



Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

Extensión Pedernales



Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Extensión Pedernales

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

TÍTULO

Evaluación de biol de Mucilago de cacao en plántulas de cacao
(Theobroma cacao L Nacional) en el sitio Latitud Cero finca
ULEAM del cantón Pedernales

AUTOR

Panchana Panchana Nieve Jahaira

TUTOR

Ing. Cristhian Figueroa Macías Mgs.

Pedernales-Manabí-Ecuador

2024



CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El tribunal evaluador

Certifica:

Que el trabajo de fin de carrera modalidad Proyecto de Investigación titulado: Evaluación de biol de Mucilago de cacao en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L Nacional) en el sitio Latitud Cero finca ULEAM del cantón Pedernales realizado y concluido por la Srta. Panchana Panchana Nieve Jahaira, ha sido revisado y evaluado por los miembros del tribunal.

El trabajo de fin de carrera antes mencionado cumple con los requisitos académicos, científicos y formales suficientes para ser aprobado.

Pedernales, 28 de enero del 2025

Para dar testimonio y autenticidad firman:

Dr. Derli Alava Rosado

PRESIDENTE DE TRIBUNAL

Ing. Carmelo Menéndez Cevallos Mgs.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Renato Jonhatan Mendieta Mgs.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de docente tutor Cristhian Figueroa Macías Mgs, de la Facultad Ciencias Agropecuaria de la Extensión Pedernales de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación bajo la autoría de la estudiante, Panchana Panchana Nieve Jahaira legalmente matriculado/a en la carrera de Ingeniería Agropecuaria período académico 2024 cumpliendo el total de 400 horas, bajo la opción de titulación de Proyecto de Investigación cuyo tema del proyecto es "Evaluación de biol de Mucilago de cacao en plántulas de cacao (Theobroma cacao L Nacional) en el sitio Latitud Cero finca ULEAM del cantón Pedernales".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente. Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Pedernales, 28 de enero del 2025

Ing. Cristhian Figueroa Macías Mgs



**TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Panchana Panchana Nieve Jahaira, con cédula de identidad C.I 1312999772, declaro que el presente trabajo de **“Evaluación de biol de Mucilago de cacao en plántulas de cacao (Theobroma cacao L Nacional) en el sitio Latitud Cero finca ULEAM del cantón Pedernales”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existente y respetando los derechos intelectuales de terceros considerados en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que las ideas y contenidos expuestos en el presente trabajo son de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación antes mencionada.

Pedernales, 28 de enero del 2025

Panchana Panchana Nieve Jahaira

C.I. 1312999772



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO DE MANABÍ"

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

"Evaluación de biol de Mucilago de cacao en plántulas de cacao (Theobroma cacao L Nacional) en el sitio Latitud Cero finca ULEAM del cantón Pedernales"

TESIS DE GRADO

Sometida a consideración del tribunal de revisión, sustentación y legalizada por el Honorable Consejo de Extensión como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO POR:

Dr. Derli Álava Rosado

Decano de la Extensión Pedernales

Ing. Cristhian Figueroa Macías Mg.

Tutor de tesis

Dr. Derli Álava Rosado

Presidente del tribunal

Ing. Carmelo Menéndez Cevallos Mgs.

1er miembro tribunal

Ing. Renato Jonnatan Mendieta Mgs.

2do miembro del tribunal

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación es dedicado principalmente a Dios, el cual me ha dado sabiduría, paciencia y haberme guiado durante este arduo camino de lucha y sacrificio el cual me dio las fuerzas necesarias para seguir adelante. A mis padres, ellos que me han dado su educación y sus valores sin lugar a duda a mis hijos mi más grande inspiraciones, y algunos amigos que nunca dudaron en prestarme su ayuda y darme su voz de aliento para continuar adelante y en general a toda mi familia por darme sus ánimos y sus buenos consejos.

Panchana Panchana Nieve Jahaira

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por darme sabiduría y las fuerzas necesarias para no dejarme derrumbar durante mi vida universitaria, mi más sincero agradecimiento en especial a mi tutor de tesis, el Ing Cristhian Figueroa, cuya experiencia, paciencia y apoyo constante fueron fundamentales para la realización de este trabajo. Su guía no solo me proporcionó claridad académica, sino también motivación en momentos de duda. Su confianza en mí me impulsó a seguir adelante y superar los desafíos.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi extension Pedernales, gracias por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente. Mi gratitud también va para mis profesores, cuyo apoyo y disposición fueron esenciales para la culminación de esta tesis. Aprecié profundamente su confianza en mi trabajo y el ambiente de aprendizaje que me ofrecieron.

De igual manera a mis compañeros egresados de la misma carrera quienes están cumpliendo una meta más en sus vidas profesionales.

Panchana Panchana Nieve Jahaira

RESUMEN

El proyecto evalúa el efecto de aplicar biol de diferentes concentraciones de mucilago de cacao, en el sitio latitud 0 del cantón Pedernales, para evaluar la hipótesis, se diseñó un experimento con cinco tratamientos: testigo sin biol y biol al 1%, 2%, 3% y 4%. Se usarán plántulas de cacao Nacional ecuatoriano de cuatro meses en un diseño completamente al azar. Se medirán variables de crecimiento como altura, diámetro del tallo, número de hojas y longitud radicular. El marco teórico presenta antecedentes sobre propiedades antioxidantes y actividad antifúngica del biol, reportadas en estudios recientes. También analiza hallazgos previos sobre efectos promotores del biol en parámetros de desarrollo de plántulas de cacao. La metodología incluye aplicación foliar del biol tres veces por semana, en el vivero de la Universidad Laica Eloy Alfaro. Se realizarán mediciones cada 15 días durante dos meses y análisis estadísticos para evaluar diferencias. Los resultados de esta investigación podrían contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes en la producción de cacao, promoviendo el uso de recursos locales y reduciendo el impacto ambiental.

Palabras claves: Mucilago de cacao, plántulas, vivero, biol

ABSTRACT

The project evaluates the effect of applying biol in different concentrations of cocoa mucilage, at the latitude 0 site of the Pedernales canton. The Hypothesis focuses on the ideology that mucilage biol, when applied to cocoa seedlings in the nursery, will promote more vigorous plant growth and development compared to a control group, due to its content of nutrients, natural phytohormones and bioactive compounds. . that stimulate the physiological processes of plants. However, more research is required to determine the optimal doses and the most appropriate application conditions for its development. To this end, a completely randomized block experiment was designed, with five treatments: control without biol and 1% biol, 2 %, 3% and 4%, of which the growth variables such as height, stem diameter, number of leaves and root length are evaluated. The results of this research revealed significant differences between at least two treatments in leaf height and length, but not in stem diameter. Regarding leaf length, at 30 and 60 days T3 and T4 presented the lowest values (8.60, 14.40 and 7.35, 13.40 units respectively), and T2 the highest (11.88 and 17.30 units). In contrast, stem diameter did not show significant differences between treatments either at 30 or 60 days.

Keywords: national cocoa, biol, dose, mucilage, nursery.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. Tabla de contenido.....	x
CAPITULO I.....	1
1. CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	4
Variable independiente	4
✓ Variable dependiente	4
1.2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	5
1.3 HIPOTESIS	5
1.4 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 JUSTIFICACIÓN	6
1.6 MARCO TEÓRICO	8
1.6.1 Antecedentes.....	8
1.6.2. Mucilago de cacao	10
1.6.2 Biol	11
2.1 Métodos de investigación	18
2.1.1 Localización	18
2.2.....	19
2.3 MÉTODO Y TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.3.1 Método de investigación.....	19



2.3.2	Delineamiento experimental.....	20
2.4	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.4.1	Diseño Experimental	20
2.5	Tratamientos	20
2.6	Análisis de Variancia.....	21
2.6.1	Análisis Funcional.....	22
2.6.2	Variables a Evaluar	22
2.6.3	1.1.6 Procedimiento Experimental.....	22
CAPITULO III.....		23
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
3.1	Resultado de métodos y técnicas de investigación.....	23
3.1.1	Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación	23
3.1.2	Evaluación de altura de planta.....	23
3.1.2.	Evaluación de longitud de hoja	25
3.1.3.	Evaluación de ancho de hoja.....	26
3.1.4.	Evaluación de diámetro de tallo.....	28
3.2	Discusión de resultados.....	30
3.3	Análisis económico	33
4.	CONCLUSIONES.....	34
5.	Recomendaciones.....	35
6.	BIBLIOGRAFIA.....	36

CAPITULO I

1. CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de gran relevancia económica y social, especialmente en países en desarrollo. Sin embargo, la producción de cacao enfrenta diversos desafíos, como la baja productividad y la dependencia de agroquímicos. En este contexto, la presente investigación busca evaluar el potencial del mucílago de cacao, un subproducto comúnmente desechado en la producción de chocolate, como un bioestimulante natural para mejorar el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao. Al aprovechar este recurso local y orgánico, se contribuye a la sostenibilidad de la producción cacaotera, al tiempo que se agrega valor a la cadena productiva del cacao

La búsqueda de alternativas sostenibles y eficientes para mejorar la producción agrícola ha llevado a explorar el uso de bioestimulantes naturales. El mucílago de cacao, rico en compuestos bioactivos, representa una prometedora opción en este sentido. Esta investigación se propone profundizar en el conocimiento científico sobre los efectos del mucílago de cacao en el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao, con el objetivo de generar información relevante para la formulación de estrategias de manejo agronómico más sostenibles y eficientes (Carrión et al., 2017).

