

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA**



**EFFECTO DEL BIOL EN EL CULTIVO DE CACAO EN EL FUNDO ALBORADA,
DISTRITO CASTILLO GRANDE – PROVINCIA DE LEONCIO PRADO**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

Michael Dinner, TORRES ALVAREZ

ASESOR:

Ing. Juan Pablo, RENGIFO TRIGOZO

Tingo María – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°060-2022-FRNR-UNAS

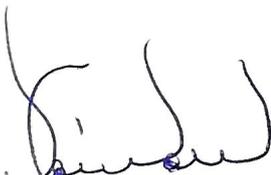
Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 05 de diciembre de 2019 a horas 07:00 p. m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua:

“EFECTO DEL BIOL EN EL CULTIVO DE CACAO EN EL FUNDO ALBORADA, DISTRITO CASTILLO GRANDE- PROVINCIA DE LEONCIO PRADO”

Presentado por el Bachiller: **TORRES ALVAREZ, Michael Dinner**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 25 de noviembre de 2022


Ing. JAIME TORRES GARCIA
PRESIDENTE




Ing. M.Sc. ERLE OTTO BUSTAMANTE SCAGLIONI
MIEMBRO


Ing. M.Sc. JOSE VICTOR QUIROZ RAMIREZ
MIEMBRO


Ing. M.Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 138 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Ingeniería en Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DEL BIOL EN EL CULTIVO DE CACAO EN EL FUNDO ALBORADA, DISTRITO CASTILLO GRANDE – PROVINCIA DE LEONCIO PRADO	Michael Dinner, TORRES ALVAREZ	25% Veinticinco

Tingo María, 02 de junio de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y

AGUA



**EFFECTO DEL BIOL EN EL CULTIVO DE CACAO EN EL FUNDO ALBORADA,
DISTRITO CASTILLO GRANDE – PROVINCIA DE LEONCIO PRADO**

Autor	: Torres Álvarez, Michael Dinner
Asesor	: Ing. RENGIFO TRIGOZO, Juan Pablo
Programa de investigación	: Ciencias Básicas
Línea de investigación	: Física y química de suelos
Eje temático de investigación	: Manejo de abonos orgánicos
Lugar de ejecución	: Fundo Alborada – Distrito de Castillo Grande
Duración	: 11 meses
Financiamiento	: Propio.
Monto	: S/. 3 126.20

Tingo María – Perú

2019

DEDICATORIA

A Dios; por mi existencia en este planeta,
dándome sabiduría, salud y perseverancia para
lograr mis metas.

A mi madre Juana Alvarez Castillo; por darme la
vida y velar por mi bienestar en todo momento.

A mis hermanas Sara Noemí y Flor de María; por
brindarme apoyo en todo momento y depositando
su entera confianza en mí.

A mi abuela, tíos y primos; por brindarme
compañía, apoyo e inolvidables momentos de
felicidad.

A mis amigos y a todas las personas que
contribuyeron con su granito de arena para el
desarrollo de esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A los docentes de la UNAS, en especial de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por compartir y transmitirme sus conocimientos en las aulas universitarias.

Al Ing. M.Sc. Juan Pablo Rengifo Trigozo, por su amistad, valiosa colaboración en mi proceso de enseñanza, su acertado asesoramiento en mis prácticas profesionales y en la presente investigación.

Al Ing. Mendis Paredes Arce, por su amistad, por permitir el desarrollo de la presente investigación y sus acertados aportes para que iniciara y concluyera con éxito esta investigación.

A los miembros del jurado calificador de la tesis: Al ingeniero Jaime Torres García, al ingeniero Erle Bustamente Scaglioni y al Ing. Mg. Sc. Jose Quiroz Ramírez; quienes colaboraron con sus conocimientos y oportunas sugerencias.

A mis amigos Santo Lins Díaz Meza, Saller Bruller Ramírez Silva, Admir Sebero Damián Lujan, Maggie Yelitza Pujay Escobal y Sheila Fiorella Obregón Escalante; por los inolvidables momentos vividos en nuestra etapa universitaria y por su valiosa amistad.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedentes de trabajos relacionados con la investigación.....	3
2.2. El biol	4
2.2.1. El biol en el cultivo de cacao	4
2.2.2. Usos del biol	7
2.3. El cultivo de (<i>Theobroma cacao</i> L) cacao	8
2.3.1. Morfología de la planta.....	8
2.4. Condiciones para el cultivo del cacao	9
2.4.1. Precipitación	9
2.4.2. Temperatura	10
2.4.3. Altitud	10
2.4.4. Suelo	11
2.4.5. pH del suelo	12
2.4.6. Fertilización	12
2.4.7. Abonamiento.....	12
2.5. Propiedades del suelo	13
2.5.1. Propiedades físicas del suelo.....	13
2.5.2. Propiedades químicas del suelo	16

2.6. Microorganismos en el suelo.....	22
2.7. Biodiversidad del suelo	23
2.8. Variabilidad de microorganismos en el suelo	24
2.8.1. Factores que afectan a los microorganismos del suelo	25
2.9. Microbiología del suelo.....	25
2.9.1. Las bacterias del suelo	26
2.9.2. Hongos del suelo	27
2.10. Habitat	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1. Lugar de ejecución	33
3.1.1. Ubicación política	33
3.1.2. Ubicación geográfica	33
3.1.3. Características climáticas.....	35
3.1.4. Zonas de vida	35
3.1.5. Suelos.....	35
3.1.6. Fisiografía	36
3.1.7. Accesibilidad.....	36
3.2. Características de la zona de estudio	34
3.2.1. Temperatura	34
3.2.2. Clima.....	34
3.2.3. Zonas de vida	34
3.2.4. Suelos.....	34

3.2.5. Fisiografía	35
3.2.6. Accesibilidad.....	35
3.3. Materiales herramientas y equipos	35
3.3.1. Materiales.....	35
3.3.2. Herramientas	35
3.3.3. Equipos	36
3.4. Parámetros de investigación	36
3.4.1. Campo experimental	36
3.4.2. Diseño de los bloques	37
3.4.3. Esquema de distribución de la parcela.....	37
3.4.4. Análisis estadístico.....	37
3.5. Metodología.....	40
3.5.1. Realizar la caracterización y análisis del biol en el fundo Alborada, distrito Castillo Grande	40
3.5.2. Realizar la caracterización física y química antes y después de la fertilización orgánica.....	43
3.5.3. Realizar el análisis microbiológico del suelo antes y después de la aplicación de diferentes dosis del abono orgánico biol.....	45
3.5.4. Evaluación del número de frutos producidos durante el ciclo fisiológico del (<i>Theobroma cacao</i> L) cacao por la aplicación de diferentes dosis en la fertilización orgánica	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	47

4.1. Realizar la caracterización y análisis del biol en el fundo Alborada, distrito de Castillo Grande	47
4.2. Realizar la caracterización física y química antes y después de la fertilización orgánica.....	48
4.3. Realizar el análisis microbiológico del suelo antes y después de la aplicación de diferentes dosis del abono orgánico biol	50
4.4. Evaluación del número de frutos producidos durante el ciclo fisiológico del (<i>Theobroma cacao</i> L) cacao por la aplicación de diferentes dosis en la fertilización orgánica.....	53
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. PROPUESTA A FUTURO	66
VII. REFERENCIAS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Página
Tabla 01. Agrupamiento general de las clases texturales	14
Tabla 02. Da y Dr de los suelos de acuerdo a su grupo textural	15
Tabla 03. Niveles de Ph del suelo	17
Tabla 04. Niveles de materia orgánica en los suelos	18
Tabla 05. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico ($\text{pH} > 5.5$)	19
Tabla 06. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico ($\text{pH} < 5.5$)	19
Tabla 07. Niveles de contenido de fósforo (método de Olsen).	20
Tabla 08. Niveles de contenido de potasio	21
Tabla 09. Niveles de contenido de nitrógeno	22
Tabla 10. Tratamientos a emplear del abono orgánico biol.....	38
Tabla 11. Dosificación de repeticiones para cada tratamiento	39
Tabla 12. Análisis de variancia	39
Tabla 13. Métodos para la determinación de indicadores físicos del suelo	44
Tabla 14. Métodos para la determinación de indicadores químicos del suelo	45
Tabla 15. Métodos para la determinación de indicadores microbiológicos del suelo.....	46
Tabla 16. Macronutrientes presentes en el abono orgánico biol Alborada.....	47
Tabla 17. Ceniza, materia orgánica en base seca y humedad del abono orgánico biosol Alborada	47
Tabla 18. Micronutrientes presentes en el abono orgánico Alborada	48
Tabla 19. Análisis inicial y final del biol sobre las propiedades física del suelo	49
Tabla 20. Análisis inicial y final del biol sobre las propiedades químicas del suelo	49
Tabla 21. Número de bacterias aerobios por efecto del biol, profundidad 10 cm.....	50
Tabla 22. Actinomycetos en el suelo en respuesta al biol, profundidad 10 cm.....	51
Tabla 23. Numeración de hongos en el suelo, profundidad 10 cm	53
Tabla 24. Rendimiento en kg/ha en respuesta a los tratamientos en estudio	54
Tabla 25. Rendimiento en kg/ha en respuesta a los bloques en estudio	56
Tabla 26. Producción del biol y biosol al término de su maduración	73
Tabla 27. Materia orgánica en base seca del abono orgánico biol	73
Tabla 28. Macronutrientes presentes en el abono orgánico biol	73
Tabla 29. Micronutrientes presentes en el abono orgánico biol.....	73

Tabla 30. Ceniza, materia orgánica en base seca y humedad en el abono orgánico biosol	74
Tabla 31. Macronutrientes presentes en el abono organico biosol.....	74
Tabla 32. Micronutrientes presentes en el abono orgánico biosol	74
Tabla 33. Análisis físico y químico del suelo con la aplicación del abono orgánico biol.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 01. Diseño del campo experimental	37
Figura 02. Bacterias aerobias viales, inicio y final de la evaluación.....	51
Figura 03. Actinomycetos al inicio y final de la evaluación	52
Figura 03. Hongos al inicio y final de la evaluación	53
Figura 04. Producción en respuesta a la aplicación del biosol en diferentes tratamientos.	55
Figura 05. Filtrado del biol.....	75
Figura 06. Secado del afrecho sobrante del biol para convertirse en biosol... ..	75
Figura 07. Muestreo de suelo.	76
Figura 08. Poda de formación de plantas de cacao.....	76
Figura 09. Remoción de frutos enfermos	77
Figura 10. Deshierbo de suelo manualmente	77
Figura 11. Dosificación del biol.	78
Figura 12. Agregando una dosificación de agua.	78
Figura 13. Pesado de biosol.....	79
Figura 14. Abonamiento con biosol.	79
Figura 15. Cobertura del abonamiento.	80
Figura 16. Aplicación del biol a las hojas.	80
Figura 17. Aplicación del biol al tallo.	81
Figura 18. Aplicación del biol al suelo.....	81
Figura 19. Identificación de frutos enfermos.....	82

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del biofertilizante (biol) en el cultivo de (*Theobroma cacao* L), mediante la caracterización y análisis del biol, análisis fisicoquímico y microbiológico del suelo al inicio y final de su dosificación y determinar el número de frutos durante el ciclo fenológico del (*Theobroma cacao* L) cacao en el fundo Alborada, Distrito de Castillo Grande – Tingo María. La metodología consistió en preparar y analizar el biol, muestreo y análisis fisicoquímico y microbiológico del suelo al inicio y al final de la dosificación y evaluar la producción del (*Theobroma cacao* L) cacao durante su ciclo fisiológico. Los resultados del biol presentan bajos contenidos en nitrógeno (base seca) y en potasio, alto contenido de fósforo, materia orgánica en base seca alta, humedad optima y cenizas en base seca alta. Los micronutrientes arrojan gran cantidad de calcio, magnesio y sodio, concentraciones altas de metales como hierro, manganeso, cobre y zinc, el suelo presenta una textura franco arcillo limoso, (Ph, MO, N, P y K disponible) no presentan diferencias estadísticas al final de la evaluación, mientras que la CIC, fue (significativo) y presento mejor respuesta al final de la evaluación. Los análisis microbiológicos muestran que las bacterias aerobias viales, actinomicetos y hongos presentan una mejor población en el tratamiento T₄ al inicio y al final de la aplicación, T₃ y T₄ presentaron mejor respuesta por tratamiento y por bloques por el efecto de la dosificación del biol en el cultivo del *Theobroma cacao* L (cacao).

Palabras clave: Biol; Cacao; muestreo; análisis físico-químico; dosificación.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the effect of the biofertilizer (biol) on the cultivation of (*Theobroma cacao* L), through the characterization and analysis of the biol, physicochemical and microbiological analysis of the soil at the beginning and end of its dosage and to determine the number of fruits. during the phenological cycle of (*Theobroma cacao* L) cacao in the Alborada farm, Castillo Grande District - Tingo María. The methodology consisted of preparing and analyzing the biol, sampling and physicochemical and microbiological analysis of the soil at the beginning and at the end of the dosage and evaluating the production of (*Theobroma cacao* L) cocoa during its physiological cycle. The biol results show low nitrogen (dry basis) and potassium content, high phosphorus content, organic matter on a high dry basis, optimum moisture and ash on a high dry basis. The micronutrients yield a large amount of calcium, magnesium and sodium, high concentrations of metals such as iron, manganese, copper and zinc, the soil has a silty clay loam texture, (Ph, MO, N, P and K available) do not present statistical differences at the end of the evaluation, while the CIC was (significant) and presented a better response at the end of the evaluation. The microbiological analyzes show that the vial aerobic bacteria, actinomycetes and fungi present a better population in the T4 treatment at the beginning and at the end of the application, T3 and T4 presented a better response by treatment and by blocks due to the effect of the biol dosage in the cultivation of *Theobroma cacao* L (cocoa).

Keywords: Biol; Cocoa; sampling; physical-chemical analysis; dosage.

I. INTRODUCCION

En la actualidad la gran mayoría de agricultores de la provincia de Leoncio Prado vienen siendo beneficiarios de proyectos que promueve las instituciones como DEVIDA, Alianza Cacao y las Municipalidades distritales que apoyan al desarrollo productivo, siendo estos proyectos una fortaleza en las diferentes comunidades, los fertilizantes que se usan en los diferentes proyectos son quizás los que vuelven al agricultor dependiente del consumo de sus componentes para la fertilización de sus productos, por ello se plantea desarrollar una tecnología en el uso del biol para evitar dependencia de estos productos, reduciendo los costos de producción y fortaleciendo la agricultura orgánica.

