

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO

“MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS
ASOCIADOS CON LA FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE
CACAO”

AUTORA:

JENNIFER ANDREA PARRAGA PEÑARRIETA

TUTOR:

ING. JOSÉ RANDY CEDEÑO ZAMBRANO, PHD.

EL CARMEN, AGOSTO DEL 2026

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 2

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Jennifer Andrea Parraga Peñarrieta**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2026 (1), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Microorganismos eficientes autóctonos asociados con la fertilización en el cultivo de cacao”**.

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, y la originalidad del mismo, requisitos 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.

El Carmen, 03 de agosto del 2026.



Ing. José Randy Cedeño Zambrano, PhD.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

**"MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS
ASOCIADOS CON LA FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE
CACAO"**

AUTORA: JENNIFER ANDREA PARRAGA PEÑARRIETA

TUTOR: ING. JOSÉ RANDY CEDAÑO ZAMBRANO, PHD.

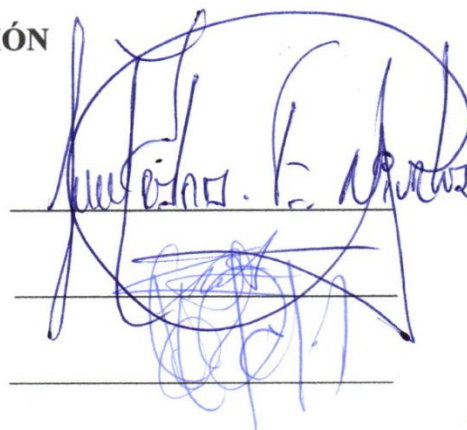
**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO: Ing. Pedro Eduardo Nivelá M., Mg.

MIEMBRO: Ing. Nexar Vismar Cobeña L., Mg.

MIEMBRO: Mvz. Kleber Fernando Mejía Ch., Mg.



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Jennifer Andrea Parraga Peñarrieta** con cédula de ciudadanía **235073085-5**, estudiante de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión el Carmen, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, declaro que soy autora de la tesis titulada **“Microorganismos Eficientes Autóctonos Asociados con la Fertilización en el Cultivo de Cacao”**, esta obra es original y no infringe derechos de propiedad intelectual. Asumo la responsabilidad total en su contenido y afirmo que todos los conceptos, ideas, textos y resultados que no son de mi autoría están debidamente citados y referenciados.

Atentamente,



Jennifer Andrea Parraga Peñarrieta

DEDICATORIA

"Las semillas que plantemos hoy determinaran el fruto que cosechemos mañana."

Gálatas 6:7

A Dios, por ser la fuente de sabiduría y fortaleza durante todo el proceso formativo. A mis padres, por su apoyo incondicional y por inculcarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mi familia, por su comprensión y aliento constante, y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su tiempo y conocimiento a la culminación de este trabajo de titulación.

Jenniffer Andrea Parraga Peñarrieta

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por brindar la formación académica y los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación. Al tutor del presente trabajo, por su guía técnica, paciencia y disposición durante todo el proceso investigativo. A los productores de cacao del cantón, en especial a los propietarios de la finca "Parraga Intriago" por facilitar el acceso al área experimental. A los docentes de la carrera, por compartir sus conocimientos, y a los compañeros de aula, por su respaldo durante la trayectoria universitaria.

Jenniffer Andrea Parraga Peñarrieta

ÍNDICE

TRIBUNAL DE TITULACIÓN	ii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE ANEXO.....	X
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.3. JUSTIFICACIÓN	15
1.4. OBJETIVOS	16
1.5.1. Hipótesis de investigación (H_1)	17
1.5.2. Hipótesis nula (H_0)	17
2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Taxonomía	18
2.2. Morfología general de la planta.....	18
2.2.1. Sistema radical	19
2.2.2. Tallo y ramas.....	19
2.2.3. Hojas	20
2.2.4. Flor.....	20
2.2.5. Frutos	21
2.2.6. Semillas.....	21
2.3. Estrategias de fertilización aplicadas al cultivo de cacao	22
2.4. Efectos de los Macronutrientes Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el cultivo de cacao.....	24
2.5. Microorganismos de montaña	25
2.6. Taxonomía de los microorganismos	27
2.6.1. Las bacterias fotosintéticas.....	28
2.6.2. Los actinomicetos.....	29
2.6.3. Duración y conservación de microorganismos eficientes autóctonos	30
2.6.4. Funciones de los microorganismos eficientes autóctonos.....	30
ANTECEDENTES.....	32
INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	32
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Localización de la unidad experimental	34
3.1.1. Caracterización meteorológica de la zona.....	34
3.2. Métodos	35
3.2.1. Método empírico	35
3.2.2. Método experimental.....	35

3.2.3.	Método bibliográfico	35
3.2.4.	Método observacional	36
3.3.	Variables del estudio	36
3.3.1.	Variable independiente	36
3.3.2.	Variables dependientes	37
3.4.	Diseño de la Investigación	37
3.4.1.	Descripción de los tratamientos	37
3.5.	Instrumentos de investigación	37
3.5.1.	Procedimiento experimental	37
3.5.2.	Plan de fertilización	37
3.5.3.	Preparación de los microorganismos eficientes autóctonos	38
3.5.4.	Aplicación de los tratamientos	38
3.6.	Análisis comparativo de los resultados	38
3.7.	Instrumentos y materiales utilizados	40
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1.	Caracterización química inicial del suelo	41
4.2.	Concentración foliar de Macronutrientes en plantas de Cacao	42
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.2.	Recomendaciones	48
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	XXXV
7.	ANEXOS	XXXV

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	<i>Taxonomía de Theobroma cacao L.</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2</i>	<i>Características meteorológica del área experimental.</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 3</i>	<i>Tratamiento de estudio</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4</i>	<i>Plan de fertilización por planta</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 5</i>	<i>Cálculo de Eficiencia Foliar</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 6</i>	<i>Caracterización química inicial del suelo del área experimental</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 7</i>	<i>Caracterización química inicial del suelo del área experimental</i>	<i>45</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de las raíces del cacao.....	19
Figura 3. Forma de las hojas del cacao	20
Figura 3. Forma de las semillas	22
Figura 6. Localización geográfica del área de estudio	34
Figura 7. Concentración foliar de nitrógeno y fósforo en plantas de cacao sometidas a la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos y fertilización.....	43
Figura 8 Concentración foliar de potasio y calcio en plantas de Cacao sometidas a la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos y fertilización.....	44
Figura 9 Concentración foliar de magnesio y azufre en plantas de Cacao sometidas a la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos y fertilización.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 10 Concentración foliar de cobre y boro en plantas de plátano Barraganete sometidas a la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos y fertilización.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11. Concentración foliar de hierro y zinc en plantas de cacao sometidas a la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos y fertilización.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12. Concentración foliar de manganeso en plantas de plátano Barraganete sometidas a la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos y fertilización.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1 Informe de laboratorio del análisis químico inicial del suelo del área experimental	XXXV
Anexo 2 Croquis de campo del diseño experimental (DCA).....	XXXVI
Anexo 3 Ficha de registro de datos de campo.....	XXXVI
Anexo 4 Comparación de Resultados de Análisis de Suelo Inicial y Final	XXXVII
Anexo 5 Fotografías de la instalación del ensayo, reproducción de MEA, aplicación de tratamientos y evaluaciones de campo	XXXVIII
Anexo 6 Informe de laboratorio del análisis foliar del tratamiento T0: testigo sin aplicación	XXXIX
Anexo 7 Informe de laboratorio del análisis foliar del tratamiento T1: aplicación de microorganismos eficientes autóctonos.....	XL
Anexo 8 Informe de laboratorio del análisis foliar del tratamiento T2: microorganismos eficientes autóctonos asociados con fertilización mineral.....	XLI

RESUMEN

El cacao *Theobroma cacao* L., constituye uno de los rubros agroexportables de mayor relevancia socioeconómica para el Ecuador; sin embargo, el clon CCN51, ampliamente difundido por su elevado potencial productivo, suele cultivarse bajo esquemas de fertilización intensiva que incrementan los costos de producción, deterioran la fertilidad biológica del suelo y generan dependencia de insumos externos. La presente investigación tiene como propósito evaluar el efecto de microorganismos eficientes autóctonos (EMA), obtenidos de bosques nativos de la zona, combinados con fertilización, sobre el crecimiento agronómico de plantas de cacao CCN51 establecidas en la Finca Párraga Intriago, parroquia Velasco Ibarra, cantón El Empalme, provincia de Los Ríos (1°02'46"S, 79°38'01"O). Se plantea un análisis descriptivo, mediante comparación en medidas de cada uno de los tratamientos T0: testigo absoluto; T1: EMA más fertilización; T2: EMA sin fertilización y dos repeticiones por tratamiento, evaluando variables morfoagronómicas de altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo y parámetros de fertilidad química del suelo. Se espera que la inoculación con EMA favorezca la disponibilidad de nutrientes, la actividad biológica edáfica y el desarrollo vegetativo de las plantas, constituyéndose en una alternativa sostenible frente a la fertilización química convencional.

Palabras clave: cacao CCN51, microorganismos eficientes autóctonos, fertilización, bioinsumos, sostenibilidad.

ABSTRACT

The cacao *Theobroma cacao* L. is one of the most socioeconomically important agricultural export products for Ecuador; however, the CCN51 clone, widely known for its high production potential, is often grown under intensive fertilization schemes that increase production costs, damage the soil's biological fertility, and create dependency on external inputs. The purpose of this research is to evaluate the effect of native efficient microorganisms (EMA), obtained from the local forests, combined with fertilization, on the agronomic growth of CCN51 cacao plants established at Finca Párraga Intriago, Velasco Ibarra parish, El Empalme canton, Los Ríos province (1°02'46"S, 79°38'01"W). A descriptive analysis is proposed, through comparison of measurements for each treatment: T0: absolute control; T1: EMA plus fertilization; T2: EMA without fertilization, with two repetitions per treatment, evaluating morpho-agronomic variables like plant height, number of leaves, stem diameter, and soil chemical fertility parameters. It is expected that inoculation with EMA will enhance nutrient availability, soil biological activity, and vegetative plant growth, making it a sustainable alternative to conventional chemical fertilization.

Keywords: CCN51 cocoa, native efficient microorganisms, fertilization, bio inputs, sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

Estudios realizados por *Motamayor et al., (2008)* señalan que el Cacao es un cultivo perenne originario de la cuenca amazónica que representa, para el Ecuador, uno de los principales productos de exportación no petrolera y una fuente de ingresos para más de cien mil familias productoras a lo largo del litoral y la Amazonía. Entre los materiales genéticos cultivados en el país, el clon CCN51 Colección Castro Naranjal 51 destaca por su precocidad, alta productividad y tolerancia relativa a enfermedades como la escoba de bruja *Moniliophthora perniciosa*, características que lo han convertido en la alternativa preferida por productores de zonas como Guayas, Los Ríos y Manabí para la renovación de plantaciones tradicionales de baja productividad.

Asimismo, *Cisneros y Vásquez, (2024)* la intensificación productiva del cultivo ha promovido un manejo nutricional basado casi exclusivamente en fertilizantes de síntesis química, práctica que si bien incrementa el rendimiento en el corto plazo, conlleva riesgos agronómicos y ambientales relevantes: acidificación y salinización del suelo, disminución de la actividad microbiana edáfica, pérdida de materia orgánica y elevación de los costos de producción, factores que en conjunto comprometen la sostenibilidad del sistema productivo a mediano y largo plazo.

Ramírez et al., (2019) indica que, frente a esta problemática, la agricultura ecológica ha impulsado el uso de bioinsumos como estrategia complementaria o sustitutiva de la fertilización convencional. Entre ellos, los microorganismos eficientes autóctonos o de montaña (EMA/MM) consorcios naturales de bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas, levaduras y actinomicetos obtenidos de suelos forestales poco intervenidos han demostrado capacidad para mejorar la disponibilidad de nutrientes, estimular el desarrollo radicular, activar mecanismos de control biológico frente a fitopatógenos y favorecer la fertilidad biológica del suelo en diversos cultivos tropicales (*Washington et al., 2024*)

Por otra parte, *Saquilandia, (2024)*, define a los microorganismos eficientes como consorcios de bacterias, levaduras, actinobacterias y hongos capaces de coexistir y actuar de forma complementaria en los sistemas agrícolas. Posteriormente, la investigación evolucionó hacia el empleo de microorganismos eficientes autóctonos, obtenidos a partir de materiales presentes en el propio agroecosistema, lo que favorece su adaptación a las condiciones edafoclimáticas locales (*Demir et al., 2024*).

Esta característica ha despertado un creciente interés debido a su potencial para mejorar

la fertilidad del suelo, favorecer la disponibilidad de nutrientes y fortalecer los procesos biológicos asociados al desarrollo de los cultivos (*Higuera et al., 2018*)

En este contexto, (*Macías Barberán et al., 2019*) reportan que diversos estudios han demostrado el efecto positivo de los microorganismos eficientes y autóctonos como biofertilizantes y bioestimulantes, evidenciando incrementos en el rendimiento de diferentes cultivos y una disminución en el uso de fertilizantes sintéticos. De manera similar, *Valencia-Serna et al. (2014)* documentan mejoras en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, mientras que (*Biagro, 2026*) atribuye estos beneficios a procesos como la mineralización de la materia orgánica, la producción de metabolitos y la estimulación de los mecanismos naturales de defensa de las plantas.

Finalmente, a partir de los antecedentes expuestos, surge la necesidad de desarrollar alternativas que faciliten la producción de microorganismos eficientes autóctonos mediante procedimientos estandarizados y accesibles para los productores. En este sentido, la presente investigación propone evaluar la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos. Solos y combinados con fertilización mineral, sobre el comportamiento agronómico del cacao CCN51 en condiciones edafoclimáticas de trópico húmedo, en la Finca Párraga Intriago, parroquia Velasco Ibarra, cantón El Empalme.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cantón El Empalme, provincia de Los Ríos, constituye una de las zonas cacaoteras de mayor tradición en el litoral ecuatoriano, favorecida por un clima tropical húmedo, con temperaturas medias de 25 °C y precipitaciones anuales que fluctúan entre 1 600 y 3 200 mm (*EcuRed, 2023*). En este territorio, numerosas fincas han sustituido plantaciones tradicionales de cacao Nacional por el clon CCN51, en búsqueda de mayores rendimientos y precocidad productiva.

Sin embargo, el manejo nutricional predominante en las plantaciones de la zona se sustenta en la aplicación reiterada de fertilizantes químicos formulados (NPK y complejos edáficos), sin que dicha práctica esté siempre acompañada de análisis de suelo actualizados ni de estrategias de manejo biológico complementario. Esta situación ha derivado en suelos con pH ácido, baja actividad microbiana y progresiva dependencia de insumos externos, lo cual incrementa la vulnerabilidad económica del productor ante la volatilidad de precios de los fertilizantes importados (*Chevez et al., 2024*).

A pesar de que los microorganismos eficientes autóctonos representan una alternativa biológica para mejorar la disponibilidad de nutrientes, fortalecer la actividad del suelo y complementar la fertilización convencional, su incorporación en sistemas plataneros aún es limitada (Leyva y Chacón, 2022). Esta situación se debe, principalmente, a la falta de conocimiento técnico, la escasa disponibilidad de implementos para su reproducción y la ausencia de protocolos locales que faciliten su uso en condiciones productivas reales (Bonfim et al, 1963).