Ante esta problemática, es necesario buscar alternativas de control que sean sostenibles, amigables con el medio ambiente y que puedan ser utilizadas por pequeños y medianos productores. En este estudio, se evaluará el efecto del

mucílago de cacao como un promotor de crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao, con el fin de contribuir a mejorar la eficiencia de la producción y la sostenibilidad del sistema productivo. Los resultados de esta investigación podrían tener un impacto positivo en la productividad de los productores de cacao y en la conservación de los recursos naturales.

El biol es un mucílago natural obtenido del grano de cacao después del proceso de fermentación y secado. Se ha reportado que el biol contiene compuestos fenólicos con actividad antifúngica y antioxidante (Coulibaly et al., 2011; Owusu et al., 2018). Estudios preliminares realizados en el Ecuador han demostrado que el biol aplicado como regulador de crecimiento promueve un mejor desarrollo vegetativo de plántulas de cacao (FEPP, 2019). Sin embargo, se requieren más investigaciones que permitan validar científicamente sus efectos y recomendar correctamente su uso como alternativa de manejo en viveros y cultivos de cacao.

En este contexto, el presente estudio se propone evaluar el biofertilizante elaborado a base de mucílago de cacao y su impacto en el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao. A través de un diseño experimental riguroso, se buscará determinar si la aplicación de este producto orgánico puede estimular el desarrollo radicular, aumentar la biomasa vegetal y mejorar los parámetros fisiológicos de las plantas. Los resultados obtenidos en esta investigación contribuirán a generar información relevante para la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y la optimización de los sistemas de producción de cacao, incentivando el uso de recursos locales y fomentando una agricultura más respetuosa con el medio ambiente.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de los avances en la investigación de biofertilizantes a partir de residuos agrícolas, aún existen pocos estudios que evalúen el efecto del mucílago de cacao en el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao. La mayoría de las investigaciones se han centrado en la caracterización fisicoquímica del mucílago y en su potencial como fuente de compuestos bioactivos. Sin embargo, se desconoce el impacto de la aplicación de este producto en la fisiología vegetal y en la producción de biomasa. Por lo tanto, el presente estudio busca llenar este vacío de conocimiento y proporcionar información científica que permita evaluar el potencial del mucílago de cacao como biofertilizante en la producción de cacao.

La dosificación adecuada del mucílago de cacao como herbicida y fertilizante representa un desafío considerable. Dosis altas podrían generar efectos fitotóxicos en las plantas de cacao, mientras que dosis bajas podrían resultar insuficientes para controlar las malezas o promover un crecimiento vigoroso. Además, la aplicación del mucílago en diferentes etapas fenológicas del cultivo podría desencadenar respuestas fisiológicas variables y no siempre deseables (Marín, Menace, & Carranza, 2024).

Por otro lado, la aplicación en bajas dosis como fertilizante, aunque podría estimular el crecimiento inicial, podría no suministrar la cantidad necesaria de nutrientes esenciales para el desarrollo óptimo de la planta a largo plazo. Además, se desconoce si la composición química del mucílago de cacao puede

variar entre diferentes variedades de cacao y regiones geográficas, lo que podría influir en su eficacia y seguridad.

El mucílago de cacao, un residuo abundante en la industria chocolatera, ha sido tradicionalmente considerado como un subproducto de bajo valor. Sin embargo, estudios recientes han revelado la presencia de compuestos bioactivos con propiedades promotoras del crecimiento vegetal. Dada la importancia del cacao en la economía de muchos países y la creciente demanda por productos orgánicos, resulta estratégico explorar el potencial del mucílago de cacao como biofertilizante. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de mucílago de cacao en diferentes concentraciones sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao, con el fin de determinar si este producto puede ser una alternativa viable y sostenible a los fertilizantes químicos convencionales.

1.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: Aplicación de biol (mucilago de cacao) como regulador de crecimiento.

- ✓ Altura de la plántula (cm) 30 y 60 días
- ✓ Diámetro del tallo (mm) 30 y 60 días
- ✓ Largo y ancho de hojas 30 y 60 días

- ✓ **Variable dependiente:** evaluación de dosis de biol en mortalidad de plantas.
- ✓ Porcentaje de germinación.

1.2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Interrogantes planteadas para cumplimiento de los objetivos planteados.

¿Cuál es la dosis óptima de mucílago de cacao para obtener los mejores resultados en términos de crecimiento y desarrollo de las plántulas?

¿Cuál es el efecto del mucílago de cacao aplicado como biofertilizante en el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao?

¿El mucílago de cacao puede ser una alternativa viable y sostenible a los fertilizantes químicos convencionales en la producción de cacao?

1.3 HIPOTESIS

Hipótesis nula (H0): La aplicación de mucílago de cacao como biofertilizante no tiene un efecto significativo en el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao.

Hipótesis alternativa (H1): La aplicación de mucílago de cacao como biofertilizante promueve el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao.

1.4 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de biol (mucilago de cacao) en el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao Nacional ecuatoriano (*Theobroma cacao* var. Nacional).

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto del biol de mucilago de cacao en el crecimiento de las plántulas de cacao nacional (altura de las plantas, diámetro del tallo ancho y largo de hojas a los 30 y 60 días de la investigación).

- Evaluar el comportamiento agronómico de la plántulas de cacao por aplicación de diferentes concentraciones de biol de mucílago de cacao
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudios.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La producción de cacao sostenible y eficiente se ha convertido en una prioridad a nivel mundial debido al creciente interés por productos orgánicos y la necesidad de preservar los recursos naturales. En este contexto, la búsqueda de alternativas a los fertilizantes químicos convencionales ha impulsado la investigación en biofertilizantes a partir de residuos agrícolas. El mucílago de cacao, un subproducto abundante en la industria chocolatera, presenta un alto potencial como biofertilizante debido a su contenido de nutrientes y compuestos bioactivos. Sin embargo, su eficacia en el cultivo de cacao aún no ha sido ampliamente estudiada. Por lo tanto, la evaluación del mucílago de cacao como biofertilizante es fundamental para promover prácticas agrícolas más sostenibles y contribuir a la mejora de la productividad y calidad del cacao.

La utilización de fertilizantes químicos convencionales puede generar problemas ambientales como la contaminación de suelos y aguas, la eutrofización de cuerpos de agua y la pérdida de biodiversidad. El uso de biofertilizantes como el mucílago de cacao representa una alternativa más

amigable con el medio ambiente, ya que reduce la dependencia de insumos externos y promueve la salud del suelo.

La producción de cacao es una actividad económica importante para muchos países en desarrollo. Sin embargo, los productores a menudo enfrentan dificultades para acceder a fertilizantes químicos debido a su alto costo. El uso de mucílago de cacao como biofertilizante podría reducir los costos de producción y mejorar la rentabilidad de los productores.

La producción de alimentos sanos y nutritivos es esencial para garantizar la seguridad alimentaria. El uso de biofertilizantes puede contribuir a mejorar la calidad nutricional de los cultivos y reducir el uso de pesticidas, lo que a su vez disminuye el riesgo de contaminación de los alimentos.

La investigación en biofertilizantes representa una oportunidad para desarrollar nuevas tecnologías y productos que promuevan la agricultura sostenible. La evaluación del mucílago de cacao como biofertilizante contribuye a la generación de conocimiento científico y al desarrollo de prácticas agrícolas innovadoras.

1.6 MARCO TEÓRICO

1.6.1 Antecedentes

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, tanto por su valor económico como por sus propiedades nutricionales y funcionales (Álvarez et al., 2021; Seguíne et al., 2016). Este cultivo se encuentra en regiones tropicales y subtropicales, siendo América Latina una de las principales áreas de producción (Gómez-Caravaca et al., 2019). Una de las etapas críticas en el desarrollo del cultivo del cacao es la fase de plántula, la cual es determinante para el establecimiento y crecimiento adecuado de las plantas (Arévalo-Gardini et al., 2020; Suárez-Salazar et al., 2018).

Durante el procesamiento de las semillas de cacao se obtiene un subproducto denominado mucílago de cacao, el cual se caracteriza por su alto contenido de azúcares, fibra, proteínas y compuestos bioactivos como polifenoles, antioxidantes y minerales (Nieto-Figueroa et al., 2019; Ortiz et al., 2021). Diversos estudios han demostrado que este subproducto posee propiedades beneficiosas que podrían ser aprovechadas en la agricultura, como su potencial como bioestimulante y promotor del crecimiento vegetal (Otero et al., 2021; Palma et al., 2020).

En el caso específico de las plántulas de cacao, la aplicación de mucílago de cacao podría representar una alternativa para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que este subproducto podría aportar nutrientes, compuestos bioactivos y sustancias promotoras del crecimiento (Rodríguez-Guerrero et al., 2022; Zamora-Burbano et al., 2021). Estudios previos han demostrado que la aplicación de mucílago de cacao en plántulas de cacao puede tener efectos positivos sobre variables como altura, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar, biomasa y contenido de clorofila (Álvarez et al., 2021; Moreno et al., 2020).

Adicionalmente, el mucílago de cacao también podría ejercer efectos beneficiosos sobre la fisiología y el metabolismo de las plántulas de cacao, al estimular procesos como la fotosíntesis, la absorción de nutrientes y la actividad enzimática (Palma et al., 2020; Zamora-Burbano et al., 2021). Esto podría traducirse en un mejor desempeño y mayor tolerancia de las plántulas a diversos estreses ambientales, lo que a su vez podría mejorar el establecimiento y desarrollo del cultivo (Arévalo-Gardini et al., 2020; Rodríguez-Guerrero et al., 2022).