De igual manera, las actividades que los agricultores desempeñan diariamente son responsables de generar residuos orgánicos, que pueden ser aprovechados con un uso adecuado mediante metodologías para transformar este pequeño problema en una nueva opción de fertilización orgánica, en vista que los países europeos requieren productos orgánicos para su consumo, hace que esta tecnología mejore la economía y a su vez la calidad de vida del agricultor, de la misma manera mejora la producción agrícola.

La U.N.A.S generadora de conocimientos y tecnologías deben intervenir en temas relacionados al uso inadecuado de fertilizantes y deficiencia de nutrientes en los suelos agrícolas, debido al mal manejo que vienen realizando los agricultores que causan impactos negativos en el ambiente, por tal motivo la investigación tiene alcances definidos y metodologías establecidas para hacer de este problema una opción nueva acorde al ambiente y al agricultor, aportando con ello la elaboración, dosificación y manejo del biofertilizante (biol) en el cultivo de *Theobroma cacao* L. (cacao) en su etapa fisiológica, y frente a esta problemática se formula la siguiente interrogante ¿Cuál será el efecto del biol en el cultivo de T. cacao en el fundo Alborada, distrito de Castillo Grande? Planteándose para ello la siguiente hipótesis: Ha: con una dosificación adecuada del biofertilizante (biol) en el cultivo de T. cacao se logrará una óptima producción; Ho: con una dosificación adecuada del biol en el cultivo de T. cacao no se logrará una óptima producción; motivo por el cual se formulan los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

- Determinar el efecto del biofertilizante (biol) en el cultivo de *Theobroma cacao* L. (cacao) en el fundo Alborada, distrito de Castillo Grande- Provincia de Leoncio Prado.

1.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización y análisis del biofertilizante (biol), en el fundo Alborada, distrito Castillo Grande.
- Realizar la caracterización fisicoquímica del suelo antes y después de la aplicación del biofertilizante (biol).
- Realizar el análisis microbiológico del suelo antes y después de la aplicación de diferentes dosis del biofertilizante (biol).
- Evaluar el número de frutos producidos durante el ciclo fisiológico del *Theobroma cacao* L. “cacao” por la aplicación de las distintas dosificaciones del biofertilizante (biol).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de trabajos relacionados con la investigación

Según Pedraza et al. (2011) mencionaron que evaluaron el crecimiento y productividad de plantas de *Thymus vulgaris* “Tomillo”, *Rosmarinus officinalis* “Romero” y *Origanum vulgare* “Orégano” utilizando fertilizantes líquidos ultrapobres. Se evaluaron tres concentraciones de aplicación: 2,5, 5 y 10% (0,5, 1 y 2 L). El análisis químico mostró que altas concentraciones de oligoelementos causaron fitotoxicidad, lo que se reflejó en la visión de señales y retraso en el desarrollo. Asimismo, se encontraron bajas concentraciones de elementos importantes, principalmente nitrógeno. Para el peso fresco y seco de las partes aéreas de las tres especies no se hallaron discrepancias reveladoras entre las concentraciones ensayadas ni con respecto a las concentraciones obtenidas en los testigos; por lo tanto, se recomienda usarlos sin agregar ningún componente menor, aplicar este biofertilizante al suelo en una concentración mínima (2,5% o 0,5 litros). El mismo autor menciona que los fertilizantes orgánicos (supermagro) contienen altas concentraciones de oligoelementos que pueden ser tóxicos para las plantas, lo que a su vez afecta el crecimiento de las plantas. Además, los análisis fisicoquímicos del sustrato mostraron que el contenido de nitrógeno contenía una concentración moderada de este elemento y una baja concentración añadida al abono orgánico.

Según Huamán, (2016), menciona que, al evaluar evaluación de propiedades físicas, químicas y biológicas como calidad del suelo, densidad de macrofauna del suelo, biomasa e índice de diversidad en tres sistemas de uso de suelo, sector Shitari - Huamalés. El estudio tiene como objetivo determinar los índices fisicoquímicos del suelo, identificar y cuantificar la macrofauna a diferentes profundidades en tres sistemas de uso de la tierra (cultivos de plátano con cacao, cultivos de cítricos con cacao y cultivos de cacao), y las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los suelos. Los resultados obtenidos fueron suelos con estructura arcillosa óptima para los cultivos analizados, con estructura granular y buena densidad aparente (1,5-1,51 g/cm³) y resistencia a la penetración (1,5-1,8 g/cm²). Los indicadores químicos muestran una reacción muy ácida con niveles moderados de compuestos orgánicos, nitrógeno, fósforo y niveles bajos de potasio. También mantiene un bajo potencial de nutrientes debido a su baja capacidad de intercambio (7,8-10,52 meq/g de suelo).

Según Marin, (2016), menciona al comprobar los indicadores fisicoquímicos del suelo en diferentes sistemas de cultivo, así por ejemplo, relaciones entre densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo y sus parámetros fisicoquímicos y biológicos, en el sector

de Nueva Esperanza - Supte Chico - Distrito Rupa Rupa. Los resultados muestran que las propiedades físicas y químicas del suelo están dominadas por granos de arena, la densidad está entre 1,3 g/cm³ y 1,5 g/cm³, la resistencia a la filtración del suelo está entre 1,5 kg/cm² y 1,7 kg/cm², y una la revisión del desempeño de sus propiedades químicas muestra un pH fuerte a moderadamente ácido; bajo contenido de materia orgánica en cítricos, cacao medio; bosque secundario (5,50%), igual que bajo, medio y alto contenido de nitrógeno (0,25%), bajo y medio fósforo y potasio intercambiables en estos sistemas, capacidad de intercambio catiónico muy baja, estos suelos son bajos en calcio y magnesio.

Según Repoma, (2016), El presente trabajo se realizó en el predio Mavy en Supte San Jorge, a 10 km de Tingo María, Distrito de Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Provincia de Huánuco, con el objetivo de cuantificar los cambios microbianos en tres usos del suelo (cítricos, guaba y pasto), cuantificar cambios en indicadores microbianos en suelo y estimar la variación máxima de la Propiedad Mavy en diferentes tipos de microorganismos del suelo. Durante el estudio se utilizaron métodos cuantitativos, contando microorganismos aerobios y anaerobios, mohos y levaduras. En el Fundo Mavy, se tomaron áreas seleccionadas con tres tipos de uso de suelo. La mayor densidad de población estuvo determinada por la profundidad del suelo, lo que significa que cuanto más cerca estaba el horizonte de la superficie del suelo, más activos eran los microbios, y otro indicador era el tipo de suelo. Se encontró que la densidad de microorganismos aeróbicos es mayor en suelo de bambú, suelo de pasto y suelo de cítricos, y se puede confirmar que el vital elemento de desarrollo de la población microbiana es la materia orgánica.

Según Grandez (2017), mencionó que en la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del suelo del biofertilizante (biosol) al inicio y final de la aplicación y sus efectos sobre la macrofauna y microorganismos del suelo, se compararon propiedades fisicoquímicas con variables biológicas para determinar la calidad del suelo. sistemas agroforestales, distrito de Castillo Grande - Tingo María. Este enfoque incluye muestreo de suelo para análisis fisicoquímicos, microorganismos y su cuantificación por cultivo de laboratorio, macrofauna y vinculación de propiedades fisicoquímicas a variables biológicas. Las propiedades fisicoquímicas evaluadas mostraron un incremento en la textura arcilla-arcilla-arcilla, materia orgánica y contenido de nitrógeno al utilizar fertilizante biológico (biosol), las demás propiedades no presentaron diferencias estadísticas, sus valores estuvieron en el rango agronómicamente apropiado. uso, el uso de biosol no afectó el suelo Las propiedades físicas y

químicas del suelo tienen un efecto positivo, y la capacidad de intercambio catiónico, la estructura del suelo y el contenido de calcio están directamente relacionados con la fauna del suelo, y los microorganismos del suelo tienden a disminuir.

Según Grandez, (2018), menciona que al determinar el efecto del biofertilizante (supermagro) en el crecimiento inicial del cultivo de *Plukenetia volubilis* L., “sacha inchi” y sobre las propiedades químicas de un suelo degradado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en la ciudad de Tingo María; utilizando un diseño completamente al azar (DCA) conformado por 07 tratamientos y 04 repeticiones, donde los tratamientos estuvieron influenciados por la dosis de biofertilizante y el volumen de agua (20 L) evaluados cada 15 días en lechos de corteza a los 60 d.d.t, variables: altura de planta, diámetro de tallo, altura y peso fresco y seco de raíz, y área foliar. El efecto sobre las propiedades químicas del suelo se estudió mediante análisis fisicoquímicos al inicio y al final del estudio, los parámetros evaluados fueron: pH, MO, N, P, K y C.I.C. Los resultados mostraron que en cuanto al peso seco de partes aéreas, T1 presentó el mejor valor promedio, mientras que T0 presentó el mayor peso fresco de raíces. En cuanto a las propiedades químicas del suelo, los fertilizantes biológicos (especialmente los pobres) no afectaron los parámetros evaluados; a excepción de la capacidad de intercambio catiónico (CEC), cuyos valores aumentaron ligeramente debido al aumento de los cationes H y Al³, pero se mantuvieron en un nivel bajo.

2.1. El biol

Es un abono orgánico líquido resultante de la descomposición de desechos animales y vegetales: excrementos de pájaros, paja, etc. en condiciones de falta de oxígeno. Contiene nutrientes que son fácilmente absorbidos por las plantas, haciéndolas más resistentes. (Inia, 2008)

El fertilizante líquido, o biotina, es una estrategia que utiliza el estiércol a través de un proceso de fermentación anaeróbica para producir un fertilizante foliar que contiene componentes de fitohormonas como auxinas y giberelinas. (Basaure, 2006).

2.1.1. El biol en el cultivo de cacao

Según Paredes, (2015), hace referencia que el biol Alborada es elaborado por la empresa Agroforestal y Ambiental Alborada S.A.C y es obtenido mediante el proceso de descomposición aeróbica dentro de un digestor (bidón), el residuo líquido es usado como abono foliar mejorando la producción en las cosechas, evita plagas y enfermedades en los cultivos de

cacao, la parte sólida sobrante se reutiliza para la siguiente elaboración o ingresa en otro digestor para continuar su descomposición y los ingredientes que utiliza son:

- 10 kg de estiércol fresco de vaca; cabra u oveja
- 5 kg de estiércol fresco de cuy o gallina
- 5 kg de tierra de bosque virgen o abono orgánico “Alborada”
- 2 kg. de estiércol de murciélago
- 3 kg. de cal o ceniza
- 5 kg. de leguminosas (eritrina, maní forrajero y kudzu)
- 5 kg. de ortiga o ishanga
- 5 kg. de cola de caballo
- 3 kg. de hoja de papaya
- 5 L de mucílago de cacao (acopio) o 2 kg. de azúcar rubia
- 1 L de leche o de refresco de yuca
- 150 L de agua limpia

- **Preparación**

La preparación reside en colocar los ingredientes en un recipiente, a excepción de las hojas verdes, que se hierven en una olla grande, después de picar y moler, agregar 10 litros de agua y dejar hervir por 30 minutos, luego enfriar y agregar al recipiente con todo el contenido. Luego llene el tanque con agua hasta 3/4 del volumen (unos 150 litros de agua) y ciérrelo herméticamente. Retíralos diariamente durante 20 a 30 días y colar. Cuando el líquido resultante sea transparente, transfíralo y guárdelo herméticamente en un galón o en un recipiente oscuro para su uso posterior.

- **Aplicación**

Cuando la planta de cacao está en el vivero se debe aplicar abono foliar “Alborada” desde que tenga un par de hojas maduras y luego en forma mensual. La aplicación de abono foliar “Alborada”, también se debe realizar de 5 a 10 días antes de la siembra de cacao, sea patrón o injerto; la segunda aplicación se debe realizar a los 15 días, la tercera aplicación a los 30 días de la siembra. Luego cada 3 meses o una vez cada ciclo fenológico del cacao. La dosis a aplicar es de 200 a 250 mL por mochila de 20 litros de agua, dirigido específicamente a las hojas y partes verdes, para plantas tiernas y para adultas de 300 a 350 mL.

Según Appacacao, cacao y fondo empleo, (2014), en su boletín de fertilización, abonamiento y preparación de abonos orgánicos establece para la elaboración del biol los siguientes ingredientes, preparación y aplicación.

- **Materiales**

- Un recipiente o cilindro de 200 L de capacidad con tapa
- Una manguera de plástico de ½ pulgada
- Una botella de plástico descartable de 3 L

- **Ingredientes**

- 30 kg de estiércol fresco de vaca, cabra u oveja
- 5 kg de estiércol fresco de gallina o cuyes
- 4 kg de tierra de bosque virgen
- 4 kg de azúcar rubia o chancaca (molida)
- 3 litros de leche o refresco de yuca
- ½ kg de harina de huesos o cascara de huevo en polvo
- 10 kg de plantas verdes picada (ortiga, frijol de palo, hojas de paca, plantas acuáticas y cola de caballo).

- **Preparación**

Los ingredientes se colocan en recipientes. Luego llénelo con agua hasta $\frac{3}{4}$ del volumen del tanque. Después de hacer este trabajo, seguimos tapándolo, por lo que el recipiente debe permanecer cerrado, sin que entre aire del ambiente. Una manguera colocada dentro del tanque de biodigestor conduce a una botella de agua para permitir que escapen los gases de fermentación. El biol estará listo en 6-8 semanas, cuando notemos que ha dejado de salir gas por la manguera, por lo que habrá burbujas en el agua de la botella. Cuando esté listo, cuele y almacene herméticamente en un galón o en un recipiente oscuro.

- **Aplicación**

La aplicación a las plantas de cacao se realizó sobre hojas de plántulas en vivero diluyendo 5 ltrs de bio-alcohol en 90 ltr de agua no clorada y aplicando sobre hojas y tallos.

