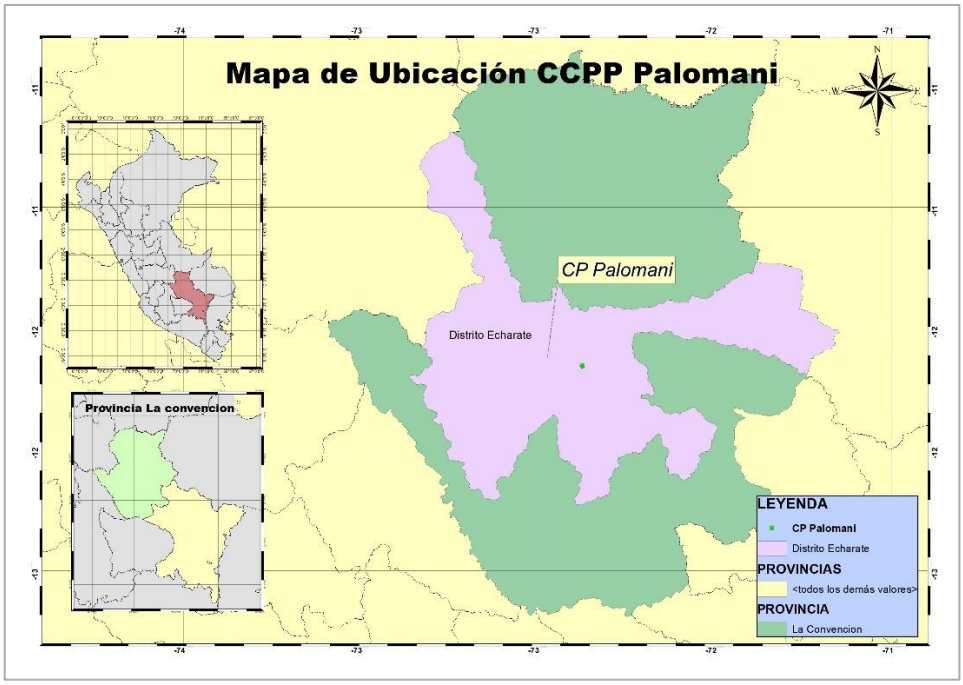
4.2.2. Espacial

- **Ubicación Política**

La presente investigación se llevó a cabo en el centro poblado Palomani, ubicado en el distrito de Echarate, provincia de La Convención, en la región Cusco, Perú. Esta zona fue elegida por sus condiciones agroecológicas particulares y por ser representativa de comunidades rurales con prácticas agrícolas tradicionales.

Figura 5

Mapa de ubicación del Centro Poblado Ivochote



***Nota*:** Mapa de ubicación del centro poblado de Ivochote, obtenido de: https://es.scribd.com/document/271885843/3-c-p-Ivochote

Ubicación Geográfica

Tabla 5

Ubicación Geográfica

Ubicación	Descripción
Latitud :	12° 30' 37.9" S
Longitud:	72° 53' 16.1" W
Altitud :	550.40 msnm
Clima :	Las temperaturas oscilarán entre 18 y 22°C durante el día.

4.2.3. Limitaciones

El estudio presentó ciertas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. Entre ellas, la escasez de antecedentes locales sobre el uso del mucílago de cacao

(Theobroma cacao L.) como herbicida, ya que solo se encontró un estudio en el contexto peruano, lo que dificultó realizar comparaciones amplias. Asimismo, se identificó una limitación teórica, pues la falta de evidencia científica específica obligó a sustentar el marco conceptual con investigaciones generales sobre bioherbicidas y subproductos del cacao *(Theobroma cacao L.)*. A esto se sumaron factores climáticos, como lluvias esporádicas durante el periodo experimental, que no alteraron la aplicación del mucílago, pero ocasionaron retrasos en la programación de algunas evaluaciones de campo.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población se puede definir como el "conjunto de individuos, elementos o fenómenos que comparten una característica común y que son objeto del estudio". Este concepto es central en el planteamiento investigativo, pues define los criterios y las variables a partir de los cuales se va a clasificar la información. La selección de la población a partir de la cual se va a realizar el análisis, es crítica para asegurar la validez y representatividad de los resultados. (Vizcaíno et al., 2021)

La presente investigación tiene como población una hectárea de terreno agrícola localizada en el centro poblado Palomani, perteneciente al distrito de Echarate. Esta superficie comprende el suelo como la cobertura de malezas presentes, considerándose como el universo de análisis por reflejar de manera representativa las condiciones agroecológicas características de la zona.

4.3.2. Muestra

Arias & Covinos (2021). Definen como un subconjunto selecionado de individuos, eventos o entidades elegidos de un conjunto más amplio o población total, con el objetivo

de realizar un estudio que permita obtener información y hacer generalizaciones sobre el grupo original.

Se trabajó con un diseño experimental basado en cuatro unidades experimentales, distribuidas en bloques de 2 m² cada uno, ubicados en un terreno con presencia natural de malezas en el centro poblado Palomani. Las parcelas fueron delimitadas de manera sistemática, asegurando condiciones similares de exposición al sol, pendiente, humedad y tipo de suelo (limoso).

Cada bloque representó un tratamiento diferente, aplicando concentraciones de mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* fermentado: 100%, 75% (diluido con 25% de agua), 50% (diluido con 50% de agua) y un tratamiento testigo sin aplicación. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento, lo que permitió obtener mayor precisión y confiabilidad en los resultados.

4.4. Instrumentos

Según Hernández et al. (2014) un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso que el investigador utiliza para registrar información o medir las variables del estudio de forma sistemática, ya sea a través de encuestas, entrevistas, observaciones u otras técnicas estandarizadas.

a) Ficha de observación

La ficha de observación es un instrumento de recolección de datos que permite registrar, de forma sistemática y estructurada, los comportamientos, características o fenómenos observables de una situación o sujeto en estudio. Se diseña previamente con variables definidas, lo que facilita la recolección cuantitativa o cualitativa de información directamente en el entorno donde ocurre el fenómeno (Hernandez et al., 2014).

Durante la investigación el instrumento utilizado fue la ficha de observación, el instrumento principal es la ficha de observación estructurada, diseñada específicamente para evaluar la efectividad e impacto del herbicida orgánico a base de mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* en el control de malezas. Este instrumento permitió recopilar datos de manera sistemática, directa y en tiempo real durante todas las fases del ensayo en campo. Incluyó ocho secciones claves que abarcan desde los datos generales del estudio (ubicación, clima, hora, dosificación), las variables independientes y dependientes, hasta la fisiología de la maleza, impactos ambientales, observaciones complementarias y resultados preliminares.

El diseño de esta ficha respondió a las recomendaciones de autores como Hernández Sampieri et al. (2014), quienes plantean que los instrumentos de observación deben adaptarse al objeto de estudio, registrar tanto variables cuantitativas como cualitativas, y facilitar un análisis integral del fenómeno observado. Este modelo permitió no solo cuantificar el impacto del herbicida en términos de mortalidad, biomasa y crecimiento de las malezas, sino también documentar aspectos fisiológicos, cambios en el suelo y posibles efectos sobre especies no objetivo, lo cual aporta evidencia valiosa sobre la viabilidad ambiental del uso de bioproductos en el manejo agrícola sostenible.

b) Técnica

Técnicas empleadas:

Para el desarrollo de esta investigación se aplicaron dos técnicas:

- Observación directa sistemática, que permitió registrar los efectos del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* sobre las malezas y ciertos organismos del suelo, mediante el uso de una ficha estructurada en campo.
- Análisis de laboratorio, a través del cual se determinaron los parámetros fisicoquímicos del suelo, tales como: tipo de suelo, pH, conductividad eléctrica,

contenido de materia orgánica, contenido de nutrientes (N, P Y K), con apoyo de métodos estandarizados y equipos especializados.

c) Equipos y materiales

Durante el experimento se emplearon los siguientes equipos y materiales, organizados por etapas:

a) Para la extracción del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*:

- Baldes de plástico (20 L): para recolectar la pulpa y mucílago.
- Tamiz o colador metálico: para separar residuos sólidos.
- Guantes y mascarilla: para evitar la contaminación.
- Recipientes de acero inoxidable: para el manejo higiénico del mucílago.

b) Para la fermentación del mucílago:

- Balde de 20 L con tapa: para fermentar el mucílago.
- Palo agitador: para remover el contenido.
- Termómetro: para monitorear temperatura.
- Cronómetro: para controlar el tiempo de fermentación.

c) Para la delimitación de parcelas:

- Cinta métrica: para medir los 2 m² por parcela.
- Estacas de madera: para marcar esquinas.
- Cintas: para marcar visualmente.

d) Para la aplicación del herbicida:

- Rociador manual (1 L) marca Trupper: para aplicar el mucílago.
- Jarras medidoras: para preparar dosis exactas.
- Botellas plásticas rotuladas: para trasladar las soluciones.

e) Para el muestreo de suelo:

- Regla de 30 cm: para medir la profundidad
- Pico pequeño: para abrir el hoyo

- Pala pequeña: para retirar la muestra
- Bolsas ciplot rotuladas y etiquetas: para almacenar y codificar las muestras.
- Cooler: para transportar al laboratorio las muestras de suelo.

f) Para la identificación de malezas:

- Guía botánica: para la clasificación de especies.
- Celular: para documentar.
- Ficha de observación impresa: para registrar información.

g) Para las mediciones post-aplicación:

- Regla milimetrada y cinta métrica: para medir altura.
- Ficha de observación científica: para registrar variables fisiológicas.

h) Para análisis de datos:

- Computadora portátil con Excel: para ingresar y graficar datos.
- Software estadístico básico (Excel): para análisis de tendencias y efectividad.

i) Para georreferenciación del terreno:

Aplicación móvil (UTM GEOMAP): utilizado para registrar la ubicación geográfica exacta del terreno a 522 msnm y determinar las coordenadas para referencia en el informe.