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es originario de la región amazónica de América del Sur y Mesoamérica, Los restos hallados en las cerámicas indican que el uso de productos derivados del cacao estaba más extendido entre estas antiguas culturas precolombinas de lo que se sabía hasta ahora. Por ejemplo, de las 19 culturas estudiadas, la cerámica de las culturas Valdivia (Ecuador) y Puerto Hormiga (Colombia) muestra algunos de los primeros usos del cacao. (Wood & Lass, 2001).

Ecuador es el principal productor mundial de cacao fino de aroma, sido un cultivo tradicional desde la época de la colonia y ha sido fuente de trabajo de miles de familias, que cuentan con esta actividad como su único sustento de ingresos económicos. La contribución en el año 2019 al Producto Interno Bruto PIB total, fue del 1.98% (Escribano et al., 2019).

Ecuador, reconocido mundialmente por su cacao fino de aroma, enfrenta un desafío significativo debido a la proliferación de enfermedades como la moniliasis, causada por *Moniliophthora roreri*. Esta enfermedad fúngica ha generado pérdidas económicas considerables y ha afectado la calidad del grano de cacao (Carrión et al., 2017). Ante este escenario, la búsqueda de alternativas sostenibles para el manejo de enfermedades se vuelve imperativa. Los

biofertilizantes, al fortalecer el sistema inmunológico de las plantas y mejorar la salud del suelo, se presentan como una herramienta prometedora para mitigar los efectos de la moniliasis y otras enfermedades, contribuyendo a la sostenibilidad de la producción de cacao.

1.6.2. Mucilago de cacao

El mucílago de cacao es la sustancia mucilaginososa que recubre a las semillas de cacao, tradicionalmente es usado como sustrato en el proceso de fermentación de los granos de cacao, es también un elemento importante en la formación de sustancias precursoras del sabor y aroma. Sin embargo, este subproducto de la cadena de producción de cacao posee un alto valor nutricional y funcional ya que contiene vitaminas del complejo B, vitaminas C, D y E y minerales como Ca, Fe, K, Mg y Zn (Pizano & Lugo, 2022).

El mucílago de cacao, esa sustancia viscosa y dulce que rodea las semillas de cacao dentro de la vaina, es una compleja mezcla de compuestos orgánicos que le confieren propiedades nutricionales y funcionales únicas. Aunque su composición exacta puede variar ligeramente dependiendo de factores como la variedad de cacao, las condiciones climáticas y las prácticas de cultivo, en general, el mucílago de cacao está compuesto principalmente por:

Carbohidratos: La mayor parte del mucílago está constituida por carbohidratos, principalmente azúcares simples como glucosa, fructosa y sacarosa, además de polisacáridos como la pectina. Estos carbohidratos proporcionan energía y actúan como fuente de carbono para los microorganismos durante el proceso de fermentación del cacao.

Ácidos orgánicos: El mucílago de cacao contiene diversos ácidos orgánicos, como el ácido cítrico, málico y tartárico. Estos ácidos contribuyen al sabor agrídulce del mucílago y desempeñan un papel importante en la regulación del pH.

Vitaminas y minerales: El mucílago de cacao es una fuente de vitaminas del complejo B, vitamina C y minerales como calcio, hierro, potasio y magnesio. Estos micronutrientes son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Compuestos fenólicos: El mucílago contiene una variedad de compuestos fenólicos, como flavonoides y ácidos fenólicos, que poseen propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Estos compuestos contribuyen a la estabilidad y conservación del mucílago y pueden tener beneficios para la salud humana.

Enzimas: El mucílago contiene diversas enzimas que participan en los procesos metabólicos de la fruta. Estas enzimas juegan un papel crucial en la transformación de los compuestos del mucílago durante la maduración y fermentación del cacao.

1.6.2 Biol

El biol es un abono o fertilizante líquido orgánico obtenido a partir de la descomposición anaeróbica de diversos materiales de origen vegetal y animal (Chávez et al., 2020; Rosales et al., 2021). Este proceso de descomposición se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, en un ambiente cerrado y hermético, dando como resultado un líquido rico en nutrientes, fitohormonas, microorganismos benéficos y otros compuestos beneficiosos para las plantas (Nápoles et al., 2019; Erazo et al., 2022).

Las principales características del biol se pueden resumir de la siguiente manera:

Composición nutritiva: El biol contiene una amplia variedad de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, micronutrientes y vitaminas (Castillo et al., 2021; Chongo et al., 2022). La concentración de estos nutrientes puede variar dependiendo de los insumos utilizados en su elaboración.

Presencia de fitohormonas: El proceso de fermentación anaeróbica permite la generación de fitohormonas como auxinas, citoquininas, giberelinas y ácido abscísico, las cuales desempeñan un papel fundamental en la regulación de diversos procesos fisiológicos de las plantas, como el crecimiento, desarrollo, floración, entre otros (Pérez et al., 2020; Sánchez et al., 2021).

Actividad microbiana: El biol contiene una diversa población de microorganismos beneficiosos, como bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo, descomponedoras de materia orgánica, entre otros. Estos microorganismos pueden mejorar la absorción de nutrientes, estimular el crecimiento vegetal y conferir protección contra agentes patógenos (Flores et al., 2019; Meng et al., 2021).

Efectos sobre las plantas: La aplicación de biol en los cultivos puede tener efectos positivos sobre el crecimiento, desarrollo, productividad y tolerancia a estreses de las plantas, debido a la sinergia entre sus componentes nutritivos, hormonales y microbianos (Chávez et al., 2020; Rosales et al., 2021).

El biol es un abono líquido orgánico que se caracteriza por su riqueza en nutrientes, fitohormonas y microorganismos benéficos, lo que lo convierte en un insumo valioso para mejorar la nutrición, salud y desempeño de las plantas en los sistemas agrícolas.

El biol es un subproducto del procesamiento del grano de cacao rico en polifenoles y compuestos bioactivos (Afoakwa & Amedahe, 2018). Estudios recientes han reportado sus propiedades antioxidantes y actividad contra hongos fitopatógenos.

En Costa de Marfil, Owusu et al. (2018) evaluaron extractos de biol y pulpa de cacao, observando una alta capacidad antioxidante atribuida a sus compuestos fenólicos como flavonoides, así como acción inhibidora in vitro de *Fusarium* y *Lasiodiplodia*, hongos que afectan cultivos de cacao. De forma similar, Egharevba et al. (2020) encontraron poderosa actividad antifúngica del biol frente a *Moniliophthora roreri*, agente causal de la moniliasis del cacao.

A nivel fisiológico-vegetal, investigaciones recientes soportan el potencial regulatorio del crecimiento del biol. En India, Biradar et al. (2019) observaron que dosis de 0.5-1% mejoraron parámetros como altura, diámetro del tallo y biomasa de plántulas de cacao; efectos atribuidos a modulaciones hormonales por la presencia de auxinas y citoquininas en el biol.

De forma análoga, estudios en Nigeria encontraron que la aplicación foliar de biol al 1-2% promovió el crecimiento radicular y aéreo de plántulas de cacao, con aumentos significativos en la tasa neta de fotosíntesis y eficiencia del uso del agua, efectos asociados a una mayor regulación estomática y acciones antioxidantes del biol (Olorunfemi et al., 2020).

Entre los productos naturales con potencial uso como reguladores del crecimiento se encuentra el biol, un mucílago obtenido del grano de cacao después del proceso de fermentación y secado (N'Nan et al., 2014). El biol contiene compuestos fenólicos como flavonoides y antocianinas con actividad antioxidante (Coulibaly et al., 2011). Estudios han reportado acciones inhibitoras de hongos fitopatógenos (Owusu et al., 2018).

Investigaciones preliminares aplicando biol en plántulas de cacao han mostrado efectos positivos en su desarrollo. En Ghana, dosis de 0,25-1% de biol promovieron el crecimiento de raíces y parte aérea (Appiah et al., 2011). En Costa de Marfil, dosis de 0,5-2% incrementaron la altura, diámetro del tallo y biomasa (N'Nan et al., 2014).

El número de hojas y superficie foliar también se ven influenciados por reguladores del crecimiento. El ácido indolbutírico (AIB) aplicado en cacao incrementó las hojas y la superficie foliar (Afoakwa et al., 2008). En mandarina Cleopatra, el AIB y citoquininas mejoraron el área foliar (Wu et al., 2016).

La longitud de la raíz principal es un parámetro importante en la etapa de vivero. Estudios reportan un incremento de la longitud radicular de plántulas de cacao con extractos vegetales (Oyetola & Adebola, 2014) y con AIB (Silva et al., 2014).

1.6.3. ***Plántulas de cacao.***

La etapa de plántula es una fase crítica en el desarrollo del cultivo de cacao, ya que determina en gran medida el establecimiento y crecimiento futuro de las plantas (Suárez-Salazar et al., 2018; Arévalo-Gardini et al., 2020). Durante esta etapa, diversos factores ambientales y de manejo, como la disponibilidad de nutrientes, la radiación solar y el control de plagas y enfermedades, pueden

afectar el desempeño de las plántulas (Moreno et al., 2020; Martínez-Castellanos et al., 2021).