2.1.2. Usos del biol

Según Gomero, (2000), Se menciona que se debe utilizar diluido en agua, que puede ir del 25% al 75%. Se deben realizar de tres a cinco aplicaciones durante el período de crecimiento de la planta.

Según Basaure, (2006), Los estudios realizados en concentraciones entre el 20 % y el 50 % han demostrado que puede estimular el crecimiento, mejorar la calidad del producto e incluso tener un efecto sobre las plagas. Biol también regula el metabolismo de las plantas y también puede ser un buen suplemento nutricional para fertilizantes generales cuando se usa como material sólido en el suelo.

2.2. El cultivo de *Teobroma cacao L.* “cacao”

Según Isla y Andrade, (2009), Recuerda que el cacao es una planta sudamericana que proviene únicamente del Amazonas (Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Venezuela). En el México antiguo, los aztecas la consideraban la "bebida de los dioses", de ahí el nombre científico (Theo - un chiste que significa bebida de los dioses). Fue traído a Europa por los españoles y más tarde se convirtió en uno de los productos más populares del mundo: el chocolate. Costa de Marfil y Ghana son países líderes en la producción tradicional de cacao.

2.2.1. Morfología de la planta

Según Isla y Andrade, (2009), hacen referencia que la morfología de la planta del cacao estable las siguientes características:

- **Raíz.** - El cacao tiene raíces primarias profundas y raíces secundarias, por lo que se requiere un suelo profundo como primer criterio para las plantaciones comerciales. Además, tiene muchas raíces fibrosas o pelos absorbentes de agua, normalmente a 0-5 cm del suelo.
- **Tallo.** - El cacao tiene dos tipos de tallos; la primera ortótropa (crecimiento recto, vertical) es una planta obtenida de semillas o plantas puras (híbridos e híbridos segregantes), la segunda anisotrópica (crecimiento horizontal o lateral) Una planta obtenida por injerto.
- **Hojas.** Las hojas de cacao, tienen una estructura especial, llamada "pulvínulos" que son abultamientos entre la base de la hoja y la base del pecíolo y sirven para seguir la dirección del sol.

- **Frutos.** El fruto del cacao es una baya, llamada mazorca y puede ser de tres tipos: Criollo, Forastero o Amazónico y Trinitario. Los frutos de cacao maduran entre los 5 a 6 meses si son del tipo trinitario y de 6 a 7 meses si son del tipo criollo, forastero o amazónico.

2.3. Condiciones para el cultivo del cacao

2.3.1. Precipitación

Según Paredes, (2003), Recordando que el cacao es una planta que necesita mucha agua para su metabolismo, la lluvia es el factor climático más variable durante el año. El cacao recibe una precipitación óptima de 1600 a 2500 mm distribuida en 12 meses del año. Si la precipitación supera los 2600 mm, afecta el rendimiento del cacao.

Mientras que Isla y Andrade (2009) mencionan que el cacao es un cultivo de riego en condiciones de secano con precipitaciones anuales entre 800 y 2600 mm y en zonas con menos de 800 mm de precipitaciones. Es un cultivo que necesita sombra temporal y permanente en condiciones secas, pero también puede crecer sin sombra con largas horas de sol y riego.

2.3.2. Temperatura

Es un factor muy trascendental por que se relaciona con el desarrollo, la floración y la fructificación del cacao. La temperatura para el cultivo del cacao debe estar entre 23 °C y 32 °C, la temperatura óptima para el cacao debe ser de 25 °C. Las temperaturas inferiores a 15 °C contribuyen a una disminución de la actividad radicular. Las altas temperaturas pueden dañar las raíces superficiales de las plantas de cacao, limitando su capacidad de absorción, por lo que se recomienda cubrir el suelo con la hojarasca de cacao existente (Paredes, 2003).

Respecto a Loli y Cavero (2011), se menciona que el cacao no soporta bajas temperaturas con un límite promedio anual de 21 °C. Las temperaturas extremas muy altas provocan cambios fisiológicos en las plantas de cacao, por lo que es un cultivo que necesita sombra para que los rayos del sol no le afecten directamente y eleven la temperatura. La temperatura determina la formación de flores.

2.3.3. Altitud

Según Paredes, (2003), Mencione que el cacao crece mejor en los trópicos, desde el nivel del mar hasta los 800 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, en latitudes más cercanas al ecuador, las plantaciones suelen crecer en altitudes más altas, entre 1.000 y 1.400 metros sobre el nivel del mar. En las plantaciones de cacao, la altitud no es un factor tan determinante como el clima y el suelo.

Según Isla y Andrade, (2009), Se menciona que el cacao se puede cultivar y producir en altitudes de hasta 1.200 metros sobre el nivel del mar, por encima de las cuales puede haber problemas con la floración, ya que el cacao es vulnerable a la floración y caída de frutos pequeños durante los períodos fríos.

2.3.4. Suelo

Según Paredes, (2003), En áreas con más de 3000 mm de lluvia, la profundidad efectiva a considerar se estima en 100 cm. Sin embargo, en áreas con estaciones secas, es práctico considerar un límite mínimo de profundidad de 1,50 m. El mejor suelo para cultivar cacao es el aluvial, el suelo arcilloso y el suelo permeable profundo. Los suelos arenosos no son recomendables porque no retienen la humedad mínima necesaria para satisfacer las necesidades hídricas de la planta. Esto aumenta el abastecimiento de agua a las raíces.

Isla y Andrade, (2009), El cacao se cataloga como un cultivo perenne que requiere suelos profundos (más de 1 metro) de textura turbia o arcillosa; los sedimentos con inundaciones estacionales (aluviales) son aptos para la siembra.

2.3.5. pH del suelo

El cacao crece eficientemente cuando el pH está en el rango de pH de 6,0 a 6,5. Sin embargo, también es adecuado para zonas extremas desde extremadamente ácidas hasta muy alcalinas, con un valor de pH de 4,5. Los rendimientos son muy bajos a un pH de 8,5 y se deben aplicar correctores a estos suelos. (Paredes, 2003).

2.3.6. Fertilización

Según Paredes, (2003), Insiste en conocer el nivel de fertilidad natural del suelo antes de aplicar cualquier tipo de fertilización. 1000 kg extractos secos de cultivos de cacao aprox. 44 kg de nitrógeno (N), 10 kg de fosfato (P₂O₅) y 77 kg de potasio (K₂O). Si las mazorcas se cortaran en el mismo sitio de cosecha y las cáscaras se dejarán en el suelo, producirían alrededor de 2 kg N, 5 kg P₂O₅ y 24 kg K₂O después de la descomposición. Por

lo tanto, en última instancia, es necesario alimentar el suelo mediante la adición de fertilizantes orgánicos o químicos.

2.3.7. Abonamiento

Según Paredes, (2003), Se menciona que la fórmula del fertilizante es 60-90-60 y se usa roca fosfórica junto con guano de isla o compuesto 12-12-12 y se aplica en el último hoyo de Dingmiao en el campo y la dosis es de 50-60 gr/planta. Después del primer año de producción de injertos, aumentarán a un rango de 80 a 100 g por planta. Después del segundo año de producción, la preparación se aplica una vez al año y la cantidad debe permanecer sin cambios hasta el cuarto año de crecimiento de las plántulas. Entonces se utilizará la fórmula 100-140-100 a una tasa anual de 180 a 200 g/año, sembrar hasta que los árboles de cacao completen su ciclo de producción.

2.4. Propiedades del suelo

2.4.1. Propiedades físicas del suelo

Estas son las propiedades que le dan al suelo sus características, tales como textura, estructura, color, composición mineral, densidad aparente y densidad real; mientras que las propiedades se refieren al comportamiento del suelo resultante de sus propiedades, como la capacidad de retención de agua, el coeficiente de humedad, la ventilación, la porosidad, la permeabilidad, etc.. (Sánchez, 2007).

2.4.1.1. Textura del suelo

La textura del suelo se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla expresada en porcentaje (SÁNCHEZ, 2007). Por lo tanto, la distribución de fracciones de arena, limo y arcilla en el suelo se considera que modifica la textura, excepto para partículas minerales más grandes que la arena (diámetro 2 mm): grava (0,2–2 cm), grava (2–5). cm). cm), guijarros (15-25 cm), rodillos (25-50 cm) y bloques de madera (50 cm); en este grupo se consideraron los agregados estables formados como resultado de la exposición a sustancias orgánicas. (Zavaleta, 1992).

Tabla 1. Las clases texturales

Grupo textural	Denominación empírica	Clases Textural
Arenoso	Suelos de textura gruesa	Arenas
		Arenas Franca
Franco	Suelo de textura moderadamente gruesa	Franco Arenoso
		Franco Arenoso fino
		Franco Arenoso muy fino
	suelos de textura media	Franco
		Franco Limoso
		Limoso
suelos de textura moderadamente fina	Franco Arcilloso	
	Franco Arcillo Arenoso	
	Franco Arcillo Limoso	
Arcilloso	suelos de textura fina	Arcillo-Arenoso
		Arcillo-Limoso
		Arcilloso

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

2.4.1.2. Densidad aparente

Es la relación entre la masa seca del suelo y el volumen total, que incluye el volumen de partículas y poros entre partículas. Las partículas minerales se encuentran en densidades de $<1,0$ a $>1,7$ g/cm³ en franco arenoso, de $1,0$ a $1,5$ g/cm³ en franco arcilloso y de $1,5$ a $1,7$ g/cm³ en franco arenoso.

La densidad aparente es una propiedad dinámica que cambia con las condiciones del suelo. Esta situación se puede cambiar con obras culturales en la propiedad, taconeo de animales, equipos agrícolas y el clima. Una capa de suelo compactado tiene una alta densidad aparente y restringe el crecimiento de las raíces e inhibe el movimiento de aire y agua a través del suelo. (Usda, 1999).

Tabla 2. Da y Dr de los suelos de acuerdo a su grupo textural

Grupo textural	g/cm ³	
	Da	Dr
Bouyoucos		
Franco arenoso	1.35 - 1.44	2.53 - 2.63
Franco	1.34 - 1.50	2.56 - 2.66
Limoso	1.35 - 1.49	2.45 - 2.65
Franco limoso	1.24 - 1.54	2.49 - 2.58
Franco arcilloso	1.35 - 1.49	1.74 - 2.78
Arenoso	1.34 - 1.49	2.58 - 2.66
Arcillo limoso	1.24 - 1.46	2.49 - 2.59
Arcilla	1.18 - 1.34	2.54 - 2.64

Fuente: Soil Survey Staff, (1993)

2.4.1.3. Temperatura del suelo

Esto dependerá de la cantidad de radiación solar que llegue a la superficie terrestre, teniendo en cuenta el equilibrio de energía de onda corta y onda larga. La cantidad de radiación solar neta que llega a la Tierra depende de factores ajenos a la Tierra. La presencia de una cubierta vegetal significativo reduce la cantidad de radiación solar global no solo por la sombra, que reduce la radiación directa, sino también por los cambios en el albedo. Los bosques son más eficientes que los pastos, por lo que los suelos densos de los bosques son 10°C más fríos en verano que el suelo desnudo (USDA, 1999).

2.4.2. Propiedades químicas del suelo

La química del suelo determina cómo reacciona el suelo (pH) con sus elementos químicos (nutrientes). Su análisis permite conocer las condiciones del suelo para gestionar mejor la fertilización de los cultivos, seleccionar las plantas más adecuadas y conseguir un rendimiento óptimo (Acebedo, 2005).

2.4.2.1. Reacción del suelo (pH)

Como entorno para el crecimiento de las plantas, la reacción del suelo es quizás la propiedad química del suelo más importante expresada en pH. Asimismo, la respuesta del suelo determina no solo los procesos vitales de la vida microbiana y su intervención, sino también el carácter de mayor o menor asimilación de muchos elementos químicos requeridos por las plantas (Sánchez, 2007). Los microorganismos y los actinomicetos se reproducen excelente en suelos con una acidez entre 5,0 y 6,5 y $< 5,0$. Su actividad disminuye cuando el pH está por debajo de 5,5. Por ejemplo, la nitrificación y la fijación de nitrógeno atmosférico ocurren solo a valores de pH superiores a 5; a valores de pH más bajos, la aminación y la amoníacación se reducen considerablemente. Los champiñones también son opcionales. Para las plantas superiores, es difícil correlacionar con precisión su desarrollo óptimo con el pH del suelo porque están involucrados muchos factores fisiológicos. Además, las especies progresan en un rango de acidez muy amplio, por si es difícil determinar la respuesta más adecuada (Navarro, 2003).

El mismo autor menciona que la acidez es característica de los suelos ubicados en zonas de alta pluviosidad y frecuentemente sujetos a una extensa erosión. El agua disuelve así las bases solubles, que se lavan y se pierden grandes cantidades por lixiviación. Todas estas condiciones llevan a que los complejos coloidales del suelo inmovilicen una gran cantidad de H. Y como este hidrógeno tiende a estar en equilibrio dinámico con la solución del suelo, cuando se disocia se enriquece con H y el pH disminuye.

Tabla 3. Niveles de pH del suelo

Descripción	Rango
Extremadamente ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.6-5.4
Moderadamente ácido	5.5-6.5
Neutro	6.6-7.3
Moderadamente alcalino	7.4-8.5
Fuertemente alcalino	Mayor de 8.5

Fuente Propia

2.4.2.2. Materia orgánica

Consiste en compuestos de origen biológico que se encuentran en el suelo, y los residuos vegetales también son una fuente importante de materia orgánica en el suelo. Señale que la buena estructura del suelo depende de la materia orgánica, que el suelo que tiene una consistencia demasiado suelta (arena) se puede mejorar usando materia orgánica (compost), y que el suelo que es demasiado pesado (arcilla) se puede ablandar y aligerar usando materia orgánica (Zavaleta, 1992).

El autor se refiere a la materia orgánica o humus como una fracción orgánica que juega un papel importante en el suelo. No existe una definición única de sustancias húmicas en la que todos los expertos estén de acuerdo, pero en general, el término sustancias húmicas se refiere a "diversas sustancias orgánicas de color marrón y negro que resultan de la descomposición de sustancias orgánicas de origen vegetal". Contiene aproximadamente un 5 % de nitrógeno, por lo que su valor en el suelo se puede calcular multiplicando el contenido total de nitrógeno por 20 (Navarro, 2003).