4.5. Procedimientos

La ejecución del experimento se realizó de acuerdo con las siguientes etapas:

a) Extracción y fermentación del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*; El mucílago se obtuvo a partir de granos frescos de cacao correspondientes al genotipo CCN-51, perteneciente al tipo forastero, seleccionados en un estado adecuado de madurez fisiológica. La separación del exudado se realizó de manera manual mediante el uso de tamices y recipientes plásticos, permitiendo la recuperación del material adherido a los granos. Posteriormente, el líquido recolectado fue transferido

a un contenedor plástico con capacidad de 20 litros, donde se dejó fermentar de forma natural durante un periodo de 15 días. Durante este tiempo, el contenido fue agitado periódicamente con la finalidad de asegurar la homogeneidad del material y evitar la formación de sedimentos. Luego finalmente para esta etapa se realizó la caracterización fisicoquímica de la solución, los cuales se muestra en la Tabla 6 a continuación:

Tabla 6

Resultados caracterización fisicoquímica – mucilago de CCN-51

Parámetro	**Resultado**
Humedad (%)	84.60
Proteína (%)	0.91
Grasa (%)	0.02
Ceniza (%)	0.63
Fibra (%)	0.18
Carbohidratos totales (%)	13.66
Energía (kcal/100 g)	62.30
Acidez (% ácido cítrico)	0.42
Sólidos solubles (%)	13.90 ± 0.60
pH (20 °C)	3.76 ± 0.15

b) Selección del terreno y delimitación de parcelas; Se seleccionó un área del terreno con crecimiento natural de malezas y condiciones homogéneas de suelo (limoso). Se delimitaron cuatro bloques de 2 m² cada uno, mediante cinta métrica, estacas.

c) Identificación y caracterización de malezas; En cada parcela se identificaron cinco especies predominantes de malezas, se realizó el conteo por cada 2 m² y se midió la altura promedio. Esta información se registró en el libro de campo y se complementó con fotografías, a continuación, en la **Tabla 6** se describe las malezas identificadas:

Tabla 7

Identificación y caracterización de malezas

N.º	Nombre común	Nombre científico	Tipo de crecimiento	Presencia por bloque (sí/no)
i	Alucema	*Hyptis mutabilis.*	Erecta	Sí
ii	Pasto nabajilla	*Scleria distans*	Rostriforme	Sí
iii	Cariñosa rastrera	*Oxalis corniculata*	Rastrera	Sí
iv	Silkua	*Bidens pilosa*	Erecta o semierguida	Sí
v	Helecho	*Thelypteris sp*	Erecta ramificada	Sí

Nota. Adaptado de Daly (1994). *Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru*

d) Preparación de las soluciones herbicidas; Posterior a la fermentación, se prepararon tres concentraciones: 100%, 75% (diluido con agua), y 50% (diluido con agua). Cada mezcla se colocó en botellas rotuladas y se cargó en una mochila fumigadora.

Tabla 8

Tratamientos y sus concentraciones

Bloques (Parcelas)	Dosis de mucílago	Repeticiones (Aplicaciones)
Bloque 1 (Testigo)	0% (Control, sin mucílago)	---
Bloque 2 (Parcela 2)	50%	Aplicación 1 (Día 1), Aplicación 2 (Día 2), Aplicación 3 (Día 3)
Bloque 3 (Parcela 3)	75%	Aplicación 1 (Día 1), Aplicación 2 (Día 2), Aplicación 3 (Día 3)
Bloque 4 (Parcela 4)	100%	Aplicación 1 (Día 1), Aplicación 2 (Día 2), Aplicación 3 (Día 3)

e) **Aplicación del mucílago en campo**; La aplicación del mucílago fermentado se realizó mediante atomización foliar, utilizando un dispensador manual tipo aspersor de presión constante, el cual permitió una distribución homogénea de la solución sobre el área experimental. Previo a cada aplicación, el mucílago fue filtrado para evitar la obstrucción de la boquilla y posteriormente diluido en agua según la especie evaluada.

La frecuencia de aplicación fue de una vez por día durante tres días consecutivos, manteniendo un horario fijo en horas de la mañana, con el fin de reducir pérdidas por evaporación y favorecer la absorción del producto. La dosis aplicada fue de acuerdo a lo establecido en la Tabla 8. A continuación, en la Tabla 9 se describe detalladamente las características del diseño experimental:

Tabla 9

Características del diseño experimental

Descripción	Valores
Tratamientos	3
Repeticiones	3
Número de Unidades experimentales	36
Área neta del experimento (bloque)	2 m^2
Área total del experimento	3x8 m^2
Número total de plantas	197
Numero de plantas por bloque	38
Número de especies por bloque	5

f) **Muestreo de suelo post aplicación**; Se realizó el muestreo de suelo superficial (0–20 cm) en cada parcela, antes y después del experimento, con una barrena cilíndrica.

Las muestras fueron rotuladas y transportadas al laboratorio para análisis fisicoquímico, de acuerdo con la normativa peruana de muestreo de suelos agrícolas.

g) **Evaluación post-aplicación**; A intervalos específicos, se realizaron mediciones de altura de malezas, reducción de biomasa, tasa de mortalidad, signos fisiológicos (necrosis, clorosis, marchitez) y cobertura vegetal. Toda la información fue registrada en la ficha de observación científica.

4.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron organizados y procesados mediante hojas de cálculo en Microsoft Excel. Se utilizó análisis descriptivo para observar tendencias en:

- Efectividad del herbicida (porcentaje de mortalidad y reducción de biomasa)
- Variaciones en la altura promedio de las malezas.
- Cambios fisiológicos observados en campo (necrosis, clorosis, marchitez)
- Variaciones en las propiedades fisicoquímicas del suelo post tratamiento.

Se aplicaron medidas estadísticas simples como promedios, rangos y porcentajes, con el fin de interpretar la efectividad de las distintas concentraciones del mucílago. Para visualizar resultados, se generaron gráficos comparativos y tablas resumidas.

V. Resultados y Discusión

5.1. Resultados

a. Fitotoxicidad del Mucílago de Cacao *(Theobroma cacao L.)* sobre las Malezas

Con base en las observaciones registradas durante y posterior a las aplicaciones del herbicida orgánico, se evidenció un efecto diferenciado según la concentración de mucílago aplicada. Los cuales se muestras en la Tabla 10.

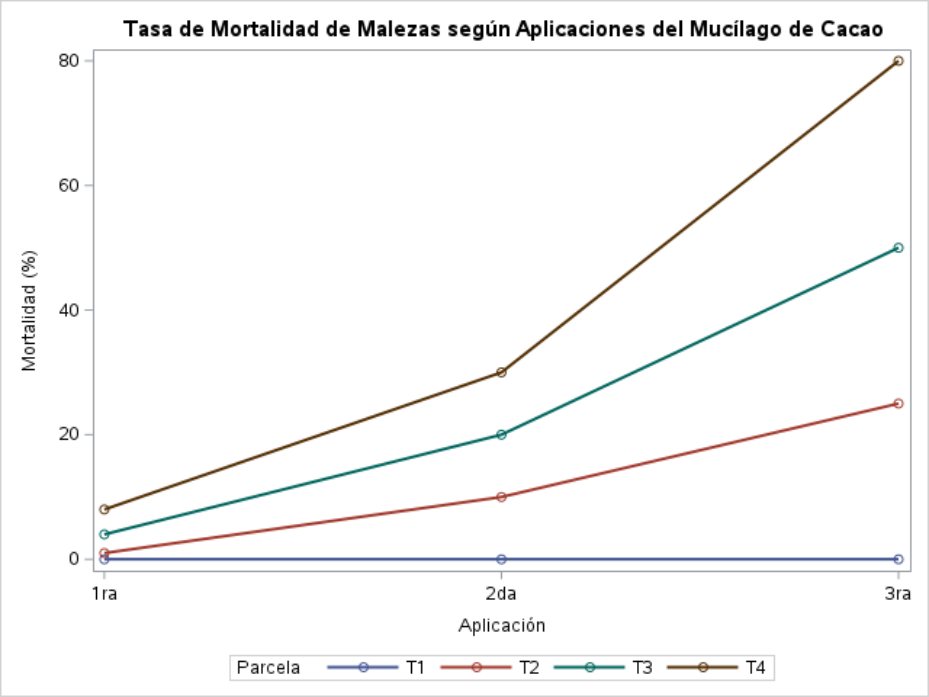
Tabla 10

Tasa de Mortalidad (%) de malezas según concentración del mucílago de cacao

Bloque	Maleza (*nombre científico*)	Número de malezas por especie	Plantas muertas	Promedio - Tasa de mortalidad (%)
Testigo	*Hyptis mutabilis.*	28	17	0
	Scleria distans	22	11	
	Oxalis corniculata	17	7	
	Bidens pilosa	24	13	
	Thelypteris sp	7	4	
50%	*Hyptis mutabilis.*	8	2	25
	Scleria distans	20	5	
	Oxalis corniculata	30	8	
	Bidens pilosa	18	4	
	Thelypteris sp	7	2	
75%	*Hyptis mutabilis.*	35	18	50
	Scleria distans	25	12	
	Oxalis corniculata	12	6	
	Bidens pilosa	30	15	
	Thelypteris sp	10	5	
100%	*Hyptis mutabilis.*	40	32	80
	Scleria distans	20	16	
	Oxalis corniculata	10	8	
	Bidens pilosa	25	20	
	Thelypteris sp	5	4	

Figura 6

Tasa de Mortalidad (%) de malezas según Concentración del Mucílago



Los datos de la **Tabla 10** y la **Figura 6** muestran que la aplicación del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* tuvo un efecto fitotóxico creciente sobre las malezas conforme se aumentó la concentración y el número de aplicaciones. El tratamiento testigo (0%) no presentó ningún cambio, confirmando que la mortalidad observada en los demás tratamientos fue causada por el mucílago. A concentraciones del 50%, 75% y 100%, la mortalidad aumentó progresivamente, alcanzando valores máximos del 25%, 50% y 80% respectivamente después de la tercera aplicación. Esto demuestra que el mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*, especialmente en su forma pura, es eficaz como herbicida orgánico.

b. Reducción en la Biomasa y Crecimiento de Malezas

Aunque los datos de biomasa fueron más cualitativos, se evidenció una reducción visible en la densidad y vigor de las malezas.

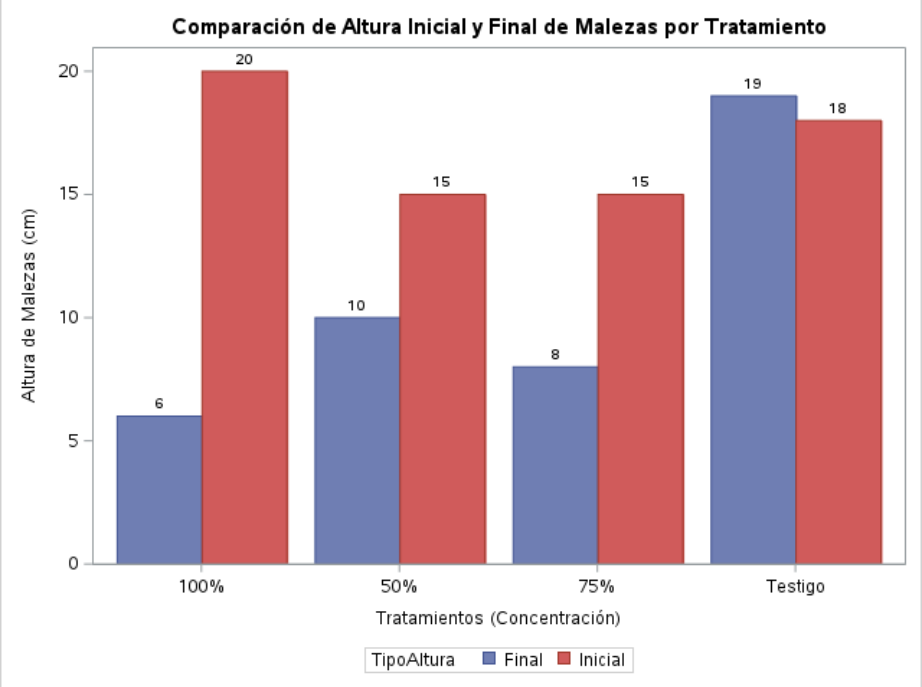
Tabla 11

Reducción del tamaño de malezas

Parcela	Aplicación	Altura Inicial (cm)	Altura Final (cm)
T1	Testigo	18	19
T2	50%	15	10
T3	75%	15	8
T4	100%	20	6

Figura 7

Comparación de altura inicial y final de malezas



Al analizar la **Tabla 11** y la **Figura 7** donde muestra un gráfico de la de barras que compara la altura inicial y final de las malezas por parcela, se observa una disminución progresiva del crecimiento a medida que se incrementa la concentración del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*.