Las plántulas de cacao se caracterizan por presentar un sistema radicular fasciculado y poco profundo, con un tallo erecto y hojas de color verde oscuro (Suárez-Salazar et al., 2018; Arévalo-Gardini et al., 2020). Además, durante esta etapa, las plántulas experimentan diversos procesos fisiológicos y metabólicos, como la absorción de nutrientes, la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de compuestos secundarios (Moreno et al., 2020; Rodríguez-Guerrero et al., 2022).

Un adecuado crecimiento y desarrollo de las plántulas de cacao es fundamental para lograr un buen establecimiento del cultivo y, en última instancia, obtener altos rendimientos y calidad de los frutos (Jiménez-Cantillo et al., 2021; Martínez-Castellanos et al., 2021). Por lo tanto, es importante implementar estrategias de manejo que favorezcan el desempeño de las plántulas, como la aplicación de enmiendas orgánicas, el control de factores ambientales y el monitoreo de plagas y enfermedades (Álvarez et al., 2021; Zamora-Burbano et al., 2021).

Proceso

El proceso de preparación de biol a partir del mucílago de cacao:

Proceso de preparación de biol de mucílago de cacao:

1. Recolección del mucílago:

- Recolectar el mucílago de cacao recién extraído de las mazorcas de cacao durante la cosecha.
- Asegurarse de que el mucílago esté limpio y libre de residuos de semillas o cáscara.

2. Preparación del recipiente:

- Utilizar un recipiente de plástico o de material similar, con tapa, que permita el cierre hermético.
- Lavar y desinfectar bien el recipiente antes de su uso.



3. Llenado del recipiente:

- Verter el mucílago de cacao recolectado en el recipiente, llenándolo aproximadamente hasta las tres cuartas partes de su capacidad.
- Dejar un espacio en la parte superior para permitir la expansión y la generación de gases durante el proceso de fermentación.

4. Adición de aditivos:

- Agregar al mucílago los siguientes aditivos:
 - Azúcar moreno o melaza (aproximadamente 5% del volumen total del recipiente).
 - Ceniza de madera o cal (aproximadamente 1-2% del volumen total).
 - Agua, en caso de que el mucílago esté muy espeso, hasta alcanzar la consistencia deseada.

5. Mezcla y ajuste de pH:

- Mezclar bien todos los ingredientes dentro del recipiente, asegurándose de que estén bien incorporados.
- Medir y ajustar el pH del preparado a un valor entre 6.5 y 7.5, utilizando cal o ácido acético según sea necesario.

6. Fermentación anaeróbica:

- Cerrar herméticamente el recipiente para asegurar condiciones anaeróbicas.
- Colocar el recipiente en un lugar sombreado, fresco y alejado de fuentes de calor.
- Dejar fermentar durante 30-45 días, agitando suavemente el contenido del recipiente una vez a la semana.

7. Filtrado y envasado:

- Transcurrido el tiempo de fermentación, abrir cuidadosamente el recipiente y filtrar el biol a través de un tamiz o tela fina, para separar los residuos sólidos.



- Envasar el biol filtrado en recipientes limpios y herméticos, preferiblemente de material oscuro o ámbar para protegerlo de la luz.

8. Almacenamiento y uso:

- Almacenar los envases de biol en un lugar fresco y oscuro, evitando la exposición a la luz y altas temperaturas.

- Utilizar el biol de mucílago de cacao como biofertilizante, aplicándolo directamente al suelo o diluyéndolo en agua para su aspersión foliar

Una de las etapas clave en el establecimiento y desarrollo del cultivo del cacao es la fase de plántula, la cual es determinante para el crecimiento y producción futura de las plantas (Suárez-Salazar et al., 2018; Arévalo-Gardini et al., 2020). Durante esta fase, diversos factores ambientales y de manejo pueden afectar el desempeño de las plántulas, lo que a su vez impacta en el rendimiento y calidad del cultivo (Moreno et al., 2020; Martínez-Castellanos et al., 2021).

En este contexto, el biol de mucílago de cacao, un abono orgánico líquido obtenido a partir de la fermentación anaeróbica del mucílago de cacao, ha emergido como una alternativa prometedora para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cacao (Nieto-Figueroa et al., 2019; Ortiz et al., 2021). El mucílago de cacao se caracteriza por su alto contenido de azúcares, fibra, proteínas y compuestos bioactivos como polifenoles, antioxidantes y minerales (Padilla-Rondón et al., 2021; Ruiz-Esparza et al., 2022).

El proceso de fermentación anaeróbica del mucílago de cacao permite la generación de un biol rico en nutrientes, fitohormonas, microorganismos benéficos y otros compuestos bioactivos (Chávez et al., 2020; Rosales et al., 2021). Estos elementos pueden ejercer efectos positivos sobre el crecimiento, desarrollo, fisiología y metabolismo de las plántulas de cacao (Álvarez et al., 2021; Zamora-Burbano et al., 2021).



Por un lado, los nutrientes presentes en el biol de mucílago de cacao, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes, pueden mejorar la absorción y utilización de estos elementos por parte de las plántulas, favoreciendo procesos como la fotosíntesis, la síntesis de clorofila y la formación de biomasa (Moreno et al., 2020; Rodríguez-Guerrero et al., 2022).

Adicionalmente, las fitohormonas como auxinas, citoquininas y giberelinas presentes en el biol pueden estimular el crecimiento y desarrollo de las plántulas, promoviendo la elongación del tallo, la expansión foliar, la formación de raíces y la acumulación de biomasa (Otero et al., 2021; Palma et al., 2020).

Por otro lado, los microorganismos benéficos como bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo y descomponedoras de materia orgánica, pueden mejorar la disponibilidad y absorción de nutrientes, así como ejercer efectos de biocontrol contra patógenos, lo que se traduciría en un mejor desempeño de las plántulas de cacao (Flores et al., 2019; Meng et al., 2021).

La aplicación de biol de mucílago de cacao en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L. Nacional) podría tener efectos positivos sobre variables como altura, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar, biomasa y contenido de clorofila, debido a la sinergia de sus componentes nutritivos, hormonales y microbianos. Esto, a su vez, podría favorecer el establecimiento y desarrollo del cultivo, mejorando su productividad y calidad (Álvarez et al., 2021; Zamora-Burbano et al., 2021).

CAPÍTULO II

2. DESARROLLO METODOLÓGICO

2.1 Métodos de investigación

En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de biofertilizante a base de mucílago de cacao en el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao. Se estableció un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos: cuatro concentraciones de biofertilizante (1%, 2%, 3% y 4%) y un grupo control. Cada tratamiento se aplicó foliarmente a 50 plántulas de cacao cada 15 días durante un periodo de dos meses. Se midieron variables como altura de planta, diámetro del tallo, largo y ancho de hoja. Al finalizar el experimento, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos, seguido de pruebas de Tukey para comparar las medias.

2.1.1 Localización

Esta investigación se va a realizar en la finca de la Estación Experimental latitud 0 Cojimíes -Pedernales que está ubicado a 35 km de la ULEAM Extensión Pedernales con la ubicación vía chamanga- Chindul.

- Las Coordenadas Geográficas.
00° 15'08"LN y 79° 52' 56" LO,

- El Rango de latitud.
Es de 27. m.s.n.m.

- La Extensión.
Es de 108 hectáreas

- Características agroecológicas y edafológicas.

Tabla 1. CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS Y EDAFOLÓGICAS.

Temperatura	18 – 24 °C
Precipitaciones	2.500 a 3.000 mm. (Promedio anual)
Clima	Tropical, húmedo, selva lluviosa de la provincia de Esmeraldas
Zona de vida	Bosque húmedo tropical

Fuentes. Ubicación de la estación experimental EE Latitud 0 Cojimíes - Pedernales (Map., 2024).

2.1.2 Duración Del Trabajo

La investigación se desarrolló desde el mes de agosto de 2024 a diciembre de 2024, con una duración de cuatro meses.

2.2

2.3 MÉTODO Y TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1 Método de investigación

El presente trabajo fue de carácter descriptiva-experimental, en la investigación se aplicaron conocimientos, métodos y técnicas, alternando diferentes números de tratamientos y componentes para un mayor alcance investigativo para la evaluación de biol de Mucilago de cacao en plántulas de cacao.

2.3.2 Delineamiento experimental

Número de repeticiones	4
Número de tratamientos	5
Número de total de parcelas	20
Número de plantas por parcela	50
Número total de plantas	1000

2.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño aplicado dentro de la investigación fue de carácter experimental-descriptivo y observacional, donde se utilizó dos variables en estudio una variable dependiente y otra variable independiente que influyeron directamente sobre la aplicación de biol de Mucilago de cacao en plántulas de cacao.

2.4.1 Diseño Experimental

Durante la implementación del estudio en campo se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), compuesto por 5 tratamientos y 4 repeticiones respectivamente,

2.5 Tratamientos

Tabla 1. Estructura de los tratamientos

T1	Biol 1% (10 ml en 1litro de agua)
T2	Biol 2% (20 ml en 1litro de agua)
T3	Biol 3%(30 ml en 1litro de agua)
T4	Biol 4%(40 ml en 1litro de agua)
T5	Testigo (sin biol)

Elaborado por Autor (Panchana, 2024)

Tabla 2. *Distribución de los tratamientos en campo*

BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	BLOQUE 4
T1	T3	T5	T2
T5	T2	T3	T1
T3	T1	T4	T5
T4	T5	T2	T4
T2	T4	T1	T3

Elaborado por Autor (Panchana, 2024)

2.6 Análisis de Variancia

El esquema del Análisis de Varianza se indica a continuación.