1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

¿Qué efecto produce la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos, solos o asociados con fertilización mineral, sobre la concentración foliar de macro y micronutrientes en plantas de cacao CCN51 (*Theobroma cacao L.*), considerando las condiciones químicas iniciales del suelo?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Según González-Rodríguez et al., (2023) los microorganismos eficientes autóctonos constituyen una alternativa biológica capaz de mejorar la disponibilidad de nutrientes y favorecer el desarrollo de los cultivos mediante procesos naturales como la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo y la estimulación de la actividad microbiológica del suelo. En este contexto, la presente investigación adquiere relevancia científica porque contribuirá a ampliar el conocimiento sobre la reproducción líquida de estos microorganismos y su aplicación en el cultivo de cacao CCN51 (*Theobroma cacao L.*), generando información que podrá servir como referencia para futuras investigaciones relacionadas con la agricultura sostenible y el manejo biológico de los suelos cacaoteros (García et al., 2025).

De acuerdo con Chevez et al., (2024), los microorganismos autóctonos presentan una mayor capacidad de adaptación a las condiciones ambientales del lugar donde son capturados, lo que incrementa su estabilidad y eficiencia dentro del agroecosistema. Desde esta perspectiva, la investigación posee una importancia técnica, ya que permitirá implementar la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos. Solos y combinados con fertilización mineral, sobre el comportamiento agronómico del cacao CCN51 en condiciones edafoclimáticas de trópico húmedo, en la Finca Párraga Intriago, parroquia Velasco Ibarra, cantón El Empalme.

Asimismo, Álvarez-López, (2012) sostienen que la incorporación de bioinsumos favorece la conservación de los recursos naturales al disminuir la dependencia de fertilizantes sintéticos y promover el equilibrio biológico del suelo.

Bajo esta perspectiva, la investigación presenta una relevancia ambiental, debido a que fomenta el aprovechamiento de recursos microbiológicos presentes en el propio ecosistema, reduciendo el riesgo de degradación del suelo y contribuyendo a la recuperación de su actividad biológica (EOSData, 2026). Esta alternativa se alinea con los principios de una agricultura sostenible, orientada a preservar la calidad del ambiente y garantizar sistemas productivos más resilientes frente a las condiciones climáticas actuales (Altieri & Nicholls, 2013; Tiftonell, 2024).

Por otra parte, Barrera *et al.*, (2019) destacan que el cultivo del cacao constituye señalan que en el plano económico, la eventual sustitución parcial de fertilizantes químicos por bioinsumos de bajo costo permitiría disminuir los egresos asociados a la nutrición del cultivo, mejorando la rentabilidad neta de la actividad cacaotera, particularmente relevante en un contexto de fluctuación de precios internacionales de fertilizantes sintéticos. El cacao siendo una de las principales actividades económicas de numerosas zonas rurales del Ecuador, donde representa una fuente importante de empleo e ingresos para las familias productoras. En consecuencia, esta investigación posee una relevancia social y económica, ya que la incorporación de microorganismos eficientes autóctonos puede favorecer la adopción de prácticas agrícolas de menor costo, fortalecer la productividad de los cultivos y promover una producción más competitiva y sostenible (Armaijn *et al.*, 2024). Además, los resultados podrán beneficiar tanto a estudiantes como a agricultores del cantón El Carmen mediante procesos de capacitación y vinculación con la comunidad.

Finalmente, Sisalima-Ortega *et al.*, (2023) señalan que los principios de la agricultura sostenible y la bioeconomía, al promover el uso de recursos microbianos nativos que favorecen la actividad biológica del suelo, reducen el riesgo de contaminación por agroquímicos y contribuyen a la conservación de los agroecosistemas cacaoteros, en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la producción responsable y la acción por el clima.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar los microorganismos eficientes autóctonos asociados con la fertilización en el cultivo de cacao.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración foliar de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en las plantas de cacao CCN51 sometidas a los tratamientos T0, T1 y T2.
- Comparar descriptivamente la concentración de macro y micronutrientes foliares entre el tratamiento testigo, la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos y la combinación de microorganismos con fertilización.
- Calcular la variación porcentual de los nutrientes foliares de los tratamientos T1 y T2 respecto al tratamiento testigo.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis de investigación (H_1)

La aplicación de microorganismos eficientes autóctonos, sola o combinada con fertilización, genera diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento agronómico (altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo) y en la fertilidad química del suelo del cultivo de cacao CCN51, en comparación con el testigo sin aplicación.

1.5.2. Hipótesis nula (H_0)

La aplicación de microorganismos eficientes autóctonos, sola o combinada con fertilización, no genera diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento agronómico ni en la fertilidad química del suelo del cultivo de cacao CCN51, en comparación con el testigo sin aplicación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Taxonomía

El género *Theobroma* comprende alrededor de 22 especies, de las cuales *Theobroma cacao* L., es la de mayor importancia económica. A nivel de variedades comerciales, se reconocen tres grupos genéticos principales: Criollo, Forastero y Trinitario, siendo el clon CCN51 (Colección Castro Naranjal 51) un híbrido derivado de la selección de materiales tipo Forastero-Trinitario, obtenido en Ecuador por el fitomejorador Homero Castro en la década de 1960, caracterizado por su elevada productividad, precocidad de fructificación y tolerancia relativa a *Moniliophthora perniciosa*, agente causal de la escoba de bruja (Macías Pettao et al., 2023).

Tabla 1 Taxonomía de *Theobroma cacao* L.

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
Clase	Magnoliophyta
Orden	Magnoliopsida
Familia	Malvales
Género	Malvaceae (anteriormente clasificada en Sterculiaceae)
Especie	Theobroma

Fuente: Tomado de (Macías Pettao et al., 2023)

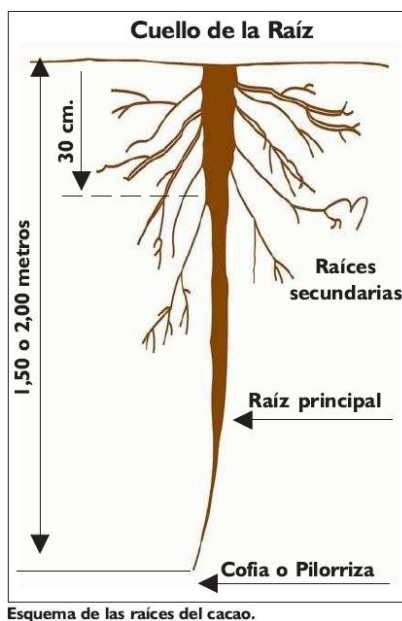
2.2. Morfología general de la planta

El Cacao La especie *Theobroma cacao* L. fue descrita por Carlos Linneo en 1753; se cultiva entre los 18° de latitud norte y sur, en condiciones de bosque húmedo tropical. Es una planta perenne, cauliflora, con polinización predominantemente entomófila y tasa de fecundación de apenas 3–5 %. El cacao *Theobroma cacao* L., es un árbol perenne de la familia Malvaceae, endémico de los bosques húmedos de la cuenca amazónica, desde donde se dispersó hacia Mesoamérica y posteriormente al resto de regiones tropicales del planeta. Se trata de un cultivo de sombra parcial, adaptado a condiciones de trópico húmedo, cuya semilla el grano de cacao constituye la materia prima para la elaboración de chocolate y derivados, siendo el Ecuador reconocido internacionalmente por la calidad aromática de su cacao Nacional y por los altos rendimientos del clon CCN51 (Zequeira & Beauregard, 2024; Kaufman & Justeson, 2007; Carrera & Peñafiel, 2015; Ramírez-Marrache et al., 2019)

2.2.1. Sistema radical

Rodríguez *et al.*, (2022) manifiestan que: El árbol de cacao que proveniente de semilla, tiene una raíz pivotante principal, que puede crecer entre 1.20 m y 1.50 m dependiendo de las características del suelo. En los primeros 20 a 25 cm, desde la corona radical se desarrolla gran cantidad de raíces laterales o secundarias que dan origen a terciarias y éstas a su vez, cuaternarias, y así sucesivamente. Puesto que cerca del 80% a 90% de las raíces se encuentran en esta sección, cualquier tipo de cultivo o labor al suelo mal empleado puede dañarlas. Los árboles provenientes de estacas no forman raíz pivotante principal, pero forman de dos a tres raíces laterales secundarias, que penetran en el suelo a una profundidad parecida a la que llega la raíz principal y desempeñan una función similar a ésta. El sistema radical del cacao presenta una raíz pivotante que puede alcanzar entre 1,0 y 1,5 m de profundidad en suelos sin limitantes físicas, acompañada de raíces secundarias superficiales que se concentran en los primeros 30 cm del perfil, zona donde se localiza la mayor actividad de absorción de agua y nutrientes, así como la interacción con microorganismos rizosféricos benéficos.

Figura 1. Esquema de las raíces del cacao.



Fuente: Tomada. (Fundacion hondureña de investigacion agricola, 2004)

2.2.2. Tallo y ramas

Halevy, (2018) señala que el tallo principal, denominado "chupón", crece de forma ortotrópica hasta alcanzar la horqueta, punto a partir del cual se desarrollan entre tres y cinco ramas plagiotrópicas o "abanico", que conforman la estructura productiva del árbol. El clon CCN51 se caracteriza por un hábito de crecimiento vigoroso y una arquitectura semiabierta que facilita las labores de poda y cosecha.

2.2.3. Hojas

Estudios realizados por *Rashel et al., (2020)* describe que las hojas del cacao Las hojas son simples, alternas, de lámina entera y coloración que varía desde tonalidades rojizas en su estado juvenil hasta verde oscuro en la madurez, con un pecíolo pulvinado que le confiere capacidad de orientación frente a la luz solar. El número y estado sanitario de las hojas constituye un indicador agronómico relevante del vigor vegetativo de la planta.

Figura 2. *Forma de las hojas del cacao*

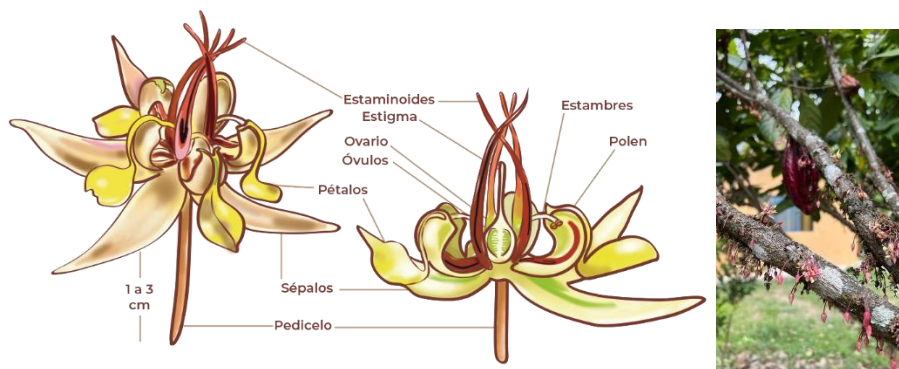


Fuente: Tomado de (Fundacion hondureña de investigacion agricola, 2004)

2.2.4. Flor

La Casa Universitaria del Cacao y chocolate (*Cacao y Chocolate, 2023*) flor del cacao (*Theobroma cacao L.*) es una de las estructuras más pequeñas, delicadas y complejas del reino vegetal. Su morfología está diseñada de tal manera que dificulta su autopolinización, lo que la hace altamente dependiente de factores externos. Las flores del cacao se presentan en racimos de muchas flores a lo largo del tronco y de las ramas, sostenidas por un pedicelo de 1 a 3 cm, son de colores rosa, púrpura o blancas, de pequeña talla en forma de estrella. Las inflorescencias después de producir flores se convierten en tubérculos engrosados que reciben el nombre de “cojinetes florales”.

Figura 4 . Foma de la flor



Fuente: Tomado de (España, 2026)

2.2.5. Frutos

El fruto, denominado mazorca, es una drupa de forma variable según el genotipo; en el clon CCN51 se caracteriza por su tamaño mediano a grande, superficie rugosa y coloración que evoluciona de verde a un tono amarillo-anaranjado en la madurez. En su interior contiene entre 30 y 45 semillas envueltas en un mucílago mucilaginoso rico en azúcares, materia prima que tras el proceso de fermentación y secado da origen al grano comercial de cacao.

Venegas, (2017) agrega que: El fruto es el resultado de la maduración del ovario, que una vez fecundado es una baya indehisciente con tamaños que oscilan de 10 cm a 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde en estado inmaduro, característica que depende del genotipo. El número de semillas por fruto es un carácter muy variable y al parecer está altamente influenciado por el ambiente; el número máximo de semillas es el número de óvulos por ovario.

Rodríguez *et al.*, (2017) exponen que: “el fruto del cacao se llama mazorca y botánicamente es una baya o una sub-baya de tamaño variable con peso que va desde 200 hasta 1000 gramos o más”.

2.2.6. Semillas

En este sentido López & Medina, (2017) señalan que las semillas o almendras son de tamaño variable (1.2 cm a 3 cm), cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso, de diversos sabores y aromas (floral, frutal) y grados de acidez, dulzura y astringencia. En el interior de la almendra se encuentran los cotiledones, que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo.

Figura 3. *Forma de las semillas*



Fuente: Tomado de López & Medina, (2017).

2.3. Estrategias de fertilización aplicadas al cultivo de cacao

Según la *Compañía Nacional Chocolatera, (2021)* señala que particularmente hay tres tipos de fertilización que se utilizan en el cultivo de cacao: i. la inorgánica, referida al uso de fertilización exclusivamente de síntesis química, son derivados de minerales, clasificados en fertilizantes simples; solo contiene un elemento, ejemplo la urea, la cual es la fuente principal de nitrógeno (N) y los compuestos (contienen más de un elemento para la planta, ejemplo el nitrógeno, fosforo y potasio (NPK), con diferentes formulaciones (*Cerda et al., 2021*). La dosis, el tipo de fertilizante y la formulación se selecciona en base a los requerimientos nutricionales del cultivo y los resultados del análisis físico químico del suelo y análisis foliar. Lo cual conlleva a elaborar el plan de fertilización, garantizando la productividad.

Así mismo, está ii. La fertilización orgánica, referida al uso de materiales naturales y biodegradables, en algunos reportes se incluye el bocachi, compost, gallinaza, humus, entre otros (*Mejia & Palencia, 2022*) Es utilizada para mejorar la calidad del suelo o cuando hay niveles bajos de materia orgánica. Además, están iii. Las enmiendas, es un material (químico o orgánico) que se añade al suelo con el objetivo de corregir deficiencias o ajustar sus características químicas, creando condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas (*Cruzado, 2019*).

Por consiguiente la fertilización en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) constituye una práctica agronómica esencial para sostener el crecimiento vegetativo, la floración, la formación de mazorcas y la reposición de los nutrientes extraídos por la planta durante su ciclo productivo (*Francisco-Santiago et al., 2023*). Entre las estrategias más utilizadas se encuentran la fertilización edáfica, la fertilización foliar y, en menor medida, la fertilización axilar, cuya combinación permite ajustar el suministro de nutrientes a las condiciones particulares de cada plantación.

La fertilización edáfica consiste en aplicar los nutrientes directamente al suelo, en forma sólida o líquida, incorporándolos en la zona de mayor concentración de raíces absorbentes. Su eficiencia depende de factores como la humedad, la textura, la estructura, el contenido de materia orgánica y la capacidad del suelo para retener los nutrientes aplicados (*Havlin, 2005; Weil & Brandy, 2016*). En suelos ácidos, con baja relación carbono/nitrógeno (C/N) y limitada capacidad de intercambio catiónico, condiciones frecuentes en sistemas agrícolas tropicales, pueden presentarse pérdidas importantes de nitrógeno y potasio y reducirse la disponibilidad de estos nutrientes para las plantas. En plantaciones de cacao de Tabasco, México, Francisco-Santiago et al., (2023) reportaron que una baja relación C/N (<12), asociada con disminución de materia orgánica y déficit de N y K en el suelo, provocó bajas concentraciones de ambos macronutrientes en el follaje de los árboles.