En la parcela testigo (T1), sin aplicación de herbicida, las malezas crecieron ligeramente, pasando de 18 a 19 cm. Sin embargo, en las parcelas tratadas, se registró una reducción notable en la altura: en T2 (50%) bajaron a 10 cm, en T3 (75%) a 8 cm y en T4

(100%) a solo 6 cm. Esta disminución está asociada no solo a una menor tasa de crecimiento, sino también a la pérdida de rigidez en los tejidos de las plantas, que al debilitarse tienden a colapsar, aparentando menor altura.

Este comportamiento confirma el efecto fitotóxico del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* sobre las malezas, especialmente en concentraciones altas.

c. Impacto en las Propiedades Fisicoquímicas del Suelo

El análisis de laboratorio permitió identificar que no se produjeron alteraciones significativas en los parámetros evaluados tras la aplicación del mucílago.

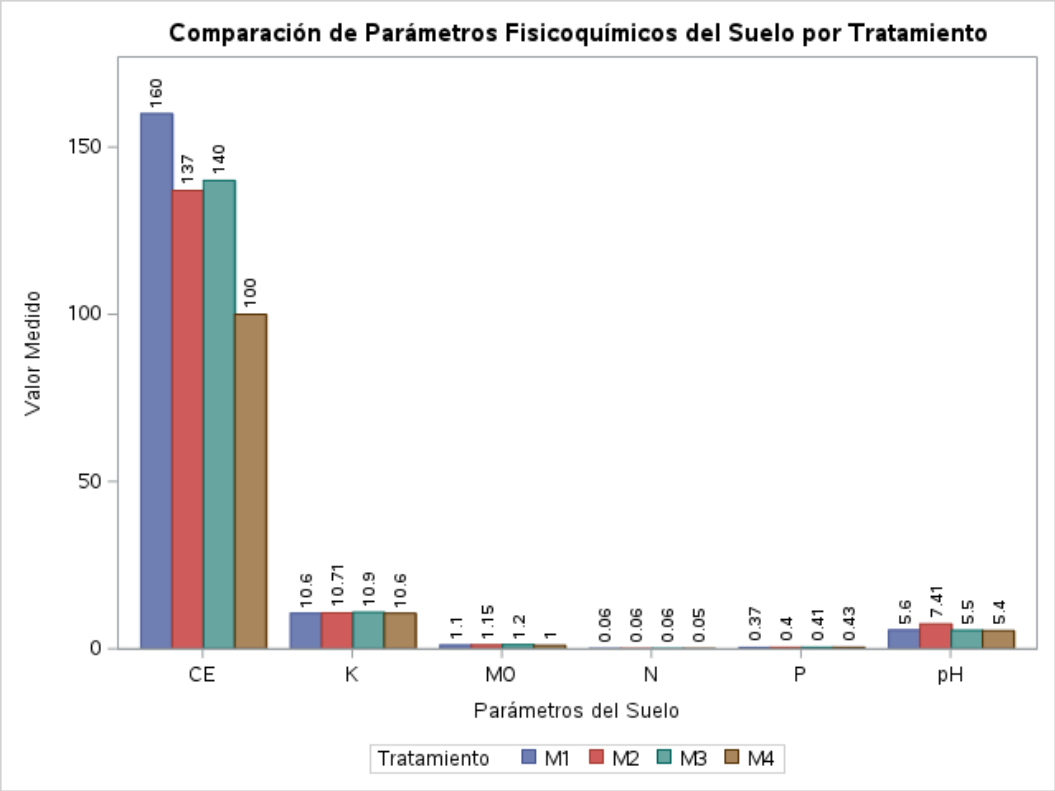
Tabla 12

Resultados del Análisis fisicoquímico del suelo por tratamiento

Parámetro	M1 (Testigo)	M2 (50%)	M3 (75%)	M4 (100%)
pH	5.6	7.41	5.5	5.4
Conductividad eléctrica (µS/cm)	160	137	140	100
Materia orgánica (%)	1.1	1.15	1.2	1
Nitrógeno total (%)	0.06	0.06	0.06	0.05
Fósforo disponible (mg/100g)	0.37	0.4	0.41	0.43
Potasio intercambiable (mg/100g)	10.6	10.71	10.9	10.6

Figura 8

Comparación de parámetros fisicoquímicos del suelo por tratamiento



La **Tabla 12** y la **Figura 8** muestra los resultados obtenidos tras la aplicación del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* a distintas concentraciones, evidenciando ligeras variaciones en las propiedades fisicoquímicas del suelo, lo cual permitió analizar su impacto real sobre la calidad del sustrato.

En cuanto al pH del suelo, el testigo (M1) tuvo un valor de 5,60, lo que indica una ligera acidez. Algo parecido ocurrió con el 100 % de mucílago (M4), que registró 5,40, y con el 75 % (M3), con 5,50; en estos casos, la acidez prácticamente no cambió respecto al control. En cambio, el 50 % de mucílago (M2) alcanzó un pH de 7,41, mucho más cercano a neutro. Este aumento podría influir en cómo las plantas absorben nutrientes.

Respecto a la conductividad eléctrica, que indica la concentración de sales solubles en el suelo, el valor más bajo se registró en el tratamiento con 100% de mucílago (M4: 100

µS/cm), mientras que el testigo (M1) presentó el nivel más alto (160 µS/cm). Los tratamientos con 75% y 50% mostraron valores intermedios (140 y 137 µS/cm, respectivamente), lo cual sugiere que la aplicación del mucílago no incrementó la salinidad del suelo, y en algunos casos incluso la redujo.

En el caso de la materia orgánica, los valores fueron similares en todos los tratamientos, con un rango entre 1.00% y 1.20%, lo que indica que la adición del mucílago no generó cambios bruscos en este parámetro en el corto plazo. Cabe resaltar que todos los valores se mantienen dentro de niveles aceptables para suelos cultivables.

Para el nitrógeno total, no se evidenciaron diferencias entre los tratamientos, manteniéndose constante en 0.06% para todas las parcelas, a excepción de la tratada con 100%, que mostró un valor ligeramente menor (0.05%). Esto sugiere que el mucílago no alteró significativamente el contenido de nitrógeno del suelo.

En relación con el fósforo disponible, los valores oscilaron entre 0.37 y 0.43 mg/100g, siendo el tratamiento al 100% el que presentó el valor más alto. Esto podría relacionarse con la presencia de compuestos orgánicos en el mucílago que facilitan la solubilización de fósforo en el suelo.

Finalmente, en cuanto al potasio intercambiable, todos los tratamientos se mantuvieron en un rango cercano, de 10.60 a 11.10 mg/100g, sin mostrar una tendencia clara asociada a la concentración del mucílago.

d. Análisis General del Impacto Ambiental

Durante el seguimiento no se registraron impactos en la fauna edáfica ni en especies no objetivo. Tampoco se evidenció erosión del suelo, cambios en textura ni residuos visibles en la superficie.

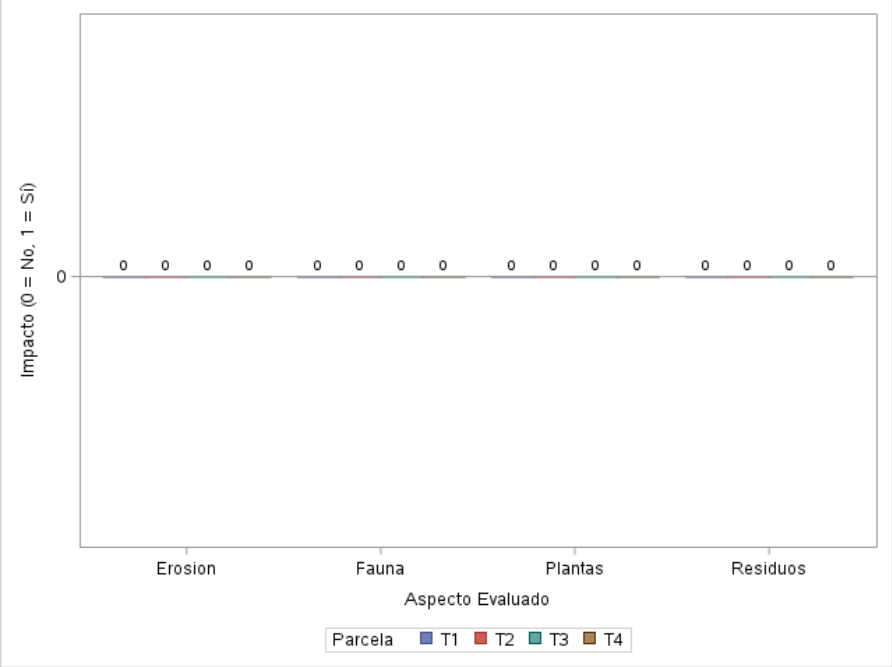
Tabla 13

Observaciones ambientales por tratamiento

Parcela	Fauna Edáfica	Plantas No Objetivo	Erosión	Residuos
T1	Ninguno	Ninguno	No	No
T2	Ninguno	Ninguno	No	No
T3	Ninguno	Ninguno	No	No
T4	Ninguno	Ninguno	No	No

Figura 9

Observaciones ambientales por tratamiento



Al observar la **Tabla 13** y la **Figura 9** donde se muestra el gráfico de barras agrupadas que representa los posibles impactos ambientales asociados al uso del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* como herbicida, se evidencia un patrón uniforme en todas las parcelas evaluadas (T1, T2, T3 y T4). En cada una de ellas, los indicadores

correspondientes a fauna edáfica, plantas no objetivo, erosión del suelo y presencia de residuos visibles muestran una ausencia total de afectaciones.

Visualmente, esto se traduce en un gráfico donde todas las barras se ubican en el nivel más bajo posible (valor 0), lo que indica que no se registró ningún efecto negativo en los parámetros ambientales monitoreados, independientemente del nivel de concentración aplicado.

Este resultado cobra especial relevancia considerando que se emplearon concentraciones crecientes del bioherbicida (50%, 75% y 100%). A pesar de ello, la biodiversidad del suelo no se vio comprometida, no se detectaron daños en especies vegetales no objetivo, ni signos de erosión o residuos post-aplicación. Estas evidencias refuerzan el carácter biodegradable, selectivo y ambientalmente seguro del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*, posicionándolo como una alternativa viable frente a los herbicidas químicos convencionales.