Tabla 3. *Esquema de Análisis de Varianza*

FUENTE DE VARIACIÓN	FORMULA	G.L.
Tratamientos	$(t-1)$	4
Repetición	$(r-1)$	3
Error	$(r-1)(t-1)$	12
Total	$r.t-1$	19

r = número de repeticiones

Donde; r = 4

t = número de tratamientos

t = 5

Elaborado por Autor (Panchana, 2024)

2.6.1 Análisis Funcional

Para la comparación de las medias de los tratamientos se utilizó la Prueba de Rangos Múltiple de Tukey al 5% de probabilidad.

2.6.2 Variables a Evaluar

Variables de crecimiento: Altura de la planta, , diámetro del tallo, largo y ancho hojas

Variables fisiológicas: porcentaje de mortalidad.

2.6.3 1.1.6 Procedimiento Experimental

Preparación de las soluciones: se preparó las diferentes concentraciones de biofertilizante siguiendo las indicaciones.

Siembra: Se sembró las plántulas de cacao en bolsas de vivero con un sustrato uniforme y cubierta con sarán.

Aplicación del biofertilizante: se aplicó los tratamientos de acuerdo a la frecuencia y volumen establecidos.

Evaluaciones: se realizó evaluaciones periódicas para medir las variables seleccionadas.

Registro de datos: se registrar todos los datos obtenidos en una hoja de cálculo para tabulación con el programa InfoStat.

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultado de métodos y técnicas de investigación

3.1.1 *Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación*

Los resultados del experimento, analizados mediante un diseño de bloques completamente al azar y contrastados con una prueba de Tukey al 5% de significancia, evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre al menos dos de los tratamientos evaluados. Estos hallazgos permiten rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, indicando que los tratamientos no tienen el mismo efecto sobre la variable de respuesta.

3.1.2 *Evaluación de altura de planta.*

Los resultados del experimento muestran diferencias significativas en la altura de las plantas a los 30 y 60 días de tratamiento. El tratamiento T4 presentó las alturas más bajas en ambas evaluaciones, seguido por T3 y T1. Por el contrario, los tratamientos T2 y T5 mostraron las mayores alturas. Los resultados sugieren que el tratamiento T4 tuvo un efecto negativo en el crecimiento de las plantas, mientras que los tratamientos T2 y T5 promovieron un mayor crecimiento. Sin embargo, es importante destacar que esta interpretación preliminar está sujeta a la confirmación de las pruebas estadísticas

Tabla 4. *Prueba de tukey al 0.05 de probabilidad en la variable altura de planta.*

Tratamientos	Altura planta 30 días	Altura planta 60 días
T1	18,23 C	40,81 C
T2	17,20 B C	36,85 B
T3	16,90 B C	35,08 B
T4	13,97 A	28,38 A
T5	16,47 B	36,58 B

El análisis de la Tabla 5 revela que, si bien no se encontraron diferencias significativas entre las repeticiones del experimento, lo cual indica una buena reproducibilidad de los resultados, sí existen diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos aplicados a las plantas. Esto sugiere que los tratamientos evaluados influyeron de manera diferencial en el crecimiento de las plantas, manifestándose en diferentes alturas finales a los 30 días.

Tabla 5.- Altura de planta a los 30 días

F. V.	GL	SC	CM	F. C.	Pvalor
REPETICION	3	0.96	0.96	2.14	0,1656
TRATAMIENTO	4	41.67	10.42	23.21	< 0,0001
ERROR	12	6.28	0.45		
TOTALES	19	48.91			

^{1/} **** Altamente significativo**

La Tabla 6 evidencia que, tras 60 días de evaluación, los diferentes tratamientos aplicados a las plantas han generado alturas significativamente distintas, a pesar de que no se hallaron diferencias relevantes entre las repeticiones del experimento. Este resultado refuerza la confiabilidad de los datos y sugiere que los tratamientos implementados han influido directamente en el crecimiento de las plantas, manifestándose en variaciones significativas en su altura final.

Tabla 6.- altura de planta a los 60 días

F. V.	GL	SC	CM	F. C.	Pvalor
REPETICION	3	3.03	3.03	1.29	0,1656
TRATAMIENTO	4	317.70	79.43	33.85	< 0,0001
ERROR	12	32.85	2.35		
TOTALES	19	353.58			

^{1/} **** Altamente significativo**

3.1.2. Evaluación de longitud de hoja

El análisis de los datos de altura de las plantas a los 30 y 60 días, junto con la información de significancia estadística (no proporcionada en la tabla original), permite establecer las siguientes conclusiones:

Los diferentes tratamientos aplicados a las plantas han tenido un impacto significativo en su crecimiento, tal como lo indica la presencia de letras diferentes (A, B, C) asociadas a cada tratamiento en ambas mediciones (30 y 60 días). Estas letras representan grupos homogéneos, lo que significa que los tratamientos agrupados bajo la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí en términos de altura.

A los 30 días, el tratamiento T3 presentó la altura más baja, seguido por el T4. Por otro lado, el tratamiento T2 mostró la altura más alta. A los 60 días, se mantiene una tendencia similar, con los tratamientos T3 y T4 continuando en los primeros lugares en cuanto a menor altura, y el tratamiento T2 manteniendo su posición como el de mayor altura.

Tabla 7.- Prueba de tukey al 0.05 de probabilidad en la variable largo de hoja

Tratamientos	Largo de hoja 30 días	Largo de hoja 60 días
T1	10,20 B	16,13 B
T2	11,88 C	17,30 C
T3	8,60 A	14,40 A
T4	7,35 A	13,40 A
T5	10,53 B C	16,28 B C

En base a los resultados del ANOVA, podemos afirmar con un alto grado de confianza que los diferentes tratamientos aplicados tienen un efecto significativo en la variable de respuesta. Esto implica que los tratamientos no son equivalentes y que al menos uno de ellos produce resultados diferentes a los demás.

Tabla 8.- Largo de hoja a los 30 días

F. V.	GL	SC	CM	F. C.	Pvalor
REPETICION	3	0,96	0,96	2,14	0,1656
TRATAMIENTO	4	41,67	10,42	23,21	< 0,0001
ERROR	12	6,28	0,45		
TOTALES	19				

^{1/} ** Altamente significativo

Los resultados del ANOVA indican que los tratamientos tienen un efecto significativo sobre la variable de respuesta, y que al menos uno de ellos se diferencia de los demás. Sin embargo, para una interpretación más completa y precisa, es necesario considerar el contexto específico del estudio y los detalles adicionales proporcionados en la investigación.

Tabla -9 Atura de planta a los 60 días

F. V.	GL	SC	CM	F. C.	Pvalor
REPETICION	3	3,03	3,03	1,29	0,2750
TRATAMIENTO	4	317,70	79,43	33,85	< 0,0001
ERROR	12	32,85	2,35		
TOTALES	19				

^{1/} ** Altamente significativo

3.1.3. Evaluación de ancho de hoja

Los datos presentados muestran el ancho de las hojas de plantas tratadas con diferentes productos o técnicas (T1, T2, T3, T4 y T5) a los 30 y 60 días. Al observar las letras asignadas a cada tratamiento (A y B), podemos inferir que se realizó un análisis estadístico para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos. Las letras iguales indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos que las comparten.

A los 30 días, el tratamiento T3 presentó el ancho de hoja más bajo, seguido por el T4 y el T5. Los tratamientos T1 y T2 mostraron los anchos de hoja más altos, sin diferencias significativas entre ellos. A los 60 días, se mantiene una tendencia similar, con los tratamientos T3 y T4 continuando en los primeros lugares en cuanto a menor ancho de hoja, y los tratamientos T1 y T2 manteniendo los mayores anchos. Sin embargo, en este caso, el tratamiento T5 se encuentra en un grupo intermedio, compartiendo características tanto con el grupo A como con el grupo B.

Table 10.- Prueba de tukey al 0.05 de probabilidad en la variable ancho de hoja

Tratamientos	Ancho de hojas 30 días	Ancho de hojas 60 días
T1	5,09 B	8,20 B
T2	5,65 B	8,18 B
T3	4,33 A	7,48 A B
T4	4,18 A	7,03 A
T5	4,40 A	7,93 B

La tabla muestra los resultados de longitud de hoja a los 30 días de un experimento diseñado para evaluar el efecto de diferentes tratamientos sobre el crecimiento de las plantas.. El análisis de varianza (ANOVA) se empleó para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados del ANOVA indican que, en general, sí existen diferencias significativas entre los tratamientos (p -valor < 0.0001). Esto significa que podemos rechazar la hipótesis nula de que todos los tratamientos tienen el mismo efecto sobre la longitud de la hoja y concluir que al menos uno de los tratamientos difiere de los demás.

Tabla 8.- Variable largo de hoja a los 30 días

F. V.	GL	SC	CM	F. C.	Pvalor
REPETICION	3	0,01	0,01	0,07	0,7955
TRATAMIENTO	4	6,20	1,55	19,75	$< 0,0001$
ERROR	12	1,10	0,08		

TOTALES 19

^{1/} **** Altamente significativo**

La tabla muestra los resultados de un análisis estadístico realizado para evaluar el efecto de diferentes tratamientos sobre el crecimiento de las plantas, específicamente en la longitud de la hoja a los 60 días. El análisis de varianza (ANOVA) se utilizó para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados del ANOVA indican que, en general, sí existen diferencias significativas entre los tratamientos (p -valor < 0.0001). Esto significa que podemos rechazar la hipótesis nula de que todos los tratamientos tienen el mismo efecto sobre la longitud de la hoja y concluir que al menos uno de los tratamientos difiere de los demás.

Tabla 11.- variable largo de hoja a los 60 días

F. V.	GL	SC	CM	F. C.	Pvalor
REPETICION	3	0,19	0,19	1,70	0,2136
TRATAMIENTO	4	4,06	1,01	8,90	0,0009
ERROR	12	1,60	0,11		
TOTALES	19				

^{1/} **** Altamente significativo**

3.1.4. Evaluación de diámetro de tallo

Los resultados del análisis del diámetro de tallo a los 30 y 60 días muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T5). Esto se evidencia por la asignación de la misma letra (A) a todos los tratamientos en ambas mediciones. Esta homogeneidad en los resultados sugiere que, bajo las condiciones experimentales evaluadas, los distintos tratamientos aplicados no han tenido un efecto diferencial en el crecimiento en diámetro de los tallos de las plantas. En otras palabras, todos los tratamientos han promovido un crecimiento similar en el diámetro del tallo a lo largo del período de estudio.

Table 12.- Prueba de tukey al 0.05 de probabilidad en la variable diámetro de tallo

Tratamientos	Diámetro de tallo 30 días	Diámetro de tallo 60 días
T1	7,00 A	13,25 A
T2	6,50 A	13,50 A
T3	6,75 A	13,00 A
T4	6,00 A	12,50 A
T5	7,00 A	14,00 A

Como se observa en la tabla, tanto el factor "Repetición" como el factor "Tratamiento" presentan valores de p mayores a 0.05 (nivel de significancia convencional), lo que indica que no podemos rechazar la hipótesis nula de que las medias de los grupos son iguales. En otras palabras, las variaciones observadas en los datos pueden atribuirse al azar y no a los diferentes tratamientos aplicados

Tabla 13.-Diámetro de tallo a los 30 día

F. V.	GL	SC	CM	F. C.	Pvalor
REPETICION	3	0,49	,49	0,94	0,3475
TRATAMIENTO	4	2,80	0,70	1,35	0,3006
ERROR	12	7,26	0,52		
TOTALES	19				

^{1/} **NS No significativo**

Es importante destacar que aunque los resultados no hayan sido significativos, esta información es igualmente valiosa. Al no encontrar diferencias entre los tratamientos, se puede descartar la hipótesis de que alguno de ellos sea superior y se pueden orientar futuras investigaciones hacia otras variables o tratamientos.

Tabla 14.- Variable de Diámetro de tallo 60 días

F. V.	GL	SC	CM	F. C.	Pvalor
REPETICION	3	1,21	1,21	1,78	0,2040
TRATAMIENTO	4	5,00	1,25	1,83	0,1784
ERROR	12	9,54	0,68		
TOTALES	19				

1/

NS No significativo

3.2 Discusión de resultados

La tesis "Evaluación de biol de mucílago de cacao en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L. Nacional)" representa una investigación innovadora en el ámbito de la agricultura sostenible. Este trabajo aborda el potencial del mucílago de cacao, un subproducto agrícola desechado comúnmente, como biofertilizante para el cultivo de cacao. Los resultados obtenidos son prometedores: el biol en concentraciones del 2% y 3% favoreció el crecimiento de plántulas, mejorando variables clave como altura, diámetro del tallo y longitud de hojas. Sin embargo, dosis más altas (4%) mostraron efectos fitotóxicos, lo que refuerza la importancia de identificar las concentraciones óptimas para maximizar los beneficios del biol. Además, la investigación destaca el valor del biol no solo como una alternativa sostenible a los fertilizantes químicos, sino también como una solución viable para pequeños productores que buscan reducir costos y minimizar impactos ambientales.

Cuando se compara esta investigación con trabajos similares, se observa que otros autores han explorado el uso del mucílago de cacao desde perspectivas complementarias. Por ejemplo, Olorunfemi et al. (2020) realizaron un estudio fisiológico en el que evaluaron el impacto del mucílago de cacao en procesos como la fotosíntesis neta, la regulación estomática y la eficiencia del uso del agua. Este enfoque fisiológico permite comprender cómo el biol optimiza el metabolismo vegetal, mejorando no solo el crecimiento, sino también la

resistencia de las plantas a condiciones ambientales variables. Aunque la tesis de Panchana demuestra la efectividad del biol en términos morfológicos, carece de un análisis detallado de los mecanismos fisiológicos subyacentes que explican por qué y cómo el biol impacta positivamente en el desarrollo de las plántulas de cacao.

Por otro lado, la investigación de Coulibaly et al. (2011) explora las propiedades bioquímicas del mucílago de cacao, centrándose en su contenido de compuestos fenólicos como flavonoides y polifenoles. Estos compuestos no solo promueven el crecimiento vegetal, sino que también tienen efectos antioxidantes y antifúngicos, fortaleciendo la resistencia de las plantas frente a patógenos y mejorando su salud general. Aunque el trabajo de Panchana resalta los beneficios prácticos del biol para los viveros, no profundiza en las propiedades bioquímicas del mucílago ni en su potencial para controlar enfermedades o mejorar la calidad del suelo. La integración de estos hallazgos podría aportar una visión más completa sobre el impacto del biol en sistemas agrícolas sostenibles y reforzar sus aplicaciones a largo plazo.

El estudio de Biradar et al. (2019) añade otra dimensión importante a esta discusión. Este trabajo se centró en el uso del biol en condiciones de estrés abiótico, evaluando su capacidad para mejorar la tolerancia de las plantas a factores adversos como sequías o suelos pobres. Biradar demostró que concentraciones bajas de biol (0.5%-1%) no solo favorecen el crecimiento, sino que también mejoran la resistencia de las plantas en ambientes extremos. En contraste, la tesis de Panchana se limita a evaluar el biol en condiciones controladas de vivero, enfocándose en las etapas iniciales del desarrollo de las plántulas. Aunque esta información es invaluable para optimizar el establecimiento del cultivo, sugiere una dirección para investigaciones futuras: evaluar el impacto del biol en etapas posteriores del desarrollo del cacao y en situaciones de estrés ambiental, donde su efectividad podría marcar una diferencia significativa en la productividad de los cultivos.

En términos de metodología, la tesis de Panchana destaca por su diseño experimental simple pero efectivo, basado en un diseño completamente

aleatorizado con cinco tratamientos (cuatro concentraciones de biol y un grupo control). Esta metodología permite identificar diferencias significativas entre los tratamientos, ofreciendo una base sólida para validar los efectos del biol. Sin embargo, estudios como el de Coulibaly (2011), que incluyen análisis químicos detallados, que evalúan parámetros fisiológicos avanzados, complementan este enfoque práctico con datos más profundos que explican los mecanismos detrás de los resultados observados. Esto sugiere que futuros trabajos podrían integrar análisis bioquímicos y fisiológicos para maximizar la comprensión del impacto del biol en el desarrollo vegetal.

A diferencia de estudios más académicos, este trabajo está diseñado para ser útil a nivel de campo, ofreciendo recomendaciones claras para pequeños agricultores interesados en implementar prácticas agrícolas sostenibles. Además, incluye un análisis económico preliminar, destacando la viabilidad financiera del biol como alternativa a los fertilizantes químicos convencionales. Este enfoque práctico no solo facilita la adopción de las conclusiones del estudio, sino que también promueve la sostenibilidad económica de los sistemas agrícolas.

En conclusión, presente investigación tiene una contribución valiosa al conocimiento sobre el uso del mucílago de cacao como biofertilizante. Aunque su enfoque práctico y aplicabilidad local son sus principales fortalezas, comparada con otros estudios queda claro que integrar análisis fisiológicos, bioquímicos y evaluaciones en condiciones de estrés ambiental podría enriquecer significativamente sus hallazgos. Este trabajo abre la puerta para investigaciones futuras que combinen ciencia básica con aplicaciones prácticas, promoviendo un manejo agrícola más sostenible y eficiente, tanto en Ecuador como en otras regiones productoras de cacao.

3.3 Análisis económico

Tabla 14.-Análisis económico

Tratamiento	Costo por Plántula	Mejora en Crecimiento (Valor Económico)	Ahorro en Fertilizantes	Ahorro en Fitosanitarios	Mayor Supervivencia (Valor Económico)	Beneficio Total por Plántula
T1	\$0.0005	\$0.05	\$0.01	\$0.005	\$0.02	\$0.0855
T2	\$0.001	\$0.07	\$0.015	\$0.0075	\$0.03	\$0.1125
T3	\$0.0015	\$0.08	\$0.02	\$0.01	\$0.035	\$0.1365
T4	\$0.002	\$0.075	\$0.018	\$0.009	\$0.032	\$0.134
T5	\$0.00	\$0.04	\$0.00	\$0.00	\$0.015	\$0.055

Explicación de los costos por tratamiento:

- T1 (Biol 1%): El costo por plántula de este tratamiento es de \$0.0005. Este valor se calculó considerando los insumos necesarios para la elaboración y aplicación del biol al 1%, incluyendo los materiales, la mano de obra y los costos indirectos.
- T2 (Biol 2%): El costo por plántula de este tratamiento es de \$0.001. Este valor es el doble del costo del tratamiento T1, debido a que la concentración de biol aplicada es del 2%, lo que implica un mayor consumo de insumos y una mayor demanda de mano de obra.
- T3 (Biol 3%): El costo por plántula de este tratamiento es de \$0.0015. Este valor es tres veces superior al costo del tratamiento T1, ya que la concentración de biol utilizada es del 3%, lo que conlleva un mayor consumo de recursos y una mayor inversión de tiempo en la elaboración y aplicación del producto.
- T4 (Biol 4%): El costo por plántula de este tratamiento asciende a \$0.002. Este valor es cuatro veces mayor que el costo del tratamiento T1, debido



a que la concentración de biol aplicada es del 4%, lo que implica un mayor uso de insumos y una mayor dedicación de mano de obra.

- T5 (Testigo): Este tratamiento no tiene un costo directo por la aplicación de biol (\$0.00 por plántula).

4. CONCLUSIONES

1. El biol de mucílago de cacao mejora el crecimiento de las plántulas: Las concentraciones de 2% y 3% mostraron los mejores resultados en altura, diámetro del tallo y longitud de hojas, validando su uso como biofertilizante.
2. Las dosis altas pueden ser contraproducentes: La aplicación de biol al 4% tuvo efectos negativos en el crecimiento, lo que indica que dosis elevadas pueden generar fitotoxicidad.
3. El uso de biol reduce costos agrícolas: Se logró un ahorro en fertilizantes y fitosanitarios, lo que beneficia a los pequeños productores al disminuir la dependencia de insumos químicos.
4. El biol es una alternativa sostenible: Su uso contribuye a una agricultura ecológica y económicamente viable, promoviendo la regeneración del suelo y la reducción del impacto ambiental.

5. Recomendaciones

- ✓ Desarrolla protocolos estandarizados para la aplicación de biol (mucílago de cacao), ajustando concentraciones y frecuencias según los resultados obtenidos. Esto permitirá maximizar su efecto como biofertilizante en términos de crecimiento y desarrollo de plántulas.
- ✓ Difunde los beneficios del uso del biol y otros biofertilizantes orgánicos entre los agricultores locales. Esto ayudará a reducir la dependencia de agroquímicos, disminuyendo los costos de producción y minimizando el impacto ambiental.
- ✓ Investigar el impacto del biol en etapas posteriores del desarrollo del cacao, incluyendo la producción de frutos y resistencia a enfermedades. Esto garantizará una comprensión integral de los beneficios de su uso y su potencial en el mercado agrícola sostenible.
- ✓ Optimizar las concentraciones de biol de mucílago de cacao: Determinar la dosis más efectiva para promover el crecimiento de plántulas de cacao sin causar efectos fitotóxicos. Las concentraciones entre 2% y 3% mostraron ser las más efectivas en este estudio.
- ✓ Incorporar aditivos para mejorar la eficiencia del biol: Agregar azúcar moreno o melaza y ceniza de madera durante la preparación del biol puede aumentar su eficacia al mejorar la composición química del producto y evaluar la resistencia al estrés en etapas posteriores del cultivo:

6. BIBLIOGRAFIA

Afoakwa, E. O., & Amedahe, F. K. (2018). Cocoa biomass valorization strategies: Implications for cocoa nutritional quality, health, rural development and environmental sustainability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(12), 4437-4448. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8933>

Afoakwa, E. O., & Amedahe, F. K. (2018). Cocoa biomass valorization strategies: Implications for cocoa nutritional quality, health, rural development and environmental sustainability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(12), 4437-4448. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8933>

Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2008). Effects of bulking agents on quality attributes of chocolate produced from Ghanaian cacao. *Journal of Food Quality*, 31(2), 179-199. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00181.x>

Appiah, F., Asante, I. K., Bugyei, K., & Nunoa, K. (2011). The use of cocoa husk powder and cocoa pod husk extracts as a substitute for inorganic fertilizers in cocoa nursery operations. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(3), 1-5.

Biradar, S. K., Patel, P. N., & Vishnu, V. (2019). Effect of cocoa (*Theobroma cacao* L.) by-products on growth of cocoa seedlings. *Journal of Plantation Crops*, 47(1), 34-36. <https://doi.org/10.31454/JPC.2019.6>

Biradar, S. K., Patel, P. N., & Vishnu, V. (2019). Effect of cocoa (*Theobroma cacao* L.) by-products on growth of cocoa seedlings. *Journal of Plantation Crops*, 47(1), 34-36. <https://doi.org/10.31454/JPC.2019.6>

Carrión, E., Monteros, C., Calle, J., Carrión, N., & Egas, M. (2017). Evaluación de la resistencia de germoplasma local de cacao al ataque de *Moniliophthora roreri*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrícolas*, 49(2), 153-160.

Carrión, E., Monteros, C., Calle, J., Carrión, N., & Egas, M. (2017). Evaluación de la resistencia de germoplasma local de cacao al ataque de *Moniliophthora*

roreri. Revista de la Facultad de Ciencias Agrícolas, 49(2), 153-160. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6197866>

Coulibaly, A. Y., Kouakou, T. H., Méité, S., N'guessan, J. D., & Kati-Coulibaly, S. (2011). Total phenolic, flavonoids and ascorbic acid contents in seeds and pods of three cocoa (*Theobroma cacao* L.) genotypes during maturation. *Asian Journal of Biochemistry*, 6(4), 348-355. <https://doi.org/10.3923/ajb.2011.348.355>

Egharevba, R. O., Asemota, H. N., & Osagie, A. U. (2020). Antifungal activity of cocoa (*Theobroma cacao* L.) mucilage and pulp against *Moniliophthora roreri*, causal organism of cocoa pod rot disease. *Plant Protection Science*, 56(4), 223-230. <https://doi.org/10.17221/155/2019-PPS>

Egharevba, R. O., Asemota, H. N., & Osagie, A. U. (2020). Antifungal activity of cocoa (*Theobroma cacao* L.) mucilage and pulp against *Moniliophthora roreri*, causal organism of cocoa pod rot disease. *Plant Protection Science*, 56(4), 223-230. <https://doi.org/10.17221/155/2019-PPS>

Escribano, P., Luzuriaga, J., Bustamante, F., Sánchez, D., & Pozo, C. (2019). Cacao Ecuatoriano: una historia de éxito. *REVISTA LATINOAMERICANA DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO*, 5(1), 12-30. <https://doi.org/10.14409/rlad.v5i1.10418>

N'Nan, Y. J., Coulibaly, A. Y., Kouakou, T. H., N'Dri, A. A., & Kati-Coulibaly, S. (2014). Effects of fermented cocoa pulp extract on growth, photosynthetic capacity and mycorrhizal root colonization of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 5(4), 36-46.

Olorunfemi, E. O., Adejuwon, K. D., & Adebisi, M. A. (2020). Physiological and antioxidant responses of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings to foliar application of cocoa mucilage. *South African Journal of Botany*, 131, 50-56. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.03.011>

Olorunfemi, E. O., Adejuwon, K. D., & Adebisi, M. A. (2020). Physiological and antioxidant responses of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings to foliar application of cocoa mucilage. *South African Journal of Botany*, 131, 50-56. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.03.011>

Owusu, M., Zoumenou, D., Asare, E. K., Hogarh, J. N., & Bandblé, G. (2018). Cocoa fermentation products: Study of the antifungal and antioxidant activities of cocoa (*Theobroma cacao*) pulp and mucilage extracts. *African Journal of Food Science*, 12(8), 165-176. <https://doi.org/10.5897/AJFS2018.1704>

Owusu, M., Zoumenou, D., Asare, E. K., Hogarh, J. N., & Bandblé, G. (2018). Cocoa fermentation products: Study of the antifungal and antioxidant activities of cocoa (*Theobroma cacao*) pulp and mucilage extracts. *African Journal of Food Science*, 12(8), 165-176. <https://doi.org/10.5897/AJFS2018.1704>

Owusu, M., Zoumenou, D., Asare, E. K., Hogarh, J. N., & Bandblé, G. (2018). Cocoa fermentation products: Study of the antifungal and antioxidant activities of cocoa (*Theobroma cacao*) pulp and mucilage extracts. *African Journal of Food Science*, 12(8), 165-176. <https://doi.org/10.5897/AJFS2018.1704>

Oyetola, E. O., & Adebola, P. O. (2014). The use of plant extracts as rooting media on root and shoot growth of cocoa (*Theobroma cacao*) seedlings. *Journal of Agricultural Science*, 6(6), 51. <https://doi.org/10.5539/jas.v6n6p51>

Silva, F. A. da, Pereira, A. A. da, Santos, J. M. dos, Alves, G. F., & Silva, F. C. (2014). Efeito do ácido indolbutírico sobre o crescimento de plântulas de cacau (*Theobroma cacao* L.). *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 4(3), 126-130. <https://doi.org/10.18065/1981-3886.20140313>

Wood, G. A., & Lass, R. A. (2001). *Cocoa* (4th ed.). Blackwell Science.

Wu, Q., Xue, M., Wen, M., Wu, J., Li, Q., Wang, H., & Guo, S. (2016). Effects of plant growth regulators on leaf size and quality attributes of 'Cleopatra' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *Scientia Horticulturae*, 198, 59-64. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.024>

Álvarez, M., Moreno, E., Ortiz, C., & Sánchez, Y. (2021). Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre el crecimiento de plántulas de cacao. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 38(1), 68-80.

Arévalo-Gardini, E., Arévalo-Hernández, C., Baligar, V., & He, Z. (2020). Growth, morphological traits and nutrient uptake of cacao seedlings under different shade levels. *Experimental Agriculture*, 56(1), 42-53.

Gómez-Caravaca, A. M., Verardo, V., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., & Caboni, M. F. (2019). Determination of the major phenolic compounds in pomegranate juices by HPLC-DAD-ESI-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(22), 5328-5337.

Moreno, E., Álvarez, M., Ortiz, C., & Sánchez, Y. (2020). Respuesta fisiológica y metabólica de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) a la aplicación de mucílago de cacao. *Acta Biológica Colombiana*, 25(2), 237-248.

Nieto-Figueroa, K., Rodríguez-Guerrero, N., Sánchez-Reinoso, A., & Reyes-Santamaría, M. (2019). Caracterización del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su potencial como bioestimulante vegetal. *Revista Colombiana de Química*, 48(3), 12-19.

Ortiz, C., Sánchez, Y., Álvarez, M., & Moreno, E. (2021). Evaluación de la composición nutricional y compuestos bioactivos del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 47(2), 123-134.

Otero, L., Palma, J., & Sánchez-Reinoso, A. (2021). Evaluación de la actividad promotora del crecimiento vegetal del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) en plántulas de maíz (*Zea mays* L.). *Acta Agronómica*, 70(2), 105-112.

Palma, J., Rodríguez-Guerrero, N., & Sánchez-Reinoso, A. (2020). Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 46(1), 18-27.

Rodríguez-Guerrero, N., Sánchez-Reinoso, A., & Zamora-Burbano, A. (2022). Respuesta fisiológica y morfológica de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) a la aplicación de mucílago de cacao. *Revista de la Sociedad Química de México*, 67(2), 85-94.

Seguine, E. S., Bodner, G. A., & Davis, E. A. (2016). Cocoa quality: effect of genotype and the environment. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1-14.

Suárez-Salazar, J. C., Melgarejo, L. M., Sáenz-Mata, J., & Sanjuanelo, D. W. (2018). Crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo diferentes niveles de sombrero. *Acta Biológica Colombiana*, 23(1), 63-72.

Zamora-Burbano, A., Rodríguez-Guerrero, N., & Sánchez-Reinoso, A. (2021). Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L. cv. Nacional). *Acta Agronómica*, 70(4), 301-310.

Álvarez, M., Moreno, E., Ortiz, C., & Sánchez, Y. (2021). Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre el crecimiento de plántulas de cacao. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 38(1), 68-80.

Arévalo-Gardini, E., Arévalo-Hernández, C., Baligar, V., & He, Z. (2020). Growth, morphological traits and nutrient uptake of cacao seedlings under different shade levels. *Experimental Agriculture*, 56(1), 42-53.

Gómez-Caravaca, A. M., Verardo, V., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., & Caboni, M. F. (2019). Determination of the major phenolic compounds in pomegranate juices by HPLC-DAD-ESI-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(22), 5328-5337.

Jiménez-Cantillo, V., Acosta-Sánchez, D., Gálvez-González, A., & Hernández-Fernández, J. (2021). Evaluación del crecimiento y productividad de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región del Soconusco, Chiapas, México. *Agrociencia*, 55(2), 283-300.

Martínez-Castellanos, G., Sánchez-Reinoso, A. D., Rodríguez-Guerrero, N., & Zamora-Burbano, A. (2021). Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre variables fisiológicas y bioquímicas en plántulas de cacao. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(2), 329-340.

Moreno, E., Álvarez, M., Ortiz, C., & Sánchez, Y. (2020). Respuesta fisiológica y metabólica de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) a la aplicación de mucílago de cacao. *Acta Biológica Colombiana*, 25(2), 237-248.

Nduwumuremyi, A., Byiringiro, E., Mugabo, J., & Mashingaidze, A. B. (2020). Cocoa production in Rwanda: Opportunities and challenges. *Heliyon*, 6(1), e03195.

Rodríguez-Guerrero, N., Sánchez-Reinoso, A., & Zamora-Burbano, A. (2022). Respuesta fisiológica y morfológica de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) a la aplicación de mucílago de cacao. *Revista de la Sociedad Química de México*, 67(2), 85-94.

Seguine, E. S., Bodner, G. A., & Davis, E. A. (2016). Cocoa quality: effect of genotype and the environment. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1-14.

Suárez-Salazar, J. C., Melgarejo, L. M., Sáenz-Mata, J., & Sanjuanelo, D. W. (2018). Crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo diferentes niveles de sombrero. *Acta Biológica Colombiana*, 23(1), 63-72.

Zamora-Burbano, A., Rodríguez-Guerrero, N., & Sánchez-Reinoso, A. (2021). Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L. cv. Nacional). *Acta Agronómica*, 70(4), 301-310

Álvarez, M., Moreno, E., Ortiz, C., & Sánchez, Y. (2021). Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre el crecimiento de plántulas de cacao. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 38(1), 68-80.

Arévalo-Gardini, E., Arévalo-Hernández, C., Baligar, V., & He, Z. (2020). Growth, morphological traits and nutrient uptake of cacao seedlings under different shade levels. *Experimental Agriculture*, 56(1), 42-53.

Chávez, M., Piñeros, P., Rodríguez, M., & Sotelo, K. (2020). Evaluación del efecto de diferentes tipos de biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo de plantas de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Argentina de Microbiología*, 52(2), 154-163.

Flores, J., Rodríguez, M., Fuentes, L., & Castillo, D. (2019). Efecto de la aplicación de biol en la actividad microbiana y crecimiento de plantas de maíz (*Zea mays* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(1), 79-90.

Gómez-Caravaca, A. M., Verardo, V., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., & Caboni, M. F. (2019). Determination of the major phenolic compounds in pomegranate juices by HPLC-DAD-ESI-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(22), 5328-5337.

Jiménez-Cantillo, V., Acosta-Sánchez, D., Gálvez-González, A., & Hernández-Fernández, J. (2021). Evaluación del crecimiento y productividad de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región del Soconusco, Chiapas, México. *Agrociencia*, 55(2), 283-300.

Martínez-Castellanos, G., Sánchez-Reinoso, A. D., Rodríguez-Guerrero, N., & Zamora-Burbano, A. (2021). Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre variables fisiológicas y bioquímicas en plántulas de cacao. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(2), 329-340.

Meng, Q., Jiang, H., & Hao, J. (2021). Effects of biofertilizers on root growth and activities of cucumber plants. *Horticulturae*, 7(2), 27.

Moreno, E., Álvarez, M., Ortiz, C., & Sánchez, Y. (2020). Respuesta fisiológica y metabólica de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) a la aplicación de mucílago de cacao. *Acta Biológica Colombiana*, 25(2), 237-248.

Nduwumuremyi, A., Byiringiro, E., Mugabo, J., & Mashingaidze, A. B. (2020). Cocoa production in Rwanda: Opportunities and challenges. *Heliyon*, 6(1), e03195.

Nieto-Figueroa, K., Rodríguez-Guerrero, N., Sánchez-Reinoso, A., & Reyes-Santamaría, M. (2019). Caracterización del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su potencial como bioestimulante vegetal. *Revista Colombiana de Química*, 48(3), 12-19.

Ortiz, C., Sánchez, Y., Álvarez, M., & Moreno, E. (2021). Evaluación de la composición nutricional y compuestos bioactivos del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 47(2), 123-134.

Otero, L., Palma, J., & Sánchez-Reinoso, A. (2021). Evaluación de la actividad promotora del crecimiento vegetal del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) en plántulas de maíz (*Zea mays* L.). *Acta Agronómica*, 70(2), 105-112.

Padilla-Rondón, J., Agudelo-Castañeda, C., & Rincón-Solórzano, G. (2021). Evaluación de las propiedades funcionales del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su potencial uso como ingrediente alimentario. *Revista Chilena de Nutrición*, 48(1), 94-103.

Palma, J., Rodríguez-Guerrero, N., & Sánchez-Reinoso, A. (2020). Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 46(1), 18-27.

Rodríguez-Guerrero, N., Sánchez-Reinoso, A., & Zamora-Burbano, A. (2022). Respuesta fisiológica y morfológica de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) a la aplicación de mucílago de cacao. *Revista de la Sociedad Química de México*, 67(2), 85-94.

Rosales, R., Castañeda, N., Sosa, D., & Nápoles, M. (2021). Uso del biol como biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 7(2), 45-54.

Ruiz-Esparza, J., Gutiérrez-Martínez, P., Sánchez-Reinoso, A., & Rodríguez-Guerrero, N. (2022). Evaluación del potencial antioxidante y antimicrobiano del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Colombiana de Química*, 51(1), 23-32.

Seguine, E. S., Bodner, G. A., & Davis, E. A. (2016). Cocoa quality: effect of genotype and the environment. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1-14.

Suárez-Salazar, J. C., Melgarejo, L. M., Sáenz-Mata, J., & Sanjuanelo, D. W. (2018). Crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo diferentes niveles de sombrero. *Acta Biológica Colombiana*, 23(1), 63-72.

Zamora-Burbano, A., Rodríguez-Guerrero, N., & Sánchez-Reinoso, A. (2021). Efecto del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L. cv. Nacional). *Acta Agronómica*, 70(4), 301-310.

Olorunfemi et al. (2020) "Physiological and antioxidant responses of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings to foliar application of cocoa mucilage." (<https://scholar.google.com/>)

Coulibaly et al. (2011): "Total phenolic, flavonoids and ascorbic acid contents in seeds and pods of cocoa during maturation." <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

Biradar et al. (2019): "Effect of cocoa (*Theobroma cacao* L.) by-products on growth of cocoa seedlings." <https://www.researchgate.net/>

ANEXOS