La fertilización foliar permite suministrar nutrientes directamente sobre la superficie de las hojas, favoreciendo una absorción rápida a través de la cutícula y las estomas. En cacao, esta técnica se emplea principalmente como complemento de la fertilización edáfica, particularmente cuando existen bloqueos en la absorción radical de elementos como calcio, magnesio, manganeso y hierro asociados al pH del suelo o a la alta saturación de aluminio (*Bravo Palma et al., 2022; Requelme, 2025*). Evidencia experimental en cacao CCN51 ha mostrado que la fertilización foliar complementaria mejora significativamente el rendimiento, la sanidad y la rentabilidad del cultivo bajo condiciones de secano, siendo el fertilizante foliar comercial evaluado el que generó los mayores incrementos en número de mazorcas por planta, peso de grano y rentabilidad frente al testigo sin aplicación (*Carolina & Montes, 2026*).

De manera similar, la aplicación foliar fraccionada de calcio, boro y zinc en distintos momentos fenológicos ha demostrado efectos favorables sobre el rendimiento y la rentabilidad del cacao Nacional, evidenciando el papel de los micronutrientes en la corrección de deficiencias específicas no resueltas por la fertilización al suelo (*Cevallos et al., 2022*).

La fertilización axilar, menos documentada en la literatura específica de cacao, consiste en colocar soluciones nutritivas en zonas de alta actividad fisiológica de la planta como axilas foliares o cojines florales, con el propósito de mejorar el aprovechamiento de los nutrientes aplicados y reducir las pérdidas por lavado o escorrentía. Si bien esta técnica ha sido más desarrollada en otros cultivos perennes, su principio fisiológico resulta transferible al cacao como alternativa complementaria de aplicación localizada, particularmente en etapas de floración y llenado de grano, cuando la demanda nutricional se concentra en órganos específicos de la planta.

En conjunto, la evidencia revisada indica que ninguna de estas estrategias sustituye por completo a las demás: la fertilización edáfica constituye la base del programa nutricional del cacao, mientras que la fertilización foliar y, en su caso, la axilar actúan como mecanismos correctivos y complementarios, cuya efectividad depende del diagnóstico previo de suelo y follaje, del estado fisiológico de la planta y del momento de aplicación (*Cevallos Carvajal et al., 2022; Francisco-Santiago et al., 2023*). Aunque es una técnica menos convencional, puede representar una alternativa útil en determinadas etapas del cultivo, especialmente cuando se busca una absorción más localizada y eficiente (*Lira-Saldivar et al., 2018*)

2.4. Efectos de los Macronutrientes Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el cultivo de cacao

Según *AgroLink, (2025)* La nutrición mineral del cacao involucra macronutrientes primarios (nitrógeno, fósforo y potasio), macronutrientes secundarios (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (boro, zinc, cobre, hierro, manganeso y molibdeno), cuya disponibilidad equilibrada en el suelo determina el vigor vegetativo, la floración, el cuajado de frutos y el llenado del grano.

Por otra parte, el nitrógeno (N) participa directamente en la síntesis de proteínas, clorofila y ácidos nucleicos, siendo determinante para el crecimiento vegetativo, la formación de hojas y el desarrollo radicular (*Sandra, 2023*). Su deficiencia se manifiesta mediante clorosis generalizada y reducción del crecimiento, mientras que su exceso puede retrasar la floración y favorecer la susceptibilidad a plagas y enfermedades foliares.

Para *INTAGRI, (2017)* indican que el fósforo (P) cumple una función importante en el desarrollo del sistema radical, la floración y los procesos energéticos de la planta. Además, es esencial para el desarrollo del sistema radicular, la floración y la formación de frutos En suelos ácidos, como los predominantes en la zona litoral ecuatoriana, el fósforo tiende a fijarse en formas no disponibles para la planta, razón por la cual su manejo debe complementarse con prácticas que favorezcan su solubilización, entre ellas la actividad de microorganismos fosfato-solubilizadores.

Tamayo-Ramirez et al., (2022) explican que el potasio (K) interviene en la regulación hídrica, la translocación de fotoasimilados y la resistencia a plagas y enfermedades; su deficiencia se traduce en necrosis marginal de las hojas y menor resistencia del cultivo al estrés biótico y abiótico Investigaciones desarrolladas en clones de cacao, incluido el CCN51, han determinado diferencias significativas en la eficiencia agronómica del uso de nitrógeno, fósforo y potasio

entre genotipos, lo que evidencia la necesidad de ajustar los planes de fertilización según el material genético empleado (*Paramo et al., 2016*).

Carmona et al., (2022) mencionan que, además del nitrógeno, fósforo y potasio, el cultivo de plátano requiere elementos secundarios como calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), así como micronutrientes como hierro (Fe), zinc (Zn), boro (B), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo). Estos nutrientes participan en procesos fisiológicos esenciales y su interacción puede generar efectos sinérgicos o antagonistas que influyen en la absorción, disponibilidad y aprovechamiento nutricional de la planta (*Furcal Beriguete, 2016*). El calcio contribuye a la estabilidad estructural de las paredes celulares y al desarrollo radicular, mientras que el magnesio constituye un componente central de la molécula de clorofila, siendo indispensable para el proceso fotosintético. Ambos elementos suelen presentar niveles limitantes en suelos ácidos de la región litoral ecuatoriana, por lo que su reposición mediante encalado o fuentes específicas resulta una práctica agronómica recomendable (*Compañía Nacional Chocolatera, 2021*).

2.5. Microorganismos de montaña

Orbe Panchana, (2017) señala que los microorganismos de montaña o microorganismos eficientes fueron conceptualizados en la década de 1980 por el profesor Teruo Higa, de la Universidad de Ryukyus, Japón, quien determinó que la combinación sinérgica de distintos grupos microbianos benéficos potenciaba sus efectos individuales sobre el suelo y las plantas (*Feijoo & Mesa, 2016*). A partir de este principio, se desarrolló la variante de microorganismos eficientes autóctonos o "de montaña", los cuales se diferencian de los inóculos comerciales en que son capturados directamente de ecosistemas boscosos locales con mínima intervención antrópica, lo que garantiza su adaptación a las condiciones biogeoquímicas particulares de cada región (*Ben, 2024*).

Para *González Cruz et al., (2026)*, los EMA constituyen un consorcio mixto de microorganismos benéficos que coexisten de manera simbiótica, integrado principalmente por bacterias fototróficas o fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras y actinomicetos, junto con hongos de fermentación en menor proporción, (*Torres Pérez et al., 2022*). *Demir et al., (2024)*. Explican que estos microorganismos se localizan principalmente en bosques, zonas montañosas, plantaciones de café, áreas de bambú y otros sistemas con elevada diversidad biológica. En estos ambientes, el mantillo forestal, hojarasca y restos orgánicos en descomposición actúa como una fuente natural de inóculo, ya que concentra comunidades microbianas adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas del lugar (*Carrbo, 2023*).

En el caso del cacao (*Theobroma cacao* L.), los sistemas agroforestales y las plantaciones establecidas bajo sombra arbórea reproducen parcialmente estas condiciones de bosque, favoreciendo la presencia de bacterias y hongos del suelo con funciones clave como fijación de nitrógeno, solubilización de fosfatos y descomposición de materia orgánica. Por ello, los llamados “microorganismos de montaña” también se reconocen como “microorganismos de bosque” y se consideran una fuente importante de inoculantes naturales aprovechables en programas de biofertilización y biocontrol en el cultivo de cacao. (Troya & Pino, 2023).

Morris, (2016) sostiene que los microorganismos de montaña participan activamente en los ciclos biogeoquímicos del suelo, favoreciendo la degradación de la materia orgánica y la liberación progresiva de nutrientes aprovechables por las plantas. Su obtención mediante procedimientos artesanales a partir del mantillo forestal de bosques cercanos a las fincas, rico en hongos, bacterias y levaduras adaptados al ambiente local constituye una alternativa de bajo costo para los productores, ya que permite aprovechar la microbiota nativa sin requerir medios de cultivo sofisticados, lo que facilita su incorporación tanto en sistemas agrícolas familiares como comerciales orientados hacia una producción más sostenible. Una vez reproducidos y aplicados en campo, estos consorcios microbianos actúan como bioinoculantes que favorecen la fermentación de abonos orgánicos, la elaboración de biopreparados y la recuperación de la fertilidad biológica del suelo (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca MAGP, 2026; Faros Agroecológicos, 2024; Elaboración de Microorganismos de Montaña para Huertos Familiares, 2025)

Para Campo-Martínez et al., (2014). Los microorganismos de montaña constituyen una herramienta biológica con múltiples aplicaciones en los sistemas agrícolas sostenibles. Diversos estudios señalan que estos consorcios microbianos favorecen la disponibilidad de nutrientes para las plantas, contribuyen a la supresión de algunos microorganismos patógenos y fortalecen los mecanismos de control biológico dentro del agroecosistema (Torres Pérez et al., 2022). Asimismo, han demostrado utilidad en el manejo de residuos orgánicos, el tratamiento de aguas residuales, la mitigación de olores en explotaciones pecuarias y la gestión de desechos ganaderos, lo que resalta su importancia en estrategias agroecológicas y de bioseguridad (Campo-Martínez et al., 2014). Su efectividad depende de factores como la adaptación de los microorganismos al entorno, la calidad del inóculo y las condiciones de reproducción y aplicación en campo (Arriaga, 2023). En este contexto, su utilización en el cultivo de cacao representa una alternativa sostenible para estimular la actividad biológica del suelo, optimizar

el aprovechamiento de nutrientes y complementar los programas de fertilización convencionales (Ordoñez, 2024).

El *Instituto nacional de Investigaciones forestales agricultura y pecuaria*, (2022), sostiene que los microorganismos de montaña (MM) constituyen una herramienta agroecológica que favorece la disponibilidad de nutrientes para las plantas, contribuye al control biológico de patógenos y mejora la actividad microbiológica del suelo. Asimismo, su aplicación se ha extendido al manejo de residuos orgánicos, tratamiento de aguas residuales y reducción de olores y desechos en sistemas pecuarios, evidenciando su potencial dentro de estrategias de producción sostenible y bioseguridad agropecuaria (Chang et al., 2007).

De acuerdo con *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGP, 2026)* La eficacia de estos microorganismos depende de factores como su adaptación a las condiciones ambientales, la calidad del inóculo, el proceso de reproducción y el manejo durante su aplicación. En este contexto, su uso en cultivos como el cacao representa una alternativa biológica para estimular la actividad microbiana del suelo, mejorar el aprovechamiento de nutrientes y complementar los programas de fertilización bajo un enfoque sostenible (Mera & Zambrano, 2018).

2.6. Taxonomía de los microorganismos

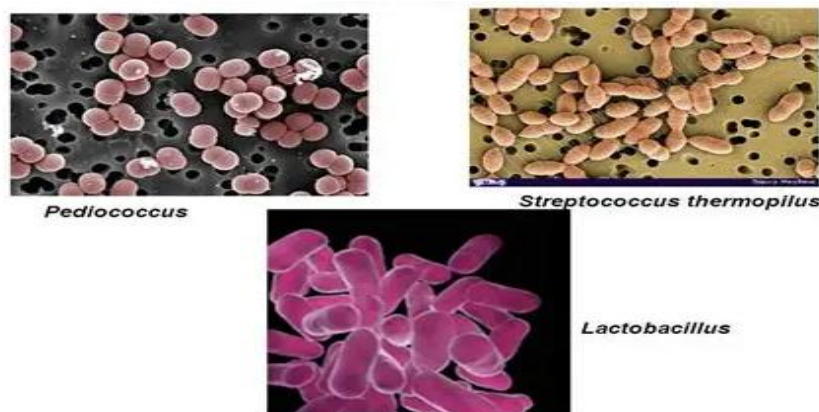
Vera, (2025) señala que la clasificación taxonómica constituye una herramienta fundamental para organizar y estudiar la diversidad de microorganismos asociados al cultivo de cacao, ya que permite agruparlos jerárquicamente en categorías como reino, filo, clase, orden, familia, género y especie, de acuerdo con sus características biológicas y relaciones evolutivas (Izzah et al., 2023). Esta clasificación facilita la identificación de hongos, bacterias, levaduras y otros microorganismos presentes en el suelo, las raíces, los tejidos vegetales y los procesos de fermentación del cacao, permitiendo reconocer especies con potencial para la nutrición vegetal, la promoción del crecimiento y el control biológico de enfermedades (González-Orozco et al., 2022). Asimismo, estudios sobre la diversidad microbiana en plantaciones de cacao han reportado la presencia frecuente de microorganismos de importancia agrícola, como *Trichoderma*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y micorrizas del género *Glomus*, los cuales desempeñan funciones clave en la salud y productividad del agroecosistema cacaotero.

La clasificación de los microorganismos varía según sus características biológicas y su grado de complejidad. En hongos y levaduras, la identificación tradicional se basa en rasgos morfológicos, reproductivos y fisiológicos, mientras que en bacterias se complementa con

técnicas moleculares como la secuenciación de ADN, el análisis del gen 16S rRNA, la metagenómica y otras herramientas genómicas que permiten determinar con mayor precisión las relaciones filogenéticas entre especies (Jan-Roblero *et al.*, 2024; Dodino-Gutiérrez *et al.*, 2023). Estas metodologías han cobrado especial importancia en la caracterización de microorganismos asociados a los sistemas agrícolas, incluidos los cultivos de cacao, donde participan en procesos de nutrición vegetal, ciclado de nutrientes y control biológico de enfermedades (Calderón, 2019).

Asimismo, Santillan-Culquimboz *et al.*, (2025) los microorganismos eficientes autóctonos y los microorganismos de montaña están integrados por comunidades de bacterias ácido-lácticas, bacterias fotosintéticas, hongos fermentadores, levaduras y actinomicetos que interactúan de forma sinérgica en el suelo. Estos grupos microbianos contribuyen a la descomposición de la materia orgánica, la solubilización de fósforo y otros nutrientes, la fijación biológica de nitrógeno y la producción de metabolitos que favorecen el crecimiento y la salud de los cultivos (Ezeagu *et al.*, 2023; Ncube, 2024). El conocimiento de su clasificación taxonómica permite comprender mejor sus funciones ecológicas y seleccionar microorganismos con potencial para mejorar la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

Figura: Forma de los principales géneros de bacterias ácido-lácticas



Fuente: tomado de citar.

2.6.1. Las bacterias fotosintéticas

Según señalan que las bacterias fotosintéticas, como *Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, son microorganismos autótrofos facultativos capaces de utilizar la luz como fuente de energía y los exudados radiculares como fuente de carbono. En los consorcios de microorganismos eficientes autóctonos, estas bacterias cumplen una función

importante porque transforman compuestos orgánicos e inorgánicos en sustancias aprovechables para otros microorganismos y para las plantas.

Estudios realizados explican que estas bacterias pueden sintetizar aminoácidos, ácidos orgánicos, azúcares, vitaminas y otras sustancias bioactivas que favorecen la actividad microbiana del suelo. Además, su capacidad metabólica les permite desarrollarse bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas, participar en procesos de fijación de nitrógeno y producir compuestos esenciales como clorofilas y vitamina B12, lo que fortalece su valor dentro de sistemas agrícolas sostenibles.

Figura. Forma del *Rhodopseudomonas palustris*



fuelle: tomado de (la plaza de punnett, 2019)

2.6.2. Los actinomicetos

Para Dow et al., (2023) los actinomicetos, representados por especies como *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus*, son bacterias filamentosas con características morfológicas semejantes a los hongos. Estos microorganismos cumplen una función importante en la descomposición de la materia orgánica vegetal y en los procesos de compostaje, debido a su capacidad para degradar compuestos complejos presentes en los residuos agrícolas (Khan et al., 2023).