Tabla 14

Estadísticas descriptivas para la concentración - mortalidad

Análisis Variable: Mortalidad							
Concentración	**Aplicación**	**N Obs**	**Media**	**Desv. est**	**Mínimo**	**Máximo**	**N**
0%	1ra	3	0.1	0.1	0	0.2	3
	2da	3	0.1666667	0.1527525	0	0.3	3
	3ra	3	0.0333333	0.057735	0	0.1	3
50%	1ra	3	1	0.1	0.9	1.1	3
	2da	3	10	0.2645751	9.7	10.2	3
	3ra	3	25.0333333	0.5507571	24.5	25.6	3
75%	1ra	3	4.0333333	0.2081666	3.8	4.2	3
	2da	3	20.1666667	0.321455	19.8	20.4	3
	3ra	3	50	0.4358899	49.5	50.3	3
100%	1ra	3	8.0666667	0.1527525	7.9	8.2	3
	2da	3	30.1333333	0.2516611	29.9	30.4	3
	3ra	3	80.1666667	0.3511885	79.8	80.5	3

La **Tabla 14** muestra el análisis descriptivo para a concentración - mortalidad, evidenciando que la mortalidad de malezas aumentó progresivamente con la concentración del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* y con el número de aplicaciones.

En el tratamiento testigo (0%), la mortalidad fue nula en las tres aplicaciones, lo que confirma que no hubo afectación sin intervención. Por el contrario, con concentraciones del 50%, 75% y 100%, la mortalidad aumentó de forma consistente: desde promedios bajos en la primera aplicación, hasta alcanzar valores máximos en la tercera aplicación, con un 80.17% de mortalidad para el tratamiento al 100%.

Este patrón confirma una relación clara dosis–respuesta, demostrando que el mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* tiene un efecto fitotóxico creciente y sostenido sobre las malezas, según su concentración y frecuencia de aplicación.

Tabla 15

Estadísticas descriptivas _ altura de la maleza

Análisis Variable: Altura Inicial – final					
Concentración	**N Obs**	**Media**	**Desv. est**	**Mínimo**	**Máximo**
0%	3	19.0666667	0.1527525	18.9	19.2
50%	3	10.0666667	0.2516611	9.8	10.3
75%	3	8	0.1	7.9	8.1
100%	3	6.0333333	0.1527525	5.9	6.2

En la **tabla 15** se muestra el análisis estadístico de la altura final de las malezas evidenció una disminución proporcional al incremento en la concentración del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*. El tratamiento testigo (0%) presentó una media de 19.07 cm con una desviación estándar de 0.15 cm, reflejando escasa variabilidad entre muestras. En contraste, el tratamiento al 100% mostró la menor altura promedio (6.03 cm) y la misma desviación estándar (0.15 cm), lo que sugiere un efecto consistente del bioherbicida a alta concentración. Las concentraciones del 50% y 75% registraron medias de 10.07 cm (DE =

0.25 cm) y 8.00 cm (DE = 0.10 cm), respectivamente. En conjunto, estos valores demuestran una relación inversamente proporcional entre la concentración del mucílago y el crecimiento de las malezas, así como una baja dispersión de datos dentro de cada grupo, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados.

Tabla 16

Estadística descriptiva - Parámetros fisicoquímicos del suelo

Parámetro	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Conductividad eléctrica (µS/cm)	134.25	25.012	100.00	160.00
Fósforo disponible (mg/100g)	0.402	0.025	0.37	0.43
Materia orgánica (%)	1.112	0.085	1.00	1.20
Nitrógeno total (%)	0.057	0.005	0.05	0.06
Potasio intercambiable (mg/100g)	10.828	0.220	10.60	11.10
pH	5.978	0.958	5.40	7.41

Los datos de la **Tabla 16** muestran que los parámetros fisicoquímicos del suelo no presentan variaciones drásticas tras la aplicación del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*. Por ejemplo, el pH se mantuvo dentro de un rango moderadamente ácido a ligeramente neutro (5.40 a 7.41), con una media de 5.978. La materia orgánica y el nitrógeno total variaron mínimamente entre tratamientos, reflejando una estabilidad en la calidad del suelo.

La conductividad eléctrica, indicador de la salinidad del suelo, presentó la mayor variabilidad (Desviación estándar = 25.012), aunque los valores se mantuvieron dentro de rangos adecuados para suelos agrícolas. Esto sugiere que la aplicación del mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* no alteró de forma significativa la salinidad ni los niveles de nutrientes principales, como fósforo y potasio.

Tabla 17

Prueba de Normalidad

Variable	Media	Desv. Est.	N	Estadístico	Valor p	Prueba de normalidad
Tasa de mortalidad	38.75	31.05	12	RJ (Ryan Joiner)	0.1812	Ryan-Joiner (Shapiro-Wilk)
Reducción de crecimiento	6.25	5.7068	12	RJ (Ryan Joiner)	0.5017	Ryan-Joiner (Shapiro-Wilk)

De acuerdo con los resultados de la prueba de normalidad de Ryan-Joiner mostradas en la **Tabla 17**, ambas variables evaluadas presentan una distribución normal, ya que sus valores p son mayores al nivel de significancia de 0.05: para la tasa de mortalidad el valor p fue 0.1812 y para la reducción de crecimiento 0.5017. Por lo tanto, no hay suficiente evidencia para rechazar la normalidad de los datos, lo que indica que los datos se distribuyen normalmente. Por tanto, es estadísticamente adecuado aplicar la prueba ANOVA para evaluar si existen diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 18

Prueba de Normalidad - propiedades fisicoquímicas

Propiedades fisicoquímicas del suelo						
Variable	**Media**	**Desv. Est.**	**N**	**Estadístico**	**Valor p**	**Prueba de normalidad**
pH	5.9775	0.8670	12	RJ (Ryan Joiner)	0.0531	Ryan-Joiner (Shapiro-Wilk)
CE	134.25	22.65	12	RJ (Ryan Joiner)	0.0534	Ryan-Joiner (Shapiro-Wilk)
MO	1.1125	0.0773	12	RJ (Ryan Joiner)	0.0526	Ryan-Joiner (Shapiro-Wilk)
N	0.0575	0.0045	12	RJ (Ryan Joiner)	0.0518	Ryan-Joiner (Shapiro-Wilk)
P	0.4025	0.0226	12	RJ (Ryan Joiner)	0.0539	Ryan-Joiner (Shapiro-Wilk)

K	10.8275	0.1990	12	RJ (Ryan Joiner)	0.0508	Ryan-Joiner (Shapiro-Wilk)

Según los resultados presentados en la **Tabla 18**, correspondientes a la prueba de normalidad de Ryan-Joiner, aplicada a las propiedades fisicoquímicas del suelo (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio), se observa que todos los valores p son mayores al nivel de significancia de 0.05. Esto indica que no existen pruebas suficientes para rechazar la hipótesis nula de normalidad. En consecuencia, se asume que las variables evaluadas presentan una distribución aproximadamente normal. Si bien algunos valores p se encuentran cercanos al límite crítico, estos siguen siendo estadísticamente aceptables. Por lo tanto, se considera viable la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas, como el análisis de varianza (ANOVA), en los análisis posteriores.

Tabla 19

Prueba de Levene

Variable	Estadística de prueba	Valor de p
Tasa de mortalidad	2.81	0.107
Reducción de crecimiento	1.89	0.2089

De acuerdo con los resultados presentados en la **Tabla 19**, correspondientes a la prueba de Levene, se observa que tanto para la variable tasa de mortalidad ($p = 0.107$) como para la variable reducción de crecimiento ($p = 0.2089$), los valores p son mayores que el nivel de significancia convencional ($\alpha = 0.05$). Esto indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la homogeneidad de varianzas entre los tratamientos. Por lo tanto, se cumple con el supuesto de homogeneidad de varianzas requerido para la aplicación del ANOVA, siendo apropiado continuar con este tipo de análisis para evaluar diferencias significativas entre los grupos.

Tabla 20

Prueba de Levene - propiedades fisicoquímicas

Propiedades fisicoquímicas del suelo		
Variable	**Estadística de prueba**	**Valor p**
pH	4.00	0.0519
Conductividad electica	4.00	0.0519
Materia Orgánica	4.00	0.0519
Nitrógeno Total	4.00	0.0519
Fosforo	4.00	0.0519
Potasio	4.00	0.0519

Según los resultados mostrados en la **Tabla 20,** correspondientes a la prueba de Levene aplicada a las propiedades fisicoquímicas del suelo (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio), se observa que todas las variables presentan un valor p de 0.0519, el cual se encuentra ligeramente por encima del umbral de significancia de 0.05. Esto indica que no existen pruebas suficientes para rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas, por lo que se asume que las varianzas entre los grupos son homogéneas. Este resultado cumple con uno de los supuestos fundamentales para la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas como el análisis de varianza (ANOVA). Por tanto, se confirma la viabilidad estadística de aplicar ANOVA para evaluar diferencias significativas entre los grupos en estudio.

Prueba de hipótesis

Hipótesis especifica 1:

H_0: El mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* no es eficaz para el control de las diferentes especies de malezas comunes presentes en el centro poblado Palomani.

H_1 : El mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* es eficaz en el control de las diferentes especies de malezas comunes presentes en el centro poblado Palomani.

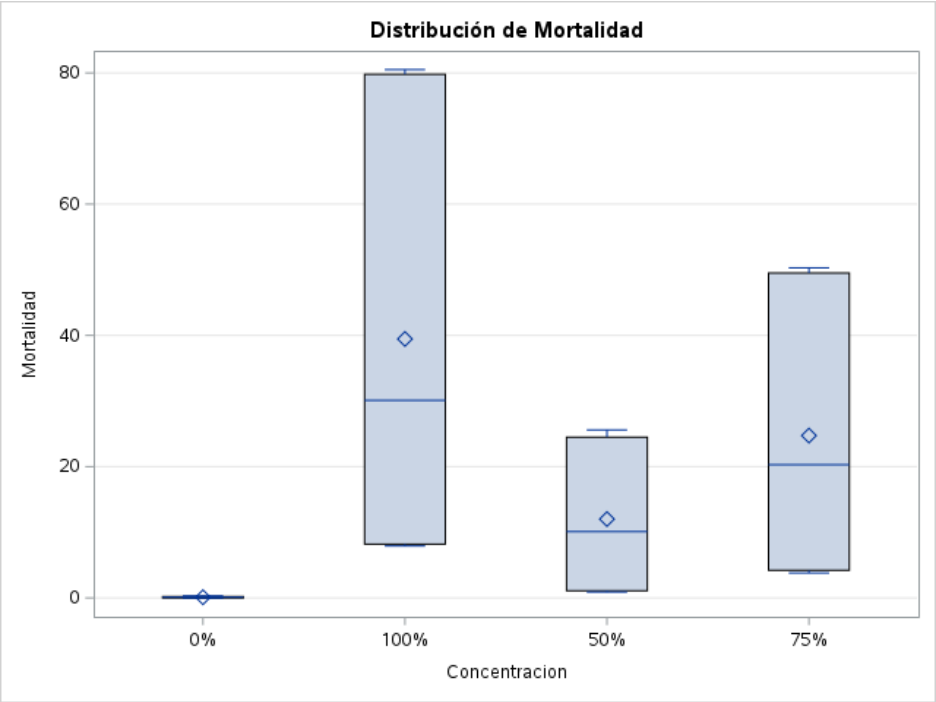
Tabla 21

ANOVA mortalidad de malezas

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	11	20052.5542	1822.95947	22629.8	<.0001
Error	24	1.93333	0.08056		
Total	35	20054.4875			

Figura 10

Distribución de mortalidad de malezas



Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) que se muestra en la **Tabla 21** y la **Figura 10** evidencian diferencias altamente significativas entre la mortalidad de las malezas y los tratamientos aplicados con mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*. El valor F obtenido fue de 22629.8 y el valor p fue menor a 0.0001, lo que indica que los efectos observados no se deben al azar. Además, la suma de cuadrados del modelo representa prácticamente la totalidad de la variabilidad de los datos, mientras que el error residual fue mínimo. Esta consistencia sugiere que el mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*, en sus diferentes concentraciones, tuvo un impacto claro y directo sobre la mortalidad de las especies de malezas evaluadas.