Tabla 4. Niveles de la materia orgánica en el suelo

Nivel	Contenido (%)
Bajo o pobre	menos de 2
Medio	2 – 4
Alto	mayor de 4

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

2.4.2.3. Capacidad de intercambio catiónico

Es la suma de todos los cationes intercambiables (H, Ca, Mg, k, Na, etc.) que componen la capacidad de intercambio total (CTC) del suelo. Los suelos con mayor CIC tienen mayor capacidad de almacenar nutrientes para los cultivos (Guerrero, 2000).

Los cationes más importantes asociados con el crecimiento de las plantas son calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), amonio (NH₄), sodio (Na) e hidrógeno (H). Los primeros cuatro son nutrientes que están directamente relacionados con el crecimiento de las plantas. El sodio y el hidrógeno influyen fuertemente en la disponibilidad de agua y nutrientes. En suelos ácidos, la mayoría de los cationes son varias formas de hidrógeno y aluminio. (Cepeda, 1991).

Tabla 5. Niveles de la CIC (pH > 5.5)

Nivel	CIC (meq/100 g de suelo)
Bajo	menos de 12
Medio	12 – 20
Alto	mayor de 20

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

Tabla 6. Niveles de la CIC (pH < 5.5)

Nivel	CIC (meq/100 g de suelo)
Bajo	menor de 4
Medio	10 – 20
Alto	mayor de 30

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

2.4.2.4. El fósforo disponible en el suelo

Se divide en fósforo inorgánico, que se produce por meteorización del lecho rocoso, y fósforo orgánico, que está presente en el humus y la materia orgánica. El contenido total de fósforo (expresado como P₂O₅) en el suelo rara vez supera las 7 ppm. Las plantas no utilizan la mayor parte del fósforo del suelo porque es extremadamente insoluble; para ser asimilado, debe estar en la solución del suelo como H₂PO₄ o HPO₄. Asimismo, a pH bajo, es decir, cuando la solución del suelo es significativamente ácida, la absorción de fósforo es normal, ya que la forma HPO₄ es la más asimilable. (Sánchez, 2007).

Este elemento se origina únicamente a partir de la meteorización del lecho rocoso. El contenido total de fósforo, expresado como P₂O₅, rara vez supera el 0,5% (1500 ppm o 3360 kg/ha) en el suelo. Junto con el nitrógeno, el fósforo es el macronutriente que más limita el rendimiento. Interviene en procesos bioquímicos a nivel celular y se considera un nutriente esencial para las plantas. La única entrada al sistema es la adición de fertilizante de fosfato, mientras que la salida puede provenir de la eliminación del grano cosechado, la erosión, la escorrentía y (menos importante) la lixiviación. (Navarro, 2003).

Tabla 7. Niveles de contenido de fósforo (Método de Olsen)

Nivel	Fósforo (ppm)
Muy Bajo	< 5
Bajo	5.1 – 15
Normal	15.1 – 30
Alto	30.1 – 40

Fuente: Soil Survey Staff (1993).

2.4.2.5. El potasio en el suelo

El potasio (K) es un nutriente importante para todos los organismos vivos. Las plantas necesitan grandes cantidades de este nutriente para satisfacer sus necesidades de nitrógeno. El potasio juega un papel importante en la activación de varias enzimas e influye en el equilibrio hídrico y el crecimiento de meristemas (Sánchez, 2007).

Este elemento se produce por la descomposición y rotura de rocas que contienen minerales potásicos, a los que hay que añadir elementos procedentes de la descomposición de restos vegetales y animales. El potasio se encuentra en cantidades muy grandes en el suelo y está presente en la mayoría de los suelos. Su contenido en K₂O oscila entre el 0,5% y el 3%, según su textura. Las verduras necesitan una gran cantidad de este nutriente para cumplir con su requerimiento de nitrógeno. (Navarro, 2003).

Tabla 8. Niveles de contenido de potasio

Nivel	Potasio Kg/ha
Muy Bajo	menos de 300
Medio	300 – 600
Alto	más de 600

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

2.4.2.6. El nitrógeno en el suelo

El nitrógeno en el suelo mineral es parte de la materia orgánica depositada en el suelo luego de la muerte de los microbios y plantas que la obtuvieron. El nitrógeno también está presente en el suelo en diferentes cantidades en comparación con otros elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, y también es absorbido por el suelo. (Navarro, 2003).

La proporción de nitrógeno en el suelo es baja debido a la misma dinámica y ciclos biogeoquímicos. El nitrógeno ingresa al suelo mediante la fijación de materia orgánica y bacterias en el aire (Fernández, 2006).

Las condiciones climáticas afectan significativamente el contenido de nitrógeno del suelo, disminuyendo con el aumento de la temperatura y aumentando con el aumento de la humedad. Las principales pérdidas de nitrógeno son: extracción de cultivos, lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de amoníaco (Sánchez, 2007).

Tabla 9. Niveles de contenido de nitrógeno.

Nivel	Nitrógeno (%)
Bajo	< 0.1
Medio	0.1 – 0.2
Alto	> de 0.2

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

2.5. Microorganismos en el suelo

Las bacterias del suelo son importantes para las plantas, y el suelo rico en bacterias suele ser el más fértil. Los microorganismos presentes en el suelo son: bacterias, hongos, algas y raíces de plantas. Un gramo de suelo puede contener millones de bacterias y más de un millón de protozoos se alimentan de esas bacterias. Varios protozoos viven en los sistemas alimentarios de las termitas y contribuyen en gran medida a la digestión de la celulosa, una fuente de desechos en descomposición. Algunas bacterias del suelo, como *Beijerinckia* en los trópicos, pueden convertir el nitrógeno atmosférico en sales de nitrógeno a través de un proceso llamado fijación de nitrógeno. Las algas verdes viven en campos de arroz fijadores de nitrógeno (Vickery, 1991).

En algunas regiones o durante ciertas épocas del año, el suelo está muy húmedo y hay demasiada agua para una actividad biológica óptima, mientras que en otras ocasiones el grado de humedad es bajo y los microorganismos son dañados. Un suelo bien aireado, desde la perspectiva microbiológica, es aquel en el que los procesos microbianos requieren oxígeno y se llevan rápidamente (Alexander, 1994).

Una de las condiciones fundamentales que se exigen del muestreo de suelo que se destina al cultivo, es la presencia de microorganismos. Para evidenciar la presencia de bacterias, sean estas aerobias, anaerobias, hongos, es necesario realizar exámenes microbiológicos del

suelo. Para establecer la calidad. En general cuando mayor es el número de bacterias encontrados, mayor es el mayor porcentaje de materia orgánica que el suelo contiene (Coyne, 2000).

2.6. Biodiversidad del suelo

Sin duda, el suelo es un lugar donde diferentes tipos de organismos, y el suelo se vuelve más claro, especialmente la rizosfera, que puede ser considerada como un "organismo vivo" porque corresponde a la descripción clásica del mismo: "Nace por "Crece", se reproduce y muere (Pelcalzar et al., 1993). Los mismos autores sostienen que existe tal dinamismo que podemos argumentar que es el ecosistema de microbiota más estable y sostenible, donde los insumos orgánicos e inorgánicos sustentan una gran cantidad de microorganismos que apenas conocemos. Los excrementos humanos y animales, los cadáveres y el tejido vegetal ingresan al suelo directa o indirectamente y se transforman en el suelo y "desaparecen", y los microbios hacen todo el trabajo; además, estos microbios liberan sustancias útiles para las plantas, sin la actividad de los microbios del suelo, se extinguirían gradualmente, fácilmente extraíbles de un gramo de suelo, podemos encontrar más de ochocientos millones de bacterias (8×10^9), que pueden ser cultivado en agar adecuado.

2.7. Variabilidad de microorganismos en el suelo

Los microbios varían mucho según la composición del suelo, incluida la cantidad y el tipo de nutrientes, la humedad, la aireación, la temperatura, el pH, las interacciones, la presencia de raíces y las prácticas agrícolas. Densidad y diversidad de poblaciones microbianas. Además, todas estas condiciones crean redes tróficas o alimenticias complejas en el suelo, lo que permite que algunos sobrevivan y suprimen a otros. (James y Eric, 1997).

2.7.1. Factores físicos que afectan a los microorganismos del suelo

Los factores físicos en el suelo, como en cualquier otro ambiente, incluyen la humedad, los niveles de oxígeno, el pH y la temperatura. La humedad del suelo y el contenido de oxígeno están estrechamente relacionados. El espacio entre las partículas del suelo contiene agua y oxígeno, donde prosperan los organismos aeróbicos. En los humedales, sin embargo, todos los huecos están llenos de agua, por lo que solo prosperan las bacterias anaerobias (Wild, 1992).

La mayoría de las bacterias y los actinomicetos crecen mejor con un valor de pH neutro o ligeramente alcalino; por el contrario, los hongos crecen en un rango más amplio de valores de pH (Fassbender, 1992).

Los factores abióticos del suelo pueden desempeñar un papel importante en la distribución de los microorganismos del suelo. La aplicación de un gas o producto químico al suelo inicialmente reduce la cantidad de organismos que componen su población y, una vez que desaparece el efecto bactericida, la población bacteriana aumenta rápidamente (Dighton, 1997).

2.8. Microbiología del suelo

Hay muchos tipos de microorganismos que viven en el suelo. El número y tipo de microorganismos en el suelo varía con varios factores ambientales tales como nutrientes, humedad, aireación, temperatura, pH y prácticas agrícolas. (Salvaje, 1992).

Cada gramo de suelo contiene miles de millones de bacterias. La mayoría son heterótrofos, más comúnmente *Sporobacterium*, actinomicetos responsables del olor a suelo húmedo y la rizosfera (el área donde se unen el suelo y las raíces de las plantas), especies de *Rhizobium* y *Pseudomonas* (Reichardt et al., 1997).

2.8.1. Las bacterias del suelo

Estos son microorganismos numerosos pero pequeños (0.1-1 micrones). Son aeróbicos (crecen con oxígeno), anaeróbicos (crecen sin oxígeno) o facultativos (crecen con o sin oxígeno). También son resistentes al pH ácido (acidófilo), al pH básico (basófilo) o al pH neutro (neutrófilo). En suelo ácido, algunos neutrófilos son capaces de contrarrestar el sustrato en el que crecen y realizar su ocupación. Si estas bacterias se alimentan de compuestos orgánicos, son heterótrofas. Son autótrofos si se alimentan de materia inorgánica. Los que prosperan a temperaturas moderadas (15 a 40 °C) son mesófilos, por debajo de 15 °C son psicrófilos y por encima de 40 °C son termófilos. La totalidad de los microorganismos del sustrato más estrechamente asociadas con las plantas son heterótrofas, aeróbicas y mesófilas. Algunas bacterias producen endosporas y quistes latentes que las hacen resistentes a los cambios de temperatura, pH extremo y degradación del suelo. De esa manera, cuando encuentran condiciones favorables, pueden volver a crecer. Otros se protegen de la depredación y la desecación liberando cápsulas de material mucoso. Otros se mueven a través de la solución del suelo a través de flagelos para facilitar la búsqueda de sustratos alimentarios. Su capacidad de reproducción les permite acumular poblaciones muy grandes en muy poco tiempo,

multiplicándose rápidamente en sustratos degradables. El tipo y cantidad de microorganismos asistentes en la porción del sustrato depende de la forma y de sus ambientes (suelo ácido, alto contenido de m.o, acuoso, sabana). Las poblaciones bacterianas que primero actúan sobre los sustratos disponibles dominan hasta que completan su actividad, lo que permite que otras poblaciones crezcan sobre sus restos metabólicos. Como resultado, algunas poblaciones bacterianas persisten mientras que otras permanecen latentes hasta que se encuentran condiciones favorables para la reproducción. Las bacterias son muy importantes en la relación suelo-planta porque son las encargadas de aumentar o disminuir la disponibilidad de nutrientes. (García, 2016).

2.8.2. Hongos del suelo

Constituyen un porcentaje significativo de la biomasa microbiana total en el suelo. Crecen en redes que se extienden como micelio hasta su etapa reproductiva, donde producen esporas sexuales o asexuales. Son importantes descomponedores aeróbicos que descomponen el material vegetal en suelos ácidos. Producen enzimas y metabolitos que ayudan a ablandar y transformar la materia orgánica. Estas enzimas también forman parte de la actividad de otros microorganismos.

Los hongos metabolizan compuestos de carbono difíciles de degradar como la celulosa, la hemicelulosa y la lignina. También descomponen monosacáridos, alcoholes, aminoácidos y ácidos nucleicos. Pueden ser parásitos o saprofitos. Son muy importantes en el suelo con desechos de cosecha. Su rápido crecimiento ramificado y su intensa actividad degradante les permite mantener el equilibrio de los ecosistemas del suelo. La raíz de la planta vive con hongos. Utiliza azúcar, aminoácidos, ácidos orgánicos, nucleótidos, enzimas, vitaminas y la causa raíz del fármaco. Los hongos transmiten nutrientes minerales a la raíz de la planta, aumenta la capacidad de mantener el agua en seco, nitrógeno y fósforo. Las raíces de protección espacial se utilizan para evitar la protección contra las enfermedades de las plantas y emitir sustancias que las supriman. Los hongos en las plantas son muy activos y prefieren los azúcares liberados por las raíces. También toman aminoácidos. Algunos hongos viven en simbiosis con raíces llamadas micorrizas. Son más efectivos en suelos arenosos y suelos bajos en materia orgánica. La relación simbiótica se desarrolla debido al agotamiento de los minerales del suelo. (García, 2016).

2.9. Hábitat

Es el espacio físico donde pueden residir los microorganismos, y debido a su pequeño tamaño, los hábitats de muchos microorganismos están representados a pequeña escala, lo que conforma el microhábitat. Los microbios endémicos cumplen roles funcionales en sus hábitats llamados nichos. Otros microbios son exóticos o ajenos al ecosistema que pueden sobrevivir durante diferentes períodos y se consideran microbios pasajeros que no ocupan un nicho del ecosistema. (Grant et al., 1989).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de Ejecución

La investigación se desarrolló en el fundo Alborada, de propiedad del ingeniero Mendis Paredes Arce con una extensión aproximada 6.8 hectáreas, de las cuales 5 ha están distribuidas con el cultivo de cacao asociados con un sistema agroforestal en el sector Papayal, ubicada en el Distrito de Castillo Grande a 11 km del centro de Tingo María.