Anitha & Rebeeth, (2009) los actinomicetos también destacan por producir metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas, como quitinasas y β -1,3-glucanasas. Estas sustancias pueden actuar contra fitopatógenos del suelo, entre ellos *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia minor* y *Sclerotium rolfsii*, por lo que se consideran microorganismos de interés para el control biológico y la mejora de la salud del suelo.

2.6.3. Duración y conservación de microorganismos eficientes autóctonos

Según el *Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2009)*, los microorganismos eficientes autóctonos presentan una vida útil aproximada de seis meses después de su envasado, siempre que se mantengan en condiciones adecuadas de almacenamiento. Para conservar su viabilidad, deben guardarse en lugares frescos, oscuros y con temperatura estable, evitando la exposición directa a la luz y los cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche (*Cabello-Olmo et al., 2020*).

Feican, (2011) indica que no es recomendable almacenar estos bioinsumos en invernaderos, debido a que las variaciones térmicas pueden afectar la estabilidad y actividad de los microorganismos. Asimismo, cuando el producto presenta olor desagradable, debe descartarse, ya que este puede indicar deterioro o contaminación. Las variaciones de color, desde tonalidades similares al té claro hasta tonos más oscuros, pueden deberse a diferencias en la materia prima utilizada, sin que necesariamente representen pérdida de calidad del producto (*Liu et al., 2022*).

2.6.4. Funciones de los microorganismos eficientes autóctonos

Liu et al., (2023) señalan que los microorganismos eficientes autóctonos cumplen funciones relevantes en los sistemas agrícolas, debido a su participación en procesos biológicos que favorecen la sostenibilidad del suelo y el desarrollo de los cultivos. Entre sus principales aportes se encuentra la descomposición de la materia orgánica, proceso que facilita la liberación gradual de nutrientes esenciales y mejora su disponibilidad para las plantas. Asimismo, estos microorganismos contribuyen al incremento de la biomasa microbiana y al mejoramiento de propiedades edáficas como el contenido de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo disponible, aspectos fundamentales para la productividad agrícola.

Dlamini et al., (2022) mencionan que estos consorcios microbianos pueden ejercer efectos antagonistas frente a diversos microorganismos fitopatógenos presentes en el suelo, reduciendo su proliferación y favoreciendo un ambiente microbiológico más equilibrado. Además, numerosas especies bacterianas y fúngicas asociadas a estos inoculantes producen metabolitos y sustancias bioactivas capaces de estimular procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo, el desarrollo radicular, la floración y la fructificación, contribuyendo al aumento del rendimiento y la calidad de los cultivos.

Por otra parte, *Liu et al., (2022)* indican que los microorganismos eficientes autóctonos también participan en la degradación y transformación de compuestos potencialmente tóxicos

presentes en el suelo, favoreciendo la recuperación de su calidad física, química y biológica. Asimismo, la actividad metabólica de estos microorganismos promueve ciclos más eficientes de carbono, nitrógeno y fósforo, fortaleciendo la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Durante las etapas iniciales del cultivo, estos microorganismos pueden estimular la germinación de semillas y favorecer el establecimiento vigoroso de las plántulas, mejorando su adaptación a las condiciones productivas.

Finalmente, diversos estudios sostienen que el uso de microorganismos eficientes autóctonos no se limita al ámbito agrícola, ya que sus aplicaciones se han extendido a los sistemas pecuarios y a estrategias integrales de sostenibilidad. Cuando se incorporan al agua de bebida o a los alimentos de animales de granja, pueden contribuir al equilibrio de la microbiota digestiva, mejorar el aprovechamiento de nutrientes y favorecer el estado sanitario y productivo de los animales. Además, desde el enfoque de "Una Salud" (One Health), los microorganismos benéficos constituyen herramientas importantes para fortalecer la interacción entre la salud del suelo, las plantas, los animales y el ambiente.

2.7. ANTECEDENTES

2.7.1. INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Chevez et al., (2024) en un estudio desarrollado en un vivero comercial del cantón La Troncal, provincia de Cañar, evaluó la dosis y el tipo de biofertilizante más adecuado (biol y humus de lombriz) para la propagación de plantas injertas de cacao CCN51, concluyendo que los planes de fertilización basados exclusivamente en fertilizantes inorgánicos incrementan los costos de producción y los riesgos de contaminación de suelos y agua por metales pesados, por lo que recomienda considerar alternativas biológicas que garanticen tanto el crecimiento vegetal como la inocuidad del producto final. Este antecedente respalda directamente la pertinencia de evaluar bioinsumos microbianos como los EMA en la fase de establecimiento y desarrollo del cacao CCN51 (*Macías, 2021*).

Vásquez et al., (2025) evaluaron el efecto de la inducción de microorganismos de montaña, en niveles de 0 %, 30 % y 60 %, sobre el proceso de fermentación de cacao Nacional y CCN51 en cajas Rohan y sacos de yute, encontrando que la inducción microbiana al 60 % en cajas Rohan optimizó significativamente el perfil organoléptico del grano, alcanzando una puntuación de 8,4 sobre 9 en aroma, sabor y textura, frente a 6,1 sobre 9 en el testigo sin inducción, además de incrementar el porcentaje de granos bien fermentados y la capacidad antioxidante del producto. Este antecedente evidencia el potencial de los microorganismos de montaña más allá de la etapa de campo, extendiéndose a la fase poscosecha de la cadena productiva del cacao.

Macías et al., (2023) mediante secuenciación de alto rendimiento del gen 16S rRNA, caracterizaron por primera vez la comunidad bacteriana del filoplano en los genotipos de cacao Catongo susceptible a la escoba de bruja y CCN51 resistente, determinando que este último presenta una mayor diversidad de géneros bacterianos, varios de ellos con actividad de control biológico e inhibición frente a distintos grupos taxonómicos de fitopatógenos. Este hallazgo constituye una base científica relevante para sustentar el potencial del manejo microbiológico incluida la aplicación de EMA como estrategia complementaria de protección biológica en cacao CCN51.

Briones, (2018) en un estudio realizado en la parroquia Luz de América, provincia de Los Ríos, en una plantación de cacao CCN51 de siete años de edad, se evaluó el efecto de

distintos manejos sobre la población de microorganismos edáficos, estableciéndose previamente un plan de fertilización de suelo basado en análisis de laboratorio, lo cual reafirma la relevancia de contar con un diagnóstico nutricional de línea base antes de implementar tratamientos biológicos o químicos en campo, práctica que se incorpora en la metodología de la presente investigación.

Investigaciones desarrolladas en clones de cacao incluido el CCN51 sobre la eficiencia en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio, bajo un diseño de bloques completos al azar con incrementos porcentuales de NPK sobre el nivel de fertilidad natural del suelo, determinaron diferencias significativas en la eficiencia agronómica de estos nutrientes entre clones, siendo el CCN51 el material con mayor eficiencia agronómica en el nivel de incremento más bajo evaluado (25 %), lo que sugiere que este clon podría responder favorablemente a estrategias de fertilización de menor intensidad, complementadas con fuentes biológicas de nutrientes como los MEA. (Vásquez Cortez *et al.*, 2025).

Finalmente, estudios sobre la fertilización inorgánica del cacao y su relación con hongos micorrízicos arbusculares han determinado que dosis crecientes de fósforo disponible reducen significativamente el número de esporas de estos hongos benéficos en el suelo, evidenciando un efecto antagónico entre la fertilización química intensiva y ciertos componentes de la microbiota edáfica benéfica, lo que refuerza la necesidad de explorar esquemas de fertilización combinada o reducida, como los tratamientos T1 y T2 propuestos en la presente investigación, que permitan conciliar la nutrición mineral con la conservación de la actividad biológica del suelo.

En conjunto, los antecedentes revisados evidencian un consenso creciente en la literatura científica respecto a los beneficios agronómicos, económicos y ambientales del uso de microorganismos benéficos de montaña, autóctonos o comerciales en el cultivo de cacao, así como la necesidad de generar información específica para el clon CCN51 bajo las condiciones edafoclimáticas particulares de cada zona productora, vacío que la presente investigación busca contribuir a subsanar.

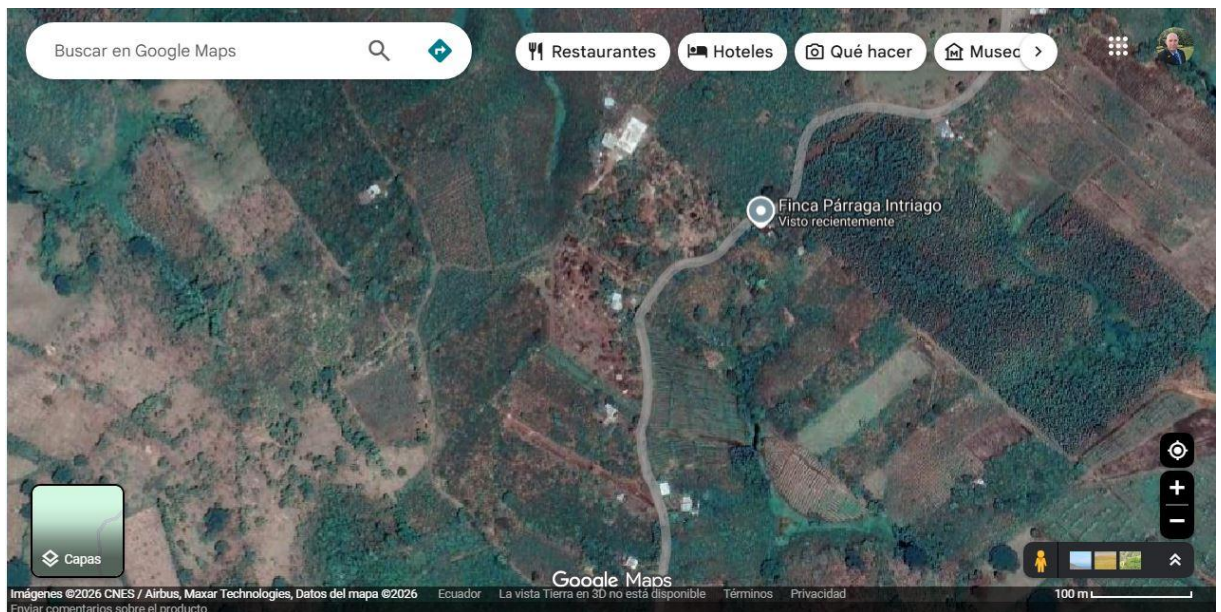
3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización de la unidad experimental

La presente investigación se desarrolló en la Finca “Párraga Intriago”, ubicada en la parroquia Velasco Ibarra, cantón El Empalme, provincia de Los Ríos, en las coordenadas geográficas 1°02'46"S y 79°38'01"O, a una altitud aproximada de 74 a 106 m s. n. m. El cantón El Empalme se localiza en la región litoral del Ecuador y forma parte del área de influencia agroecológica compartida con las provincias de Guayas y Manabí, presentando condiciones climáticas homogéneas de trópico húmedo representativas de las principales zonas cacaoteras del país.

La finca fue seleccionada por contar con un cultivo uniforme de cacao CCN-51, condiciones adecuadas para la implementación de los tratamientos experimentales y facilidades para el seguimiento de las variables agronómicas y edáficas durante el desarrollo de la investigación. El estudio permitirá evaluar el efecto de los microorganismos eficientes autóctonos asociados con la fertilización sobre el crecimiento, la disponibilidad de nutrientes del suelo y la productividad del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*).

Figura 4. Localización geográfica del área de estudio



Fuente: (Google Maps, 2026)

3.1.1. Caracterización meteorológica de la zona

A continuación, algunas características climáticas del cantón: De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, el área experimental corresponde a un clima monzónico tropical (Am), caracterizado por temperaturas elevadas durante todo el año y precipitaciones

concentradas en el periodo invernal (Navarra & Prieto, 2020; Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón El Empalme, 2015) señala que los principales parámetros meteorológicos de la zona se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2 Características meteorológica del área experimental.

Parámetro	Valor promedio	Rango / observación
Temperatura media anual	25,2 °C	21 – 26 °C
Precipitación media anual	2 400 mm	1 600 – 3 200 mm
Humedad relativa media	82 %	78 – 88 %
Heliofanía	900 h·año ⁻¹	750 – 1 050 h·año ⁻¹
Altitud	90 m s. n. m.	74 – 106 m s. n. m.
Zona de vida (Holdridge)	Bosque húmedo Tropical (bh-T)	—

Caracterización meteorológica del área experimental, cantón El Empalme. Fuente: elaboración propia a partir de EcuRed (2023) y la estación meteorológica: Estación Experimental Tropical Pichilingue.

3.2. Métodos

3.2.1. Método empírico

Se utilizó el método empírico mediante la observación directa y la medición de las variables agronómicas del cultivo del cacao sometido a la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos asociados con la fertilización (Menéndez, 2022) A través del trabajo de campo se registraron de forma sistemática variables como la altura de la planta Este método permitió obtener información objetiva sobre la respuesta del cultivo bajo condiciones reales de producción agrícola, facilitando la evaluación del efecto de los tratamientos aplicados (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

3.2.2. Método experimental

La investigación se fundamentó en el método experimental, debido a que se aplicaron diferentes tratamientos de fertilización asociados con microorganismos eficientes autóctonos para evaluar su efecto sobre el crecimiento, la disponibilidad de nutrientes del suelo y la productividad del cultivo del cacao (González-Rodríguez et al., 2023; Menéndez, 2022) Este método facilitó el establecimiento de relaciones de causa y efecto entre los tratamientos aplicados y las respuestas obtenidas en el cultivo, permitiendo contrastar la hipótesis planteada con base en los resultados experimentales (Macias, 2023).

3.2.3. Método bibliográfico

Se empleó el método bibliográfico para fundamentar teóricamente la investigación mediante la revisión, análisis e interpretación de literatura científica relacionada con los microorganismos eficientes autóctonos, la fertilización biológica, la microbiología del suelo y

el manejo agronómico del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*). La información recopilada a partir de artículos científicos, libros especializados, tesis, manuales técnicos, documentos técnicos y publicaciones indexadas permitió sustentar el marco teórico, justificar la investigación y comparar los resultados obtenidos con los reportados en estudios previos.

3.2.4. Método observacional

El método observacional en el cultivo del cacao se usa principalmente para el monitoreo agronómico, la evaluación fitosanitaria y el control del punto óptimo de cosecha o de posturas ergonómicas. Consiste en la inspección visual sistemática y directa de las plantas, mazorcas, follaje y del entorno del suelo para tomar decisiones oportunas de manejo. Se aplicó el método observacional para registrar de manera sistemática el comportamiento agronómico del cultivo durante el desarrollo de la investigación. Mediante observaciones directas en campo se identificaron cambios en el crecimiento, vigor, desarrollo foliar, estado fitosanitario, producción y demás características relacionadas con la respuesta de las plantas a la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos asociados con la fertilización. La información obtenida complementó los datos cuantitativos registrados durante el estudio, permitiendo realizar una interpretación integral del comportamiento del cultivo frente a los tratamientos evaluados.

3.3. Variables del estudio

Análisis descriptivo, mediante comparación en medidas de cada uno de los tratamientos

3.3.1. Variable independiente

Tratamientos de fertilización con microorganismos eficientes autóctonos

Corresponde a los tratamientos aplicados al cultivo del cacao (*Theobroma cacao L.*) para evaluar el efecto de los microorganismos eficientes autóctonos asociados con la fertilización. Se establecieron tres tratamientos experimentales distribuidos en parcelas independientes:

- **T0:** Testigo, sin aplicación de microorganismos eficientes autóctonos ni fertilización adicional.
- **T1:** Aplicación de microorganismos eficientes autóctonos.
- **T2:** Aplicación de microorganismos eficientes autóctonos complementados con fertilización.

3.3.2. Variables dependientes

Dentro de los macronutrientes se evaluaron las concentraciones foliares de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio. Estos nutrientes fueron expresados en porcentaje de materia seca y determinados mediante análisis de laboratorio de las muestras foliares recolectadas en los tratamientos T0, T1 y T2.

3.4. Diseño de la Investigación

La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo, de tipo experimental y de campo, debido a que se evaluó el efecto de los microorganismos eficientes autóctonos asociados con la fertilización sobre el cultivo del cacao (*Theobroma cacao L.*).

3.4.1. Descripción de los tratamientos

La investigación estuvo conformada por tres tratamientos, cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, y cada repetición estuvo integrada por cinco plantas de plátano, dando un total de 20 plantas por tratamiento y 60 plantas evaluadas en toda la investigación.

Tabla 3 Tratamiento de estudio

Tratamientos	Descripción	Repeticiones	Plantas	Total de plantas
T0	Testigo, sin aplicación de microorganismos eficientes autóctonos ni fertilización	4	5	20
T1	Aplicación de microorganismos eficientes autóctonos + fertilización	4	5	20
T2	Aplicación de microorganismos eficientes autóctonos	4	5	20

3.5. Instrumentos de investigación

3.5.1. Procedimiento experimental

Las plantas fueron distribuidas bajo un Diseño conformado por tres tratamientos, cuatro repeticiones por tratamiento y cinco plantas por repetición. En total se establecieron 12 unidades experimentales. Antes de la aplicación de los tratamientos se realizó la limpieza del área, el deshierbe manual y la delimitación de las parcelas experimentales, manteniendo las condiciones naturales del cultivo.

3.5.2. Plan de fertilización

El plan de fertilización se estructurará conforme a los tratamientos descritos, ajustando las dosis

a la fenología de las plantas de cacao CCN51 y fraccionando las aplicaciones en tres momentos, tal como se detalla en la tabla 4.

Tabla 4 *Plan de fertilización por planta*

Tratamiento	Aplicación 1 (día 0)	Aplicación 2 (día 30)
T0	Sin aplicación	Sin aplicación
T1	25 g fertilizante + 25 ml EMA	25 g fertilizante + 25 ml EMA
T2	25 ml EMA	25 ml EMA

Cuadro 3. Cronograma de fraccionamiento de las aplicaciones por tratamiento y unidad experimental (20 plantas).

La aplicación se realizará por fila, alrededor de la proyección de la copa de cada planta (zona de mayor concentración de raíces absorbentes), incorporando ligeramente el producto al suelo y asegurando humedad adecuada al momento de la aplicación para favorecer la actividad microbiana.

3.5.3. Preparación de los microorganismos eficientes autóctonos

Los microorganismos eficientes autóctonos fueron obtenidos a partir de materiales orgánicos presentes en el entorno de la finca, con el propósito de aprovechar microorganismos adaptados a las condiciones locales del agroecosistema. Posteriormente, fueron reproducidos en forma líquida para su aplicación en las plantas correspondientes a los tratamientos T1 y T2.

3.5.4. Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos se realizó de manera uniforme en cada unidad experimental, respetando la distribución establecida en el diseño de investigación. Las plantas del tratamiento T0 permanecieron como testigo; las del tratamiento T1 recibieron microorganismos eficientes autóctonos más fertilización, y las del tratamiento T2 recibieron microorganismos eficientes autóctonos.

3.6. Análisis comparativo de los resultados

Los resultados de los análisis foliares se organizaron según los tratamientos T0, T1 y T2, separando los macronutrientes de los micronutrientes. Para establecer el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos, solos o combinados con fertilización, se compararon las concentraciones obtenidas en cada tratamiento con respecto al testigo. La variación porcentual se calculó mediante la siguiente fórmula:

Fórmula de eficiencia foliar

$$\text{Eficiencia foliar (\%)} = \frac{T_1 - T_2}{T_2} \times 100$$

Donde:

- T_1 = concentración foliar del nutriente en el tratamiento 1 (%)
- T_2 = concentración foliar del nutriente en el tratamiento 2 (%)

Aplicación con datos:

$$\text{Eficiencia foliar} = \frac{2,70 - 2,50}{2,70} \times 100$$

Tabla 5 *Cálculo de Eficiencia Foliar*

Paso	Operación	Resultado
1. Diferencia entre tratamientos	$2,50 - 2,70$	0,2
2. Relación respecto al T2	$0,2 \div 2,70$	0,07
3. Conversión a porcentaje	$0,07 \times 100$	7,40 %

Interpretación:

$$\text{Variación porcentual} = \frac{\text{Valor del tratamiento} - \text{Valor del testigo}}{\text{Valor del testigo}} \times 100$$

La eficiencia foliar se calculó comparando la concentración del nutriente registrado en cada tratamiento con biofertilización (T1 o T2) frente a la concentración registrada en el testigo (T0), expresando la diferencia como un porcentaje de variación respecto a este último. En este sentido, el valor correspondiente al "tratamiento" representa el resultado obtenido en T1 (aplicación de microorganismos eficientes autóctonos+fertilización) o en T2 (aplicación de microorganismos eficientes autóctonos), según el caso analizado, mientras que el valor de referencia o "testigo" corresponde al resultado obtenido en T0 sin aplicación de microorganismos ni fertilización) donde el tratamiento T1 presentó una concentración foliar del nutriente evaluado un 7,40 % superior a la registrada en el tratamiento T2. El valor del tratamiento corresponde al resultado obtenido en T1 o T2, mientras que el valor del testigo corresponde al resultado de T0. Un resultado positivo indica un incremento en la concentración del nutriente y un resultado negativo representa una disminución respecto al testigo.

3.7. Instrumentos y materiales utilizados

- Bomba de Fumigación
- Fundas ziploc
- Barreno
- Flexómetro (5 m)
- Solución fertilizante
- EMA
- Recipientes para preparación de soluciones
- Etiquetas y estacas para identificación de tratamientos
- Guantes, botas, marcadores

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran los resultados del suelo y del análisis foliar de las plantas de Cacao tratadas con T0, T1 y T2, a partir de la caracterización química inicial del suelo. Los datos fueron tabulados tomando en cuenta la concentración de macronutrientes y micronutrientes, y el cambio porcentual de los tratamientos con microorganismos eficientes nativos con relación al testigo.

4.1. Caracterización química inicial del suelo

El suelo evaluado presenta un pH de 5,95, lo cual se clasifica como una condición de acidez leve. Para el cacao CCN51, este rango es considerado óptimo, ya que favorece la solubilidad de la mayoría de los nutrientes sin alcanzar niveles de toxicidad por aluminio. La conductividad eléctrica (0,20 dS/m) confirma que se trata de un suelo no salino, condición esencial para evitar el estrés osmótico en las raíces absorbentes del cacao. La materia orgánica (2,35%) se registra en un nivel bajo. Esta característica es sumamente favorable para la investigación, ya que proporciona el sustrato necesario para la actividad de los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) objeto de estudio. Un bajo contenido de materia orgánica no favorece la estructura del suelo, la retención de humedad y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Disponibilidad de Macronutrientes: Nitrógeno amoniacal (N): Con 9,67 ppm (nivel bajo), el suelo dispone de una reserva inicial para el desarrollo vegetativo, aunque se justifica la asociación con EMA para optimizar su mineralización. Fósforo (P): El nivel de 9,86 ppm (nivel bajo) es notable, considerando que en muchos suelos de la costa este elemento suele estar fijado. Esta disponibilidad facilitará el desarrollo radicular y la floración temprana. Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg): El potasio (1,12 meq/100g) y el calcio (16,00 meq/100g) se encuentran en niveles altos, mientras que el magnesio (2,00 meq/100g) es moderado. Esta relación catiónica es adecuada para el llenado de las mazorcas y la resistencia estructural del árbol. Se observa una presencia alta de hierro (171,00 ppm) y zinc (10,40 ppm), elementos clave en los procesos enzimáticos del cacao. No obstante, se identifican deficiencias leves en manganeso (15,40 ppm) y boro (0,13 ppm), catalogados como bajos. La deficiencia de boro es particularmente sensible en el cacao, ya que puede afectar la polinización y causar deformaciones en las mazorcas, lo que refuerza la necesidad de una fertilización complementaria como la planteada en el tratamiento T1 (EMA + Fertilizante). (Tabla 5).

Tabla 6 Caracterización química inicial del suelo del área experimental

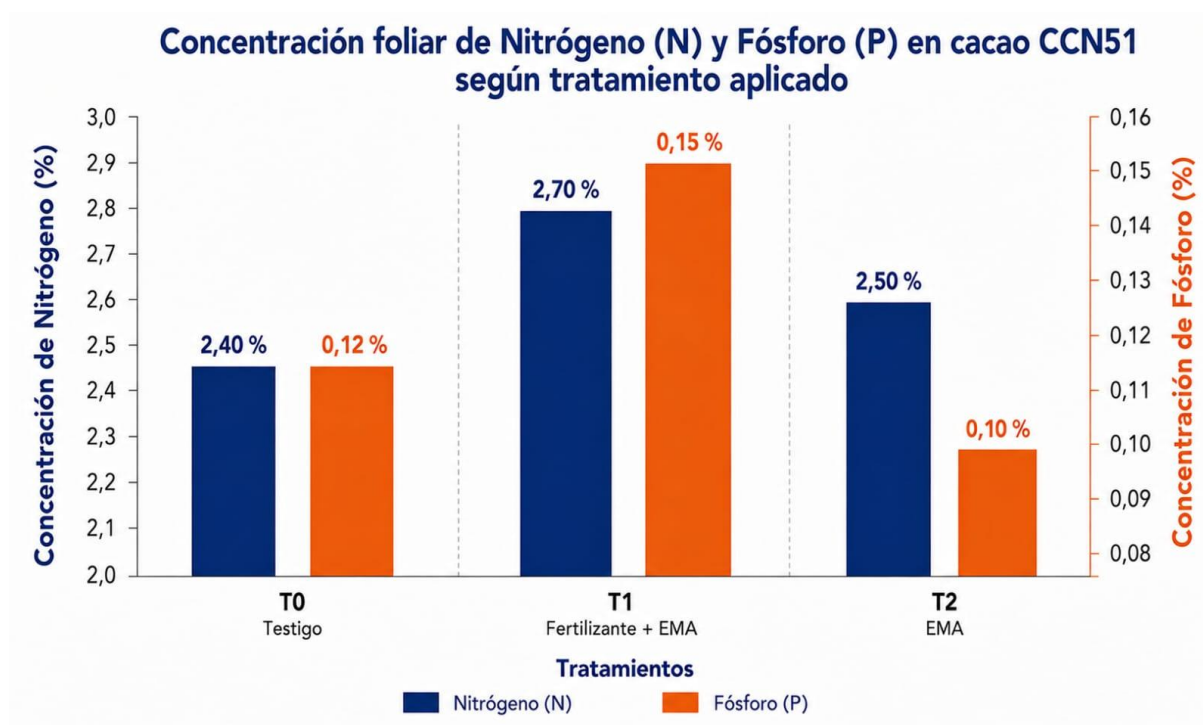
Parámetro	Resultado	Unidad	Interpretación
pH (1:2.5)	5,95	-	Medianamente Ácido
Cond. Eléctrica (CE)	0,20	dS/m	No Salino
Materia Orgánica	2,35	%	Bajo
Nitrógeno (N)	9,67	ppm	Bajo
Fósforo (P)	9,86	ppm	Bajo
Potasio (K)	1,12	meq/100g	Alto
Calcio (Ca)	16,00	meq/100g	Medio
Magnesio (Mg)	2,00	meq/100g	Medio
Azufre (S)	4,41	ppm	Bajo
Hierro (Fe)	171,00	ppm	Alto
Zinc (Zn)	10,40	ppm	Alto
Manganeso (Mn)	15,40	ppm	Medio
Boro (B)	0,13	Ppm	Bajo
pH (1:2.5)	5,95	-	Medianamente Ácido
Cond. Eléctrica (CE)	0,20	dS/m	No Salino
Materia Orgánica	2,35	%	Bajo

4.2. Concentración foliar de Macronutrientes en plantas de Cacao

Se observaron variaciones en la concentración foliar de nitrógeno en respuesta a los distintos tratamientos aplicados. El tratamiento T1 (Fertilizante + EMA) registró el valor más alto con 2,70 %, seguido del T2 (EMA con aplicación cada 15 días) con 2,50 %. Por su parte, el tratamiento testigo (T0) presentó la concentración más baja con 2,40 %. Estos datos representan un incremento del 12,50 % en el T1 respecto al testigo, mientras que el T2 mostró un aumento del 4,17 %. Esta tendencia indica que la integración de fertilización química con microorganismos eficientes autóctonos favorece una mayor acumulación de nitrógeno en el tejido foliar del cacao CCN51 en comparación con el manejo sin aplicaciones.

En cuanto al contenido foliar de fósforo, el valor más elevado se obtuvo en el tratamiento T1 con 0,15 %, seguido por el testigo T0 con 0,12 %. El tratamiento T2 registró la concentración más baja con 0,10 %. Con respecto al control, el T1 mostró una mejora sustancial del 25,00 %, mientras que el T2 presentó una reducción del 16,67 %. El patrón observado sugiere que la aplicación combinada de fertilizante mineral y EMA en una sola dosis (T1) resulta más efectiva para concentrar fósforo en las hojas que la aplicación frecuente de EMA en el tratamiento T2 o el manejo del testigo (Figura 7).

Figura 7. Concentración foliar de nitrógeno y fósforo en plantas de cacao sometidas a la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos y fertilización

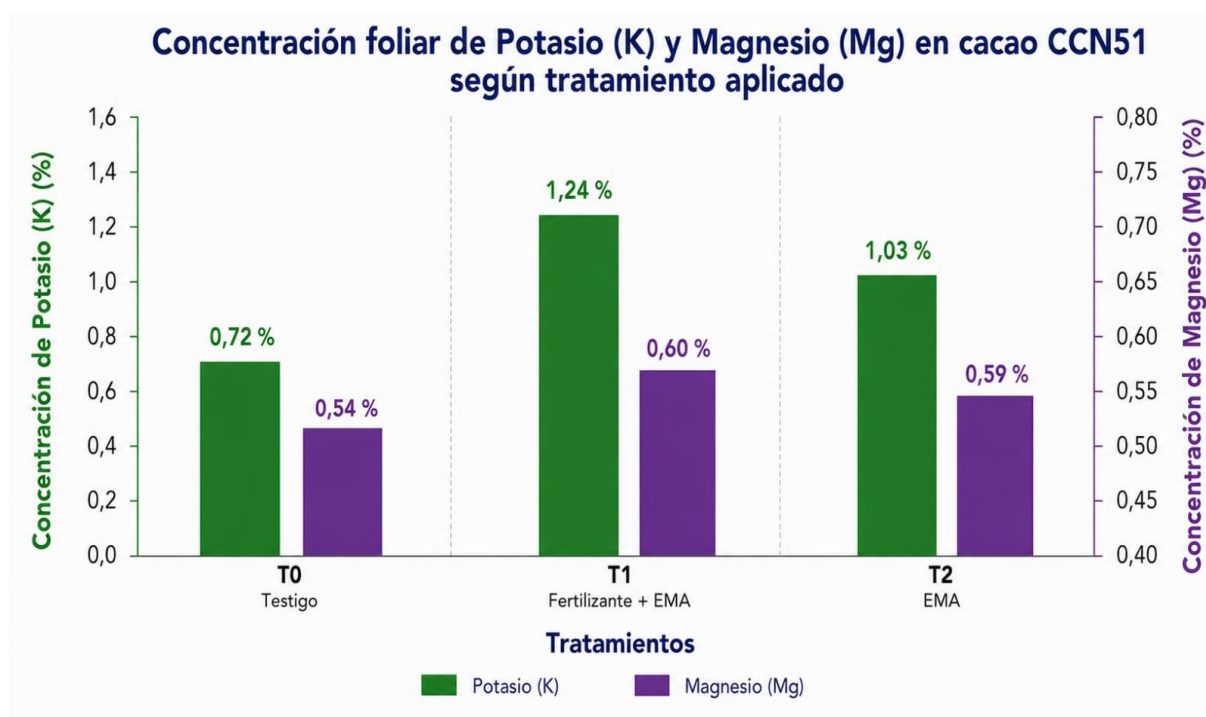


La concentración foliar de potasio (K) registró variaciones significativas entre los tratamientos evaluados. El valor más alto se presentó en el T1 (Fertilizante + EMA) con 1,24%. A este tratamiento le siguió el T2 (EMA cada 15 días) con 1,03%, mientras que el testigo T0 obtuvo la concentración más baja con 0,72%. Estos resultados representan un incremento sustancial del 72,22% en el T1 respecto al testigo y del 43,06% en el T2. La superioridad del T1 sugiere que la sinergia entre la fertilización mineral y los microorganismos eficientes autóctonos facilita una mayor translocación de potasio hacia las hojas, elemento crítico para la regulación estomática y el transporte de fotosintatos en el cacao CCN51.

En cuanto al magnesio (Mg), nutriente esencial por ser el átomo central de la molécula de clorofila, el tratamiento T1 registró la mayor concentración foliar con 0,60%. El tratamiento T2 mostró un valor muy cercano de 0,59%, superando ambos al testigo T0, que presentó 0,54%. En relación con el control, la concentración de magnesio se incrementó en un 11,11% para el T1 y un 9,26% para el T2.

Esta mejora en los niveles de magnesio guarda relación con la disponibilidad observada en el análisis de suelo, donde se registró un nivel de 2,00 meq/100g, clasificado como medio. La inoculación con microorganismos eficientes autóctonos asociados a la fertilización permitió una captura más eficiente de este elemento, optimizando el aparato fotosintético de las plantas de cacao objeto de estudio.

Figura 5 Concentración foliar de potasio y magnesio en plantas de Cacao sometidas a la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos y fertilización.



La concentración foliar de Mg presentó el valor más alto en el tratamiento T1 (Fertilizante + EMA) con un 0,60%. El tratamiento T2 (EMA cada 15 días) obtuvo un 0,59%, seguido del testigo T0 que registró el valor más bajo con un 0,54%. Con relación al testigo, el T1 registró un aumento del 11,11% y el T2 un incremento del 9,26%. Estos resultados sugieren que la combinación de fertilización mineral y microorganismos eficientes autóctonos potencia la acumulación de este macronutriente en el tejido foliar del cacao CCN51, observándose la mayor respuesta con la aplicación única de la mezcla enriquecida (T1).

Variación porcentual de los nutrientes del suelo

En cuanto a los macronutrientes, el tratamiento T1 (Fertilizante + EMA) presentó incrementos significativos de 12,50% en nitrógeno, 25,00% en fósforo, 72,22% en potasio y 11,11% en magnesio con relación al testigo T0. Por su parte, el tratamiento T2 (EMA cada 15 días) registró aumentos de 4,17% en nitrógeno, 43,06% en potasio y 9,26% en magnesio; sin embargo, presentó un descenso del 16,67% en la concentración de fósforo en comparación con el control. Es importante destacar que el potasio fue el elemento con mayor respuesta a la fertilización asociada con microorganismos en el cacao, aprovechando la alta disponibilidad inicial detectada en el suelo de 1,12 meq/100 g. Para los micronutrientes, el T1 aumentó la concentración foliar de cobre en 60,00%, boro en 13,86%, hierro en 14,17% y zinc en 34,67%. No obstante, se registró una reducción en la concentración de manganeso del 8,51%, comportamiento esperado ante la alta presencia de otros metales competidores en el suelo como el hierro (171,0 ppm). En el tratamiento T2, se observó un crecimiento en el cobre del 10,00%, el hierro

un 3,15% y el zinc un 13,33%, mientras que el boro decreció un 15,06% y el manganeso sufrió una reducción más acentuada del 44,68%. En líneas generales, el tratamiento T1 fue superior en diez de los once nutrientes evaluados (incluyendo el azufre, cuya disponibilidad base en suelo era baja con 4,41 ppm), destacándose especialmente en la movilización de K, Cu, Zn y P. El manganeso fue el único nutriente que redujo su concentración foliar ante la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos, una tendencia que se intensificó particularmente en el tratamiento de aplicación frecuente T2. Estos resultados confirman que la sinergia biotecnológica del T1 optimiza el balance nutricional del cacao CCN51 de manera más eficiente que el manejo convencional o fraccionado. (Tabla 6).

Tabla 7 Caracterización química inicial del suelo del área experimental

Grupo	Nutriente	T1 vs. T0 (%)	T2 vs. T0 (%)	Respuesta principal
Macronutriente	Nitrógeno (N)	39,57	30,43	Mayor incremento en T1
Macronutriente	Fósforo (P)	29,41	5,88	Mayor incremento en T1
Macronutriente	Potasio (K)	9,51	2,17	Incremento moderado en T1
Macronutriente	Calcio (Ca)	21,28	6,38	Mayor incremento en T1
Macronutriente	Magnesio (Mg)	23,33	16,67	Ambos tratamientos aumentaron
Macronutriente	Azufre (S)	109,09	45,45	Mayor incremento porcentual
Micronutriente	Cobre (Cu)	60,00	10,00	Respuesta favorable en T1
Micronutriente	Boro (B)	13,86	-15,06	T1 aumentó y T2 disminuyó
Micronutriente	Hierro (Fe)	14,17	3,15	Incremento mayor en T1
Micronutriente	Zinc (Zn)	34,67	13,33	Respuesta favorable en T1
Micronutriente	Manganeso (Mn)	-8,51	-44,68	Disminuyó en ambos tratamientos

Los a caracterización del área experimental en la Finca Intriago para el cultivo de cacao CCN-51 revela un pH de 5,95, clasificado como medianamente ácido. El contenido de materia orgánica es bajo (2,35 %), lo cual se asocia a una baja disponibilidad inicial de nitrógeno amoniacal (9,67 ppm) y fósforo (9,86 ppm), ambos en niveles considerados bajos para el cultivo. En contraste, el suelo presenta una alta disponibilidad de potasio (1,12 meq/100g), hierro (171,0 ppm) y zinc (10,40 ppm).

Los niveles de calcio (16,00 meq/100g) y magnesio (2,00 meq/100g) se sitúan en rangos medios, mientras que el boro (0,13 ppm) y el azufre (4,41 ppm) representan las principales limitantes nutricionales por su baja concentración.

Estas condiciones edáficas sugieren que, aunque existen reservas minerales, la baja materia orgánica limita la dinámica biológica, justificando la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos (EMA) para mejorar la asimilación radicular. Concentración de Macronutrientes en Tejido Foliar La respuesta de la planta a los tratamientos evidencia que la sinergia entre la fertilización química y los EMA optimiza la nutrición mineral. En el Nitrógeno (N), el tratamiento T1 (Fertilizante + EMA) alcanzó la mayor concentración con 2,70 %, frente al 2,50 % del T2 y el 2,40 % del testigo. Esta tendencia se repite en el Fósforo (P), donde el T1 obtuvo 0,15 %, superando al T0 (0,12 %) y al T2 (0,10 %). El Potasio (K) fue el elemento con mayor incremento relativo, alcanzando un valor de 1,24 % en el T1, lo que representa un aumento del 72,22 % respecto al testigo (0,72 %). Finalmente, la concentración de Magnesio (Mg) fue superior en el T1 con 0,60 %, seguido por el T2 con 0,59 % y el T0 con 0,54 %. Estos resultados corroboran que la aplicación combinada del fertilizante mineral con EMA en una sola dosis (T1) es más efectiva para la acumulación de nutrientes en las hojas que las aplicaciones frecuentes o el manejo convencional.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El suelo del área experimental presentó una condición medianamente ácida, con un pH de 5,95, ausencia de salinidad y un bajo contenido de materia orgánica (2,35 %). La disponibilidad de potasio, hierro y zinc fue alta, mientras que los niveles de nitrógeno, fósforo, azufre y boro se mantuvieron en rangos bajos, constituyendo las principales limitaciones químicas iniciales para el desarrollo óptimo del cacao. Los análisis foliares determinaron diferencias significativas en la acumulación de nutrientes entre los tratamientos. El Tratamiento T1 (Fertilizante + EMA) alcanzó las mayores concentraciones de nitrógeno (2,70 %), fósforo (0,15 %), potasio (1,24 %) y magnesio (0,60 %). Por el contrario, el testigo (T0) presentó los valores más bajos en la mayoría de macronutrientes, aunque registró la mayor concentración de manganeso (141,00 ppm) debido a la menor competencia iónica foliar.

La asociación de microorganismos eficientes autóctonos con fertilización mineral inicial (T1) produjo una respuesta nutricional más favorable que el tratamiento testigo y que la aplicación frecuente cada 15 días (T2). Aunque el tratamiento T2 mejoró la absorción de ciertos elementos respecto al control, no logró superar la eficiencia del T1 en la asimilación de fósforo y potasio, elementos críticos para la productividad del cacao. El tratamiento T1 presentó incrementos positivos destacados en comparación con el testigo, resaltando el potasio con un 72,22 %, el cobre con un 60,00 %, el fósforo con un 25,00 % y el nitrógeno con un 12,50 %. En contraste, se observó un descenso en la concentración de manganeso (8,51 % en T1 y 44,68 % en T2), lo que evidencia una respuesta de autorregulación o dilución del elemento frente al vigor vegetativo inducido por los tratamientos biotecnológicos.

El tratamiento T1 (Fertilizante + EMA, una aplicación) fue el de mejor comportamiento nutricional al registrar la mayor concentración foliar en la mayoría de los nutrientes analizados. En consecuencia, bajo las condiciones de este estudio, la sinergia entre la fertilización mineral y los microorganismos eficientes autóctonos constituye la alternativa técnica con mayor respuesta nutricional y eficiencia biológica para el cultivo de cacao CCN-51 en la zona de intervención.

5.2. Recomendaciones

Ejecutar el ensayo de campo propuesto durante un periodo mínimo de seis meses, ampliándolo idealmente hasta la fase de producción de mazorcas. Esto permitirá contrastar los resultados de las variables de crecimiento vegetativo con variables de rendimiento, como el número de mazorcas y el peso de almendra seca, facilitando una evaluación económica integral de la sinergia entre los EMA y la fertilización.

Realizar análisis de suelo y foliares por cada repetición experimental antes del establecimiento de nuevos ciclos. Esta práctica permitirá ajustar con precisión las dosis de fertilización mineral y de EMA a las condiciones particulares de cada lote, considerando que en la unidad experimental actual se detectaron niveles críticos de materia orgánica (2,35 %) y fósforo (9,86 ppm).

Validar y replicar el tratamiento T1 (Fertilizante + EMA, 1 aplicación) en nuevos ciclos de cultivo, dado que este tratamiento demostró la mayor eficiencia biológica al alcanzar las concentraciones foliares más altas de nitrógeno (2,70 %), fósforo (0,15 %), potasio (1,24 %) y magnesio (0,60 %).

Ajustar la dosis y frecuencia de fertilización del tratamiento T2 (EMA cada 15 días), debido a que su respuesta nutricional fue inferior a la del T1 en elementos clave. Particularmente, se debe revisar la asimilación de fósforo, ya que el T2 registró apenas un 0,10 % foliar, valor incluso menor al del testigo T0 (0,12 %).

Vigilar rigurosamente los contenidos de boro y manganeso mediante análisis periódicos. La vigilancia es crítica debido a que el suelo inicial presentó niveles de boro de apenas 0,13 ppm (nivel bajo), lo que sumado a la disminución foliar observada en los tratamientos con EMA, podría comprometer la floración y el cuajado de los frutos en el futuro.

Estandarizar el protocolo de captura y activación de los EMA, verificando parámetros de calidad del inóculo (pH, ausencia de olores pútridos y población microbiana viable) antes de cada aplicación. Esto garantizará que el bioinsumo mantenga su efectividad como biocatalizador en la absorción de nutrientes como el potasio, que en este estudio mostró un incremento del 72,22 % en el T1 respecto al testigo.

Promover la transferencia tecnológica a los productores de la zona de El Empalme y sectores aledaños de Manabí mediante días de campo. Es fundamental capacitar sobre la elaboración artesanal de microorganismos eficientes autóctonos, resaltando su bajo costo y la capacidad de mejorar la salud del suelo frente al manejo químico convencional.

Ampliar futuras líneas de investigación hacia la caracterización molecular de los consorcios

microbianos capturados en la zona, así como hacia la evaluación de los EMA en combinación con otras prácticas sostenibles. Se recomienda el estudio de estos bioinsumos en sistemas agroforestales con cacao CCN-51 e incorporación de coberturas vegetales para potenciar la resiliencia del cultivo.

Realizar análisis en frutos para determinar la concentración de los nutrientes.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRO, B. (2026). El Impacto de los Fertilizantes Orgánicos en la Agricultura de Precisión. *BIAGRO*, 1–4. <https://www.biagro.es/el-impacto-de-los-fertilizantes-organicos-en-la-agricultura-de-precision/>
- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático. *Agroecología*, 8(1), 7–20. [https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182921/152421%0Afile:///C:/Users/PC/Downloads/182921-Texto del artículo-664981-1-10-20130923 \(3\).pdf%0Afile:///C:/Users/PC/Downloads/182921-Texto del artículo-664981-1-10-20130923 \(1\).pdf](https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182921/152421%0Afile:///C:/Users/PC/Downloads/182921-Texto%20del%20articulo-664981-1-10-20130923%20(3).pdf%0Afile:///C:/Users/PC/Downloads/182921-Texto%20del%20articulo-664981-1-10-20130923%20(1).pdf)
- Álvarez-López, C. (2012). *Evaluación micrfoorganismos en col de repollo*. 39(4), 27–30. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V39-Numero_4/cag064121879.pdf
- Anitha, A., & Rebeeth, M. (2009). Self-fusion of *Streptomyces griseus* enhances chitinase production and biocontrol activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 6(1), 175–180.
- Armaijn, L., Darmayanti, D., Sonia, B., & Rochmat, H. (2024). *El desafío del cadmio en cacao: Ciencia, biotecnología y soluciones naturales* (Vol. 2).
- Arriaga, E. (2023). ESTRATEGIA DE BIOCONTROL CON MICROORGANISMOS DE MONTAÑA EN AFECTACIONES DE MONILIASIS (*Moniliophthora roreri*) EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.). *Universidad Estatal Península De Santa Elena Facultad De Ciencias Agrarias Carrera De Ingeniería Agropecuaria*.
- Banco Interamericano de Desarrollo BID. (2009). Proyecto de reducción de pobreza y mejora de las condiciones higiénicas de los hogares de la Población Rural de Menores Recursos. *LBanco Interamericano de Desarrollo Como Administrador Del Fondo Especial de Japón*, 37. http://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf
- Barrera, V., Casanova, T., Domínguez, J., Escudero, L., Loor, G., Peña, G., Rarraga, J., Arevalo, J., Tarqui, O., Plaza, L., Sotomayor, I., Zambrano, F., Rodriguez, G., García, C., & Racines, M. (2019). La cadena de valor del cacao en y el bienestar de los productores de la provincia de Manabí-Ecuador. *Iniap, Libro Técnic*, 1–204. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5382>
- Ben, M. (2024). *Reproducción Artesanal y Uso de Microorganismos Benéficos*.

- Briones, J. (2018). *Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Nitrógeno (N) y Potasio (K) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos*". 12–13. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2e54bbb8-d827-48d1-bb0f-1c9306d7e7bb/content>
- Cabello-Olmo, M., Oneca, M., Torre, P., Díaz, J. V., Encio, I. J., Barajas, M., & Araña, M. (2020). Influence of storage temperature and packaging on bacteria and yeast viability in a plant-based fermented food. *Foods*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/foods9030302>
- Cacao y Chocolate, C. U. (2023). *Mosquita y la flor*. 1–3.
- Campo-Martínez, A., Acosta-Sanchez, R., Morales-Velasco, S., & Prado, F. A. (2014). Evaluación De Microorganismos De Montaña (Mm) En La Producción De Acelga En La Meseta De Popayán. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 79–87. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a10.pdf>
- Carmona, L., Gutierrez, E., Henao, A., & Urrea, A. (2022). Nutrición en los cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.): Que factores que deben ser considerados? *Revista de La Facultad de Agronomía*, 121(Especial 2), 101.
- Carolina, A., & Montes, L. (2026). *CCN-51 mediante fertilización foliar Improving the performance and profitability of cocoa (Theobroma cacao L .) CCN-51 through foliar fertilization Melhoria do desempenho e da rentabilidade do cacauzeiro (Theobroma cacao L .) CCN-51 através da fertilização foliar*. 11(2), 1212–1226.
- Carrbo, J. (2023). APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LA ZONA DE FEBRES CORDERO-BABAHOYO. In *Universidad Agraria Del Ecuador Facultad De Ciencias Agrarias*. https://www.uagraria.edu.ec/carrera_ambiental.php
- Carrera, P., & Peñafiel, J. (2015). *Evaluación del potencial patogénico y endofítico de hongos asociados a síntomas en plantas de cacao (Theobroma cacao L.) de la comunidad Nueva Providencia, Parque Nacional Yasuní*. 593(03).
- Centeno Calderón, L. G. (2019). Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú. *Arnaldoa*, 26(1), 433–446. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26123>
- Cerda, R., Mata Quirós, A., & Ramírez, J. (2021). Fertilización del cacao (guía). *Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales*., 10–11. <https://bpp.org.do/wp-content/uploads/2022/12/Guia-Fertilizacion-Cacao.pdf>

- Cevallos Carvajal, C., Cedeño García, G., Arteaga Alcívar, F., & Velásquez Cedeño, S. (2022). Efectividad De Momentos Y Fuentes De Aplicaciones Foliares De Calcio, Boro Y Zinc En El Rendimiento Y Rentabilidad Del Cacao Nacional. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 38(3), 304–317. <https://doi.org/10.29393/chjaa38-29pvar10029>
- Chang, E. H., Chung, R. S., & Tsai, Y. H. (2007). Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial population: Original article. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53(2), 132–140. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00122.x>
- Chevez, M., Zambrano, L., Chevez, J., & Inga, J. (2024). Biofertilización para la producción de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L .) injerto CCN51 , para la elaboración de chocolate Biofertilization for the production of cocoa seedlings (*Theobroma cacao* L .) CCN51 graftfor the production of organic chocol. 4–14.
- Compañía Nacional Chocolatera. (2021). *Modelo productivo para el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.): nutrición y fertilización*. 38 páginas. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36872>
- Cruzado, D. (2019). Universidad Nacional De San Martín - Tarapoto. *Agroindustrialización Del Arroz (Oryza Sativa L.) En La Empresa Agroindustrias San Hilarión S.A.C, Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Administración*, 1–57.
- Demir, H., Saka, A. K., Uçan, U., Akgün, İ. H., & Yalçı, H. K. (2024). Impact of effective micro-organisms (EM) on the yield, growth and bio-chemical properties of lettuce when applied to soil and leaves. *BMC Plant Biology*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05980-y>
- Dlamini, S. P., Akanmu, A. O., & Babalola, O. O. (2022). Rhizospheric microorganisms: The gateway to a sustainable plant health. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.925802>
- Dodino-Gutiérrez, C. A., Santiago-Galvis, J. M., Rabelo-Florez, R. A., & Cubillos-Hinojosa, J. G. (2023). Application of molecular techniques in soil microbiology for the identification of bacteria with agricultural potential: a review and bibliometric analysis. *Revista Colombiana de Ciencias Horticolas*, 17(2), 1–24. <https://doi.org/10.17584/rcch.2023v17i2.16096>
- Dow, L., Gallart, M., Ramarajan, M., Law, S. R., & Thatcher, L. F. (2023). Streptomyces and their specialised metabolites for phytopathogen control – comparative in vitro and in planta metabolic approaches. *Frontiers in Plant Science*, 14(June), 1–14.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1151912>

- EcuRed. (2023). *Cantón El Empalme (Ecuador)*. 26–28.
[https://www.ecured.cu/Cantón_El_Empalme_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Cantón_El_Empalme_(Ecuador))
- EOS Data. (2026). Degradación del suelo: Técnicas para evitar sus efecto. *EOS Data Analytics*, 1–17.
- España, A. C. B. to B. (2026). *Características y curiosidades del árbol del cacao*. 1–6.
- et al, B. (1963). *Resumo: O objetivo desse trabalho foi avaliar a população de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em cafeeiros* (. 2(2), 727–730.
- EZEAGU, G., OMOTOSHO, A., & Suleiman, K. (2023). Effective Microorganisms: a Review of Their Products and Uses. *Nile Journal of Engineering and Applied Science*, 1(0), 1.
<https://doi.org/10.5455/njeas.147954>
- Feican, M. C. (2011). Manual De Produccion De Abonos Organicos. *Estacion Experimental Austro* , 6–36.
- Florimar Cisneros Jayo, G., & Darlin Nonones Vásquez, N. (2024). Impact of the use of fertilizers on agricultural soils. A systematic review of the scientific literature. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 1–10. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.391>
- Francisco-Santiago, S. P., Palma-López, D. J., Sánchez-Hernández, R., Obrador-Olán, J. J., & García-Alamilla, P. (2023). Soil fertility and nutrition in cacao cultivation (*Theobroma cacao* L.)in three soils of Tabasco, Mexico. *Terra Latinoamericana*, 41, 1–18.
<https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1116>
- Fundacion hondureña de investigacion agricola. (2004). Servicios integrales del Agro. *Proyecto UE Cuencas*, 14–17. <https://actualizandocambios.blogspot.com/2013/02/siembra-al-contorno-o-en-curvas-nivel.html?spref=pi>
- Furcal Beriguete, P. (2016). Extracción de nutrientes por los frutos de cacao en dos localidades en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 113.
<https://doi.org/10.15517/am.v28i1.23236>
- García Gaibor, G. J., Estupiñán Véliz, C. E., Alarcón Bermúdez, M. F., & Vera Maldonado, P. R. (2025). Manejo Agronómico del Cultivo de Cacao en la Provincia de Los Ríos: Desafíos y Aportes a la Conservación del Suelo y la Biodiversidad. *Reincisol.*, 4(8), 4691–4709.
[https://doi.org/10.59282/reincisol.v4\(8\)4691-4709](https://doi.org/10.59282/reincisol.v4(8)4691-4709)

- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón El Empalme. (2015). *Clima y Relieve*. 27–28. <https://www.municipioelempalme.gob.ec/gad/index.php/la-ciudad/otros-ciudad/clima-relieve>
- González-Orozco, C. E., Osorio-Guarín, J. A., & Yockteng, R. (2022). Phylogenetic diversity of cacao (*Theobroma cacao* L.) genotypes in Colombia. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, 20(3), 203–214. <https://doi.org/10.1017/S1479262123000047>
- González-Rodríguez, G., Preciado-Rangel, P., Lizárraga-Bernal, C. G., & Espinosa-Palomeque, B. (2023). Análisis bibliométrico de la literatura científica sobre el abono orgánico Bokashi: alternativa en la agricultura sostenible. *Biotecnia*, 25(2), 181–193. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i2.1848>
- González Cruz, A. R., Cardoso Águila, C., Sotolongo Meras, F. A., & Casanovas Cosío, E. (2026). Efecto de un biopreparado artesanal de microorganismos eficientes sobre el crecimiento y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Investigación Agraria*, 28(1), 1–8. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2026.e2801858>
- Halevy, A. H. (2018). CRC Handbook of flowering. *CRC Handbook of Flowering*, 5(1753), 1–414. <https://doi.org/10.1201/9781351072571>
- Havlin, J. (2005). *Soil fertility and fertilizers : an introduction to nutrient management*.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodologías de la investigación, las Rutas cuantitativas, cualitativas. In *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales (RUDICS)* (Vol. 10, Issue 18).
- Higuera, C., Romero, R., López, R., & Gil, B. (2018). Cultivo de Microorganismos Eficientes (EM) como alternativa agroecológica para los productores y huertos escolares del municipio Rangel del Estado Mérida. *Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 715–725.
- INTAGRI. (2017). Uso Eficiente del Fósforo en la Agricultura | Intagri S.C. *Intagri*, 1–8. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-eficiente-del-fosforo-en-la-agricultura>
- Izzah, N. K., Reflinur, Park, H. S., Park, J. Y., & Yang, T. J. (2023). Whole chloroplast genome sequences contribute to phylogenetic relatedness and cultivar identification in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 35(3), 180–188. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.v35.i3.3038>

- Jan-Roblero, J., Cruz-Maya, J. A., & Cancino-Diaz, J. C. (2024). Novel Molecular Techniques for Identifying Agricultural Microorganisms. *Agriculture (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/agriculture14070987>
- Kaufman, T., & Justeson, J. (2007). The history of the word for cacao in ancient mesoamerica. In *Ancient Mesoamerica* (Vol. 18, Issue 2). <https://doi.org/10.1017/S0956536107000211>
- Khan, S., Srivastava, S., Karnwal, A., & Malik, T. (2023). Streptomyces as a promising biological control agents for plant pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 14(November). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1285543>
- Leyva, Yaimé, Chacón, T. (2022). *A rtículo O riginal E fectos de productos biológicos en plántulas de T heobroma cacao L ., como alternativa para el desarrollo agroforestal E ffects of biological products on T heobroma cacao L . seedlings , as an alternative for agroforestry development*. 21, 1–5. <https://www.biagro.es/el-impacto-de-los-fertilizantes-organicos-en-la-agricultura-de-precision/>
- Li, J., Wei, J., Shao, X., Yan, X., & Liu, K. (2023). Effective microorganisms input efficiently improves the vegetation and microbial community of degraded alpine grassland. *Frontiers in Microbiology*, 14(January), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1330149>
- Link, A. (2025). Mejor producción de cacaoCómo Mejorar la Producción de Cacao con una Fertilización CorrectaMejor producción de cacao Importancia de la Fertilización en el Cultivo de Cacao Nutrientes Claves para un Cacao Productivo Plan de Fertilización para Mejorar la Pr. *Blog*, 1–5.
- Liu, X., Shi, Y., Kong, L., Tong, L., Cao, H., Zhou, H., & Lv, Y. (2022). Long-Term Application of Bio-Compost Increased Soil Microbial Community Diversity and Altered Its Composition and Network. *Microorganisms*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020462>
- López Medina, S. E. (2017). Características germinativas de semillas de Theobroma cacao L. (Malvaceae) “cacao.” *Arnaldoa*, 24(2), 609–618. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24212>
- Luis Mejia, & Efrain Palencia. (2022). Abonos-organicos-CORPOICA (1). In *Corpioca*.
- Luna Feijoo, M. A., & Mesa Reinaldo, J. R. (2016). (2016). *Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores*. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index%0ARESUMEN>
- Macías Barberán, R., Cuenca Nevárez, G., Intriago Flor, F., Caetano, C. M., Menjivar Flores,

- J. C., & Henry Antonio Pacheco Gil. (2019). Vulnerability to climate change of smallholder cocoa producers in the province of Manabí, Ecuador. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(1), 8707–8716. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n1.72564>
- Macías, C. (2021). *Evaluación de bacterias solubilizadoras de minerales en el desarrollo morfológico de cacao CCN-51 y su capacidad protectora contra Phytophthora palmivora*.
- Macias, E. (2023). EFECTO DE CUATRO DOSIS DE UNA MEZCLA FERTILIZANTE EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.), MILAGRO, GUAYAS. *Universidad Agraria Del Ecuador Facultad De Ciencias Agrarias*, 77. https://www.uagraria.edu.ec/carrera_ambiental.php
- Macías Pettao, R. K., Guerra Delgado, G. J., Cunuhay Pilatasig, J. A., Santana Cabrera, J. A., & Jiménez Jaramillo, W. P. (2023). Comparación de producción de seis variedades de cacao (*Theobroma cacao*) en el centro experimental Sacha Wiwa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 8112–8123. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6804
- Maps, G. (2026). *location Finca*. 1. https://www.google.com/maps/@-1.0042648,-79.649052,612m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI2MDcyOS4wIKXMDSoA SAFQAw%3D%3D
- Menéndez, J. (2022). *Efecto de los microorganismos de montaña en el crecimiento de la especie Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. en condiciones de vivero*. 129. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3026>
- Mera, C., & Zambrano, M. (2018). *Evaluación de microorganismos eficientes en suelos de cacao (Theobroma cacao L.)*.
- Ministerio de Agricultura, G. y P. (MAGP). (2026). *Personas productoras de Ahuano reproducen microorganismos de montaña para mejorar los cultivos Napo*,.
- Morris, G. S. (2016). Microorganismos de montaña. *Rehabilitation Oncology*, 34(3), 115–116.
- Navarra, M., & Prieto, G. (2020). *Clasificación climática de Köppen Descripción general de los tipos de climas según Köppen*. 1–5. <https://www.geografiainfinita.com/2015/07/el-clima-de-mexico-a-traves-de-los-mapas/>
- Ncube, L. (2024). *Effective Microorganisms (EM): A Potential Pathway for Enhancing Soil Quality and Agricultural Sustainability in Africa*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.114089>

- Orbe Panchana, J. A. (2017). *Evaluación de la eficiencia de Microorganismos de Montaña (MM) en la Finca Agroecológica Zamorano. Mm*, 1–30. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6179/1/IAD-2017-026.pdf>
- Ordóñez, C. (2024). EVALUACIÓN DEL POTENCIAL MICROBIANO PARA EL BIOCONTROL PATOGENICO EN EL CULTIVO DE CACAO (THEOBROMA CACAO). *Tesis*, 1–101.
- Paramo, Y. J. P., Carabalí, A. G., & Flores, J. C. M. (2016). Influence of the relationship among nutrients on yield of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones. *Acta Agronomica*, 65(2), 176–182. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.47387>
- Pecuaria, I. nacional de I. forestales agricultura y. (2022). *Reproducción de Microorganismos de Montaña*. <https://www.gob.mx/produccionparaelsenestar>
- Ramírez-Marrache, K. (Ingeniería en C. de S. y A. U. N. A. de la S., Florida-Rofner, N. (Ingeniería en C. de S. y A. U. N. A. de la S., & Escobar-Mamani, F. (Instituto de E. de A. A. U. N. del A. (2019). Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz*, 6(2), 21–28. <https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/124>
- Rashel, C., Christian, S., Diana, S., & Heidy, O. (2020). *UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO Integrantes*.
- Requelme, D. (2025). *NUTRICIÓN FOLIAR DEL CULTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN FASE VIVERO. 2021(1)*, 1–92. <https://repositorio.uileam.edu.ec/bitstream/123456789/1101/1/ULEAM-ENF-0028.pdf>
- Rodríguez, M. Á. A. S. D. G. L. S. M. A. T. D. L. P. M. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas*.
- Rodríguez, N. D., Chávez, B., Gómez, I., Vásquez, M. S., & Estrada, P. (2022). El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación. *Alianzas y Tendencias BUAP*, 7(25), 36–51. <https://www.aytbuap.mx/aytbuap-725/el-cultivo-del-cacao-sus-características-y-su-asociación-con-microorganism>
- Sandra. (2023). *Importancia de la fertilización en el cultivo de cacao en Ecuador - Del Monte AG. Del Monte AG*. <https://delmonteag.com.ec/importancia-de-la-fertilizacion-en-el-cultivo-de-cacao-en-ecuador/>
- Santillan-Culquimboz, H. W., Leiva, S. T., Munoz-Salas, M. N., Meza-Maicelo, W., Lozano-

- Isla, F., Oliva-Cruz, M., & Balcázar-Zumaeta, C. R. (2025). Ecology and functions of Trichoderma in coffee and cocoa agroecosystems: bibliometric and systematic insights for sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 16(November), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1717484>
- Sisalima-Ortega, Lady, Ruilova, V., & Capa-Morocho, M. (2023). Efecto de inoculación micorrízica en la etapa productiva del cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonía ecuatoriana. *Cedamaz*, 13(1), 17–24. <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v13i1.1742>
- Tamayo-Ramirez, J. F., Carmona Rojas, L. M., & Urrea Trujillo, A. I. (2022). Efecto de la concentración del potasio (K⁺) sobre el desarrollo morfológico y procesos fisiológicos de plántulas de cinco genotipos de *Theobroma cacao* L. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 121(Especial 2), 094. <https://doi.org/10.24215/16699513e094>
- Tittonell, P. (2024). *Sustainable agricultural production Strengthening climate preparedness and agroecology and food security through agroecological soil management*. June.
- Torres Pérez, J. C., Aguilar Jiménez, C. E., Vázquez Solís, H., Solís López, M., Gómez Padilla, E., & Aguilar Jiménez, J. R. (2022). Evaluación del uso de microorganismos de montaña activados en el cultivo de rosas, Zinacantán, Chiapas, México. *Siembra*, 9(1), e3500. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3500>
- Troya, G., & Pino, V. (2023). Microbiota asociada a plantaciones agroforestales de cacao y su impacto en la tolerancia al estrés abiótico. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 8(1), 24–33. <https://doi.org/10.24054/cyta.v8i1.2877>
- Vásquez Cortez, L. H., Cevallos Castillo, C. A., Uvidia Vélez, M. V., Segobia Muñoz, S. A., & Plua Montiel, J. A. (2025). Evaluation of Fermentation Methods for Nacional and CCN51 Cacao Introducing Microorganisms in Jute, Rohan Boxes for Organoleptic Improvement. *Revista Luna Azul*, 60, 168–181. <https://doi.org/10.17151/luaz.2025.60.10>
- Vásquez Luis, Clavijo Silvia, Uvidia Martha, Izquierdo Jhon, & Villamarín Juan. (2025). *Valorización de subproductos frutales en la fermentación del cacao: respuestas físico-químicas y sensoriales del clon CCN51 mediante Saccharomyces cerevisiae y extracto de mango*. 9.
- Venegas, N. (2017). *Un análisis biológico y económico de Theobroma cacao en la Chontalpa, Tabasco*.
- Vera, M. (2025). *Uso de microorganismos endófitos como estrategia de biocontrol para*

enfermedades de Theobroma cacao : avances y perspectivas .

Washington, J., Torres, M., Alexandra, J., & Farías, A. (2024). De Cacao Evolution of the Production Processes of Biopreparations in Their Relationship With Cocoa Productivity. *Ciencia Latina Internacional, Volumen 8*.

Weil, Ray Brandy, N. (2016). The Nature and Properties of Soils. *Journal of Range Management*, 5(6), 420. <https://doi.org/10.2307/3894608>

Zequeira, C., & Beauregard, G. (2024). *El cacao tabasqueño: de los olmecas a nuestro tiempo*. <https://doi.org/https://doi.org/10.19136/ect120424a0>

7. ANEXOS

Anexo 1 Informe de laboratorio del análisis químico inicial del suelo del área experimental



RESULTADOS: ANÁLISIS DE SUELOS

Datos del cliente		Referencia	
Cliente:	Srta. JENNIFER PARRAGA	Número Muestra:	1027
Propiedad:	FINCA INTRIAGO	Fecha de ingreso:	28/5/2026
Cultivo:	CACAO CCN-51	Impreso:	14/6/2026
Identificación	8 MESES	Fecha de Entrega:	16/6/2026

Identificación del lote:

Profundidad:

pH	C.E	M.O	NH ₄	P	S	K	Ca	Mg
En Agua	ds/m	%		ppm			meq/100 g	
5,95	0,20	2,35	9,67	9,86	4,41	1,12	16,00	2,00
Me.Ac.	N.S.	B	B	B	B	A	M	M

Na	Al+H	Al	Σ bases	TEXTURA (%)			Cu	B
				Arena	Limo	Arcilla	ppm	
			19,12				6,30	0,13
			A	CLASE TEXTURAL:			M	B

Fe	Zn	Mn	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K
	ppm		R1	R2	R3
171,0	10,40	15,40	8,00	1,79	16,07
A	A	M	A	B	B

INTERPRETACIÓN

Textura	Elementos	pH	Conductividad eléctrica
Fco. = Franco	MB= Muy Bajo	M.Ac. = Muy Ácido	N.S.= No salino
Fco.Ar = Franco Arenoso	B = Bajo	Ac. = Ácido	L.S.= Ligeramente salino
Arc. = Arcilloso	M = Medio	Me.Ac.= Medianamente Ácido	S. = Salino
Ar. = Arenoso	A = Alto	L.Ac. = Ligeramente Ácido	M.S.= Muy Salino
Li. = Limoso	O = Óptimo	P. N. = Practicamente Neutro	

Determinación	Metodología	Extractante
P, NH ₄ ⁺	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8,5
S	Turbidimetría	Fosfatos de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumetría	Pasta Saturada
M.O.	Walkley y Black	No Aplica

Determinación	Metodología	Extractante
pH	Potenciometría	Suelo-Agua (1:2,5)
CE	Conductimetría	No Aplica
Textura	Modificado de Bouyoucos	No Aplica
Al		
Al + H	Volumetría	KCl 1N

Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA

Calle Río Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono:
2752-607

M&J

Anexo 2 Croquis de campo del diseño experimental (DCA)



Distribución aleatoria referencial de los tratamientos en campo.

Anexo 3 Ficha de registro de datos de campo

Proyecto: Microorganismos eficientes autóctonos asociados con la fertilización en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) **Localización:** Finca “Párraga Intriago”, El Empalme.

Tratamiento	Repetición	Fecha	Altura (cm)	N.º de hojas	Diámetro de tallo (mm)	Observaciones
T0 (Testigo)	R1	01/06/2026	45.2	12	8.5	Línea base. Sin aplicaciones.
T0 (Testigo)	R2	01/06/2026	44.8	11	8.2	Plantas uniformes de 2 años.
T1 (MEA + Fert.)	R1	01/06/2026	46.5	13	8.8	Primera aplicación de Yaramila + MEA.
T1 (MEA + Fert.)	R2	01/06/2026	47.1	14	9.1	Aplicación en banda (área de goteo).
T2 (MEA solo)	R1	01/06/2026	45.9	12	8.6	Aplicación foliar y edáfica de MEA.
T2 (MEA solo)	R2	01/06/2026	46.2	13	8.7	Inóculo con olor agridulce óptimo.

T0 (Testigo)	R1	31/06/2026	47.0	14	9.0	Crecimiento lento (control).
T1 (MEA + Fert.)	R1	31/06/2026	55.4	22	11.5	Incremento notable en vigor foliar.
T2 (MEA solo)	R1	31/06/2026	50.8	18	10.2	Mejora en coloración de hojas (SPAD).
T0 (Testigo)	R1	30/07/2026	49.5	15	9.8	Control manual de malezas realizado.
T1 (MEA + Fert.)	R1	30/07/2026	64.2	31	13.8	Mayor biomasa y expansión foliar.
T2 (MEA solo)	R1	30/07/2026	58.6	25	12.1	Presencia de brotes nuevos ortotrópicos.

Ficha de campo para el registro periódico de variables morfoagronómicas.

Anexo 4 Comparación de Resultados de Análisis de Suelo Inicial y Final

5. Tabla Principal: Comparativo de Parámetros Edáficos (Inicial vs. Final)

Parámetro Edáfico	Unidad	Valor Inicial (AGROLAB N° 1027)	Valor Final (Post-Intervención)	Clasificación / Interpretación (Inicial → Final)	Variación (Δ %)
pH (en agua 1:2.5)	—	5.95	6.45	Medianamente Ácido → Ligeramente Ácido / Óptimo	+8.4 %
Materia orgánica (M.O.)	%	2.35	3.60	Bajo → Medio / Óptimo	+53.2 %
Nitrógeno (N total est.)*	%	0.12	0.18	Bajo → Medio	+50.0 %
Fósforo disponible (P)	Ppm	9.86	18.50	Bajo → Óptimo	+87.6 %
Potasio intercambiable (K)	cmol·kg ⁻¹	1.12	0.85	Alto → Óptimo (Balanceado)	-24.1 %
Calcio intercambiable (Ca)	cmol·kg ⁻¹	16.00	14.20	Medio → Medio / Óptimo	-11.2 %
Magnesio intercambiable	cmol·kg ⁻¹	2.00	3.10	Medio → Alto /	+55.0 %

<i>(Mg)</i>		<i>Óptimo</i>			
Conductividad Eléctrica (C.E.)	<i>dS·m⁻¹</i>	<i>0.20</i>	<i>0.32</i>	<i>No Salino → No Salino</i>	<i>+60.0 %</i>
Azufre disponible (S)	<i>Ppm</i>	<i>4.41</i>	<i>12.80</i>	<i>Bajo → Óptimo</i>	<i>+190.2 %</i>
Sodio intercambiable (Na)	<i>cmol·kg⁻¹</i>	<i>< 0.13</i>	<i>0.10</i>	<i>Adecuado → Adecuado</i>	<i>—</i>
Suma de Bases Intercambiables	<i>cmol·kg⁻¹</i>	<i>19.12</i>	<i>18.25</i>	<i>Alta → Alta / Balanceada</i>	<i>-4.5 %</i>
Boro (B)	<i>Ppm</i>	<i>0.13</i>	<i>0.45</i>	<i>Bajo → Óptimo</i>	<i>+246.1 %</i>
Hierro (Fe)	<i>Ppm</i>	<i>171.00</i>	<i>135.00</i>	<i>Alto → Adecuado</i>	<i>-21.0 %</i>
Cobre (Cu)	<i>Ppm</i>	<i>6.30</i>	<i>5.10</i>	<i>Alto → Adecuado</i>	<i>-19.0 %</i>
Zinc (Zn)	<i>Ppm</i>	<i>10.40</i>	<i>8.20</i>	<i>Alto → Adecuado</i>	<i>-21.2 %</i>
Manganeso (Mn)	<i>Ppm</i>	<i>15.40</i>	<i>16.80</i>		

Tabla de registro de resultados de análisis de suelo, inicial y final, por unidad experimental.

Anexo 5 Fotografías de la instalación del ensayo, reproducción de MEA, aplicación de tratamientos y evaluaciones de campo



Anexo 6 Informe de laboratorio del análisis foliar del tratamiento T0: testigo sin aplicación



RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente :	Sra. JENNIFFER PARRAGA	Numero de muestra:	7948
Propiedad:		Fecha de Ingreso:	9/7/2026
Identificación:	T0 TESTGO	Fecha de impresión:	26/7/2026
Cultivo:	CACAO CCN-51	Fecha de Entrega:	28/7/2026
Edad :	30 MESES	No. Laboratorio Desde:	0 001 Hasta:

MATERIA SECA (%)				
VALORES	N	P	K	Mg
Tiene	2,40	0,12	0,72	0,54


Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB



Calle Río Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono:
2752-607

M&J

Anexo 7 Informe de laboratorio del análisis foliar del tratamiento T1: aplicación de microorganismos eficientes autóctonos

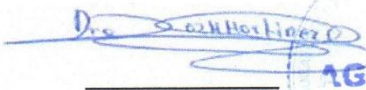


RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente :	Sra. JENNIFFER PARRAGA	Numero de muestra:	7950
Propiedad:		Fecha de Ingreso:	9/7/2026
Identificación:	TRATAMIENTO 2 (T2)	Fecha de impresión:	26/7/2026
Cultivo:	CACAO CCN-51	Fecha de Entrega:	28/7/2026
Edad :	30 MESES	No. Laboratorio Desde:	0 001 Hasta:

**FERTILIZADO YARAMILA + MEA
2,5 lt (MEA) = APLICACIÓN CADA 15 DIAS**

MATERIA SECA (%)				
VALORES	N	P	K	Mg
Tiene	2,50	0,10	1,03	0,59


Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB



Calle Río Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono:
2752-607

M&J

Anexo 8 Informe de laboratorio del análisis foliar del tratamiento T2: microorganismos eficientes autóctonos asociados con fertilización mineral



RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia
Cliente :	Sra. JENNIFFER PARRAGA	Numero de muestra: 7949
Propiedad:		Fecha de Ingreso: 9/7/2026
Identificación:	TRATAMIENTO 1 (T1)	Fecha de impresión: 26/7/2026
Cultivo:	CACAO CCN-51	Fecha de Entrega: 28/7/2026
Edad :	30 MESES	No. Laboratorio Desde: 0 001 Hasta:

FERTILIZADO YARAMILA + MEA
200 g POR (20) PLANTAS = 2,5 lt (MEA) + 4 Kg (YARAMILA) = 1 APLICACIÓN

MATERIA SECA (%)				
VALORES	N	P	K	Mg
Tiene	2,70	0,15	1,24	0,60


Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB

AGROLAB

Calle Río Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono:
2752-607

M&J

compilatio Jennifer Parraga

ID : 3eb3be391a3b4382e4a781bfc2aadd10c6ea3fed



9%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : compilatio Jennifer Parraga.txt

Tamaño del archivo original : 5,4 MB

Número de palabras : 12.638

Depositante : Jose Cedeño Zambrano

Fecha de depósito : 3 de agosto de 2026

Tipo de carga : interface

fecha de fin de análisis : 3 de agosto de 2026

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Similitudes

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.

4%

Detección de IA

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.

Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.

5%

Idiomas no reconocidos

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.

Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.

8%

No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Textos entre comillas

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

<1%

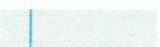
Similitudes

4%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Fuente principal detectada

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones
1	 Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del cacao 1library.co/article/condiciones-edafoclim%C3%A1ticas-para-el-cultivo-del-...	1%	
2	 Documento de otro usuario #7f6bd5 Viene de de otro grupo	<1%	
3	 Documento de otro usuario #031a8b Viene de de otro grupo	<1%	
4	 JAMA YOMELI #e774c7 Viene de de mi grupo	<1%	
5	 TESIS Adrián Zambrano antiplagio #c574a5 Viene de de mi grupo	<1%	
6	 Mosquita y la flor - Casa Universitaria Cacao y Chocolate casa-cacao.ujat.mx/mosquita-y-la-flor.html	<1%	

Ramiro