En base a este análisis, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Es decir, se concluye que el mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* es eficaz en el control de las diferentes especies de malezas presentes en el centro poblado Palomani. Los resultados obtenidos refuerzan su potencial como un bioherbicida orgánico de amplio espectro, capaz de provocar efectos fitotóxicos visibles y sostenidos en una variedad de especies sin distinción, lo cual representa una alternativa viable al uso de herbicidas sintéticos en sistemas agrícolas locales.

Hipótesis especifica 2:

H_0: El mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*, independientemente de la dosis y frecuencia de aplicación, no reduce significativamente el crecimiento de las malezas.

H_1: El mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*, aplicado en dosis y frecuencias adecuadas, reduce significativamente el crecimiento de las malezas.

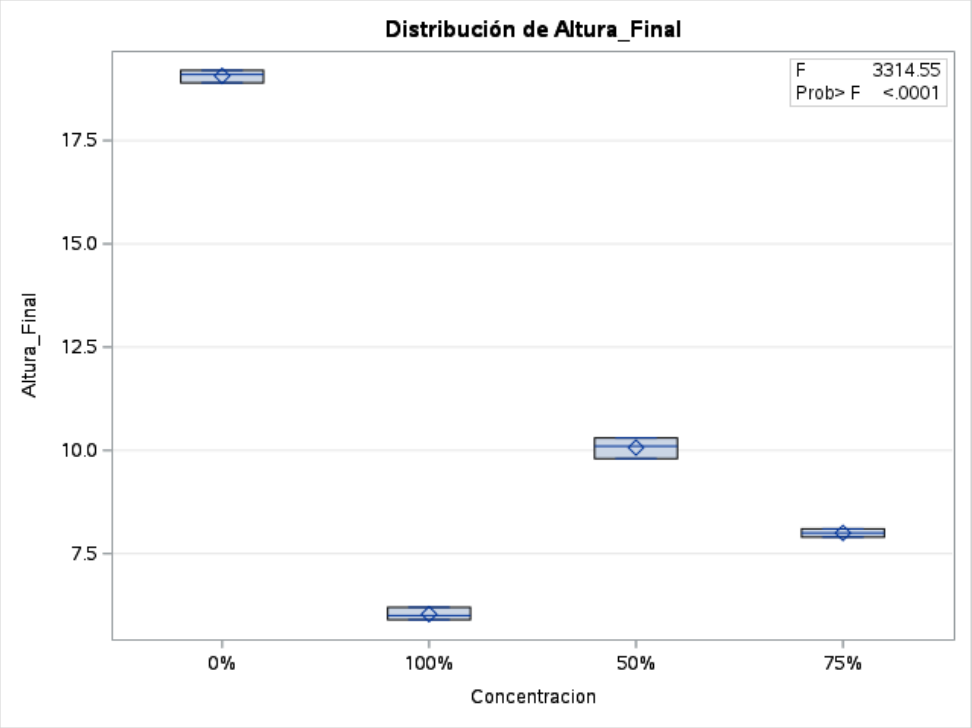
Tabla 22

ANOVA crecimiento de malezas

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	3	298.309167	99.4363889	3314.55	<.0001
Error	8	0.24	0.03		
Total	11	298.549167			

Figura 11

ANOVA crecimiento de malezas



La **Tabla 22** y la **Figura 11** muestran los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA) para la altura de las malezas según el tratamiento con mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*, reflejando una diferencia altamente significativa entre los grupos evaluados. El valor F registrado fue de 3314.55, con una probabilidad asociada (p-valor) menor a 0.0001, lo cual indica que las diferencias observadas en la altura final de las malezas no se deben al azar.

El modelo (tratamientos aplicados) explica prácticamente toda la variabilidad del total, con una suma de cuadrados de 298.31 frente a un total de 298.55. El error residual fue mínimo (0.24), y el cuadrado medio del error fue de apenas 0.03, lo cual indica una alta precisión en los datos recolectados y coherencia en la respuesta de las malezas frente a los tratamientos.

Hipótesis Especifica 3

H_0: El mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* no afecta significativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo como el pH, la conductividad eléctrica y la materia orgánica.

H_1: El mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* afecta significativamente al menos una de las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Tabla 23

ANOVA conductividad eléctrica del suelo

Origen	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Modelo	3	5443.5675	1814.5225	2432.63	<0.0001
Error	8	5.9673	0.7459		
Total	11	5449.5348			

En la **Tabla 23** muestra el valor F elevado indica diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$). La CE fue más alta en el testigo y más baja en el tratamiento al 100%, lo que sugiere que el mucílago reduce la concentración de sales solubles en el suelo.

Tabla 24

ANOVA potasio (K) del suelo

Origen	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Modelo	3	0.6864	0.2288	45.30	<0.0001
Error	8	0.0404	0.0051		
Total	11	0.7268			

En la **Tabla 24** muestra el análisis de varianza para el P. donde se identificaron diferencias significativas en los niveles de potasio intercambiable entre tratamientos (F = 45.3; p < 0.0001). Aunque la variabilidad total no es tan alta como en otros parámetros, el modelo explica una parte considerable de la misma (0.686), y el error es mínimo (0.040), lo que evidencia una diferencia real en los tratamientos aplicados.

Tabla 25

ANOVA Materia Orgánica del suelo

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	3	0.06064665	0.02021555	509.4	<.0001
Error	8	0.00031748	0.00003969		
Total	11	0.06096413			

La **Tabla 25** muestra que se identificaron diferencias significativas en los niveles de potasio intercambiable entre tratamientos (F = 45.3; p < 0.0001). Aunque la variabilidad total no es tan alta como en otros parámetros, el modelo explica una parte considerable de la misma (0.686), y el error es mínimo (0.040), lo que evidencia una diferencia real en los tratamientos aplicados.

Tabla 26

ANOVA nitrógeno en el suelo (N)

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	3	0.00022776	0.00007592	153.63	<.0001
Error	8	0.00000395	0.00000049		
Total	11	0.00023171			

En la **Tabla 26** en cuanto al nitrógeno total, se observaron diferencias significativas (F = 153.63; p < 0.0001). Aunque las variaciones en las medias pueden parecer pequeñas, estadísticamente son relevantes. La baja variabilidad residual refuerza la solidez del análisis.

Tabla 27

ANOVA Fosforo en el suelo (P)

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	3	0.00638973	0.00212991	760.68	<.0001
Error	8	0.0000224	0.0000028		
Total	11	0.00641213			

El análisis de varianza (ANOVA) evidencia diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados en relación con el parámetro evaluado. Se observa en la **Tabla 27** que el valor F fue de 760.68 y el valor p (<0.0001) indica que dichas diferencias no se deben al azar. La suma de cuadrados del modelo representa prácticamente la totalidad de la variabilidad observada (0.00639 de un total de 0.00641), mientras que el error residual es mínimo (0.0000224), lo que demuestra alta consistencia y confiabilidad en los datos obtenidos.

Tabla 28

ANOVA pH del suelo

Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	3	8.10436227	2.70145409	313.2	<.0001
Error	8	0.06900175	0.00862522		
Total	11	8.17336402			

El análisis de varianza (ANOVA) que muestra la **Tabla 28**, indica las diferencias altamente significativas en los valores de pH del suelo entre los tratamientos con mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)*, con un valor F de 313.2 y un $p < 0.0001$. La mayor parte de la variabilidad total fue explicada por el modelo (8.104 de 8.173), y el error residual fue mínimo (0.069), lo que indica que los tratamientos aplicados influyeron de forma consistente y confiable en el pH del suelo. Estos resultados confirman que el mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* genera un efecto significativo sobre esta propiedad fisicoquímica.

Finalmente, con base en los resultados obtenidos del ANOVA, se rechaza la hipótesis nula, ya que se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los parámetros fisicoquímicos analizados. Sin embargo, es importante destacar que, aunque estas diferencias son significativas en términos estadísticos, las variaciones absolutas entre tratamientos son pequeñas. Por tanto, desde un punto de vista práctico o ambiental, podría decirse que el mucílago no genera un impacto negativo relevante en la calidad del suelo, y que su efecto, aunque medible, es leve y no compromete la salud del ecosistema edáfico.

Indicadores toxicológicos del mucílago de cacao

Con el objetivo de cuantificar el efecto fitotóxico del mucílago de cacao (Theobroma cacao L.) sobre las malezas presentes en el área experimental, se estimaron indicadores toxicológicos comúnmente utilizados en estudios de ecotoxicología vegetal, tales como la concentración efectiva media (EC50), el nivel sin efecto letal (NCL) y la concentración con efecto observado más bajo (COEL).

Estos indicadores fueron determinados a partir de los resultados de mortalidad y reducción del crecimiento de las malezas obtenidos durante los ensayos de campo.

a. Estimación de la concentración efectiva media (EC50)

La **EC50** se define como la concentración de una sustancia capaz de producir un efecto biológico del 50 % en la población evaluada, en este caso, la mortalidad de malezas. Para su estimación se utilizaron los valores promedio de mortalidad registrados en la Tabla 10, correspondientes Con base en estos datos, se determinó que la EC50 del mucílago de cacao corresponde a una concentración aproximada del 75 %, ya que en este nivel se alcanzó el 50 % de mortalidad promedio de las malezas evaluadas.

Con base a los resultados de la tasa de mortalidad de la Tabla 11, se determinó que la EC50 del mucílago de cacao corresponde a una concentración aproximada del 75 %, ya que en este nivel se alcanzó el 50 % de mortalidad promedio de las malezas evaluadas.

Este valor indica que el mucílago de cacao presenta una toxicidad moderada, característica de productos de origen natural, los cuales requieren concentraciones relativamente elevadas para generar efectos letales significativos, en comparación con herbicidas sintéticos. a las distintas concentraciones del mucílago de cacao aplicadas.

b. Nivel sin efecto letal (NCL)

El NCL (No-Observed Lethal Effect Level) corresponde a la concentración más alta en la que no se observa mortalidad significativa en comparación con el tratamiento testigo.

De acuerdo con los resultados obtenidos:

- El tratamiento testigo (0 %) no presentó mortalidad ni efectos visibles sobre las malezas.
- A partir de la concentración del 50 %, se evidenció una mortalidad del 25 %

Por lo tanto, se establece que el NCL del mucílago de cacao es del 0 %, lo que indica que cualquier concentración aplicada genera algún grado de efecto fitotóxico sobre las malezas. Este resultado confirma la actividad biológica del mucílago, incluso a concentraciones relativamente bajas, lo cual es relevante para su potencial uso como herbicida orgánico.

c. Concentración con efecto observado más bajo (COEL)

La COEL (Concentration Observed Effect Level) se define como la concentración más baja en la que se observa un efecto biológico medible, ya sea mortalidad, reducción del crecimiento o alteraciones visibles en las plantas.