3.1.1. Ubicación política

Sector	:	Papayal
Distrito	:	Castillo Grande
Provincia	:	Leoncio Prado
Departamento	:	Huánuco

3.1.2. Ubicación geográfica

El fundo Alborada tiene las coordenadas UTM del Datum WGS84 zona 18 L - 18s que se presentan a continuación:

Este	:	389065
Norte	:	8976853
Altitud	:	633 msnm

3.2. Características de la zona de estudio

3.2.1 Temperatura

Senamhi (2010), la variación térmica para Tingo María tiene una máxima de 38 °C y la mínima es de 18 °C.

3.2.2 Clima

El área está ubicada en el área natural Rupa Rupa o Selva Alta, la cual presenta un clima cálido húmedo y lluvioso con una precipitación media anual de 3350 mm/año. La humedad relativa media oscila entre el 80% y el 90%, con una humedad relativa media mensual del 85,67%. (Senamhi, 2010).

3.2.3 Zonas de vida

El área de estudio se encuentra dentro del área natural Rupa Rupa o Selva Alta, que corresponde a la zona de vida bosque húmedo montano tropical (bmh-mt.) según el mapa bioclimático de HOLDRIDGE (1978).

3.2.4 Suelos

Tingo María se caracteriza por suelos profundos de textura arcillosa a franco de origen aluvial residual, con un pH de 5,5 a 6,5, lo que indica que son suelos medianamente ácidos. (Paredes, 2003)

3.2.5 Fisiografía

La fisiografía del área de estudio corresponde a una terraza baja inundable, con pendientes planas de 0 a 5%.

3.2.6 Accesibilidad

Acceso a la finca Alborada vía terrestre, tiene camino asfaltado que lleva a la entrada de Papayal, se encuentra cerca del área de descanso “Aserradero”, desde este tramo hay camino asfaltado a la entrada de la finca Alborada unos 800 metros , hay una carretera desde el pueblo de Tingo María Se encuentra a unos 11 kilómetros y se tarda unos 20 minutos en moto lineal y trimovil.

3.3. Materiales, herramientas y equipos

3.3.1. Materiales

Estiércol fresco de vaca, estiércol de gallina y/o cuy seco triturado, tierra de bosque, fruta madura, cascara de huevo molido, restos de pescado, leche de vaca fresca, azúcar, mucilago de cacao, ceniza, levadura instantánea, hojas verdes picada (eritrina, maní forrajero y hoja de papaya) y agua no clorada.

3.3.2. Herramientas

Machete, cuchillo, balde de 20 L, balanza de 15 kg, manguera de 5/8”, botella descartable de ½ L, palo de 2 m, sacos de 50 kg, malla fina, bidón de 200 L de capacidad, plástico y jarra graduada de 4 L.

3.3.3. Equipos

- Cámara digital.
- Laptop
- Software (Microsoft word y Excel 2010 y Arcgis).

3.4. Parámetros de investigación

3.4.1. Campo experimental

El campo experimental contempla un sistema de siembra de cacao de 3 m x 2 m entre planta e hilera, la distribución de la bolaina se encuentra a un distanciamiento de 8 m x 8 m, los suelos en los que se instalaron fueron áreas de pozas de piscigranjas, que fueron abandonadas hace 3 años, careciendo de horizontes orgánicos. Las practicas agronómicas llevadas a cabo en esta zona son en su totalidad orgánicas, se emplearon un manejo de abonamiento y deshierbo.

- Cantidad : 1
- Largo : 38 m
- Ancho : 24 m
- Separación de siembra : 3 x 2 m
- Área : 912 m²
- N° de plantas evaluadas : 80

3.4.2. Diseño de bloques

- Cantidad : 4
- Largo : 27 m
- Ancho : 2 m
- Separación : 4 m
- Área : 216 m²

3.4.3. Esquema de distribución de la parcela

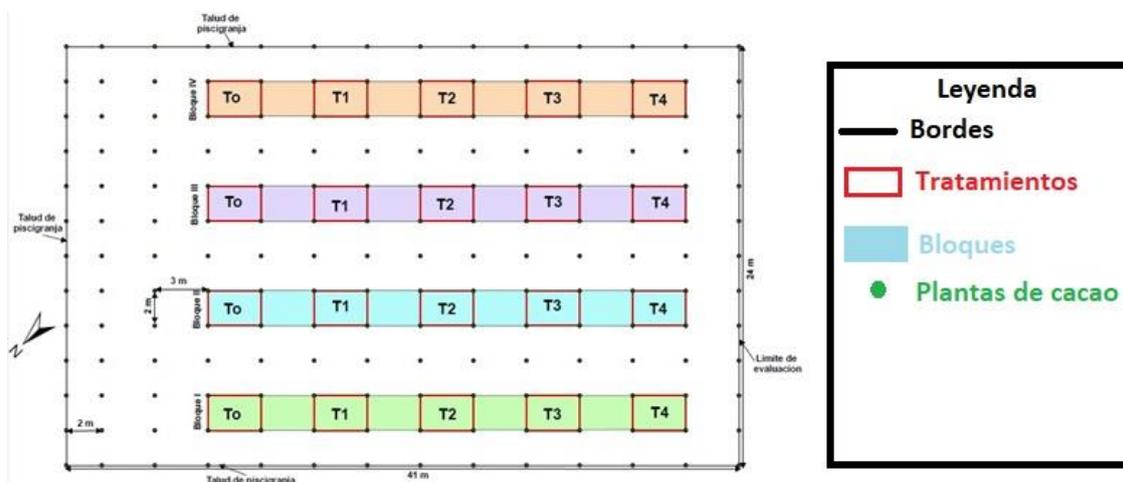


Figura 1. Diseño del campo experimental

3.4.4. Análisis estadístico

a. Tratamientos en estudio

Los tratamientos a investigar fueron las dosis de biol, cada tratamiento estuvo compuesto de 4 plantas por cada bloque, las dosis calculadas fueron aplicados para cada planta de (*T. cacao L.*) cacao, según corresponda el tratamiento atribuido, las dosis calculadas se especifican en la Tabla 10.

Tabla 10. Tratamientos a emplear del abono orgánico biol

Fuente	Tratamientos	Concentraciones (%)	Biol (L)	Agua no clorada (L)	Dosis mL/planta
<i>Biol</i>	T0	0	0	20	0
	T1	10	2	18	125
	T2	25	5	15	312.5
	T3	50	10	10	625
	T4	75	15	5	937.5

Fuente: Elaboración propia

b. Bloques en estudio

Los bloques en estudio fueron cuatro, en cada uno se dispuso cinco tratamientos, en cada repetición se distribuyó la aplicación directa al suelo del biosol (afrecho del biol) a una profundidad de 30 cm, la metodología de aplicación fue el plateado alrededor de la plata, a 50 cm debajo de la sombra de la copa, la dosis para cada repetición que se emplearon en la investigación se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Dosificación de repeticiones para cada tratamiento.

Fuente	BLOQUE	Cantidad de biosol (kg/Bloque)	Cantidad de biosol (g/planta)
	I	0	0
<i>Biosol (Afrecho)</i>	II	2	100
	III	5	250
	IV	10	500

Fuente: Elaboración Propia

c. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco (5) tratamientos y cuatro (4) repeticiones. Los resultados de la evaluación se compararon y analizaron, y se utilizó el análisis de varianza para una evaluación adecuada.

Los componentes en este análisis estadístico se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Análisis de variancia

Fuente de variación	GL
Bloque	3
Tratamiento	4
Error	13
TOTAL	20

Fuente: Elaboración Propia

d. Variable**- Independiente**

- Dosis del abono orgánico biol
- Plantas de cacao

- Dependientes

- Numero de frutos
- Propiedades físicas del suelo
- Propiedades químicas del suelo (pH, M.O, N, P, K, CIC).
- Microorganismos del suelo

3.5. Metodología

3.5.1. Realizar la caracterización y análisis del biol en el fundo Alborada, Distrito Castillo Grande

- **Recolección de materiales**

En esta etapa en el primer día se recolectaron 30 kg de estiércol fresco, 8 kg de estiércol de cuy (seco y molido), 4 litros de mucilago de cacao, 3 kg de azúcar rubia, 3 litros de leche, 7 kg de fruta madura y 1/2 kg de viseras de pescado; en el tercer día se recolectaron los ingredientes faltantes 8 kg de suelo de bosque virgen, 2 kg de ceniza de leña, 6 kg de leguminosas (eritrina, maní forrajero y kudzu), 6 kg de ortiga, 3 kg de hoja de papaya y los 1/2 kg de cáscara de huevos chancados.

- **Cocción de las hojas**

Una vez almacenado todos los materiales al tercer día se procedió a cortar en pequeños pedazos las hojas y tallos de las plantas verdes (ortiga, maní forrajero, eritrina, kudzu y hoja de papaya), se depositaron en el interior de una olla grande, se le adicionó 40 L de agua y se lo puso a hervir durante 50 minutos (tiempo mínimo). Se dejó enfriar por 6 horas, se le adicionó 10 L de agua y luego se dejó en reposo para su enfriamiento hasta al día siguiente.

- **Mezclado**

Actividad que consistió en depositar en el interior de un cilindro de plástico (bidón) de 200 L de volumen, los 30 kg de heces de vaca fresco, 50 L de agua, luego se procedió a realizar el batido con una madera durante 5 minutos para homogenizar la mezcla, se agregó 0.5 kg de vísceras de pescado picados. Posteriormente en un balde de 12 L de capacidad, se agregaron 5 L de agua, 4 L de mucilago de cacao se mezcló y se dejó reposar durante 30 min, luego se agregó 1 kg de azúcar y 1 L de leche, todo el concentrado del balde se añadió al bidón y se removió por un tiempo aproximado de 5 min, luego se tapó el cilindro y se dejó reposar por un tiempo aproximado de tres días, con la finalidad de que el preparado empezara un proceso de fermentación.

Posteriormente en el balde de 12 L de capacidad se agregaron 5 L de agua, 4 kg de fruta madura (triturado), 1 kg de azúcar, 1 kg de leche y 200 g de levadura, se removió por un tiempo aproximado de 5 min y luego tapó y se dejó reposar por un tiempo aproximado de tres días, al igual que el cilindro de capacidad de 200 L.

Al cuarto día se destapó el cilindro de plástico (bidón) de 200 L de capacidad, se le adiciono al cilindro el concentrado del balde de 12 L, dilución concentrada con los ingredientes de (fruta madura triturada, azúcar, leche y levadura) y el concentrado de las

plantas hervidas (ortiga, maní forrajero, eritrina, kudzu y hoja de papaya) que fue preparada el tercer día. Luego se añadió 5 kg de estiércol de gallina y cuy (seco y triturado), 8 kg de tierra de bosque, 0.5 kg de cascara de huevo molido y 2 kg de ceniza. Se agregó 10 L de agua y se removió la mezcla por espacio aproximadamente de 10 minutos, con la finalidad de homogenizar la mezcla, asimismo se procedió a realizar un orificio del espesor de una manguera de (5/8" pulgadas) de diámetro en la tapa del bidón con un cuchillo, se introdujo un extremo de la manguera de 5 cm entre la tapa y la punta de la manguera dentro del cilindro evitando que la manguera toque la mezcla. Posteriormente se tapó el cilindro y por el otro lado de la manguera entra en una botella de plástico de ½ litro llena de agua, luego se tapó el envase plástico y se le amarró (colgado) cerca al bidón, con la finalidad de que todos los gases producidos producto de la fermentación se diluyan en la botella con agua. Se dejó reposar por espacio de 52 días como tiempo de maduración del concentrado.

Finalmente se realizó el filtrado del contenido del cilindro de plástico de 200 L con la finalidad de obtener el abono líquido que fue depositado en otro cilindro de plástico de 50 L para su posterior utilización y el afrecho resultante de la filtración como sobrante (biosol), fue depositado en un recipiente y posteriormente depositado y esparcido en un ambiente bajo sombra por espacio de 5 días a una temperatura del ambiente, para que se seque y pueda ser utilizado como abono en el suelo de la investigación.

- **Análisis del biol**

Se recolectó una muestra de biol aproximadamente de 625 ml en una botella descartable para ser llevado al laboratorio de suelos de la UNAS con el objetivo de que lo realicen los análisis de las propiedades físicas y químicas del biol, el (biosol) afrecho seco y compostado fue llevado en una muestra de 500 g con la finalidad de realizar el análisis microbiológico en el laboratorio de Microbiología de la UNAS.

3.5.2. Realizar la caracterización física y química antes y después de la fertilización orgánica

- **Reconocimiento del lugar**

Se realizó la visita al fundo Alborada con la finalidad de solicitar el permiso correspondiente y de esta manera iniciar con una encuesta y luego otra visita para explorar todo el terreno. acompañado del propietario ubicado el lugar donde se realizó la investigación.

- **Ubicación de los puntos para muestreo**

Una vez identificada la parcela, se procedió con un GPS y se tomó una coordenada UTM (Cuadro 9). La parcela seleccionada corresponde al tipo de cacao (CMP 15), establecida con densidad de 3 m x 2 m. Las condiciones en las que se georreferenció la parcela fue en un día bien soleado.

- **Muestreo de suelos**

Actividad que se realizó en la intersección de las 4 plantas correspondientes a cada tratamiento con su repetición, exactamente en la parte media de las 4 plantas, se limpió el área y se realizó la recolección del suelo a una profundidad de 30 cm en forma de una V, con una pala recta, las mismas que fueron depositados en un costal de yute y posteriormente se uniformizó las muestras de suelos para posteriormente extraer aproximadamente 1 kg de suelo; el primer muestreo se realizó al inicio del estudio, antes de la aplicación del biol por cada tratamiento distribuidos en los 4 bloques, aproximadamente (quincena del mes de julio) de esta manera tener una referencia inicial del suelo, el segundo muestreo se realizó al igual que el primer muestreo empleando la misma metodología, al finalizar la etapa de descanso del cultivo de cacao aproximadamente (a fines de octubre), con la finalidad de evaluar los nutrientes del suelo producto de la incorporación del abono orgánico en el suelo y el último muestreo se realizó al finalizar la investigación en la etapa de fructificación. Los parámetros evaluados se encuentran en la Tabla 13 y 14.