En el presente estudio, la concentración del 50 % fue la primera en mostrar:

- Mortalidad del 25 %
- Reducción significativa en la altura de las malezas (Tabla 11)

En consecuencia, se determinó que la COEL del mucílago de cacao es del 50 %, ya que a partir de esta concentración se evidencian efectos fitotóxicos claros tanto letales como subletales.

Tabla 29

Indicadores toxicológicos estimados del mucílago de cacao

Indicador	Valor estimado	Criterio
NCL	0 %	Sin mortalidad observada
COEL	50 %	Mortalidad y reducción de crecimiento
EC50	75 %	50 % de mortalidad promedio

Análisis integral de la fitotoxicidad del mucílago de cacao

Los indicadores toxicológicos estimados evidencian que el mucílago de cacao (Theobroma cacao L.) presenta un efecto fitotóxico dosis-dependiente sobre las malezas evaluadas. A medida que la concentración del mucílago aumentó, se incrementaron tanto la tasa de mortalidad como la reducción del crecimiento vegetal, lo cual es consistente con el comportamiento esperado de un agente herbicida de origen natural.

La EC50 determinada en el 75 % indica que el mucílago requiere concentraciones relativamente altas para generar un efecto letal medio; sin embargo, incluso a concentraciones menores (50 %), se observaron efectos subletales importantes, como la disminución del crecimiento y la pérdida de vigor de las plantas. Estos efectos subletales son relevantes desde el punto de vista agronómico, ya que contribuyen a reducir la competitividad de las malezas por recursos como agua, luz y nutrientes.

Asimismo, la mortalidad máxima del 80 % registrada a la concentración del 100 % demuestra que el mucílago de cacao, aplicado en su forma pura y mediante aplicaciones repetidas, posee un alto potencial como herbicida orgánico, especialmente para sistemas de manejo sostenible de malezas.

Relación entre fitotoxicidad y propiedades fisicoquímicas del suelo

Un aspecto relevante del presente estudio es que, a pesar del efecto fitotóxico observado sobre las malezas, la aplicación del mucílago de cacao no generó alteraciones significativas en las propiedades fisicoquímicas del suelo. Los valores de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio se mantuvieron dentro de rangos aceptables para suelos agrícolas, incluso en el tratamiento con la concentración más alta (100 %).

Esto sugiere que el mucílago actúa principalmente por contacto directo con los tejidos vegetales, sin afectar negativamente la calidad del suelo ni provocar acumulación de sales o desequilibrios nutricionales. Desde un enfoque ecotoxicológico, esta característica representa una ventaja importante frente a herbicidas sintéticos, los cuales suelen generar impactos adversos sobre el suelo y el ambiente.

La estimación de los indicadores toxicológicos, junto con el análisis de mortalidad, reducción del crecimiento y estabilidad de las propiedades del suelo, permite concluir que el mucílago de cacao (Theobroma cacao L.) constituye una alternativa viable como herbicida orgánico, con un impacto selectivo sobre las malezas y un bajo riesgo ambiental.

Discusiones

Al analizar los datos obtenidos, se evidenció que la aplicación de mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* tuvo un efecto claro y progresivo sobre las malezas, manifestándose tanto en la reducción de su crecimiento como en el incremento de su mortalidad. Las concentraciones más altas, especialmente el tratamiento al 100%, fueron las más eficaces para disminuir la altura de las arvenses y provocar su muerte, alcanzando valores estadísticamente muy significativos (ANOVA: $F = 3314.55$ para altura y $F = 22629.8$ para mortalidad; $p < 0.0001$). Además, se registraron variaciones en ciertos parámetros del suelo, como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y fósforo disponible. Si bien estos cambios resultaron significativos desde el punto de vista estadístico, las variaciones absolutas fueron pequeñas y no comprometieron la calidad edáfica. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Mendoza (2024), Marín et al. (2024) y Cabrera (2019), quienes destacan el potencial del mucílago como alternativa herbicida natural, con la ventaja de no dejar residuos químicos nocivos.

El daño provocado por el mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* sobre las malezas siguió un patrón progresivo, fácilmente observable a simple vista. Primero se presentó clorosis, con la pérdida gradual del color verde y la aparición de tonos amarillentos en las hojas. Luego, las zonas afectadas pasaron a necrosis, adquiriendo un color marrón característico de la muerte tisular. Finalmente, se produjo la marchitez, evidenciada por la pérdida de turgencia y el colapso estructural de la planta. Esta secuencia se intensificó con cada aplicación y con el aumento de la concentración utilizada. En particular, tras la tercera aplicación, el tratamiento al 100% alcanzó un nivel de marchitez prácticamente total, evidenciando un marcado efecto fitotóxico. Estos resultados guardan estrecha relación con lo reportado por Marín et al. (2024), quienes, empleando mucílago al 75%, obtuvieron un

86.67% de control de malezas, comparable al de herbicidas sintéticos. De forma similar, Cigüeñas y Ramírez (2021) documentaron que el mucílago fermentado durante 30 días redujo de manera drástica la altura, el número de hojas y la floración de malezas tanto de hoja ancha como angosta. Otros autores, como Benavides y Gavilanes (2022) y Guerrero (2022), han explorado combinaciones de mucílago con ácido acético, observando mejoras adicionales en el control. No obstante, la evidencia obtenida en este trabajo demuestra que incluso sin mezclas, el mucílago concentrado es capaz de generar una mortalidad muy elevada, siguiendo el mismo patrón de daño: clorosis inicial, necrosis progresiva y marchitez terminal. En esta investigación, las concentraciones elevadas del mucílago no solo redujeron significativamente el crecimiento de las arvenses ($p < 0.0001$), sino que también provocaron un deterioro acelerado de su estructura foliar, validando así su potencial como alternativa herbicida natural. El hecho de que el tratamiento al 100% provocara un daño total en la tercera aplicación refuerza la hipótesis de que la efectividad del mucílago depende directamente de su concentración y de la constancia en la aplicación.

Mendoza (2024) evaluó el mucílago de cacao en concentraciones de 100%, 75% y 50%, determinando que el 100% tuvo el mayor efecto fitotóxico. De manera similar, en esta investigación el análisis de varianza para la altura de las malezas mostró diferencias altamente significativas ($F = 3314.55$; $p < 0.0001$), confirmando el mayor impacto de las concentraciones elevadas. El aporte principal radica en la frecuencia de aplicación, pues al aplicarse cada 24 horas se logró eficiencia en un tiempo más corto en comparación con el estudio realizado en Ecuador. De manera similar, Cabrera (2019) en Tumbes reportó que el mucílago al 100% redujo el crecimiento de malezas en más del 160% respecto al testigo. En el presente estudio, este mismo tratamiento fue también el que provocó la mayor mortalidad, con un valor F extraordinariamente alto (22629.8; $p < 0.0001$), lo que descarta cualquier

influencia del azar. El método de aplicación empleado directo sobre el follaje, sin dilución y con contacto total fue clave para potenciar el efecto, tal como lo recomiendan tanto Mendoza (2024) como Cabrera (2019). En términos comparativos, la diferencia con el testigo es evidente: mientras las malezas en las parcelas sin mucílago mantuvieron un crecimiento normal, las expuestas a la solución concentrada mostraron signos de daño visibles desde la primera aplicación, evolucionando hacia necrosis y muerte en las posteriores. Estos resultados no solo refuerzan la evidencia previa, sino que también confirman que la concentración del mucílago es un factor determinante en su eficacia, especialmente cuando se busca un control rápido y sostenido de las malezas.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos del suelo, el análisis de varianza reveló diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$) en todos los parámetros edáficos evaluados: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y fósforo disponible. En el caso del pH, el tratamiento con 50% de mucílago (M2) alcanzó el valor más alto (7.41), cercano a la neutralidad, lo que concuerda con lo reportado por Mendoza (2024), quien observó un incremento similar en este rango de concentración. El 100% de mucílago (M4) registró un pH de 5.40, muy próximo al testigo (5.60), mientras que el 75% (M3) se situó en 5.50, lo que indica que las concentraciones más elevadas no modifican de forma marcada la acidez. El valor excepcional del M2 sugiere que, en concentraciones intermedias, la fermentación del mucílago podría liberar compuestos que interactúan con los minerales del suelo y favorecen una ligera neutralización. En cuanto a la conductividad eléctrica, el tratamiento al 100% presentó el valor más alto, lo que se atribuye a la liberación de sales minerales durante la descomposición del mucílago. La materia orgánica aumentó en todos los tratamientos con mucílago respecto al control, resultado lógico por la incorporación directa de material vegetal rico en carbono. De forma similar, el fósforo disponible también presentó

incrementos, con valores ligeramente superiores en M4. Si bien estos cambios fueron estadísticamente significativos, su magnitud práctica fue reducida. Tal como señala Trillo (2021), en estudios de campo las diferencias estadísticas no siempre representan impactos reales de gran escala. En este caso, el mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* se comportó más como un aporte orgánico moderado que como un agente capaz de alterar drásticamente las propiedades químicas del suelo, contribuyendo de forma suave y controlada a su enriquecimiento.

En conjunto, los resultados obtenidos muestran que el mucílago de cacao no solo presenta un efecto fitotóxico significativo sobre las malezas, sino que también puede ser aprovechado como un insumo dentro del propio sistema productivo. Al tratarse de un subproducto generado durante la extracción del grano, su utilización permite reducir la cantidad de residuos y reincorporar materia orgánica al suelo. Este aprovechamiento se enmarca en un enfoque de economía circular, al promover el uso eficiente de los recursos disponibles y disminuir la dependencia de insumos externos, sin generar impactos negativos relevantes sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo.

VI. Conclusiones

Respecto a los parámetros técnicos óptimos (dosis, frecuencia y método de aplicación); en la presente investigación se utilizó el método de aplicación por rociado con rociador manual de 1 L, debido a que las cantidades manejadas fueron pequeñas. Se verificó que el mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) en concentraciones elevadas disminuye de manera marcada la altura de las malezas respecto al testigo, aplicándose cada 24 horas. El tratamiento al 100% presentó el mejor desempeño ($F = 3314.55$; $p < 0.0001$), lo que confirma que la combinación de alta dosis y aplicación frecuente maximiza el control del crecimiento vegetal no deseado.

En relación con el nivel de fitotoxicidad del mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*); el tratamiento con mucílago al 100% registró el mayor índice de mortalidad de malezas, con un valor $F = 22629.8$ y $p < 0.0001$. El daño se manifestó progresivamente desde la clorosis inicial hasta la necrosis y posterior muerte de las plantas, logrando casi la erradicación total tras la tercera aplicación. Esto demuestra que el nivel de fitotoxicidad depende directamente de la concentración del mucílago utilizado.

En cuanto al impacto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) en las propiedades fisicoquímicas del suelo; tras su aplicación, se detectaron cambios estadísticamente significativos ($p < 0.0001$) en las propiedades fisicoquímicas del suelo: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. El tratamiento al 50% alcanzó el pH más cercano a la neutralidad (7.41), mientras que el de 100% presentó la mayor conductividad eléctrica, probablemente por liberación de sales minerales. Se incrementaron también la materia orgánica y el fósforo, aportando nutrientes. No obstante, la magnitud de estos cambios fue baja, manteniendo la calidad agronómica del suelo. Las propiedades que presentaron cambios fueron el pH (diferencia de 0.1 respecto al testigo) y

la conductividad eléctrica (variación de 0.20 o más). Además, se destaca el incremento del porcentaje de materia orgánica y concentración de nutrientes.

Finalmente se concluye que el mucílago de cacao (*Theobroma cacao L*.), aplicado en dosis altas y con frecuencia controlada, se confirma como una alternativa eficaz y sostenible para el manejo de malezas. Su acción fitotóxica es comparable a la de herbicidas químicos, pero con la ventaja de aportar materia orgánica y nutrientes, favoreciendo prácticas agrícolas más seguras y respetuosas con el medio ambiente.

VII. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se sugiere el uso de mucílago de cacao *(Theobroma cacao L.)* al 100% como una alternativa orgánica y efectiva para el control de malezas, en especial en comunidades rurales como el centro poblado Palomani, donde el acceso a insumos agrícolas suele ser limitado y la dependencia de herbicidas químicos es elevada. Esta concentración demostró un marcado efecto fitotóxico, logrando reducir de manera significativa tanto el crecimiento como la supervivencia de distintas especies de arvenses, con un desempeño muy superior al observado en el tratamiento testigo.

Asimismo, se sugiere mantener el protocolo de aplicación utilizado en el estudio, con una frecuencia de cada 24 horas mediante aspersión directa, ya que este método demostró ser eficaz y fácil de replicar bajo condiciones de campo. Estas características hacen del mucílago una herramienta práctica para pequeños agricultores, sin requerir equipamiento sofisticado ni manejo técnico complejo.

En cuanto al suelo, se recomienda monitorear de manera periódica parámetros como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y nutrientes. Aunque las variaciones observadas no afectan de manera significativa su calidad, el seguimiento permitirá asegurar que el uso continuo del mucílago no altere la estabilidad de la dinámica edáfica.

Finalmente, se recomienda promover el aprovechamiento del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) como una alternativa complementaria en el manejo de malezas, considerando que se trata de un subproducto disponible durante el proceso de extracción del grano. Aunque el costo de manejo del mucílago puede ser mayor que el de herbicidas químicos como el glifosato, su uso evita los efectos negativos de estos productos sobre la salud humana, la calidad del suelo y la biodiversidad. Para motivar su adopción por parte de los productores, resulta pertinente difundir información sobre sus beneficios agronómicos,

ambientales y económicos a largo plazo, así como capacitar a los agricultores en técnicas sencillas de recolección, fermentación y aplicación. De igual manera, se sugiere impulsar experiencias demostrativas a nivel local que permitan evaluar su desempeño en condiciones reales de campo, contribuyendo a la reducción progresiva del uso de herbicidas sintéticos y al fortalecimiento de prácticas agrícolas más sostenibles.

VIII. Referencias

Acosta, F. (2023). *Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales.* Obtenido de Vol. 3 Núm. 8 (2023): Revista Lationamericana Ogmios: https://idicap.com/ojs/index.php/ogmios/article/view/226

Alava, W. (2020). *Caracterizacion Fisica -quimica del Mucilago de Cacao(Theobroma cacao L.) con enfasis en los azucares que lo componen.* Guayaquil , Ecuador: Repositorio Universidada Agraria del Ecuador. Obtenido de https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALAVA%20ZAMBRANO%20WISTON%20ADRIAN.pdf

Almeida, B. (2022). *Herbicidas que Afectan el Proceso de Fotosíntesis.* Obtenido de Dspace Universidad Tecnica de Babahoyo: https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11375

Andrade, M. (2020). *Conductividad eléctrica en suelos de cultivo.* Obtenido de HANNA instruments: https://www.hannabolivia.com/blog/post/437/conductividad-electrica-en-suelos-cultivo

Arias, J. (2020). Tecnicas e instrumentos de Observacion. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar,* 10-18.

Arias, J., & Covinos, M. (2021). Poblacion, Muestra y Muestreo. *Enfoques Consulting EIRL*, 66-78. Obtenido de Enfoques Consulting EIRL - Revista.

Arroyo, A. (07 de setembre de 2022). *Clasificacion de las malezas.* Obtenido de Scribd company: https://es.slideshare.net/slideshow/clasificacion-de-malezaspptx/252873046

Arturo, Y. (2024). *Evaluación de la aplicación de mucílago de cacao (Theobroma cacao) como herbicida orgánico, para el control de arvenses en el cultivo de haba (Vicia faba), variedad semiverde en el Centro Experimental San Francisco del cantón San Pedro de Huaca.* Obtenido de Repositorio Universidad Politecnica Estatal del Carchi (UPEC): https://repositorio.upec.edu.ec/items/8d9aea8b-e3ba-4b9e-bace-e954fefded95

Autrán, V., & Puricelli, E. (2013). Fitotoxicidad de herbicidas postemergentes sobre Adesmia bicolor (Poir.) DC y control de malezas asociadas. *AGRISCIENTIA, VOL. 30 (2)*, 57-67. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.org.ar/pdf/agrisc/v30n2/v30n2a02.pdf

Bajaña, L. (2017). *Utilizacion de la pulpa de cacao (Theobroma cacao) para la elaboracion de postres como alternativa gastronomica, Riobamba, 2014.* Obtenido de Revista - Dspace ESPOCH: http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/11521

Benavides, O., & Gavilanes, X. (2022). *Impacto del mucílago de cacao más ácido acético en el control demusgos (rigodium implexum) sobre cultivos de cacao orgánico.* Obtenido de Repositorio Universidad Tecnica de Machala: https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/20495/1/Trabajo_Titulacion_786.pdf

Cabrera, D. (2019). *Efecto del extracto de mucilago de cacao (Theobroma cacao L). como herbicida organico en paja peluda (Rottboellia cochinchinensis).* Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Tumbes- Escuela de Posgrado: 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

Caseley, J. (11 de octubre de 2021). *Capítulo 10. Herbicidas.* Obtenido de Food and Agriculture Organization FAO: https://www.fao.org/4/t1147s/t1147s0e.htm

Castillo, B., Ruiz, J., Manrique, M., & Pozo, C. (26 de 03 de 2020). *Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú).* Obtenido de Revista Espacios Vol. 41 (Nº 10) . Pág. 11: https://www.revistaespacios.com/a20v41n10/20411011.html

Cigüeñas, C., & Ramirez, W. (2021). *Efecto de mucílago de cacao (Theobroma cacao L.) como herbicida natural en Desmodium sp y Cyperus L, distrito de Tarapoto.* Obtenido de Alicia: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_d11d8bef84610ed4fd34a3fb8bbece65/Description#tabnav

Comision Europea. (03 de mayo de 2022). *Estrategia de la Granja a la Mesa.* Obtenido de Comision Europea: https://www.consilium.europa.eu/es/policies/from-farm-to-fork/

CONCYTEC. (Octubre de 2023). *Del Campo a la Mesa: Análisis y Recomendaciones sobre Hallazgo de Excesivos Residuos de Plaguicidas en ProductosAgricolas en el Peru.* Obtenido de Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación:

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5314736/41037-del-campo-a-la-mesa-202310222-bnp.pdf

Congreso de la Republica. (2005). *Ley General del Ambiente Nº 28611.* Lima, Peru: Plataforma del estado Peruano. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf

Diez, M., & Barra, R. (21 de 09 de 2021). *https://www.ciperchile.cl/2021/09/21/dos-caras-de-los-plaguicidas/.* Obtenido de CIP.UPD Escuela de Periodismo : https://www.ciperchile.cl/2021/09/21/dos-caras-de-los-plaguicidas/

Escobar, C. (30 de enero de 2023). *Elaboracion de un nectar a base de mucilago de cacao (Theobroma Cacao).* Obtenido de Repositorio Universidad Tecnica de Ambato (UTA) -: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37885/1/AL%20870.pdf

Espinosa, M., & Cisneros, E. (2022). *Herbicidas orgánicos alternativa al glifosato para el control de maleza en presiembra en el norte de Tamaulipas.* Obtenido de Revista Avances en investigación Agropecuaria (AIA), 26(Especial), Pags. 13–14.: https://revistasacademicas.ucol.mx/index.php/agropecuaria/article/view/523/429

Espinoza, C., & Peche, J. (29 de 04 de 2024). *Contaminación de suelos por uso de agroquímicos en cultivos de papaya (Carica papaya), Picota, Perú.* Obtenido de Agroindustrial Science, 14(1), 7-13.: https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2024.01.01

FAO. (2020). *Criterios económicos para el desarrollo del manejo de malezas.* Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: https://www.fao.org/4/t1147s/t1147s0g.htm

FAO. (2022). *Estudio FAO Produccion y Porteccion Vegetal 120* . Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: https://www.fao.org/4/t1147s/t1147s00.htm#Contents

García, M. (2022). Uso del mucilago de cacao en el control de maleza en plantaciones comerciales de cacao (Theobroma cacao L.) . *Tesis de Grado.* UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, Babahoyo, Los Rios, Ecuador. Obtenido de https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13143

Gavilánez, F. (2021). Diseños y Analisis Estadisticos para Experimento Agricolas . En *Conceptualizaciones del Diseño Experimental* . Mexico : Díaz de Santos.

Gómez, R. (2024). *¿Malezas o arvenses? Una propuesta conceptual para su manejo agroecológico.* Obtenido de Revista de Agronomía Mesoamericana-Volumen 35: Artículo 56900: https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/download/56900/60213/275516#:~:text=Las%20malezas%20en%20los%20agroecosistemas,et%20al.%2C%202019).

González, E., & Fuentes, M. (junio de 2021). *Dinamica del Glifosato en el suelo y sus efectos en la microbiota.* Obtenido de Scielo: Rev. Int. Contam. Ambie. 38, 127-144, 2022: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992022000100113

Gopal, R. (02 de agosto de 2021). *La importancia de conocer las malezas.* Obtenido de CYMMYT- Desarrollo estrategico: https://idp.cimmyt.org/la-importancia-de-conocer-las-malezas/

Grand, A., & Michel, V. (2020). *Materia Organica del suelo.* Obtenido de Programme as Coordination and Support Action, under GA n° 817696: https://orgprints.org/id/eprint/43417/7/MATERIA%20ORGA%CC%81NICA%20DEL%20SUELO.pdf

Guerrero, H. (2022). *Uso del Mucilago de Cacao en el manejo del musgo(Rigodium implexum) afectando al cultivo de cacao en el Canton Ventanas.* Obtenido de Repositorio Universidad Agraria de Ecuador: https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GUERRERO%20ORTEGA%20HUSSEIN%20ABIMAEL.pdf

Helfgott, S. (2018). *El Control de malezas en el Peru.* Obtenido de Rev. per. Ent.: Homenaje a la Universidad Nacional Agraria , Vol. 20, N° 1: https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v20/pdf/a06v20.pdf

Hernandez, R. (2014). Metodologia de la Investigacion - Sexta edición. En *Definición del alcance de la investigación que se realizará: exploratorio,descriptivo, correlacional o explicativo* (págs. 88 -96). Mexico.