Tabla 13. Métodos para la determinación de indicadores físicos del suelo

Indicadores físicos	Método de su determinación
Textura del suelo	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Por volumen, peso húmedo y seco al horno
Capacidad de retención de agua	Por peso húmedo y seco al horno
Porosidad	Densidad aparente, densidad real

Fuente: Doran y Lincoln, (1999); Moscatelli et al. (2005)

Tabla 14. Métodos para la determinación de indicadores químicos del suelo

Indicadores químicos	Método de su determinación
Materia orgánica	Walkley y Black
Reacción del suelo	potenciómetro
Nitrógeno total	Kjeldahl
Fosforo disponible	Olsen
Potasio disponible	Ácido sulfúrico
Capacidad de inter. Cat.	Acetato

Fuente: Doran y Lincoln, (1999); Moscatelli et al. (2005)

3.5.3. Realizar el análisis microbiológico del suelo antes y después de la aplicación de diferentes dosis del biol

El muestreo se realizó en la intersección de las 4 plantas correspondientes a cada tratamiento con su repetición, exactamente en la parte media de las 4 plantas, se extrajo una muestra de suelo hasta los 30 cm de profundidad para evaluar los parámetros microbiológicos, se extrajo una muestra de aproximadamente 1 kg de suelo, el primer muestreo se realizó al inicio antes de la aplicación de los abonos orgánicos por cada tratamiento distribuido en los 4 bloques (quincena del mes de julio) con la finalidad de tener una referencia inicial del suelo y el segundo muestreo se realizó al finalizar la investigación en la etapa de fructificación (Fines de enero). Los parámetros que se evaluaron se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Métodos para determinar los indicadores microbiológicos del suelo

Indicadores microbiológicos	Método de su determinación
Numero de microorganismos heterótrofos	Numero de recuento aeróbico de placas
Numero de actinomicetos, mohos y levaduras	Numero de recuento de estándar de placas (POUR PLATE)

Fuente: Doran y Lincoln, (1999)

3.5.4. Evaluación del número de frutos producidos durante el ciclo fisiológico del (*T. cacao* L) cacao por la aplicación de diferentes dosis en la fertilización orgánica

En la etapa de fructificación (fines de diciembre) se llevaron un registro del número de frutos que la planta logró fecundar y desarrollar, entre las cuales se clasificaron por frutos enfermos, frutos sanos y frutos con deformidad. Este registro se realizó para cada planta que se encontraba según tratamiento y bloque (repetición) donde se encontraba.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Caracterización y análisis del biol del fundo Alborada

4.1.1. Análisis del biol

Según los resultados de los análisis que se muestran en la Tabla 16, entre los macronutrientes registrados del biol, presenta bajos contenidos en nitrógeno (base seca) 0.070%, fósforo 2.769% y potasio 6.46%.

Tabla 16. Macronutrientes presentes en el abono orgánico biol Alborada

Variable	N (base húmeda) (%)	N (base seca) (%)	P ₂ O ₅ (%)	K (%)
Biol	7.70	0.070	2.769	6.469

Fuente Propia

Los resultados del biosol Tabla 17, presenta materia orgánica en base seca 23.79%, una humedad optima 65.48% y cenizas en base seca alta 76.21%.

Tabla 17. Ceniza, materia orgánica en base seca y humedad del abono orgánico biosol Alborada

Fuente	Ceniza en base seca (%)	M.O en base seca (%)	Humedad (%)
Biosol	76.21	23.79	65.48

Fuente Propia

Los resultados de los micronutrientes arrojan gran cantidad de calcio, magnesio y sodio, mientras que en las concentraciones de metales como hierro, manganeso, cobre y zinc existe una considerable variación de sus valores en comparación con los abonos citados, certificando que existen concentraciones fuera de lo normal en el biol, volviéndose toxico para su utilización directa Tabla 18.

Tabla 18. Micronutrientes presentes en el abono orgánico biol Alborada

Fuente	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
Biol	1.535	1.414	0.194	934.43	206.96	189.38	411.36

Fuente Propia

4.2. Caracterización físico-químico del suelo antes y después de la fertilización orgánica

4.2.1. Caracterización física antes y después de la fertilización orgánica

Los resultados que se muestran en el Cuadro 19, resume que las propiedades físicas (textura del suelo), no mostró una diferenciación estadística, p-valor (0.0767) no significativo, al final de la aplicación del biol, presenta porcentajes (%) de limo, arena y arcilla en los rangos de clase franco arcillo limoso, siendo suelos de textura ligera y buenos para cultivos agrícolas, obteniendo un CV=12%.

Tabla 19. Análisis inicial y final del biol sobre las propiedades física del suelo.

Clases textural	% inicial	% final	p- valor
Análisis físico:			
Limo %	41,28	40,23	0.0568 ns
Arcilla %	33.40	30.85	0.0678 ns
Arena %	25.68	28.92	0.0789 ns

Fuente Propia

4.2.2. Caracterización química antes y después de la fertilización orgánica

Los resultados que se muestran en la Table 20, realizando el análisis de DUNCAN al (0.05) es no significativo, las variables químicas del suelo (Ph, MO, N, P y K disponible) no presentan diferencias estadísticas al final de la evaluación por efecto del abonamiento orgánico, mientras que la CIC, con un p-valor 0.0344 (significativo) fue la variable que mejor respuesta presentó al final de la evaluación incrementándose a 10.62 meq/100 g suelo, mejorando la CICE, obteniéndose un CV= 7%, siendo poco disperso y muy homogéneo.

Tabla 20. Análisis inicial y final del efecto del biol sobre las propiedades químicas del suelo.

Características	% inicial	% final	p- valor
Análisis químico:			
pH (1/1)	5.52	5.98	0.0655 ns
Materia orgánica (%)	3.84	2.40	0.7433 ns
Nitrógeno total (%)	0.17	0.12	0.0876 ns
Fósforo disponible (ppm P)	22.52	0.8	0.0777 ns
Potasio disponible (KO) en Kg/ha	200.88	69.97	0.0565 ns
CICe (meq./100 g de suelo)	14.10	10.62	0.0345 *

Fuente Propia

4.3. Análisis microbiológico del suelo antes y después de la aplicación de diferente dosis del biol

4.3.1. Población de microorganismos presentes en el suelo

4.3.1.1. Bacterias aerobias viables

Según la Tabla 21, las bacterias aerobias viables en respuesta a la aplicación de biol presentó una mejor población en el tratamiento T4, obteniendo 11×10^3 ufc/g de suelo al inicio y llegando al final de la aplicación con 19×10^3 ufc/g de suelo, mientras los demás tratamientos no presentaron diferencias estadísticas, generando un CV = 15%, siendo poco disperso los resultados obtenidos y R2 de 60%.

Tabla 21. Número de bacterias aerobios por efecto del biol, profundidad 10 cm

Tratamientos	Numero de bacterias aerobios (ufc/g de suelo)			
	Inicio	Final	P-valor	SIG.
T4	11×10^3	19×10^3	0.0435	**
T3	9×10^3	12×10^3	0.0526	NS
T2	8×10^3	10×10^3	0.0758	NS
T1	7×10^3	8×10^3	0.0569	NS
T0	7×10^3	8×10^3	0.5433	NS

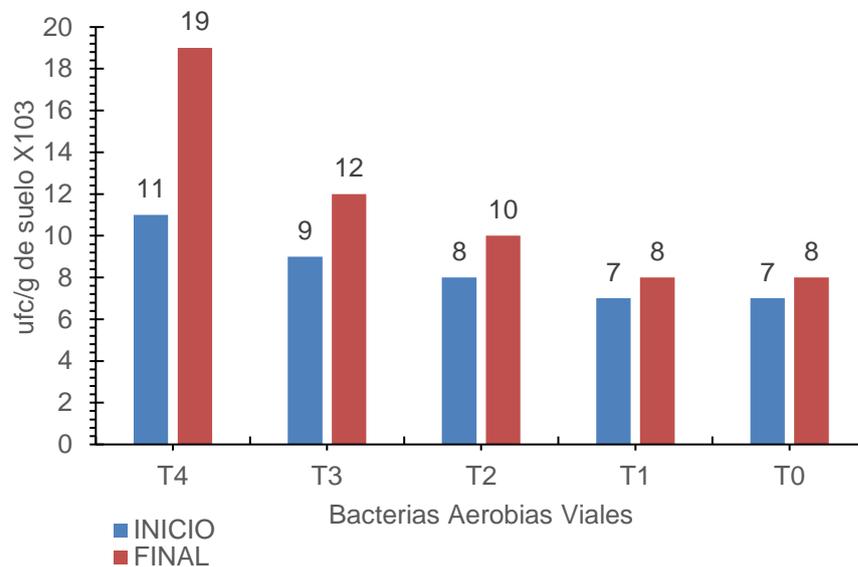


Figura 2. Bacterias aerobias viales, inicio y final de la evaluación

4.3.1.2. Actinomicetos

Según la Tabla 22, los actinomicetos en respuesta a la aplicación de biol dieron una mejor población en el tratamiento T4, obteniendo 15×10^3 ufc/g de suelo al inicio y llegando al final de la aplicación con 18×10^3 ufc/g de suelo, mientras los demás tratamientos no presentaron diferencias estadísticas, generando un CV = 10%, siendo poco disperso en los resultados obtenidos y R^2 de 60%.

Tabla 22. Actinomicetos en el suelo en respuesta al biol, profundidad 10 cm

	Numero de Actinomicetos (ufc/g de suelo)			
	Inicio	Final	P-valor	SIG.
T4	11×10^3	18×10^3	0.0232	**
T3	12×10^3	13×10^3	0.0567	NS
T2	10×10^3	11×10^3	0.0577	NS
T1	10×10^3	11×10^3	0.0676	NS
T0	10×10^3	10×10^3	0.0789	NS

Fuente Propia

La Figura 3 muestran los Actinomycetos presentes en respuesta de la aplicación del biol al inicio y final de la evaluación donde el T4 presentó diferencias estadísticas significativas en comparación con los demás tratamientos.

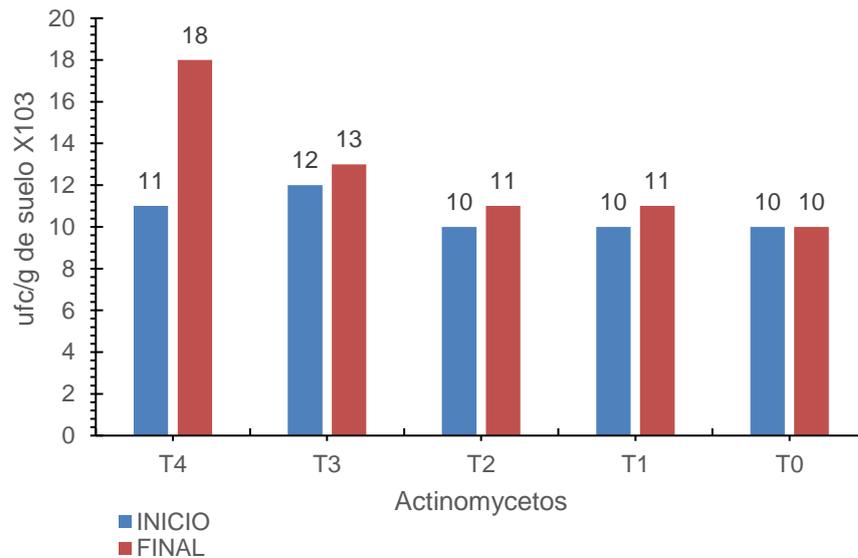


Figura 3. Actinomycetos, inicio y final de la evaluación

4.3.1.3. Hongos

Según la Tabla 23, los hongos del suelo en respuesta a la aplicación de biol, no presentaron diferencias estadísticas, siendo no significativo para todos los tratamientos en estudio, sin embargo, se presenta un incremento mínimo de población, los datos obtuvieron un CV = 13% y un R2 de 63%.

Tabla 23. Número de hongos en el suelo en respuesta al biol, profundidad 10 cm

	Numero de hongos (ufc/g de suelo)			
	Inicio	Final	P-valor	Sig.
T4	10 x10 ³	13x10 ³	0.0567	Ns
T3	12 x10 ³	12 x10 ³	0.0653	Ns
T2	12x10 ³	13x10 ³	0.0656	Ns

T1	10×10^3	11×10^3	0.8777	Ns
T0	10×10^3	11×10^3	0.5333	Ns

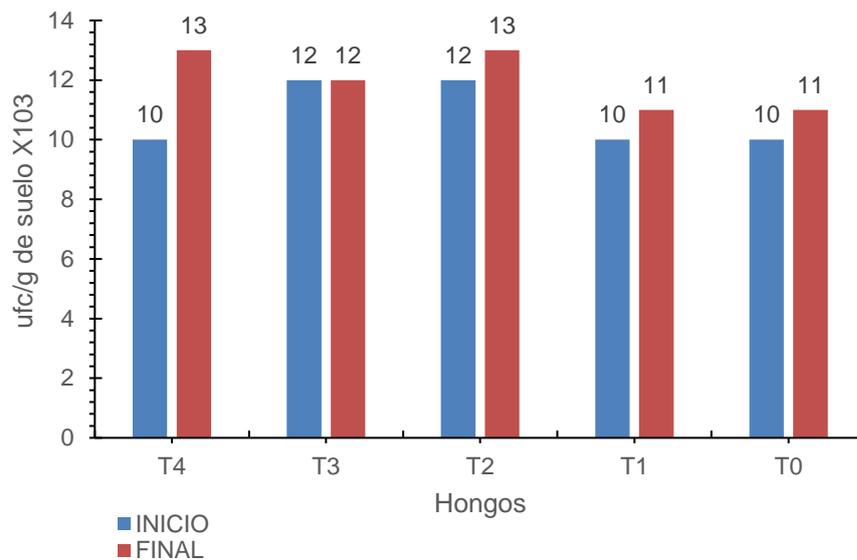


Figura 4. Hongos, inicio y final de la evaluación

4.4. Evaluación del número de frutos producidos durante el ciclo fisiológico del (*Theobroma cacao* L) cacao por la aplicación de diferentes dosis en la fertilización orgánica

4.4.1. Evaluación de producción por tratamientos

Tabla 24. Según Duncan (0.05) muestra que los tratamientos T3 y T4 presentaron mejor respuesta en cuanto a producción por efecto de aplicación de biol, obteniendo resultados de 1014.42 kg/ha y 1141.23 kg/ha por encima de los demás tratamientos respectivamente, presentando poca dispersión con un CV=12%, y R2 de 63%.

Tabla 24. Rendimiento en kg/ha en respuesta a los tratamientos en estudio

Tratamientos	Rendimiento kg/ha
T ₀	427.265 ± 0.89 c
T ₁	643.13 ± 0.45 b
T ₂	666.35 ± 0.21 b
T ₃	1014.42 ± 0.67 a

T₄

1141.23 ± 0.40 a

T₀ = Sin Fertilización, T₁= Tratamiento 1, T₂= Tratamiento 2 y T₃=Tratamiento 3. Duncan (0.05), letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas.

La Figura 5 muestra que T₄ con 1141.23 kg/ha y T₃ con 1014.42 kg/ha presentaron mejores respuestas en cuanto a producción por la aplicación del biol, mientras que el T₀ presentó menor producción de 427.26 kg/ha.

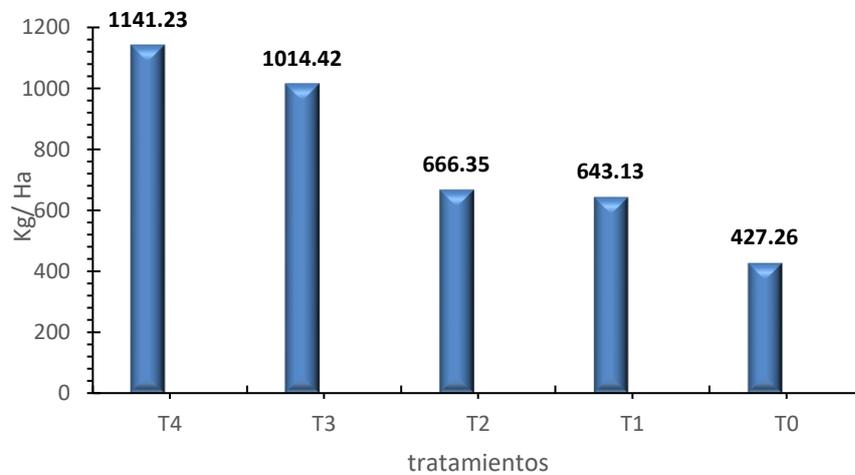


Figura 5. Producción en respuesta a la aplicación de biosol, en diferentes tratamientos

4.4.2. Evaluación de la producción por bloques

Los resultados presentados del rendimiento en kg/ha en respuesta a los tratamientos en estudio por bloques en la Tabla 25, según Duncan muestra que los tratamientos T₃ y T₄ presentaron mejor respuesta en los diferentes bloques evaluados, mientras T₁ y T₂ presentaron igualdad estadística, asimismo los datos presentan poca dispersión con un CV=11%, y R² de 61%.

Tabla 25. Rendimiento en kg/ha en respuesta a los bloques en estudio

T	Rendimiento (Kg/ha)*							
	Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3		Bloque 4	
T ₀	400.56	± 0.053c	508.98	± 0.053d	401.32	± 0.053d	398.20	± 0.053d
T ₁	600.75	± 0.069b	673.15	± 0.069c	689.66	± 0.069c	685.44	± 0.069c
T ₂	610.83	± 0.273b	695.42	± 0.273c	678.53	± 0.273c	710.78	± 0.273c
T ₃	1009.92	± 0.192a	1008.38	± 0.192b	985.34	± 0.192b	1013.38	± 0.192b
T ₄	1100.90	± 0.416a	1292.20	± 0.416a	1280.64	± 0.416a	1296.77	± 0.416a

T₀ = Sin Fertilización, T₁= Tratamiento 1, T₂= Tratamiento 2 y T₃=Tratamiento 3. Duncan (0.05), letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas.

4.5. Discusión

Pedraza *et al.* (2011), Esto lo confirman estudios fisicoquímicos realizados en suelo con biofertilizante ultra magro, el cual tenía un nivel moderado de nitrógeno y agregado al biofertilizante en baja concentración, esta deficiencia puede tener un efecto negativo en la reproducción de las plántulas de cacao. En nuestro caso, los resultados del análisis se muestran en la Tabla 16, los macronutrientes registrados para el bioalcohol actualmente son bajos (en forma seca) 0.070% nitrógeno, 2.769% fósforo y 6.46% potasio, estimados para plantas de cacao en producción.

Los micronutrientes arrojan gran cantidad de calcio, magnesio y sodio, mientras que en las concentraciones de metales como hierro, manganeso, cobre y zinc existe una considerable variación de sus valores en comparación con los abonos citados, certificando que existen concentraciones fuera de lo normal en el biol, volviéndose tóxico para su utilización directa Tabla 18, coincidiendo con (Pedraza et al. 2011), confirman que los biofertilizantes súper magros contienen altas concentraciones de oligoelementos que causan toxicidad. Y afecta el tamaño de la planta. (Grandez, 2018), *Plukenetia volubilis* L. en la determinación del efecto de biofertilizantes súper magros sobre el aumento temprano de la siembra “Sacha Inchi” y sobre la química del suelo degradado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María. Análisis físico-químicos desarrollado al inicio y al final del estudio. Los parámetros evaluados fueron pH, MO, N, P, K y CIC. Los resultados mostraron que T1 tuvo el mejor peso seco promedio de brotes y T0 tuvo el mejor peso fresco de raíces. Especialmente para la química del suelo, el biofertilizante no afectó los parámetros evaluados; a excepción de la CIC, cuyos valores aumentaron ligeramente por el aumento de los cationes H y Al³, pero se mantuvieron bajos. En nuestro caso, los resultados del biosol que se muestran en la Tabla 17 mostraron un alto contenido de materia seca de 23,79 % de materia orgánica, un contenido óptimo de humedad de 65,48 % y un alto contenido de materia seca de 76,21 % de cenizas.

Huamán, (2016), Uno de los objetivos de la evaluación de la calidad del suelo en tres sistemas de uso de la tierra fue determinar indicadores fisicoquímicos del suelo para tres sistemas de uso de la tierra (plátano con cacao, cítricos con cacao y cacao). Los resultados mostraron que los cultivos maduros tenían una textura arcillosa óptima con estructura granular, buena densidad aparente (1,45-1,51 g/cm³) y resistencia a la penetración (1,5-1,8 g/cm²). Los indicadores químicos mostraron alta respuesta ácida, moderado contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, bajo contenido de potasio y bajo potencial trófico debido a la baja capacidad de intercambio (7.48-10.52 meq/g suelo). Los resultados se muestran en la Tabla 19

I, se resumieron las propiedades físicas (textura del suelo), no se mostraron diferencias estadísticas, el valor p (0,0767) no fue significativo, al final de la aplicación del biol, la categoría de textura fue franco arenosa, textura ligera, apto para cultivos, $CV=12\%$.

Grandez, (2017), al determinar la calidad del suelo en un sistema agroforestal en el fundo Alborada, distrito de Castillo Grande – Tingo María, uno de los objetivos fue determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo con la dosificación de biosol al inicio y final. Los resultados obtenidos presentaron una textura franca a franco arcilloso, aptos para uso agronómico.

Marín, (2016), cuando determinó los indicadores químicos del suelo en diferentes sistemas, en el sector Nueva Esperanza – Supte Chico – Distrito de Rupa Rupa. Los resultados indican que sus propiedades químicas reportaron pH de fuerte a moderadamente ácida; materia orgánica bajo cítrico, medio cacao y alto, bosque secundario con (5.50%), igual que el nitrógeno bajo, medio y alto (0.25%), fósforo y potasio intercambiable en estos sistemas presentan contenidos bajos y medios, muy baja capacidad de cambio, estos suelos presentan de bajos a muy bajos contenidos de Ca y Mg. Que para nuestro caso los resultados mostrados en el Cuadro 20, realizando el análisis de DUNCAN al (0.05) no son significativas, las variables químicas del suelo (Ph, MO, N, P y K disponible) no presentan diferencias estadísticas al final de la evaluación por efecto del abonamiento orgánico, mientras que la CIC, con un p -valor 0.0344 es (significativo) siendo la variable que mejor respuesta presentó al final de la evaluación incrementándose a 10.62 meq/100 g suelo, mejorando la CICE, obteniéndose un $CV= 7\%$, siendo poco disperso y muy homogéneo.

Grandez, (2017), al determinar la calidad del suelo en un sistema agroforestal en el fundo Alborada, distrito de Castillo Grande – Tingo María, uno de los objetivos fue determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo con la dosificación de biosol al inicio y final. El resultado conseguido es un aumento de la cantidad de M.O y N en el suelo, no fueron diferentes estadísticamente, asimismo presentó efecto positivo en el suelo con la CIC (capacidad de intercambio catiónico).

Pelczar et al. (1993), Confirma que podemos encontrar más de ocho mil millones de bacterias (8×10^9) en un gramo de suelo, simplemente cultívelas en el lugar correcto. Según los resultados mostrados en la Tabla 21, las bacterias aerobias viales en respuesta a la aplicación de biol presentó una mejor población en el tratamiento T4, obteniendo 11×10^3 ufc/g de suelo al inicio y llegando al final de la aplicación con 19×10^3 ufc/g de suelo, mientras los demás tratamientos no presentaron diferencias estadísticas, generando un $CV = 15\%$, siendo poco

disperso los resultados obtenidos y R² de 60%. Para (Coyne, 2000) Uno de los requisitos básicos para cultivar muestras de suelo es la presencia de microorganismos para determinar la calidad. En general, cuanto mayor era el número de bacterias encontradas, más materia orgánica contenía el suelo.

Repoma, (2016), al identificar la variación de microorganismos en tres tipos de uso de suelo con cítrico, bambú y pasto, cuantificar la variación de los indicadores de los microorganismos en los suelos, evaluar la mayor variación de microorganismos en los diferentes tipos de uso de sustrato del predio Mavy, en Supte San Jorge a 10 km de la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. En los lugares donde la mayor densidad de población se encuentra en la profundidad del suelo, es decir, cuanto más cerca está el horizonte de la superficie del suelo, mayor es la actividad microbiana, otro indicador es el tipo de suelo. Se concluyó que la densidad de microorganismos aeróbicos fue mayor en suelo de bambú, suelo de pasto y cítricos y el principal factor de crecimiento de la población microbiana fue la materia orgánica.

Los factores abióticos en el suelo juegan un papel importante en la reproducción de los microorganismos del suelo. La aplicación inicial de humo o productos químicos al suelo reduce el número de organismos que forman la población, y cuando se pierde la eficacia de la desinfección, la población bacteriana aumenta rápidamente (Dighton, 1997). Las bacterias son particularmente importantes en la relación suelo-planta y son responsables de aumentar o disminuir la disponibilidad de nutrientes. (García, 2016).

Para Fassbender, (1992), la mayoría de las bacterias y los actinomicetos crecen mejor con un valor de pH neutro o ligeramente alcalino; por el contrario, los hongos prosperan en un rango más amplio de valores de pH. Para nuestro caso según la Tabla 22, los actinomicetos en respuesta a la aplicación de biol dieron una mejor población en el tratamiento T4, obteniendo 15 x10³ ufc/g de suelo al inicio y llegando al final de la aplicación con 18 x10³ ufc/g de suelo, mientras los demás tratamientos no presentaron diferencias estadísticas, generando un CV = 10%, siendo poco disperso en los resultados obtenidos y R² de 60%. Mientras que (Reichard et al. 1997) comenta que un gramo de tierra contiene miles de millones de bacterias. Principalmente heterótrofos con esporobacterias, actinomicetos y especies responsables del olor del suelo húmedo de *Rhizobium* y *Pseudomonas* comunes en la rizósfera (el área donde se encuentran el suelo y las raíces de las plantas). Para (Vickery, 1991) la presencia de organismos en el suelo es muy importante para las plantas y, en general, el suelo rico en organismos también es el más fértil. Algunos protozoos coexisten en el sistema alimentario de las termitas y

contribuyen en gran medida a la digestión de la celulosa, un paso importante en la descomposición de la hojarasca. Un gramo de suelo puede contener millones de bacterias y más de un millón de protozoos, todos los cuales se alimentan de las bacterias.

García, (2016), Él dice que los hongos metabolizan compuestos de carbono estables como la celulosa, la hemicelulosa y la lignina. También descomponen azúcares simples, alcoholes, aminoácidos y ácidos nucleicos. Pueden ser parásitos o saprofitos. Son muy importantes en suelos con restos vegetales. Su rápido crecimiento ramificado y su intensa actividad climática permiten que los ecosistemas de la Tierra mantengan su equilibrio. En nuestro caso, de acuerdo al Cuadro 23, los hongos del suelo respondieron a la aplicación de Biol y no mostraron diferencias estadísticas que no fueron significativas para todas las especies estudiadas, pero el crecimiento poblacional fue mínimo y los datos alcanzaron $CV=13\%$ con un R^2 de 63% . Los hongos movilizan nutrientes minerales para las raíces de las plantas, aumentan la retención de agua en sequías, fijan nitrógeno y fósforo y protegen las raíces de los patógenos de las plantas. El hongo es muy activo sobre la planta y prefiere los azúcares secretados por las raíces. Algunos hongos viven en simbiosis con raíces llamadas micorrizas. Son más activos en suelos arenosos con menos materia orgánica.

Los resultados mostrados en el Cuadro 24. Según Duncan (0.05) los tratamientos T3 y T4 presentaron mejor respuesta en cuanto a producción por tratamiento y por efecto de aplicación de biol, obteniendo resultados de $1,014.42 \text{ kg/ha}$ y $1,141.23 \text{ kg/ha}$ por encima de los demás tratamientos respectivamente, presentando poca dispersión con un $CV=12\%$, y R^2 de 63% . Para Diaz et al. (2014), al evaluar los efectos de dos tutores y cinco biofertilizantes sobre el crecimiento y desarrollo de *P. volubilis* L., utilizamos dos parcelas divididas en suelos de baja fertilidad. biofertilizante Los cinco biofertilizantes fueron bioles (T5 y T11), bioles y frutos de 'tomatillo' de *Solanum torvum* (T1 y T7), bioles y hojas de 'papaya' de *Carica papaya* (T2 y T8), bioles y *Cymbopogon citratus*. de hierba (T3 y T9), hojas de *Chondrodendron tomentosum* 'curare' (T4 y T10), y testigo (T12). La dosis de aplicación fue de 15 L/ha-1 con una dosis de $1,5 \text{ L/ha-1}$ en campo final aplicada cada 2 semanas y evaluaciones cada 15 días durante 5 meses. Los resultados muestran que los tratamientos T4 y T8 redujeron el número de días para el cuajado y los tratamientos T4, T9 y T10 lograron el máximo número de frutos y aumentaron la productividad de las plantas de *P. volubilis* L. Para nuestro caso la evaluación de la producción por bloques presentados del rendimiento en kg/ha en respuesta a los tratamientos en estudio por bloques en el Cuadro 25, según Duncan muestra que los tratamientos T3 y T4 presentaron mejor

respuesta en los diferentes bloques evaluados, mientras T1 y T2 presentaron igualdad estadística, asimismo los datos presentan poca dispersión con un CV=11%, y R2 de 61%.

V. CONCLUSIONES

1. El biol es bajo en macronutrientes nitrógeno (base seca) y potasio, alto en fósforo, alto en materia orgánica seca, humedad óptima y alto en ceniza seca. Los micronutrientes liberan grandes cantidades de calcio, magnesio y sodio, así como altas concentraciones de metales como hierro, manganeso, cobre y zinc, que pueden ser tóxicos si se utilizan directamente en las plantaciones de cacao para la producción presenta una textura franca arcillo limoso, el (Ph, MO, N, P y K disponible) no presentan diferencias estadísticas al final de la evaluación por efecto del abonamiento orgánico, mientras que la CIC, fue (significativo) presentando mejor respuesta al final de la evaluación.
2. Los resultados del análisis microbiológico muestran que las bacterias aerobias viales, actinomicetos y hongos en respuesta a la aplicación de biol presentaron una mejor población en el tratamiento T₄ al inicio y al final de la aplicación, mientras los demás tratamientos no presentaron diferencias estadísticas, siendo no significativo todos los tratamientos en estudio.
3. Según Duncan los tratamientos T₃ y T₄ presentaron mejor respuesta en cuanto a la producción por tratamiento y por bloques por el efecto de la dosificación del biol, por encima de los demás tratamientos.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Evaluar la aplicación del biol, si tiene efectos positivos en bajar el almacenamiento de cadmio en los frutos de cacao.
- Evaluar la respuesta del biol y relacionarlo sobre sus propiedades organolépticas del cacao.
- Utilizar el biol con su respectivo análisis de fertilidad, para realizar el plan de fertilización según necesidades de la planta.

VII. REFERENCIAS

- Acebedo, E., Xarrasco, A., Leon, O., Silva, P., Castillo, G., Borie, G., Martinez, E., Gonzales, S., Ahumada, I. 2005. Criterios de calidad del suelo agrícola. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/> informe, 22 febrero 2019).
- Appacacao, Cacao y Fondo empleo. 2014. Tema 4: Fertilización abonamiento y preparación de abonos orgánicos. Lima, Perú. 4 p.
- Basaure, 2006. Abono líquido. [En línea]: www.cepac.org.bo/moduloscafe/.../Conf%20Biofermentadores.pdf. Documento 18 de febrero 2019.
- Bonato, M. 2011. Avaliação do biofertilizante supermagro na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Centro Oeste. Irati, Brasil. 83 p
- Cepeda, D. 1991. Química de Suelos. 2 ed. Trillas S.A., México. 167 p.
- Diaz, P., Tello, Ch., Arévalo, L. 2014. Efecto del uso de tutores y aplicación de biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo de *Plukenetia volubilis* L. “Sacha inchi”. Revista Folia Amazónica. Perú. 23(2):119 – 130.
- Fernández, R. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos. Instituto Mexicano del petróleo, México D.F.
- Grandez, M. E. 2017. Efecto del abono orgánico Biosol en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo en un sistema Agroforestal – tingo María. Tesis para optar el título de ingeniero en Recursos Naturales Renovables, mención Forestales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 96 p.
- Grandez, G. J. 2018. Efecto del biofertilizante superamargo en el crecimiento inicial del cultivo de *Plukenetia volubilis* L., “sacha inchi” y sobre las propiedades químicas de un suelo degradado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en la ciudad de Tingo María. Tesis para optar el título de ingeniero en Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 95 p.

- Gomero, 2000. Los biodigestores campesinos una innovación para el aprovechamiento de los recursos orgánicos. [En línea]: http://www.leisa.info/index.php?url=getblob.hp&o_id=75455 &a_id=211&a_seq=0
- González, J., Mosquera, J., Torrente, A. 2015. Efecto e impactos ambientales en la producción y aplicación del abono supermagro en el cultivo de sandía. *Revista Ingeniería y Región. Colombia.* 13 (1): 103 – 111.
- INIA 2008. El biol. Subdirección de recursos genéticos y biotecnología. Primera edición. Lima, Perú. 11 p.
- Isla, R. Y Andrade, A. 2009. Propuesta para el manejo de cacao orgánico. Proyecto “Paz y conservación Binacional en la Cordillera del Cóndor, Perú-Ecuador (componente peruano). Fase II Fundación. Conservación Internacional Av. Dos de Mayo 741, Miraflores, Lima, Perú. 92 p.
- Loli, F Y Cavero, R. 2011. Guía técnica “curso – taller fertilización y post cosecha de cacao” UNALM. Oficina académica de extensión y proyección social. Juanjuí – Tarapoto, Perú. 33 p.
- Navarro, G. 2003. Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2 ed. Mundi Prensa, España.
- Paredes, A. 2015. El horizonte de la productividad Agroforestal- Cacao. Empresa Agroforestal y Ambiente ALBORADA SAC. Edición Setiembre 2015. 146 p.
- Paredes, A. 2003. Manual del cultivo de cacao. Programa para el Desarrollo de la Amazonia Proamazonia. MINAGRI. 100 p.
- Pavinato, P., Muller, M., Meert, L., Kolln, O., Michalovicz, L. 2008. Doses de biofertilizante foliar Supermagro nas culturas da soja e milho. Universidade Estadual do Centro Oeste. Guarapuava, Para, Brasil. 4 p.
- Pedraza, A., Perez, M., Cortes, I., Arias, L. 2011. Evaluación de un biofermento de preparación local para el abonamiento orgánico del tornillo (*Thymus vulgaris*) romero (*Rosmarinus officinalis*) y orégano (*Origanum vulgare*). *Rev. Facultad de Ciencias Básicas.* Bogotá. 7(1):10-31.

- Rengifo, M.G. 2011. Aislamiento e identificación de Fungi y Bacterias presentes en abono orgánico Bocashi en el distrito Daniel Alomías Robles. Tesis para optar el título de ingeniero en Recursos Naturales Renovables, mención Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 70 p.
- Restrepo, J. 2009. Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca. Manual práctico: ABC de la agricultura orgánica y panes de piedra. 1 era edición. Editorial Feriva S.A. Cali, Colombia. 108 p.
- Sánchez, J. 2007. Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas. FERTITEC S.A. 19 p.
- SENAMHI. 2010. Condiciones de tiempo. Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú. [En línea]: SENAMHI. (http://www.senamhi.gob.pe/main_mapa.php?t=dHi. Artículo, 4 febrero 2019).
- SOIL SURVEY STAFF. 1993. Soil survey manual. United States Department of Agriculture. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.
- Zavaleta, G. 1992. Edafología. El suelo en relación con la producción. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Lima, Perú. 233 p.

ANEXO

Anexo 1. Tabulación de datos del biol y biosol

Tabla 26. Producción de biol y biosol al término de su maduración.

<i>Variable de Medida</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>
Abono orgánico biol	156.415	L.
Biosol (solido compostado)	45.6	kg.
Afrecho	20.54	L.

Tabla 27. Materia orgánica en base seca del abono orgánico biol

<i>Fuente</i>	<i>Materia Seca (%)</i>	<i>Humedad (%)</i>	<i>Ceniza en base seca (%)</i>	<i>Materia orgánica en base seca (%)</i>
Biol	89.40	10.60	69.45	30.55

Fuente: Laboratorio de suelos A. - UNAS

Tabla 28. Macronutrientes presentes en el abono orgánico biol

<i>Variable</i>	<i>pH</i>	<i>% N (base seca)</i>	<i>P Kg-1</i>	<i>Mg Kg-1</i>	<i>K (ppm)</i>
Biol	7.70	0.070	2.769	6.469	

Fuente: Laboratorio de suelos A. – UNAS

Tabla 29. Micronutrientes presentes en el abono orgánico biol

<i>Fuente</i>	<i>Ca (%)</i>	<i>Mg (%)</i>	<i>Na (%)</i>	<i>Fe (ppm)</i>	<i>Mn (ppm)</i>	<i>Zn (ppm)</i>	<i>Cu (ppm)</i>
Biol	1.535	1.414	0.194	934.43	206.96	189.38	411.36

Fuente: Laboratorio de suelos A. – UNAS

Tabla 30. Ceniza, materia orgánica en base seca y humedad en el abono orgánico biosol

<i>Fuente</i>	<i>Ceniza en base seca</i> (%)	<i>Materia orgánica en base</i> <i>seca (%)</i>	<i>Humedad (%)</i>
Biosol	76.21	23.79	65.48

Fuente: Laboratorio de suelos A. – UNAS

Tabla 31. Macronutrientes presentes en el abono orgánico biosol

<i>Variable</i>	<i>N</i> (<i>base húmeda</i>) (%)	<i>N</i> (<i>base seca</i>) (%)	<i>P₂O₅</i> (%)	<i>K</i> (%)
Biol	7.70	0.070	2.769	6.469

Fuente: Laboratorio de suelos A. – UNAS

Tabla 32. Micronutrientes presentes en el abono orgánico biosol

<i>Fuente</i>	<i>Ca (%)</i>	<i>Mg (%)</i>	<i>Na (%)</i>	<i>Fe</i> (<i>ppm</i>)	<i>Mn</i> (<i>ppm</i>)	<i>Zn</i> (<i>ppm</i>)	<i>Cu</i> (<i>ppm</i>)
Biol	1.535	1.414	0.194	934.43	206.96	189.38	411.36

Fuente: Laboratorio de suelos A. – UNAS

Tabla 33. Análisis físico y químico del suelo con la aplicación del abono orgánico foliar alborada

Testigo	Textura	pH	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K₂O (kg/Ha)	CIC (Cmol(+)/kg)
Antes	Fr Arcillo Limosa	5.52	3.84	0.17	22.52	200.88	14.10
Durante	Fr Arcillo Limosa	5.52	3.84	0.17	22.52	200.88	14.10
Después	Fr Arcillo Limosa	5.52	0.19	0.17	22.52	200.88	14.10

Anexo 2. Panel fotográfico**Figura 6.** Filtrado del biol**Figura 7.** Secado del afrecho sobrante del biol para convertirse en biosol



Figura 8. Muestreo del suelo



Figura 9. Poda de formación en plantas de cacao



Figura 10. Remoción de frutos enfermos



Figura 11. Deshierbo de suelo manualmente



Figura 12. Dosificación del biol



Figura 13. Agregando una dosificación de agua



Figura 14. Pesado de biosol



Figura 15. Abonamiento con biosol



Figura 16. Cobertura del abonamiento



Figura 17. Aplicación de biol a las hojas



Figura 18. Aplicación de biol al tallo



Figura 19. Aplicación de biol al suelo



Figura 20. Identificación de frutos enfermos

Anexo 3. Análisis del biol y biosol



Figura 21. Análisis especial fisicoquímico del biol



Figura 22. Análisis especial fisicoquímico del biosol



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		TORRES ALVARES MICHAEL DINNER						PROCEDENCIA:		ALBORADA - CASTILLO GRANDE - LEONCIO PRADO - HUANUCO																												
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%																
				Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	%	ppm	ppm					Ca	Mg	K	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al							
		REFERENCIA	CULTIVO	%	%	%																																
1	S2970	2X2	CACAO	25.68	33.40	41.28	Fr Arcillo Limosa	5.52	3.84	0.17	22.52	200.88	11.39	9.48	1.62	0.12	0.17	--	--	--	100.00	0.00	0.00															
2																																						
3																																						

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 TINGO MARIA, 15 DE MAYO 2019
 RECIBO N° 0574770

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAB. ANÁLISIS DE SUELOS

 Mónica Araya
 JEFE

Figura 23. Análisis fisicoquímico al inicio del primer muestreo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Carretera Central Km1.21 - Tingo Maria - CELULAR 941531359
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
 analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		TORRES ALVARES MICHAEL DINNER										PROCEDENCIA:		ALBORADA - CASTILLO GRANDE - LEONCIO PRADO - HUANUCO									
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%	
				Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	ppm		ppm	Ca	Mg	K	Na	Al		H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
		REFERENCIA	CULTIVO	%	%	%																	
1	S2971	Clon Ecuatoriano	CACAO	26.75	31.92	41.02	Fr Arcillo Limosa	5.72	2.92	0.13	8.61	96.21	10.42	8.72	1.35	0.13	0.23	--	--	--	100.00	0.00	0.00
2																							
3																							

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 TINGO MARIA, 18 NOVIEMBRE 2017
 RECIBO N° 0578934



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAS ANALISIS DE SUELOS
JEFE

Figura 24. Análisis físicoquímico durante la ejecución de la investigación



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		TORRES ALVARES MICHAEL DINNER						PROCEDENCIA:			ALBORADA - CASTILLO GRANDE - LEONCIO PRADO - HUANUCO															
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg													
				Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	%	ppm	ppm	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CiCe	% Bas. Camb.
		REFERENCIA	CULTIVO	%	%	%																				
1	S2972	Clon Ecuatoriano	CACAO	28.92	30.85	40.23	Fr Arcillo Limosa	5.98	2.40	0.12	0.8	69.97	9.83	7.97	1.57	0.10	0.19	--	--	--	100.00	0.00	0.00			
2																										
3																										

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 TINGO MARÍA, 24 MAYO 2018
 RECIBO N° 0597839

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAB. ANÁLISIS DE SUELOS

Manuela Maza
 JEFE

Figura 25. Análisis fisicoquímico al final de la investigación