INIA. (2020). *Situacion de la Resistencia de las Malezas al Glifosato en el Peru.* Obtenido de Instituto Nacional de Investigacion Agraria: http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7634/1/st-204-2013.-p.137-143.pdf

Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD). (05 de enero de 2023). *Alerta por plaguicidas en el Perú.* Obtenido de Revista ORD Le Mag: https://lemag.ird.fr/es/alerta-por-plaguicidas-en-el-peru

Juan, J. (junio de 2017). *Identificación y evaluación de impactos ambientales en el Campus Ciudad Universitaria, Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro de Coatepec, Toluca México.* Obtenido de SciELO México - Acta universitaria versión On-line ISSN 2007-9621versión impresa ISSN 0188-6266: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662017000300036#:~:text=Existe%20impacto%20ambiental%20cuando%20una,paisaje%2C%20vegetaci%C3%B3n%2C%20animales).

Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2016). *La materia Organica, importancia y experiencia de uso en la agricultura.* Obtenido de SciELO: https://scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009#:~:text=LA%20MATERIA%20ORG%C3%81NICA%20DEL%20SUELO&text=El%20humus%20tiene%20efecto%20sobre,y%20favoreciendo%20el%20intercambio%20gaseoso.

Kivi, R. (21 de Noviembre de 2021). *Funcionamiento del herbicida orgánico.* Obtenido de Revista eHowenespanol: https://www.ehowenespanol.com/cuales-son-efectos-del-alcohol-planta-info_98157/

Lopez, R. (2019). *Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas.* Obtenido de Revista Cubana de Medicina Militar - Ecuador : https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/390/331

Marin, C. (30 de junio de 2024). *Fitotoxicidad del mucílago de cacao sobre malezas en el cultivo de cacao CCN-51 Theobroma cacao L.* Obtenido de Código Científico Revista De Investigación, 5(1), 710 –729: https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n1/405

Medina, M. a. (2023). Tecnicas e Instrumentos de Investigacion. En *Metodologia de la Investigacion* (págs. 20-29). Puno: Inudi Peru.

Medina, M., & Vargas, M. (2022). *Propiedades fisicoquímicas del suelo y el crecimiento de las plantas.* Obtenido de ScIELO: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2027-83062022000100107&script=sci_arttext

Mendoza, K. (febrero de 2024). *Evaluación de efectividad del herbicida natural elaborado con mucílagode cacao (Theobroma cacao L.), como alternativa sostenible para el control de malezas.* Obtenido de Repositorio Pontificia Universidad Catolica del Ecuador: https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7e826a41-6a76-4ac8-8007-8f3adc60ce68/content

MINAGRI. (2016). *Estudio del CACAO en el Perú y en el Mundo.* Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI): https://camcafeperu.com.pe/admin/recursos/publicaciones/Estudio-cacao-Peru-y-Mundo.pdf

MINAGRI. (13 de Julio de 2020). *Minagri prohíbe a partir de hoy importación y registro del herbicida Paraquat.* Obtenido de Plataforma Digital Única del Estado Peruano: https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/206724-minagri-prohibe-a-partir-de-hoy-importacion-y-registro-del-herbicida-paraquat

MINAM. (2010). *LEY Nº 26821 - Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.* Obtenido de https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-26821.pdf

MINAM. (2011). *Reglamento para el Registro y control de Plaguicidas Quimicos de Uso Agricola* . Lima, Peru: Plataforma Digital Única del Estado Peruano. Obtenido de https://www.gob.pe/institucion/senasa/normas-legales/962259-002-2011-ag

MINAM. (31 de marzo de 2014). *Aprueban Guía para el Muestreo de Suelos y Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos.* Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/4194.pdf

MINAM. (2017). *Estandares de Calidad Ambiental para el Suelo.* Obtenido de El Sistema Nacional de Información Ambiental – SINIA: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/011-2017-minam_0.pdf

Mohd, B., Sameer, A., Kulsum, J., & Khalid, B. (2017). Estado, cadena de suministro y procesamiento del cacao: una revisión. *Trends in Food Science & Technology*, 108-116.

Morales, M. (2011). *Edafologia 1.* Nicaragua. Obtenido de https://uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf

Moreano, O., & Balaguera, H. (15 de febrero de 2021). *Caracterización de la comunidad de malezas y su diversidad en una modelación estadística en un cultivo de*

duraznero (Prunus persica (L.) Batsch.). doi:http://dx.doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1734

Ordoñez, V., Frías, M., Parra, H., & Martínez, M. (2019). *Estudio sobre el uso de plaguicidas y su posible relación con daños a la salud.* Obtenido de Revista de Toxicología, vol. 36, núm. 2, pp. 148-153: https://www.redalyc.org/journal/919/91967023011/html/

Osorio, M., Haro, J., & Negrete, J. (2021). *Suelos: Caracterizacion e Importancia.* Argentina: Puerto Madero. doi:https://doi.org/10.55204/PMEA.7

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

Pérez, M., & López, D. (2019). *"Evaluación del biocontrol de malezas utilizando aguas mieles de cacao en la EEA EL PORVENIR- INIA, 2018".* Obtenido de Repositorio Universidad Cesar Vallejo - Facultad de Ingenieria- Ecuela Profesional de Ingenieria Ambiental: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31562/P%c3%a9rez_PM-L%c3%b3pez_GD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Piñeiro, V., Arias, E. P., Ibañez, A., Morales, C., Prager, S., & Torero, M. (2021). *Promover prácticas agrícolas sostenibles: De los incentivos a la adopción y los resultados.* (D. Perez, Ed.) doi:http://dx.doi.org/10.18235/0003228

Quintero, H. (17 de enero de 2014). *Impactos de los pestticidas y herbicidas toxicos en el sistema hormonal y animal.* Obtenido de Revista Semillas: https://www.semillas.org.co/es/impactos-de-los-pesticidas-y-herbicidas-t

Ramirez, I., Vargas, A., & Arroyave, A. (2022). *Relacion entre el pH y las mediciones de conductividad ecetrica en un suelo ubicado en Medellín,.* Obtenido de Revista Ingenierías USBMed: https://portal.amelica.org/ameli/journal/536/5363548006/5363548006.pdf

Ronco, A. (17 de julio de 2018). *Fitotóxicos como alternativa a herbicidas contaminantes.* Obtenido de MoleQla - Revista de Ciencias de la universidad Pablo Olavide: págs. 71-74: https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero30/Fitotoxicos.pdf

Rueda, A., & Santos, S. (2020). *"Utilización de glifosato y su efecto en las propiedades químicas en suelos cultivados de café (Coffea arabica), en el distrito de Chirinos –*

San Ignacio". Obtenido de Repositorio Universidad Cesar Vallejo: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/49413/Rueda_GJA.%20Santos_MS.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Sánchez, D. (Julio - Diciembre de 2019). Respuesta agronómica de mucilago de cacao (Theobroma cacao L.) en cultivo de maíz (Zea mays L.). *Ciencia en Desarrollo, Vol 10(2)*, 43–58. doi:https://doi.org/10.19053/01217488

Sánchez, D., Rodríguez, W., Castro, D., & Trujillo, E. (2019). *Respuesta agronómica de mucilago de cacao (Theobroma cacao L.) en cultivo de maíz (Zea mays L.).* doi:https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.7958

Sánchez, M., & Rodríguez, W. (2019). Respuesta agronómica de mucilago de cacao (Theobroma cacao L.) en cultivo de maíz (Zea mays L.). *ScIELO, vol.10*, 27-34. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-74882019000200043

Sanchez, R., & Rosales, E. (2016). *Clasificacion y uso de los Herbicidas por su modo de accion.* Obtenido de Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agricolas y Pesuarias (inifap): https://www.compucampo.com/tecnicos/clasificacionherbs.pdf

SENASA. (13 de julio de 2020). *MINAGRI prohíbe importación y registro de Paraquat.* Obtenido de Plataforma Digital Unica del Estado Peruano: https://www.gob.pe/institucion/senasa/noticias/298369-minagri-prohibe-importacion-y-registro-de-paraquat

Soares, T., & Oliveira, M. (2022). Subproductos del cacao: caracterización de compuestos bioactivos y efectos beneficiosos para la salud. *Molecules*, 1625. doi:https://doi.org/10.3390/molecules27051625

Tituaña, L., & Vera, D. (2021). 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. *Facultad De Ciencias Naturales Y Matemáticas.* ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, GUAYAQUIL, Ecuador. Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52091?mode=full

Tovar, A. (04 de abril de 2023). *SaludconLupa.* Obtenido de Perú exporta alimentos seguros, pero usa 27 plaguicidas prohibidos en los productos para el consumo local.: https://saludconlupa.com/series/un-veneno-oculto-en-mi-plato/peru-exporta-

alimentos-seguros-pero-usa-27-plaguicidas-prohibidos-en-los-productos-para-el-consumo-local/

Trillo, N. (2021). *Efecto del mucílago de cacao (Theobroma cacao L.) en el control de malezas y la composición del suelo en el fundo Bio Selva - Satipo.* Obtenido de Repositorio Universidad Nacional del Centro del Peru (UNCP): http://hdl.handle.net/20.500.12894/4016

Vallejo, C., Diaz, R., Morales, W., Sorta, R., Vera, J., & Baren, C. (2016). Utilizacion del Mucilago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtencion de Jalea. *ESPAMCIENCIA*, 51-58. Obtenido de https://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/116/99

Vera, J. (junio de 2023). *Mucílago de cacao (CCN-51) en la elaboración de almíbar de manzana con propiedades antioxidantes.* Obtenido de DATEH. Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial, y Humanista: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9181001

Vera, J., & Alvarado, K. (08 de 2023). *Caracterizacion de la miel obtenida del mucilago de tres grupos geneticos de cacao (Theobroma cacao L.).* doi:http://dx.doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v8i2.5728

Vera, R., Valle, W., Pallarozo, R., & Duma, K. (diciembre de 2022). *Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas.* Obtenido de Revista Sinapsis. Vol. 2, Nro 21, ISSN 1390 – 9770: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9052304.pdf

Villanueva, D., & Villar, M. (2019). *Aprovechamiento del jugo del mucílago de cacao (theobroma cacao l.) en la elaboración de productos agroindustriales (néctar, vino y vinagre).* Obtenido de ALICIA: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE_27e8e6b778ecfe742477304521474468

Vizcaíno, P., Cedeño, R., & Maldonado, I. (2021). *Metodología de la investigación científica: guía práctica.* Obtenido de Ciencia Latina- Revista Multidiciplinar: https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7658/11620#:~:text=En%20el%20campo%20de%20la,la%20investigaci%C3%B3n.%2C%202021).

Zegarra, R., & Arévalo, N. (03 de mayo de 2019). *Malezas Dominantes en los Cultivos del Instituto de Investigacion, Produccion, y Extencion Agraria (Inprex) y del Centro Experimental Agricola (CEA) II"Los Puchones" Tacna - 2014.* doi:https://doi.org/10.33326/26176033.2015.20.512

Zuñiga, Y. (2019). *"Evaluacion de tres herbicidas sistemicos post emergentes en el control de la Puca Kora (Rumex acetosella) en la Comunidad de Rosaspata, Distrito de Kishuara, Andahuaylas - Peru- 2018".* Obtenido de Repositorio Universidad San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC): https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5087/253T20190845_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes