

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN

DE SUELOS Y AGUA



**EFFECTO DEL TIEMPO DE CULTIVO DE *Elaeis guineensis* (PALMA
ACEITERA) EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y
BIOLÓGICAS DEL SUELO EN EL DISTRITO PÓLVORA REGIÓN SAN
MARTÍN**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

WILMAN RIOS TAPULLIMA

Tingo María - Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°52-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 26 de mayo de 2023 a horas 5:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería de Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“EFECTO DEL TIEMPO DE CULTIVO DE *Elaeis guineensis* (PALMA ACEITERA) EN LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO EN EL DISTRITO DE POLVORA REGION SAN MARTIN”

Presentado por la Bachiller: **RIOS TAPULLIMA WILMAN**, 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 CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del título correspondiente.

Tingo María, 06 de julio de 2023

Dr. ROBERTO OBREGON PEÑA
PRESIDENTE

Ing. M.Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
MIEMBRO

Dr. FLORIDA ROFNER NELINO
MIEMBRO



Ing. M.Sc. LEVANO CRISOSTOMO JOSE
ASESOR



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 235- 2023 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación 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).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

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

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFEECTO DEL TIEMPO DE CULTIVO DE <i>Elaeis guineensis</i> (PALMA ACEITERA) EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO EN EL DISTRITO PÓLVORA REGIÓN SAN MARTÍN	WILMAN RIOS TAPULLIMA	23 % Veintitrés

Tingo María, 21 de agosto de 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomás Menacho Maliqui
DIRECTOR

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN
DE SUELOS Y AGUA



**EFFECTO DEL TIEMPO DE CULTIVO DE *Elaeis guineensis* (PALMA
ACEITERA) EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y
BIOLÓGICAS DEL SUELO EN EL DISTRITO PÓLVORA REGIÓN SAN
MARTÍN**

Autor : Wilman Rios Tapullima
Asesor : Ing. MSc. José Dolores, Lévano Crisóstomo
Programa de investigación : Ciencias Básicas
Línea (s) de investigación : Manejo y conservación de suelos
Eje temático : Evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos
Lugar de Ejecución : Distrito Pólvora
Duración del trabajo : Fecha Inicio: Marzo 2021
Término : Setiembre 2021
Financiamiento : Propio
Monto : 3949.88

Tingo María - Perú

2023

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE
Y TESISISTA**

(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)

I. Datos Generales de Pregrado

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva

Facultad : Facultad de Recursos Naturales Renovables

Título de la tesis : Efecto del tiempo de cultivo de *elaeis guineensis* (palma aceitera) en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en el distrito Pólvora región San Martín

Autor : Bach. Rios Tapullima Wilman

Asesor (es) : Ing. MSc. Levano Crisóstmo Jose Dolores

Escuela Profesional : Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Programa de Investigación : Ciencias Básicas

Línea de Investigación : Manejo y conservación de suelos

Eje Temático : Evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos

Lugar de Ejecución : Distrito Pólvora

Duración : Fecha de inicio : Marzo 2021
: Fecha de término : Setiembre 2021

Financiamiento : Propio : S/. 3949.88

Tingo María Perú, marzo 2023

.....
Bach. Wilman Rios Tapulima
Tesisista

.....
Ing. MSc. Levano Crisóstmo Jose Dolores
Asesor

DEDICATORIA

A Dios quién supo guiarnos por el camino correcto, enseñándonos a sobresalir de los obstáculos sin perder nunca la fe, ni desfallecer en el intento.

A mis queridos padres Luis Rios Cometivos y Flordelith Tapullima Tapullima; por heredarme el tesoro máspreciado que es la educación y haberme forjado en la persona que soy; con el apoyo incondicional, consejos, valores e impulso que me brindaron en los momentos más difíciles de mi carrera.

A mi hermana menor: Vivian Mayte Rios Tapullima que fue el motor y motivo para seguir adelante con mis grados de estudio y culminar uno de mis propósitos en la vida y profesionalmente.

El autor

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que me acogió en sus aulas; y así lograr estudiar la carrera que me apasiona, logrando culminar con éxito mi formación profesional.

A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.

A los miembros integrantes del jurado de tesis: Dr. Obregón Peña Roberto; Dr. Nelino Florida Rofner y al Ing. M.Sc. Juan Pablo Rengifo Trigozo; por el tiempo tomado para la evaluación de mi tesis.

Al Ing. M.Sc. Lévano Crisóstomo José, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, asesor del presente trabajo, por su función como mentor y formador, amistad y la desinteresada asistencia en la presente tesis.

A mi familia; por ser los principales promotores de mí sueño; gracias a ellos por confiar, creer y las palabras de aliento; gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada momento de mi vida, estando en las largas y agotadoras noches con una taza de café.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
I. Datos Generales de Pregrado	3
2.1. Antecedentes	5
2.2. Marco teórico	6
2.2.1. Generalidades de <i>E. guineensis</i>	6
2.2.1.1. Origen.....	6
2.2.1.2. Historia de <i>E. guineensis</i> en el Perú.....	6
2.2.2. Clasificación taxonómica de <i>E. guineensis</i>	8
2.2.3. Morfología de <i>E. guineensis</i>	8
2.2.3.1. Porte	8
2.2.3.2. Sistema radicular.....	8
2.2.3.3. Hojas	9
2.2.3.4. Flores y frutos.....	9
2.2.3.5. Tallo	10
2.2.3.6. Semillas	10
2.2.4. Las mejores prácticas agrícolas en el cultivo de <i>E. guineensis</i>	10
2.2.5. Microbiota del suelo	11
2.2.6. Indicadores de calidad biológica del suelo	11
2.2.6.1. Macrofauna del suelo.....	11
2.2.6.2. Importancia de la macrofauna del suelo	12
2.2.6.3. Indicadores de fauna y monitoreo biológico de la calidad del suelo.....	13
2.2.7. Biomasa microbiana	13
2.2.8. La biodiversidad.....	13

2.2.9.	Diversidad de especie.....	14
2.2.10.	Riqueza biológica.....	14
2.2.10.1.	Diversidad alfa	14
2.2.11.	Nutrientes en el suelo.....	15
2.2.12.	Características de las propiedades físicas del suelo.....	16
2.2.12.1.	Textura del suelo.....	16
2.2.12.2.	Densidad aparente	16
2.2.12.3.	Resistencia a la penetración.....	17
2.2.13.	Características de las propiedades químicas del suelo.....	18
2.2.13.1.	Reacción del suelo (pH).....	19
2.2.13.2.	Materia orgánica	20
2.2.13.3.	El nitrógeno en el suelo	20
2.2.13.4.	El fósforo en el suelo.....	21
2.2.13.5.	El potasio en el suelo.....	21
2.2.13.6.	Capacidad de intercambio catiónico	21
3.1.	Lugar de ejecución.....	23
3.1.1.	Características de la zona de estudio	23
3.2.	Materiales y equipos.....	24
3.2.1.	Materiales.....	24
3.2.2.	Equipos	24
3.3.	Variables por evaluar.....	24
3.3.1.	Variables independientes	24
3.3.2.	Variables dependientes.....	24
3.4.	Población y muestra	24
3.4.1.	Población.....	24

3.4.2. Muestra de suelo	24
3.5. Tipo de investigación	24
3.5.1. Nivel de investigación.....	25
3.5.2. Método de investigación.....	25
3.6. Metodología	25
3.6.1. De las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, resistencia a la penetración del suelo) en plantaciones del cultivo <i>E. guineensis</i>	25
3.6.2. De las propiedades químicas del suelo (reacción del suelo o pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, C.I.C.) en plantaciones del cultivo <i>E. guineensis</i>	27
3.6.3. De las propiedades biológicas de la macrofauna del suelo (densidad (ind.m ²), biomasa (g.m ⁻²) en plantaciones de <i>E. guineensis</i>	27
3.6.4. De la diversidad alfa de la macrofauna del suelo en plantaciones del cultivo <i>E. guineensis</i>	29
3.6.5. Análisis estadístico	30
3.6.6. Etapa de gabinete	31
4.1. De las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, resistencia a la penetración del suelo) en plantaciones del cultivo <i>E. guineensis</i>	32
4.1.1. Densidad aparente	32
4.1.2. Resistencia a la penetración	33
4.2. De las propiedades químicas del suelo (reacción del suelo o pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible) en plantaciones del cultivo <i>E. guineensis</i>	34
4.2.1. Reacción del suelo o pH.....	34
4.2.2. Materia orgánica.....	35
4.2.3. Nitrógeno disponible.....	36
4.2.4. Fósforo disponible	37
4.2.5. Potasio disponible.....	37

4.3. De las propiedades biológicas de la macrofauna del suelo (densidad (ind.m ²), biomasa (g.m ⁻²) en plantaciones del cultivo <i>E. guineensis</i>	39
4.3.1. Densidad total de individuos de la macrofauna del suelo (ind/m ²).....	39
4.3.2. Biomasa de individuos de la macrofauna del suelo (g/m ²).....	41
4.4. De la diversidad alfa de la macrofauna del suelo (densidad (ind.m ²), biomasa (g.m ⁻²) en plantaciones del cultivo <i>E. guineensis</i>	43
4.4.1. Riqueza específica por orden en la macrofauna del suelo (ind/m ²)	43
4.4.2. Estructura de las especies por orden en la macrofauna del suelo (ind/m ²).....	46
ANEXO.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Clasificación taxonómica de los organismos integrantes de la macrofauna.....	10
2. Tamaño de las partículas del suelo	15
3. Valores de la densidad aparente (DA) de suelos.....	16
4. Interpretación de resultados del cálculo de la densidad aparente (DA).....	16
5. Escala de resistencia a la penetración del suelo.....	17
6. Niveles de pH del suelo.....	18
7. Niveles de la materia orgánica.....	19
8. Niveles de contenido de nitrógeno.....	20
9. Niveles de contenido de fósforo (Método de Olsen).....	20
10. Niveles de contenido de potasio.....	21
11. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico (pH > 5.5).....	22
12. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico (pH < 5.5).....	22
13. Métodos para determinar los indicadores físicos.....	27
14. Métodos para determinar los indicadores químicos.....	28
15. Descripción por la combinación de los factores de estudio.....	31
16. Modelo del análisis de varianza.....	31
17. Análisis de varianza para la variable densidad aparente (g/cm ³).....	33
18. Valores promedio de densidad aparente del suelo (g/cm ³).....	34
19. Análisis de varianza para variable resistencia a la penetración del suelo.....	34
20. Promedio de resistencia a la penetración del suelo (kg/m ²).....	35
21. Análisis de varianza para variable reacción del suelo o pH.....	35
22. Promedio de reacción del suelo o pH.....	36
23. Análisis de varianza para variable materia orgánica.....	36
24. Valores promedio de materia orgánica en el suelo (%).....	37
25. Análisis de varianza para variable nitrógeno disponible en el suelo (%)	38
26. Promedio de nitrógeno disponible (%) en el suelo.....	38
27. Análisis de varianza para variable fósforo disponible en el suelo (ppm).....	39
28. Promedio de fósforo disponible (ppm) en el suelo.....	39
29. Análisis de varianza para variable potasio en el suelo (ppm).....	40
30. Valores promedio de potasio en el suelo (ppm)	40
31. Análisis de varianza para la variable densidad de individuos en el suelo (ind/m ²).....	41
32. Valores promedio del tiempo de cultivo mediante la variable densidad de	

a. individuos en el suelo (ind/m ²).....	42
33. Promedio por monolito en la variable densidad de individuos en el suelo (ind/m ²).....	42
34. Valores promedio de la interacción del tiempo de plantación por monolito	
a. evaluado mediante la variable densidad de individuos en el suelo (ind/m ²).....	43
35. Análisis de varianza para la variable biomasa en el suelo (g/m ²).....	43
36. Valores promedio del tiempo de cultivo mediante la variable biomasa de	
a. individuos en el suelo (g/m ²) entre tratamientos.....	44
37. Valores promedio por monolito en la variable biomasa de individuos en	
a. el suelo (ind/m ²).....	45
38. Valores promedio de la interacción del tiempo de plantación por monolito	
a. evaluado mediante la variable densidad de individuos en el suelo (g/m ²).....	45
39. Sumatoria de individuos por m ⁻² en plantaciones de <i>E. guineensis</i>	46
40. Riqueza específica (S), índice de Shannon – Wiener (H') e índice de equidad (J) de la macrofauna del suelo por tiempos de cultivo de <i>E. zguineensis</i>	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Metodología de muestreo para macrofauna del suelo (TSBF,IUBS/UNESCO).....	29
2. Distribución del tratamiento y las repeticiones.....	32
3. Presencia de órdenes de densidad (ind/m ²) en la parcela de 1 año.....	47
4. Presencia de órdenes de densidad (ind/m ²) en la parcela de 3 años.....	48
5. Presencia de órdenes de densidad (ind/m ²) en la parcela de 5 años.....	48
6. Presencia de órdenes de densidad (ind/m ²) en la parcela de 7 años.....	49
7. Presencia de órdenes de densidad (ind/m ²) en el tratamiento BS.....	49
8. Análisis de suelos de las plantaciones del cultivo E. guineensis.....	61
9. Vista panorámica de la parcela de 5 años.....	63
10. Vista panorámica de la parcela de 7 años.....	63
11. Vista panorámica de la parcela de 3 años.....	64
12. Georrefenciación del terreno.....	64
13. Georreferenciación de la parcela de 1 año con Palma Aceitera.....	65
14. Vista panorámica del centro poblado Cachiyacu.....	65

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del tiempo de plantación del cultivo *Elaeis guineensis* (palma aceitera) en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, distrito Pólvora región San Martín. La investigación fue de un nivel explicativo comparativo con ajuste estadístico de Diseño Completo al Azar (DCA), el factor en estudio fue el “tiempo de cultivo” con sus niveles de 1 año, 3 años, 5 años y 7 años (cuatro repeticiones) de muestras de suelo en un área experimental de 1 ha por unidad/ha, para ello se evaluaron los indicadores físicos, químicos del suelo como la densidad aparente y resistencia a la penetración del suelo, pH, materia orgánica (MO), nitrógeno total (N), fósforo (P) y potasio disponible (K) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) y biológicos como la densidad, biomasa, diversidad alfa de la macrofauna del suelo. Los resultados muestran diferencias significativas en la densidad aparente según en el tiempo de plantación del cultivo *Elaeis guineensis* sobresaliendo el nivel de 7 años, en cambio a la resistencia a la penetración del suelo el nivel de 1 año de instalación, aunque en las dos variables todas las parcelas fueron similares estadísticamente; las propiedades químicas mostraron un pH (<5) extremadamente ácido, así mismo en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio disponible con bajos niveles en todas las parcelas. Las propiedades biológicas del suelo en su densidad y biomasa de individuos mostraron una diferencia significativa, el nivel de 7 años mostró una diversificación alfa de la macrofauna del suelo, mientras el nivel de 1 año presentó una mayor riqueza de especies (S=11), y un mayor valor en el índice de Shannon – Wiener con 2.31. En conclusión existe un efecto del tiempo de cultivo de *Elaeis guineensis* en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en el distrito Pólvora de la región San Martín.

Palabras clave: calidad del suelo, efecto del tiempo, biomasa, abundancia, diversidad, riqueza

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of planting time of the *Elaeis guineensis* crop (oil palm) on the physical, chemical and biological properties of the soil, Pólvora district, San Martín region. The investigation was of a comparative explanatory level with statistical adjustment of Complete Random Design (DCA), the factor under study was the "cultivation time" with its levels of 1 year, 3 years, 5 years and 7 years (four repetitions). of soil samples in an experimental area of 1 ha per unit/ha, for which the physical and chemical indicators of the soil were evaluated, such as bulk density and resistance to soil penetration, pH, organic matter (OM), total nitrogen (N), phosphorus (P) and available potassium (K) and cation exchange capacity (CEC) and biological such as density, biomass, alpha diversity of soil macrofauna. The results show significant differences in the apparent density according to the planting time of the *Elaeis guineensis* crop, standing out at the level of 7 years, in contrast to the resistance to soil penetration at the level of 1 year of installation, although in the two variables all the plots were statistically similar; the chemical properties showed an extremely acid pH (<5), likewise in organic matter, nitrogen, phosphorus and available potassium with low levels in all the plots. The biological properties of the soil in its density and biomass of individuals showed a significant difference, the 7-year level showed an alpha diversification of the soil macrofauna, while the 1-year level presented a greater richness of species (S=11), and a higher value in the Shannon - Wiener index with 2.31. In conclusion, there is an effect of the cultivation time of *Elaeis guineensis* on the physical, chemical and biological properties of the soil in the Pólvora district of the San Martín region.

Keywords: soil quality, effect of time, biomass, abundance, diversity, richness

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los expertos manifiestan que si aumenta la demanda de palma aceitera, la cantidad de tierra utilizable en el sudeste asiático, donde a menudo se cultiva el árbol, disminuirá. Esto hace que los principales fabricantes busquen activamente nuevas áreas. En este contexto, Perú es un país propicio para la agricultura, tanto geográficamente como porque tiene una política de promoción de la palma aceitera.

La producción del cultivo de la palma aceitera es un fenómeno internacional. El bosquejo general es el mismo: por una parte, la deforestación y denuncias de desposesión; por el otro, generación de empleos y gobiernos interesados en los bienes que genera la inversión y el desarrollo agroindustrial. El primordial impacto ambiental es la sustitución de bosques naturales, en diferentes etapas de conservación, por bosques artificiales de palma aceitera, creando desastre medio ambiental. (Comité de Oxford de Ayuda contra el Hambre [OXAM], 2016).

El 40% de la producción nacional de palma aceitera se encuentra en la región San Martín, ubicada en tres importantes departamentos: San Martín, Tocache y Lamas; San Martín tiene unas 34,500 ha de plantaciones de palma aceitera y unos 2,100 productores, la producción tanto de palma aceitera como de cacao, entre otras, ha calado provincias como Tocache, donde suplió el cultivo ilegal de hoja de coca, (Noriega, 2018).

La degradación de los bosques causa claramente desgaste en la capacidad de estos de aprovisionar estos bienes y servicios ecosistémicos (producción de agua limpia, la formación de suelo, la regulación del clima por parte de los bosques, la polinización, etc.). Al presente, son muchas las formas de apreciar la degradación, así como también las causas que la determinan, es por lo tanto difícil de encontrar un enfoque para definir la degradación forestal.

Por lo antes mencionado, planteamos como interrogante de investigación ¿el tiempo de cultivo de *Elaeis guineensis* (palma aceitera) ejercen un efecto negativo en las propiedades físicas, químicas y macrofauna del suelo? planteando la siguiente hipótesis en el que la investigación logra contrarestar de manera total, afirmando que el tiempo de instalación de *E. guineensis* influye negativamente en las propiedades físicas, químicas y macrofauna del suelo (biológica). Para ello se plantea los siguientes objetivos:

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Evaluar el efecto del tiempo de plantación del cultivo *E. guineensis* (palma aceitera) en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, distrito Pólvora región San Martín.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, resistencia a la penetración del suelo) en plantaciones del cultivo *E. guineensis*.
- Determinar las propiedades químicas del suelo (reacción del suelo o pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, C.I.C.) del cultivo de *E. guineensis*.
- Determinar las propiedades biológicas de la macrofauna del suelo (densidad (ind.m²), biomasa (g.m⁻²) en plantaciones del cultivo *E. guineensis*
- Determinar la diversidad alfa de la macrofauna del suelo en plantaciones del cultivo *E. guineensis*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

En su análisis cuantitativo de la macrofauna del suelo en varios sistemas de uso de la tierra en la Amazonía peruana, Pashanasi (2001) encontró que las plantaciones de palma aceitera y caucho tenían densidades de población de 560 y 2896 unidades y riqueza taxonómica de 22 y 25 unidades, en todos los casos la biomasa fue de 18,5 y 170,5 g peso fresco/m², respectivamente. En las plantaciones de palma aceitera, los oligochaetas constituían el 45,7 % de la población total y los isópteros el 28,0 %. Los miriápodos (31,6%) y los oligochaetas (24,8%) son los componentes más característicos de las plantaciones de caucho. La mayor cantidad de biomasa en ambas plantaciones fue de oligochaetas, 63,3% y 62,4% en plantaciones de palma aceitera y caucho, respectivamente. Mirando la distribución vertical de los individuos, las plantaciones concentradas de palma aceitera se infestaron hasta 20 cm (82,0%), mientras que la hojarasca en las plantaciones de caucho representó el 46,4% de la población y la capa de 0-10 cm el 51,4%.

Zuñiga (2007), al realizar la caracterización y distribución espacial de suelos aluviales hidromórficos con *E. guineensis* en Palma del Espino, reportaron que, todas las propiedades del suelo, excepto los contenidos de Li y Ar, mostraron una distribución no-normal altamente significativa. Los coeficientes de variabilidad (CV, %) fueron bajos para pH, N y CE, medios para Mg y altos para P, K, Ao, Li y Ar. Las pruebas de ANOVA mostraron diferencias significativas entre los horizontes en los valores de pH, N, P, K, CE, Ao y Ar. El análisis geoestadístico muestra que, aunque existe una dependencia espacial de moderada a fuerte, es completamente isotrópica y en su mayoría más alta que el efecto de dispersión pura (efecto de núcleo). Excepto por P a nivel del subsuelo, los tamaños de ensamblaje encontrados fueron consistentemente mayores durante el intervalo de muestreo. Después de la validación exitosa del semivariograma con el procedimiento Kriging, se pueden generar mapas de contorno que permiten identificar el tamaño y la ubicación de agregados o parches de propiedades físicas y químicas de interés, brindando la base para programas de fertilización optimizados para el manejo específico del sitio y programa de fertilización.

Camayo et al. (2011) En un estudio de suelos residuales en la laguna Los Milagros - Aucayacu, se reportaron cuatro sistemas de uso de suelo como bosque secundario, plantación de árboles, cafetal y yuca, se cuantificó la macrofauna y su relación con las características del suelo. Los resultados mostraron que las texturas del suelo de los cuatro sistemas de uso del

suelo eran todas franco arenosas, pero había diferencias en la DA, la densidad real, la temperatura, la resistencia a la adsorción, el contenido de agua y la porosidad de los cuatro sistemas de uso del suelo. De manera similar, los indicadores de las propiedades químicas del suelo de los cuatro sistemas de uso de la tierra también son diferentes. Con base en las características biológicas, se identificaron ocho taxones, como Hymenoptera, Oligochaeta, Isopoda, Isoptera, Chillipoda, Aranea, Coleoptera y Larvas.

Hernández et al. (2008), observaron la evolución de algunos indicadores químicos del suelo (pH, MO, Ca y K) y la macrofauna (individuos mayores de 2mm) en SSP con diez años de explotación, basados en *Leucaena leucocephala*, *Panicum máximum* y *Cynodon nlemfuensis*, y una pastura natural.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Generalidades de *E. guineensis*

2.2.1.1. Origen

La especie *E. guineensis* es nativa de África y desde el siglo XV se ha extendido a otras partes de África, el sudeste de Asia y América Latina a lo largo de la zona ecuatorial. Botánicamente, es una planta monocotiledónea, clasificada en el orden palmales con el grupo ceroxylinae de la familia *palmaceae*, género *Elaeis* y especie *Elaeis guineensis*. (Quesada, 2002).

Nombre dado por Joaquín en 1763, con base en la palabra griega *elaoin*, que significa aceite y *guineensis*, hace honor a la región de Guinea de donde se considera originaria (Borrero, 2006)

2.2.1.2. Historia de *E. guineensis* en el Perú

El interés por la palma aceitera en el Perú se remonta a 1965, cuando llegó a nuestro país una solicitud gubernamental a través de una misión técnica del Instituto Francés de Investigaciones en Aceite y Oleaginosas.

Las evaluaciones realizadas por la misión técnica indican que la mayor parte de la región amazónica peruana reúne condiciones agroclimáticas adecuadas para el desarrollo de la palma aceitera. Así, los proyectos de cultivo de cultivos se han realizado en diferentes momentos, dos del Estado y uno de capital privado y la experiencia reciente de otros pequeños palmicultores integrados.

Teniendo en cuenta estos resultados, se decidió crear una empresa estatal denominada EMDEPALMA S.A. el mismo año. En la región de San Martín (provincia de Tocache), que ocupaba un total de 5.200 hectáreas en el año 1980, donde la refinería de aceite crudo de palma tenía una capacidad de procesamiento de RFF de 20 T/M.

Con base en esta exitosa experiencia, en 1980 el grupo Romero instaló cultivos en la región de Uchiza (provincia de Tocache) y creó la empresa Palmas del Espino S.A., que hasta el momento cuenta con aproximadamente 14.000 hectáreas de cultivo, con 60TM/hora de RFF y una refinería derivados del aceite y manteca de palma; Ha sembrado 8.000 hectáreas de cultivos en el área de Shanusi (San Martín y Loreto), y la planta de procesamiento con 60TM/hora de RFF se ha convertido en el complejo agroindustrial más exitoso y avanzado del país.

Posteriormente, el gobierno peruano, en convenio con organismos de cooperación internacional (Naciones Unidas [NN.UU], Comité Nacional para el Desarrollo y Vida Libre de Drogas [DEVIDA], etc.) se interesó en promover la cultura, con campesinos individuales organizados, como alternativa a la combatir las actividades ilegales y reducir la eliminación de bosques. Así, en 1993 (NN.UU. Gobierno Regional de Ucayali), se inicia en Pucallpa el proyecto Nishuya con la instalación de 1000 hectáreas de cultivo y una planta procesadora 6 TM/hora de RFF, en el año 2000 (NN.UU.) continúa con los proyectos de Aguaytía (Ucayali) con la instalación de 1,000 ha de plantación y una planta de procesamiento de 6TM/hora de RFF y Caynarachi (San Martín) con la instalación de 1100 ha de plantación y una planta procesadora de 6TM/hora de RFF, el año 2003 (NN.UU. Gobierno Regional de Loreto) en la zona de Yurimaguas (Loreto) se instala 1,500 ha de plantaciones , el año 2,004 (NN.UU. Cooperación Alemana) en Tocache (San Martín) se instalan 1,000 ha de plantaciones con una planta procesadora de 10TM/hora de RFF.

Hasta el momento todas las empresas privadas y organizaciones de productores que se dedican al cultivo de palma aceitera están sembrando y aumentando la superficie, por lo que la palma aceitera se incluye como una de las alternativas de cultivo rentables y sostenibles en nuestro país. (Raygada, 2005).

2.2.2. Clasificación taxonómica de *E. guineensis*

E. guineensis, comúnmente conocida como palma aceitera africana o palma aceitera, es una especie del género *Elaeis*. El naturalista francés Michel Adanson fue el primer occidental en describirlo y recoger las semillas. (Jean-Marie Pelt et al., 1999).

Reino : Plantae
 División : Magnoliophyta
 Clase : Liliopsida
 Subclase : Commelinidae
 Orden : Arecales
 Familia : Arecaceae
 Subfamilia: Coryphoideae
 Género : *Elaeis*
 Especie : *E. Guineensis* Jac

2.2.3. Morfología de *E. guineensis*

2.2.3.1. Porte

Palmera monoica con tronco erecto solitario que alcanza más de 40 m de altura en estado regular. En cultivos comerciales de los que se obtiene el aceite, su altura está limitada a 10-15 m, el diámetro es de 30-60 cm, cubierto de cicatrices de hojas más viejas. (Raygada, 2005).

2.2.3.2. Sistema radicular

El sistema radicular se localiza inicialmente en la radícula, pero pronto se reemplaza por una raíz primaria que se origina en la base de la lígula, y luego de manera continua desde el nudo basal del pecíolo junto con raíces adventicias, aunque por lo general, no alcanzan un estado funcional. Recién desenchufado y seco. El sistema radicular de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) está formado por un gran número de raíces que se originan horizontal y radialmente en tubérculos y ramas, las cuales se dividen en primarias, secundarias y terciarias según su posición jerárquica, longitud y diámetro. (Jourdan et al., 2000).

La capacidad de absorción de las raíces primarias es mínima. El propósito principal de la raíz secundaria es actuar como base para la tercera raíz (10 cm de largo), que a su vez es la cuarta raíz (no más de 5 mm), y se absorbe mejor cerca de donde

ingresa a la raíz principal . Los dos últimos desarrollan pelos para absorber agua y nutrientes de las plantas. (Raygada, 2005).

2.2.3.3. Hojas

En condiciones normales, una palmera madura tiene de 30 a 49 hojas funcionales dispuestas sobre un pecíolo de cerca de 1,5 metros de largo con espinas laterales, seguido de un eje que aguanta de 200 a 300 hojas insertadas en el lado alternándose las hileras. Una palma bien nutrida y manejada puede tener un área foliar total de 250 a 300 metros cuadrados de todas las hojas.

La disposición de las hojas, conocida como su venación, revela que tienen ocho espirales con respecto al eje vertical. El conocimiento de este arreglo ayuda a determinar la ubicación de cada hoja, lo cual es esencial para el muestreo de hojas y la estimación del tamaño de la plaga. (Bernal, 2001).

2.2.3.4. Flores y frutos

Corley & Tinker (2009) describen la parte floral de la palma aceitera de la siguiente manera: Las inflorescencias comienzan en las axilas de cada hoja, pero algunas se desprenden antes de la germinación.

Cada inflorescencia es una inflorescencia simple o doble que se desarrolla en un tallo fuerte de 30 a 40 cm de largo. La edad afecta tanto la forma como la disposición de las orejas, que están dispuestas en espiral alrededor de un eje central..

Las inflorescencias femeninas alcanzan 30 cm o más de largo antes de abrirse, y los ejes femeninos son gruesos y carnosos desarrolladas en las axilas de las brácteas puntiagudas. Las flores están dispuestas en espiral alrededor de un pequeño frasco. Las inflorescencias masculinas nacen de pedicelos más largos que las inflorescencias femeninas, tienen espigas cilíndricas largas en forma de dedos y carecen de espigas. Las mazorcas tienen brácteas y yemas terminales, pero son muy pequeñas. Las espiguillas miden de 10 a 20 cm de largo.

El fruto es una drupa sésil de varias formas, que van desde casi esférico a ovoide a oblongo y ligeramente engrosada en el ápice. La longitud varía de 2 cm a más de 5 cm, y el peso varía de 3 gramos a más de 30 gramos. Tiene una piel lisa y brillante (exocarpio), una pulpa o tejido fibroso que contiene células oleosas (mesocarpio), una cáscara

lignificada de espesor variable (endocarpio) y una nuez o semilla que consiste en una semilla o semilla de palma aceitosa. (Bernal, 2001).

2.2.3.5. Tallo

Los tallos de palma aceitera crecen a un ritmo de 25 a 30 cm año⁻¹ (Bonneau et al., 2014) y pueden alcanzar una altura máxima de 15 a 20 m (Mosquera et al., 2016). Contiene vasos internos o haces vasculares (floema y xilema) a través de los cuales circulan agua y nutrientes. Además, en su parte central existe un punto de crecimiento, o meristema apical: del que surgen todas las hojas e inflorescencias de la palmera.

2.2.3.6. Semillas

Los granos de palma aceitera son las nueces que quedan después de extraer el mesocarpio suave y aceitoso de la fruta. Consta de un cuesco o endocarpio y uno, dos o tres óvulos en un ovario de tres carpelos, que suelen abortar. (Corley & Tinker, 2009).

2.2.4. Las mejores prácticas agrícolas en el cultivo de *E. guineensis*

El Programa de Buenas Prácticas Agrícolas es un programa integral que comienza con la elección adecuada de los sitios de producción y el trabajo cultural efectivo (incluido el manejo de fertilizantes y el control de plagas), la planificación de la cosecha y la poscosecha, y termina con un sistema efectivo de autoevaluación y retroalimentación. Además, pueden definirse como acciones aplicadas a recursos probados en investigación para lograr el mejor desempeño combinado en relación con los tres pilares del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental. (Índice Internacional de Nombres de las Plantas [IPNI], 2009).

Desde la perspectiva del suelo, las Mejores Prácticas Agrícolas (MPA) deben apuntar principalmente a mantener buenas propiedades físicas, químicas y biológicas, libres de contaminantes orgánicos e inorgánicos. (Bernal, 2010).

Los programas están organizados para examinar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos para las necesidades de los cultivos y para ayudar a prevenir la erosión del suelo en las MPA y los suelos. Sin embargo, el manejo de plagas, enfermedades y problemas con los nutrientes del suelo requiere lograr un equilibrio entre la protección ambiental y la productividad. Niveles muy bajos de metales pesados deben estar presentes en suelos tratados con MPA. (As, Ba, Se, Al).

2.2.5. Microbiota del suelo

La materia orgánica puede afectar directa o indirectamente el crecimiento y la viabilidad del micelio porque cambia la estructura del suelo, el pH y la capacidad de retener nutrientes. Los aniones orgánicos de la descomposición de la materia orgánica pueden competir con (P) por el mismo sitio de adsorción, aumentando la disponibilidad de (P) en el suelo de la palma. (Bernal, 2010).

Los hongos beneficiosos del suelo y las raíces de las plantas trabajan juntos en armonía a través de la microbiota y las micorrizas del suelo. Las plantas les dan a los hongos el carbono 10 que se necesita para producir los compuestos involucrados en la fotosíntesis, y los hongos les dan a las plantas los nutrientes N y P que las raíces no pueden absorber a través del hongo. Los hongos también protegen las raíces del ataque de patógenos con sustancias como los antibióticos.

Los principales efectos de la simbiosis micorrízica arbuscular son los siguientes:

Al intercambiar enlaces disueltos en óxidos e hidróxidos de hierro (Fe) y aluminio (Al), las micorrizas pueden aumentar las concentraciones de fósforo (P) inorgánico al liberar protones y aniones de ácidos orgánicos como el citrato y el oxalato. El mismo autor menciona otro mecanismo, que es la mineralización de los organofosforados en forma de polifosfatos, en los que se libera fósforo (P) por acción de enzimas Mono, Di, Tri, esterasa y polifosfatasa producidas por hongos. La capacidad de absorber oligoelementos como cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y especialmente zinc (Zn) (Bernal, 2010).

2.2.6. Indicadores de calidad biológica del suelo

2.2.6.1. Macrofauna del suelo

Operan en una escala temporal y espacial más grande que los individuos más pequeños. La mayoría de ellos tienen un ciclo de vida largo (más de un año), una baja tasa de reproducción, un movimiento lento y poca capacidad de dispersión. Esto incluye herbívoros, comedores de detritos y carnívoros desde la perspectiva de la alimentación. (Brown et al., 2001).

Los animales de esta categoría tienen más de 2 mm de ancho. (Máster, 2004) y que pertenecen a distintos Filos, Clases y Órdenes (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de los organismos integrantes de la macrofauna.

Phylum	Clase	Sub-Clase	Orden	Nombre común
Annelida	Clitellata	-	Oligochaeta	
	Arachnida	-	Araneae	Araña
	Insecta			Coleóptera
Díptera				
Hemíptera				
Hymenóptera				
Homóptera				
Isóptera				
Orthoptera				
Arthropoda	Crustacea	-	Isópoda	
	Myriapoda	Chilopoda		
		Diplopoda		
Nematoda	Adenophorea	-	Mermithida	
Mollusca	Gasteropoda	-		

Participan en una variedad de procesos a través de su actividad física (abono del suelo, construcción de estructuras y corredores, consolidación del suelo) y metabólica (uso de los recursos orgánicos disponibles, creación de relaciones antagónicas y cooperativas). Interfieren con el ciclo de la materia orgánica y los nutrientes al descomponer las partículas para formar gránulos fecales y promover la actividad microbiana. Al redistribuir la materia orgánica y los microorganismos, la formación de partículas fecales y la mezcla del suelo con partículas orgánicas promueven la agregación. Al construir corredores, llevar el suelo de las capas inferiores del perfil a la superficie y mezclarlo, también alteraron la aireación, la infiltración y la textura. (Máster, 2004).

2.2.6.2. Importancia de la macrofauna del suelo

Dado que los nutrientes del suelo son importantes en la descomposición lenta de los desechos orgánicos y el proceso de ciclo de nutrientes, la biota del suelo tiene un impacto significativo en la dinámica de los nutrientes. Al hacer túneles y excavaciones, aumentar la porosidad y la infiltración de agua, perturbar y formar agregados estos organismos también tienen un impacto en las características físicas del suelo. (Lok, 2005).

2.2.6.3. Indicadores de fauna y monitoreo biológico de la calidad del suelo

El uso del cambio de bioma como indicador del cambio ambiental comenzó a principios del siglo XX cuando Kolkwitz y Marsson desarrollaron sistemas entre 1908 y 1909 (Gerald et al., 1995). Las áreas con grave degradación ambiental debido a la disposición de desechos orgánicos se clasifican según la presencia de ciertos organismos.

La elección de un indicador debe ser realizada para situaciones locales específicas (Etchevers et al., 2001) y los indicadores básicos deben ser útiles en un rango de situaciones ecológicas y socioeconómicas (Doran & Lincoln, 1999). Según estos autores, los indicadores deben:

- Estar relacionados con los procesos ecosistémicos
- Integrar propiedades y procesos físicos, químicos y biológicos del suelo, las cuales son difíciles de medir directamente.
- Ser relativamente fáciles de usar en condiciones de campo para poder ser evaluados por los productores.
- Ser sensibles a las variaciones de manejo y climáticas.

2.2.7. Biomasa microbiana

El número total de microorganismos vivos en una determinada cantidad de suelo o material. Carga microbiana bajo condiciones climáticas específicas (Cárdenas, 2008). Un autor señaló que la abundancia y biomasa de macroinvertebrados varió significativamente con el uso de hojarasca (tratamiento) y la profundidad (capa), donde las poblaciones más altas se obtuvieron en la capa superficial (hojarasca y 0–10 cm) y biomasa.

La presencia de macroinvertebrados depende completamente del uso del suelo y de la estabilidad del estado natural de los sistemas biológicos, en particular de la radiación solar (temperatura), la viscosidad relativa, la técnica de vegetación (segregación) y el compromiso de descomposición del suelo. (Porta et al., 1999).

2.2.8. La biodiversidad

La diversidad natural, o diversidad biológica, se refiere a la variación en la estructura de cada organismo vivo y su entorno. Los sistemas agroforestales tienen el mayor potencial para el monitoreo de la biodiversidad. Tienen abundantes especies de plantas, diferentes niveles de vegetación y árboles densos, que son esencialmente lo mismo que los bosques. (Pagiola & Ota, 1997).

Según Delgado y España (1999), la biodiversidad se define por el volumen y la organización de los datos naturales presentes en los sistemas biológicos en evolución. Aunque las redes de poblaciones y especies, así como los entornos biológicos, pueden considerarse en diversos niveles de importancia, Doran y Lincoln (1999) analizan los sistemas de calidad de vida que pueden.

2.2.9. Diversidad de especie

Las macrofaunas terrestre incluyen invertebrados que se pueden ver a simple vista y se encuentran completamente en el suelo. Para personas aisladas, estas criaturas invertebradas (gusanos, termitas, insectos, ciempiés, insectos, arañas, musarañas, cucarachas, cigarras, caracoles, escorpiones, pulgones, moscas y mariposas) pueden producir más de 1000 especies y alcanzar densidades y biomasa de más de 1.000.000 de individuos y más de una tonelada por hectárea, por separado. Estos organismos orgánicos se pueden categorizar en varias clases y son capaces de llevar a cabo una variedad de funciones dentro del sistema biológico (Etter, 1991). Existen numerosos artículos que miden la heterogeneidad local, como lo demuestra Franco (1989), pero el artículo basado en suposiciones de datos tiene el impulso más fuerte en relación con los artículos de equidad y heterogeneidad, independientemente de los cambios en los límites de Shannon-Weiner. Este último evalúa la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar vivan en algún lugar con especies similares de animales dentro de un área local ilimitada. Según un creador similar, es importante usar archivos que tengan en cuenta las especies más raras y menos comunes porque se cree que el premio por proteger la naturaleza está determinado por la variedad en la riqueza de especies. Como resultado, se utiliza el índice de Shannon Wiener.

2.2.10. Riqueza biológica

Franco (1989) afirma que debido a que la extravagancia de especies es una proporción del número de especies dado un número específico de personas o territorio y su valor es independiente del tamaño del ejemplo, la riqueza de especies es inherente a la idea real.

2.2.10.1. Diversidad alfa

Halfpeter y Col. (2001) indicaron que la cantidad de especies en regiones locales específicas debe considerarse homogénea. Utilizando un enfoque equilibrado, restringimos el término "diversidad alfa" en este sistema a configuraciones de tipos de grupos de marcadores que concuerdan en un espacio de escena unificado. Esta región sirve como unidad de prueba porque es una región de vegetación en la que nos enfocamos mucho como

ejemplo de una región local. Aunque Franco (1989) mostró que se han descubierto varios indicadores para evaluar la raza, debemos considerar los siguientes indicadores de heterogeneidad.

- **Índice de diversidad de Shannon - Wiener (H')**

Es una proporción que predice el nivel de vulnerabilidad que existe en especies donde los individuos son seleccionados al azar de un sitio. Para un número dado de razas y poblaciones de animales, la capacidad tendrá un valor base si todos los humanos tienen un sitio de cría de animales similar, y un valor más alto si todas las especies tienen un número similar de humanos.

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log p_i$$

Las cualidades obtenidas con esta lista está mayormente en el rango de 1,5 a 3,5, rara vez por encima de 4,5. La propiedad de Shannon-Wiener es su efecto sobre los cambios en la riqueza de especies raras; por lo tanto, es importante por razones de conservación. (Moreno, 2001).

- **Índice de Equitatividad**

Para establecer los resultados en un tamaño de calidades de 0 a 1, se utiliza el índice de equidad, cuya ecuación es la siguiente:

$$E = J = \frac{H'}{H_{MAX}}$$

2.2.11. Nutrientes en el suelo

Los productos químicos conocidos como nutrientes son sustancias que se disuelven en el suelo húmedo y son esenciales para la evolución saludable de una planta. Los nutrientes importantes son 13 elementos minerales. Son necesarios porque las plantas no pueden crecer si no hay concentración de estas sustancias en el suelo. Las sustancias químicas conocidas como fitoelementos, que normalmente se obtienen del suelo a través de las raíces de una planta y del aire a través de sus hojas, son más o menos esenciales para el crecimiento de las plantas. El contenido de nutrientes del suelo es necesario para el crecimiento adecuado de los cultivos.

Pero además de factores como el clima local y la estructura física, la cantidad de nutrientes aportados al suelo también depende de su estado químico, la presencia

de cultivos pasados y presentes, la actividad microbiana y más. Por lo tanto, la cantidad de fertilizante utilizado se puede conocer por estimación. (Zavala, 1999).

2.2.12. Características de las propiedades físicas del suelo

2.2.12.1. Textura del suelo

Diferentes proporciones de arena, limo y arcilla determinan la textura de cada capa (Guerrero, 2000). El suelo recomendado para los cultivos es el que ayude que sus raíces penetren con facilidad; tiene aireación, buena calidad de drenaje, buenas características de conservación de agua y nutrientes y estos requisitos mencionados se aplican a todos los tipos de suelo, desde franco arcilloso hasta franco arenoso (Crespo, 1997).

Tabla 2. Tamaño de las partículas del suelo

Nombre del componente	Diámetro (mm)
Arena gruesa	2,00-1,00
Arena media	0,50-0,25
Arena fina	0,25-0,10
Arena muy fina	0,10-0,05
Limo	0,05-0,002
Arcilla	menos de 0,002

Fuente: Sistema de clasificación USDA - Laboratorio de suelos UNAS

Los suelos arenosos son generalmente poco fértiles, a pesar de tener buen drenaje y aireación. Esto se debe a que los suelos arenosos están sujetos a cambios rápidos de temperatura. (Navarro, 2003).

2.2.12.2. Densidad aparente

La DA es definida como el peso seco por unidad de volumen de suelo intacto encontrándose en su estado natural, incluido el espacio poroso (Pinot, 2000). Los valores van desde 1,0 g/cm³ en suelo arcilloso, orgánico y bien estructurado hasta alrededor de 1,8 g/cm³ en suelo arenoso compactado. El suelo arenoso tiene vacíos totales relativamente bajos y alta densidad de compactación. La DA aumentó con la profundidad en el perfil del suelo debido a un menor contenido de materia orgánica, menor agregación y mayor compactación. (Aguilera & Martínez, 1996).

Los valores de densidad aparente se correlacionan claramente con otros aspectos del suelo, incluida la textura, el contenido de materia orgánica, la porosidad, la compactación, la conductividad térmica y la resistencia a la infiltración del suelo. Un valor de

densidad aparente bajo está relacionado con mejores condiciones generales de cultivo desde el punto de vista agrícola (Navarro, 2003). La Tabla 3 proporciona varios ejemplos de valores de DA, y está claro que el valor de esta propiedad reduce a medida que aumenta el contenido de arcilla del suelo. (Navarro, 2003).

Tabla 3. Valores de la densidad aparente (DA) de suelos

Clase textural	DA (g/cm ³)	Clase textural	DA (g/cm ³)
Arena	1,5 – 1,8	Migajón arcillo-limoso	1,15 – 1,3
Arena migajón	1,4 – 1,7	Arcilla arenosa	1,1 – 1,25
Migajón arenoso	1,3 – 1,5	Arcilla limosa	1,1 – 1,25
Migajón	1,2 – 1,4	Arcilla	1,05 – 1,2
Migajón limoso	1,15 – 1,4	Arcilla en agregados	0,9 – 1,1
Limo	1,15 – 1,4	Arcilla sódica	1,2 – 1,5
Migajón arcillo-arenoso	1,15 – 1,3	Arena compactada	1,8 – 1,9
Migajón arcilloso	1,15 – 1,3	Suelo orgánico	0,8 – 1,0

Fuente: Navarro, (2003).

En la Tabla 4, se muestran los resultados de la definición de la DA según la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000):

Tabla 4. Interpretación de resultados del cálculo de la densidad aparente (DA)

DA (g/cm ³)	Tipos de suelo
< 1,00	Orgánicos y volcánicos
	Minerales:
1,0 – 1,19	Arcilloso
1,20 – 1,32	Franco
> 1,32	Arenoso

Fuente: Navarro, (2003)

2.2.12.3. Resistencia a la penetración

Es la fuerza que resiste la introducción de un suelo en un determinado instrumento de sondeo, lo que da una idea de su dureza en las condiciones particulares del suelo que existen en ese momento particular. Su valor es un índice compuesto de compactación del suelo, contenido de humedad, textura, tipos de arcilla mineral, contenido de materia orgánica y estructura del suelo (Navarro, 2003). El penetrómetro de punta cónica de

30° es el sistema más popular creado para caracterizar la resistencia a la penetración. (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS [ASAE], 1998). Caracterizada por el uso de dos puntas cónicas determinadas por el diámetro de la base del cono (20,27 o 12,83 mm) (Ortizcañavate & Hernanz, 1989). La fuerza por unidad de área de la base del cono necesaria para mover la herramienta mediante de estrechos intervalos de profundidad se conoce como índice de cono (IC) y se mide con penetrómetros de cono como una medida de la rigidez del suelo. (ASAE, 1998).

El IC es una función de las variables mecánicas del suelo, aumenta con la compresión, se correlaciona con la cohesión molecular y disminuye con el aumento del contenido de humedad. Un valor crítico, que restringe severamente la penetración de la raíz por encima de 2 MPa, es otra relación significativa entre el IC y el crecimiento de la raíz (Silva et al., 2000). La contracción de las partículas constituyentes de los sólidos, conocida como compactación del suelo, provoca una reducción del espacio poroso y un aumento de los valores de densidad aparente. Cuando esto sucede, el desarrollo de la raíz también se ve limitado. Según la investigación de estos autores (Bengough & Mullins, 1991), existe una correlación directa entre la resistencia del suelo a la penetración y la penetración de las raíces. Por su parte, Zerpa (2006) explica la condición del suelo del desarrollo de la rizosfera de acuerdo con el RP de la capa de suelo utilizando la siguiente escala.

Tabla 5. Escala de resistencia a la penetración del suelo

RP (MPa)	Condición
$0 \leq RP \leq 0,9$	Sin restricciones:
$0,9 < RP \leq 1,14$	Leves restricciones
$1,4 < RP \leq 2$	Moderadas a severas restricciones
$RP > 2$	Restrictivo para el enraizamiento

Fuente: Zerpa (2006)

2.2.13. Características de las propiedades químicas del suelo

El pH de la reacción del suelo a sus constituyentes químicos, o nutrientes, se mide por la química del suelo. Su análisis es necesario para un rendimiento óptimo, un mejor manejo de la fertilización del cultivo y la selección de la planta más adecuada. (Acebedo et al., 2005).

2.2.13.1. Reacción del suelo (pH)

La reacción del suelo expresada por el pH puede ser la característica química más importante del suelo como medio para el crecimiento de las plantas. La disponibilidad de la mayoría de los nutrientes, así como las características químicas y biológicas del suelo, se ven significativamente afectadas por este efecto, lo que lo convierte en el más indirecto de todos. (Fassbender, 1987).

El pH expresa la cantidad de iones (H) en la tierra y las soluciones de agua, generalmente partes equivalentes por litro, y la escala de pH se construye como el logaritmo del recíproco (logaritmo negativo) de la actividad de los iones H⁺ en solución, este valor está representado por la ecuación:

La escala de pH se basa en una línea de números del 0 al 14. El número 7 corresponde a una solución neutra. El lado izquierdo de la escala representa la acidez, cuanto más lejos de 7, más fuerte es la acidez. Pero en suelo se encontraron valores entre 3,5 y 10. En la tabla 6 se muestran algunas conclusiones generales y valores de pH; sin embargo, la acidez y la alcalinidad se modifican de manera significativas con estos hallazgos debido a su importancia en el uso de la tierra. (Zavaleta, 1992).

Tabla 6. 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: Laboratorio análisis de suelos de la UNAS

El rango de pH entre 6,5 y 7,5 es ideal para el progreso de las plantas, y los valores de pH por encima o por debajo de este rango pueden ser tóxicos. Es más probable que surjan problemas en suelos con un pH entre 5,8 y 7,5 que en suelos con un pH más alto o más bajo. Un valor de pH de 5 o menos indica la ausencia de los siguientes elementos: Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺, o la presencia de elementos que inducen el tono del suelo como Zn²⁺, Al³⁺, Ni²⁺, etc. (Fassbinder y Bornemisza, 1987).

2.2.13.2. Materia orgánica

La materia orgánica o humus a la parte orgánica esencial en el suelo. El componente principal del suelo es la materia orgánica, definida como "una variedad de materia orgánica marrón y negra resultante de la descomposición de materia orgánica puramente vegetal". Dado que abarca un 5 % de N, su valor en el suelo se calcula al multiplicar su contenido total de N por 20 (Navarro, 2003).

Tabla 7. Niveles de la materia orgánica

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

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993)

Dado que el contenido de materia orgánica varía mucho según la región, el mismo valor numérico sería significativo allí. Como resultado, mientras que el 2% puede ser alto en un valle aluvial en la costa, es bajo en las montañas y promedio en el bajo Amazonas. Por lo tanto, es necesario evaluar los niveles bajo, medio alto y muy alto a nivel regional y en función de los requerimientos de un cultivo en particular.

2.2.13.3. El nitrógeno en el suelo

Como resultado, la mayor parte del N en los suelos minerales están en el material orgánico que las plantas y los microorganismos benéficos que una vez vivieron allí han dejado en el suelo. Las plantas no pueden utilizar este tipo de nitrógeno. El suelo también absorbe nitrógeno, que es más inflamable que otros nutrientes importantes para el crecimiento de las plantas. (Navarro, 2003).

Tabla 8. Niveles de contenido de nitrógeno.

Nivel	Nitrógeno (%)
Bajo	< 0,1
Medio	0,1 – 0,2
Alto	> de 0,2

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993)

2.2.13.4. El fósforo en el suelo

El segundo macronutriente que más limita el rendimiento es el nitrógeno. Se considera un nutriente importante para las plantas porque participa en muchos procesos bioquímicos a nivel celular. Entrada única del sistema es la adición de fertilizantes de fosfato, y su salida proviene de la eliminación del grano cosechado, así como de la erosión, la escorrentía y (menos importante) la lixiviación. (Navarro, 2003).

Tabla 9. 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)

2.2.13.5. El potasio en el suelo

Sirve como un nutriente crucial para los seres vivos. Para cumplir con sus requisitos de nitrógeno, los cultivos requieren mayor cantidad de este nutriente. Además de tener un impacto significativo en el equilibrio hídrico y el desarrollo de los meristemas, se sabe que el dióxido de potasio activa más de 60 enzimas que participan en una variedad de procesos metabólicos, incluida la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la síntesis de carbohidratos. El potasio ayuda en los procesos metabólicos que provocan el cuajado, la maduración, el crecimiento vegetativo y la calidad de la fruta. (Navarro, 2003).

Tabla 10. 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).

2.2.13.6. Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad del suelo para conservar cationes cargados positivamente como resultado de la carga negativa del suelo (complejo coloidal) hace que la CIC sea una de las propiedades más cruciales. Dado que las arenas y las margas tienen un bajo

contenido de arcilla coloidal y frecuentemente un bajo contenido de humus, tiene una correlación entre la textura y la variabilidad, que aumenta en suelos de textura fina y disminuye en suelos de textura gruesa. (Fassbender, 1987).

Los principales cationes involucrados en el desarrollo de los cultivos son calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), amonio (NH_4^+), sodio (Na) e hidrógeno (H). El crecimiento de las plantas se ve directamente afectado por los primeros cuatro nutrientes. La mayoría de los cationes en suelos ácidos son diferentes tipos de aluminio e hidrógeno.

Tabla 11. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico ($\text{pH} > 5.5$)

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

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993)

Tabla 12. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico ($\text{pH} < 5.5$)

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

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Realizada en plantaciones de una hectárea del cultivo de *E. guineensis* cuyas edades fueron de 1, 3, 5 y 7 años y se encuentran ubicadas en el centro poblado de Cachiyacu, distrito Pólvora, provincia Tocache, región San Martín. Así mismo, el trabajo de gabinete se realizó en el laboratorio de suelos de la UNAS, adscrita a la Facultad de Agronomía.

El centro poblado de Cachiyacu se encuentra ubicada en la Región Selva alta, a 9 Km., de la capital del distrito de Pólvora y a 15 minutos de viaje en Motokar (vehículo con más uso por los pobladores), ubicado en la coordenada UTM 314326.27 m Este y 9119078.62 m Norte con una altitud de 452 msnm en promedio.

3.1.1. Características de la zona de estudio

El área donde se encuentra localizada el centro poblado de Cachiyacu es plana el tipo de terreno predominante es de textura franco arenoso.

El terreno consiste en valles amazónicos, pongos, cascadas, cuevas y montañas escarpadas. La parte alta del área afectada presenta taludes y valles angostos, mientras que la parte baja se ensancha y presenta oleaje moderado hasta llegar a las márgenes del río Huallaga. Muchos arroyos y ríos torrentoso fluyen desde las montañas, formando cascadas y hermosos cañones.

Debido a la altura de 452 m.s.n.m, el área afectada esta ubicada en el piso altitudinal de Rupa Rupa, llamada Selva Alta. El clima es apto para la agricultura durante todo el año con una precipitación anual de 2000 mm, siendo el período más alto de enero a marzo y el más bajo de junio a agosto; los otros meses tienen precipitaciones moderadas. La temperatura media anual es de 28°C, ligeramente inferior en junio, julio y agosto, siendo 5°C superior a la media anual.

El suelo, muestra un deterioro en su calidad producto de la deforestación agresiva por el cultivo de la coca y por la extracción de madera por madereros ilegales y por los mismos agricultores ubicada en esta. La acidez del suelo es visible, la pérdida de suelo producto de los derrumbes aumentaron debido a las pendientes pronunciadas de los terrenos y se requiere urgentemente abordar este problema. La mitad del territorio son bosques de producción y protección, necesario para conservar el clima, el agua y la biodiversidad.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Machetes, martillo, navajas, lima (para afilar machetes), cuaderno de notas, palana recta, martillo, wincha de 50 m, bolsas plásticas de 10 x 20 cm. Matraz de Erlenmeyer, vaso de precipitación, probeta graduada, varilla, tamiz y estufa.

3.2.2. Equipos

GPS (Sistema de Posicionamiento Global) marca Garmin, cámara digital marca Kodak, flexómetro de 5 m. y balanza de precisión.

3.3. Variables por evaluar

En el estudio se consideró las variables independientes y dependientes:

3.3.1. Variables independientes

Tiempo de instalación de *E. guineensis*.

3.3.2. Variables dependientes

Las variables dependientes que evaluar fueron: propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, densidad, biomasa de la macrofauna y el índice de diversidad en el cultivo de *E. guineensis*.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Fueron las muestras de los suelos de las parcelas con diferentes años de instalación con palma aceitera.

3.4.2. Muestra de suelo

Por parcela en estudio se tomaron tres muestras (monolitos) a una profundidad de 10 cm, diferenciadas por estratos sucesivos de hojarasca y de 0 a 10 cm, para muestrear la macrofauna del suelo. Para el análisis de las características fisicoquímicas del suelo, por parcela en evaluación se tomaron tres muestras a nivel superficial (0 – 20 cm) de la capa arable de la tierra por parcela en estudio.

3.5. Tipo de investigación

El fin de estudio fue (Bernal, 2010):

- Observacional

Sin participación del investigador; la información reflejan la progresión natural de los eventos más allá del control del investigador.

- Prospectivo

Los datos necesarios para el estudio se recogieron (primariose) con fines de investigación. Por lo tanto, el sesgo de medición es un control.

- Transversal

Todas las variables se miden a la vez; se realizan comparaciones con este fin, todas son muestras independientes.

- Analítico

El análisis estadístico es al menos bivariado; en el nivel más básico, establece relaciones entre factores a medida que propone y prueba una hipótesis.

3.5.1. Nivel de investigación

Es de nivel explicativo ya que describe el comportamiento de una variable en términos de otras variables; dado que se trata de estudios causales, los controles son necesarios y deben cumplirse otros criterios de causalidad. Ajuste estadístico multivariante para rechazar asociaciones aleatorias, casuales o cuasialeatorias entre las variables independientes y dependientes. (Carrasco, 2005).

3.5.2. Método de investigación

Se utilizó un enfoque inductivo-deductivo porque nuestros hallazgos se generalizaron a partir del muestreo específico a la población de estudio a través de la inducción; por derivación obtuvimos muestras representativas de la población general (Carrasco, 2005)

3.6. Metodología

3.6.1. De las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, resistencia a la penetración del suelo) en plantaciones del cultivo *E. guineensis*

- Coordinación con el propietario de las plantaciones a evaluar

Se realizó la coordinación con el objetivo de visitar las plantaciones de *E. guineensis* de 1, 3, 5, 7 años, en el centro poblado de Cachiyacu para confirmar el día para realizar la toma de muestras de suelos y de microorganismos, se ubican a la margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde Terry con destino a la ciudad de Juanjui.

- Georreferenciación de los sistemas de plantaciones

Para la investigación se localizaron parcelas de plantaciones de *E. guineensis* de 1, 3, 5 y 7 años de edad y se realizó un trabajo de campo georreferenciado en base al método del proyecto de tesis.

- Muestreo de suelos

Se ubicó cuatro parcelas plantadas con eucalipto guinea de 1, 3, 5 y 7 años en el centro densamente poblado de Cachiyacu y luego se muestrearon en consecuencia. El suelo se muestrea al azar en un patrón en zigzag, y se toma 25 muestras parciales con una pala recta, se almacenan en una bolsa de yute y, después de la homogeneización, se toma una muestra de 1 kg y se envía al Laboratorio de Suelos de la facultad de Agronomía.

- Estimación de las propiedades físicas

En la siguiente tabla 13 se describe el procedimiento para cada una de las propiedades físicas del suelo que se determinan:

Tabla 13. Métodos para determinar los indicadores físicos.

Indicadores físicos	Método
Textura del suelo	Método del hidrómetro de bouyoucos
Densidad aparente	Volumen, peso húmedo y seco del suelo
Resistencia a la penetración	Penetrometro (análogo)

Fuente: (Moscatelli *et al.*, 2005); (Acevedo *et al.*, 2005)

- Densidad aparente

Primero se localizan los focos de prueba y se limpia un intervalo de 40 x 40 cm en ambos lados para calcular el espesor aparente, y con un martillo y un camino ascendente hacia el suelo, coloque la cámara de metal hasta cubrir su superficie; se extrae una cámara con una muestra de suelo, se presiona una cuchilla alrededor del borde de la cámara de metal y se lleva al centro de investigación de tierra de agronomía. Luego, la muestra de suelo fue colocada en una columna giratoria a 105 °C por 72 horas registrándose la carga seca del suelo, lo que permitió calcular el espesor del espacio mediante la fórmula. Luego se registraron las estimaciones y pesos de la cámara y el nuevo peso del piso.

$$\text{Densidad aparente } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{\text{Peso del suelo seco}}{\text{Volumen del suelo}}$$

- Resistencia a la penetración del suelo

Se marcan los primeros puntos de muestreo, se limpia el área y se hace un corte de suelo para llevar el penetrómetro en dirección horizontal con la sección transversal del corte hecha para determinar la resistividad del suelo. Se muestra en el suelo antes de tomar las lecturas de un penetrómetro, que se registran en kg/m².

3.6.2. De las propiedades químicas del suelo (reacción del suelo o pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, C.I.C.) en plantaciones del cultivo *E. guineensis*

Se recogió las muestras de suelo de las cuatro parcelas con cultivos de *E. guineensis* de 1, 3, 5, 7 años, en el centro poblado de Cachiyacu, donde algunas características se determinó en el lugar y los otros se llevaron al Laboratorio de Suelos de la UNAS, para analizarlos.

Para determinar materia orgánica (porcentaje MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, nitrógeno total (Nt), fósforo asimilable (Pasim), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), alcalinidad total y acidez variable, se tomaron muestras a la profundidad efectiva de cada punto de evaluación. Para evaluar la fertilidad del suelo, aplicaron la siguiente técnica. (Tabla 14).

- Estimación de las propiedades químicas

El proceso descrito a continuación se utiliza para determinar la composición química del suelo:

Tabla 14. Métodos para determinar los indicadores químicos.

Indicadores químicos	Método
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo o pH	Método del potenciómetro
Nitrógeno Total	Método de Kjeldahl
Fósforo disponible	Método de Olsen
Potasio disponible	Método del Ácido sulfúrico
C.I.C	Método del Acetato

Fuente: (Moscatelli *et al.*, 2005); (Acevedo *et al.*, 2005).

3.6.3. De las propiedades biológicas de la macrofauna del suelo (densidad (ind.m²), biomasa (g.m⁻²) en plantaciones de *E. guineensis*

- Muestreo de macrofauna

El método de muestreo de macrofauna del suelo para la evaluación es parecido al sugerido por el Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Anderson & Ingram, 1993). Como unidad fundamental de muestreo del sistema se utiliza un monolito de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profundidad. (Figura 1).

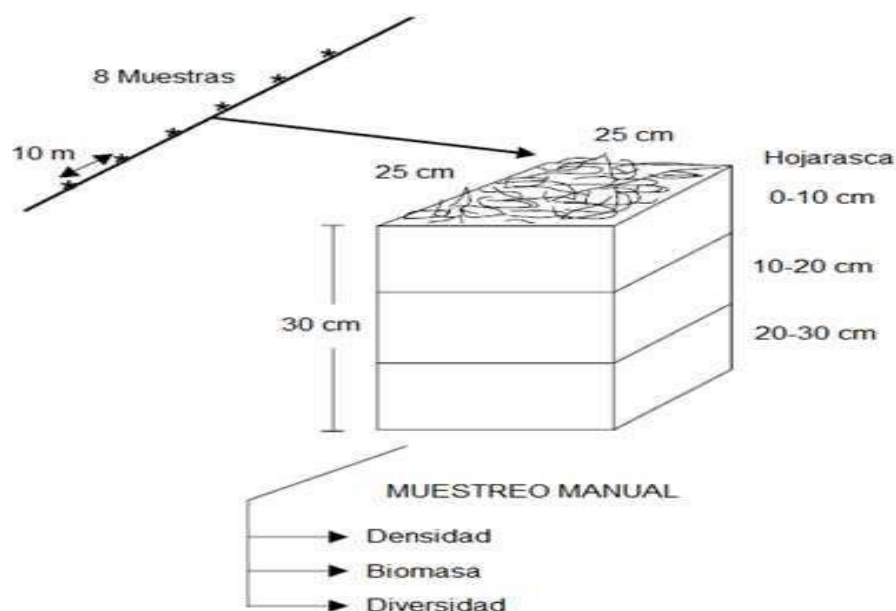


Figura 1. Metodología de muestreo para macrofauna del suelo ((TSBF, IUBS/UNESCO).

Se tomaron tres muestras (monolitos) por cada parcela descrita para evaluar las variables de densidad individual (ind/m^2) y biomasa (g/m^2); Se realizaron un total de doce puntos de muestreo. En cada muestra se separaron individuos de dos estratos sucesivos (hojarasca, de 0 a 10 cm), que representaron un monolito, como se muestra en la Figura 1. La macrofauna se definió como cualquier ser vivo mayor de 2 mm. Los artrópodos recolectados en cada unidad de muestreo se almacenaron en frascos con alcohol al 70%, mientras que las lombrices se mantuvieron en frascos con formalina al 4%. Los macroinvertebrados fueron contados, pesados e identificados al nivel de orden taxonómico después de eso.

- **Densidad**

De acuerdo con varios años de cultivo de palma aceitera, se estimó cuantitativamente la densidad ($\text{individuos}/\text{m}^2$) de cada capa (hojas muertas, 0-10, 10-20 y 20-30 cm). Los datos de cada punto de muestra se multiplicarán por 16 y conseguir el número de personas por m^2 (ind/m^2) porque cada punto de muestreo utiliza un cuadrado de 25 cm de lado, que es igual a $1/16 \text{ m}^2$. (Correia & Oliveira, 2000).

- **Biomasa**

La biomasa (g/m^2) se calculó utilizando nuevas métricas para individuos en diferentes actividades de manejo del suelo, utilizando balances analíticos. Las unidades son gramos de peso fresco (g/m^2), primero por capa y luego se suman para definir la biomasa total por parcela de estudio.

3.6.4. De la diversidad alfa de la macrofauna del suelo en plantaciones del cultivo *E. guineensis*

- Diversidad

La diversidad medirá la riqueza de especies (número de especies) encontradas en cada parcela de evaluación. Se utilizó los indicadores siguientes:

Riqueza de especies (S'), que en nuestro caso será el número de órdenes encontrado en cada uno de los tiempos de cultivo.

Índice de Shannon-Wiener (H'), según la ecuación siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \ln \times p_i) \dots\dots\dots(1)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N} \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

- H' : Índice de Shannon-Wiener que en un contexto ecológico.
 S : Número de especies o unidades taxonómicas
 n_i : Abundancia de la especie i
 N : Número total de individuos
 \ln : Logaritmo natural

Índice de Equidad (J): Magurran, (1989); Begon, Harper & Townsend, (1995); Ramírez, (1999).

$$J = \frac{H'}{\ln S} \dots\dots\dots(3)$$

Dónde:

- H' : Índice de diversidad de Shannon-Wiener.
 S : Número de especies o unidades taxonómicas.
 \ln : Logaritmo natural.

3.6.5. Análisis estadístico

Se evaluaron las características fisicoquímicas del suelo de plantaciones de *E. guineensis* fueron evaluadas mediante un diseño completamente al azar (DCA). El factor de evaluación del "tiempo de siembra" tiene niveles de 1 año, 3 años, 5 años y 7 años, repetidos 4 veces, y la muestra de suelo. La unidad experimental estuvo constituida por 16 muestras de suelo con una zona de experimento de 1 ha/ha por unidad. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de F a un nivel de α : 0.05 y comparación de medias a través la prueba de TUKEY a un nivel de α : 0.05.

Las características biológicas del suelo con el cultivo de *E. guineensis* se evaluó a través el diseño completo al azar (DCA) con cuatro repeticiones y a dos profundidades, a nivel de hojarasca y a 10 cm. El factor en análisis es: Tiempo de cultivo (parcelas de 1, 3, 5 y 7 años). El modelo apropiado, es el Modelo I o de efectos fijos, para un DCA. La unidad experimental está conformada por 24 muestras (Subunidades experimentales) en una zona experimental de 1 ha. El ANOVA y la prueba F se realizarán en el nivel α : 0,05, y la comparación de medias con la prueba de Tukey también se realizará en el nivel α : 0,05. Los datos de densidad de macrofauna (ind.m²) y biomasa (g.m²) se normalizaron a: $\sqrt{x} + 0.357$

Tabla 15. Descripción por la combinación de los factores en estudio.

Descripción	Tratamiento
Tiempo de cultivo de <i>E. guineensis</i> de 1 año	T ₁
Tiempo de cultivo de <i>E. guineensis</i> de 3 año	T ₂
Tiempo de cultivo de <i>E. guineensis</i> de 5 año	T ₃
Tiempo de cultivo de <i>E. guineensis</i> de 7 año	T ₄

Tabla 16. Modelo del análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	Fc
Tiempo de cultivo	t - 1	SC _{TR}	CM _{TR} = SC _{TR} /t-1	CM _{TR} / CM _E
Error	T-t	SC _E	CM _E = SC _E /T-t	
Total	T - 1	SC _T		

Las propiedades físicas y químicas serán las variables ANVA que se observen (medidas) y analicen estadísticamente.

El modelo aditivo lineal del experimento es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

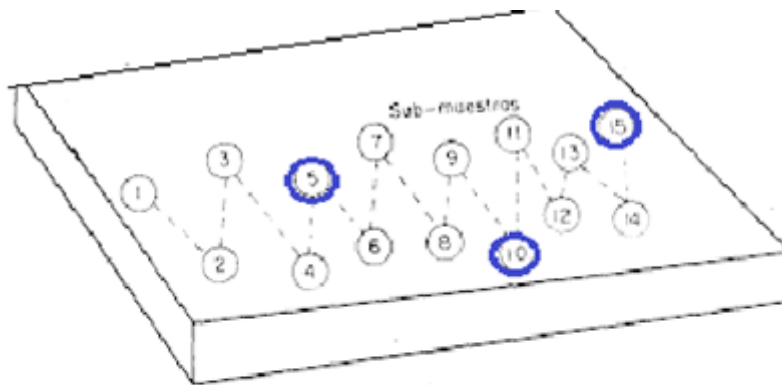
Donde:

Y_{ij} = Observación de la variable respuesta

μ = Efecto medio verdadero

τ_i = Efecto del tratamiento

ε_{ij} = Efecto del error experimental.



Area: 1 ha

Cultivo: Plantación de *E. guineensis* de 1,3,5,7 años

Tratamiento: Tiempo de cultivo

Repetición: 4 Rep (cada 8 muestras)

Muestreo: en zig zag

Figura 2. Distribución del tratamiento y las repeticiones.

3.6.6. Etapa de gabinete

En esta fase, la información recolectada en el campo y en el laboratorio se analizaron, ordenaron y procesaron para producir tablas utilizando Microsoft Excel 2013 y el software estadístico Infostat.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. De las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, resistencia a la penetración del suelo) en plantaciones del cultivo *E. guineensis*

4.1.1. Densidad aparente

Según los resultados obtenidos del ANOVA para la DA del suelo mostrado en la Tabla 17, denotan que a un nivel de confianza del 95% existen evidencias estadísticas que afirma que los promedios de DA en el suelo de los sistemas de uso en análisis son diferentes. Así mismo podemos añadir que el coeficiente de variación es de 15.44% indicando que la influencia ambiental en la dispersión de los datos tiene ese valor.

Tabla 17. Análisis de varianza para la variable densidad aparente (g/cm³).

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Tiempo de plantación	3	0.657	0.219	70.71	0.0357	*
Error	8	0.025	0.003			
Total	11					

CV (%):15.44

La prueba de comparación de medias de Tukey mostrado en la Tabla 18, deduce que los cultivos con *E. guineensis* de 7 años, 5 años y el de 3 años son iguales estadísticamente. De esto se deduce que el cultivo con *E. guineensis* de todas las parcelas instaladas según los valores están dentro de un suelo franco a arcilloso (Navarro, 2003) y la plantación de 1 año se encuentra dentro de suelos arcillosos. Navarro (2003) menciona que de acuerdo a la norma oficial mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000): Las plantaciones de 7 y 5 años se ubican en suelos francos, tengamos en cuenta la densidad aparente (DA) de los suelos, según Navarro, (1994), es el vínculo entre la masa de un sólido y el volumen total que ocupa (incluido el espacio poroso entre las partículas sólidas), a partir de la cual podemos distinguir el tipo de suelo en el que se desarrollan los cultivos. Jaramillo, (2003) confirmó que los suelos arenosos generalmente tienen valores más altos, de 1,35 a 1,85 kg/dm³. Podemos decir que los resultados obtenidos de las densidades aparentes de las siembras de *E. guineensis* a los 7 años, 5 y 3 años se instalaron en suelos francos y 1 año en suelos arcillosos.

Tabla 18. Valores promedio de la densidad aparente del suelo (g/cm^3)

Tiempo de plantación	Promedio (g/cm^3)	Sign. Alpha 0.05
07 años	1,26	a
05 años	1,20	a
03 años	1,22	a
01 año	1,00	b

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$), según prueba de Tukey

4.1.2. Resistencia a la penetración

El análisis de varianza de las variables resistencias a la infiltración del suelo que se muestra en la Tabla 19 mostró que había evidencia estadística al 95% de nivel de confianza de que las medias obtenidas para cada tiempo de incubación eran iguales.

Tabla 19. Análisis de varianza para variable resistencia a la penetración del suelo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Tiempo de plantación	3	0,319	0,106	55,28	0,0654	NS
Error	8	0,015	0,002			
Total	11					

CV (%):8.82

La prueba de comparación de medias de Tukey mostró que los valores de resistencia a la infiltración del suelo fueron estadísticamente iguales para todas las parcelas de acuerdo con las calificaciones de resistencia a la infiltración del suelo de Zerpa (2006) (Tabla 20), que contó los suelos restrictivos para el enraizamiento. Autores como Bengough y Mullins (1991) mencionan que la compactación del suelo reduce el espacio poroso y dificulta el crecimiento de raíces, según Silva et al. (2000), en función de las variables mecánicas del suelo, esta reduce al aumentar el contenido de humedad, ya que se relaciona con la cohesión molecular, y acrecienta con la compresión, por lo que esto ayudará a regar las plantaciones, al parecer, se deben sumar más variables para evaluar el crecimiento. Los valores que se muestran presentan de moderadas a severas restricciones para el enraizamiento de los cultivos.

Tabla 20. Promedio de resistencia a la penetración del suelo (kg/m²)

Tiempo de plantación	Promedio (kg/m ²)	Sign. Alpha 0.05
01 año	1,40	a
05 años	1,50	a
07 años	1,55	a
03 años	1,60	a

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$), según prueba de Tukey

4.2. De las propiedades químicas del suelo (reacción del suelo o pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible) en plantaciones del cultivo *E. guineensis*

4.2.1. Reacción del suelo o pH

El ANOVA reflejado en la Tabla 21, a un nivel de confianza del 95% evidencia que no existen diferencias estadísticas significativas para el tiempo de plantación del cultivo de las parcelas de *E. guineensis* en los valores promedios de la reacción del suelo o pH.

Tabla 21. Análisis de varianza para variable reacción del suelo o pH.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Tiempo de plantación	3	0,18	0,06	3,00	0,0728	NS
Error	12	0,24	0,02			
Total	15	0,42				

CV (%):3,45

A un nivel de confianza del 95% para la prueba Tukey indica que la parcela de 5, 3 y 7 años presentan valores entre 4.20 hasta 3.95 (tabla 22), los cuales están por debajo de 5 y presentan un nivel de pH extremadamente ácido, Fassbender (1987) Menciona que la reacción del suelo, que se expresa como pH, es posiblemente la característica química mayormente importante de la tierra como medio de crecimiento de las plantas y según la tabla de valores todos presentan un pH con valores menores de 4.5, en un nivel extremadamente ácido. Fassbender & Bornemisza (1987) indican que el pH favorable para el crecimiento de cultivos esta dado entre los valores de pH de 6.5 y 7.5 pH mayores o menores a este rango ocasionaran problemas por toxicidad. Esto determina que las cuatro parcelas presentan suelos extremadamente ácidos y es casi seguro que todas las plantaciones de *E. guineensis* en la región San Martín se desarrollen en esas condiciones, haciendo necesario un buen plan de abonamiento.

Tabla 22. Promedio de reacción del suelo o pH.

Tiempo de plantación	Promedio	Sign. Alpha 0.05
01 años	4,20	a
07 años	4,20	a
03 años	4,05	a
05 años	3,95	a

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$), según prueba de Tukey

4.2.2. Materia orgánica

El ANOVA (Tabla 23) define que a un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que no existen diferencias estadísticas significativas para el tiempo de plantación del cultivo *E. guineensis* con respecto a la variable materia orgánica del suelo.

Tabla 23. Análisis de varianza para la variable materia orgánica.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Tiempo de plantación	3	0,06	0,02	1,31	0,3151	NS
Error	12	0,17	0,01			
Total	15	0,23				

CV(%):7,62

En la Tabla 24 se observa la prueba de semejanzas de promedios de Tukey donde indica que la parcela de 7 años tiene el máximo porcentaje de materia orgánica con 0,69% con respecto a las demás parcelas, siendo la parcela de 1 año con el menor valor con 0,55%, según Soil Survey Staff (1993) la parcela de 1 año presenta un bajo o pobre de materia orgánica, así como las demás parcela de 7, 3 y 5 años, podríamos decir que por la edad estos valores se obtienen por el poco aporte de materia orgánica por parte de la especie, por la poca adición de materia orgánica en el abonamiento y otros aspectos que resultarían necesarios para obtener resultados diferentes, podríamos añadir también que la ubicación de la plantación también juega un papel importante, según Navarro (2003) mostró que el contenido de materia orgánica varió mucho, con un contenido de materia orgánica superior al 2% en los valles aluviales costeros y un promedio inferior en las tierras altas y bajas amazónicas. Por lo tanto, los niveles medios, altos y muy altos deben evaluarse regionalmente y de acuerdo con las necesidades de cultivos específicos.

Tabla 24. Valores promedio de materia orgánica presente en el suelo (%).

Tiempo de plantación	Promedio	Sign. Alpha 0.05
07 años	0,69	a
03 años	0,69	a
05 años	0,63	a
01 año	0,55	a

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p <= 0.05$), según prueba de Tukey

4.2.3. Nitrógeno disponible

La Tabla 25 muestra que el ANOVA realizado al 95% de nivel de confianza no muestra diferencia estadísticamente significativa para confirmar que el tiempo de siembra de los cultivos de *E. guineensis* es diferente a la variable nitrógeno disponible en el suelo, es decir, todos son estadísticamente iguales.

Tabla 25. Análisis de varianza para variable nitrógeno disponible en el suelo (%).

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Tiempo de plantación	3	0,00023	0,00007	1,64	0,2331	NS
Error	12	0,00055	0,00005			
Total	15	0,00078				

CV (%):20,06

La prueba de comparación de medias de Tukey al tiempo de plantación del cultivo *E. guineensis* (Tabla 26), se observa que los suelos de la parcela con 07 años obtuvo mayor nivel de nitrógeno disponible en el suelo con 0.04%, con valores similares las parcelas de 5 y 3 años, también con valores de 0.04%, de acuerdo a los valores sugeridos por la Soil Survey Staff (1993) presenta un nivel bajo de contenido de N disponible.

Tabla 26. Valores promedio de nitrógeno disponible en el suelo (%).

Tiempo de plantación	Promedio	Sign. Alpha 0.05
07 años	0,04	a
05 años	0,04	a
03 años	0,04	a
01 año	0,03	a

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p <= 0.05$), según prueba de Tukey

4.2.4. Fósforo disponible

Un análisis de varianza para la disponibilidad de fósforo en la tierra a un nivel de confianza del 95% muestra que en el Tabla 27 hay una diferencia estadísticamente significativa de que el tiempo de siembra varía para el fósforo disponible de *E. guineensis*.

Tabla 27. Análisis de varianza para la variable fósforo disponible en el suelo (ppm)

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Tiempo de plantación	3	2,38	0,79	3,56	0,0476	*
Error	12	2,67	0,22			
Total	15	5,05				

CV (%):8.33

La prueba de comparación de promedios de Tukey a un 95% de confianza muestran diferencias significativas entre los promedios de fósforo disponible del suelo con los diferentes tiempos de plantación del cultivo *E. guineensis* (Tabla 28). La parcela de 7 años de edad mostró el mayor valor de Fósforo disponible con 6,30 ppm con respecto a las demás parcelas y el menor valor la parcela de 3 años con 5,29 ppm, la Soil Survey Staff (1993) afirma que todas las parcelas o sea 7, 5, 1 y 3 años están con un nivel bajo de P disponible, El fósforo es un nutriente crucial para las plantas y está presente en numerosas fases bioquímicas a nivel celular, si todas las parcelas se encuentran bajo un nivel normal de este macronutriente quiere decir que cualquier problema que presenten las parcelas no se deberá a la deficiencia del mismo, según Navarro (2003).

Tabla 28. Promedio de fósforo disponible (ppm) en el suelo.

Edad de plantación	Promedio (ppm)	Sign. Alpha 0.05
07 años	6,30	a
05 años	5,63	a b
01 año	5,45	b
03 años	5,29	b

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p <= 0.05$), según prueba de Tukey

4.2.5. Potasio disponible

El ANOVA con un 95% de confianza (Tabla 29) nos permite confirmar que el valor medio de la disponibilidad de potasio en el suelo a lo largo del tiempo para sembrar

cultivos es diferente, y existe una diferencia significativa entre los tiempos medios de siembra de de *E. guineensis*.

Tabla 29. Análisis de varianza para la variable potasio disponible en el suelo (ppm).

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Tiempo de plantación	3	13 786,89	4595,63	40,19	0,0001	*
Error	12	1 372,13	114,34			
Total	15	15 159,02				

CV (%):17.97

A un nivel de confianza del 95% mediante la prueba de Tukey (Tabla 30) podemos afirmar que hay diferencias significativas entre los promedios de potasio en el suelo, siendo los suelos con plantación de 07 años quien mostró mayor promedio con 107.58 ppm, determinando esto que es un suelo con niveles de potasio disponible muy bajo, según la Soil Survey Staff (1993). Según Navarro (2003), es un nutriente necesario para todos los seres vivos. Los cultivos requieren una gran cantidad de este nutriente para cubrir sus necesidades de nitrógeno, podemos decir entonces que de acuerdo con el requerimiento nutricional del cultivo podríamos añadir o conservar la cantidad de potasio disponible en el suelo, debido a que la parcela de 3 años con *E. guineensis* presenta niveles de potasio disponible en el suelo muy bajo, cabe añadir que estos valores obtenidos representan un suelo con poco manejo del suelo, referente al nivel nutricional o de fertilidad con este cultivo establecido que de acuerdo a estos resultados no tendría las condiciones óptimas para sostener a la planta y por ende en todo el cultivo.

Tabla 30. Valores promedio de potasio en el suelo (ppm).

Tiempo de plantación	Promedio	Sign. Alpha 0.05
07 años	107,58	a
05 años	56,49	b
03 años	44,46	b c
01 año	29,50	c

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$), según prueba de Tukey

4.3. De las propiedades biológicas de la macrofauna del suelo (densidad (ind.m²), biomasa (g.m⁻²) en plantaciones del cultivo *E. guineensis*

4.3.1. Densidad total de individuos de la macrofauna del suelo (ind/m²)

ANOVA (Tabla 31) con un nivel de confianza del 95% de la densidad total de la macrofauna del suelo individual según el tiempo de cultivo de los cultivos de *E. guineensis* mostró una diferencia estadísticamente significativa para confirmar el tiempo de cultivo en diferentes niveles de hojarasca en el suelo. Esto significa que al menos un período de incubación del *E. guineensis* será diferente.

Tabla 31. Análisis de varianza para la variable densidad de individuos en el suelo (ind/m²) a nivel de la hojarasca del suelo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Tiempo de plantación	3	238920,31	79640,10	781,62	0,0001	*
Error	12	1 222,69	101,89			
Total	15	240 143,00				

CV (%):1.87

Realizada la prueba de Tukey (Tabla 32) a un nivel de confianza del 95% encontramos que para el factor Tiempo de plantación del cultivo se observa que la parcela de 7 años a nivel de hojarasca del suelo tiene el mayor valor promedio con 709,67 ind/m² al respecto Lok (2005) mencionó que estos organismos afectan las propiedades físicas del suelo formando túneles y corredores, aumentando y alterando la porosidad y la infiltración de agua, y creando agregados, los resultados obtenidos muestran una cantidad apreciable de individuos por m² denotando que son suelos con actividad de la macrofauna desde la parcela más antigua, hasta la parcela más nueva. Según Etchevers et al. (2001) la elección de un indicador con respecto a la macrofauna se realiza para situaciones locales especificadas y estos indicadores de la presente investigación nos da una idea de cuanta es la actividad de la macrofauna que está en relación directa con la cantidad encontrada, según Master (2004) La producción de gránulos fecales y la mezcla del suelo con partículas orgánicas mejoran la agregación del suelo y la macrofauna en general contribuye a estas ganancias.

Tabla 32. Valores promedio del tiempo de cultivo mediante la variable densidad de individuos a nivel de hojarasca en el suelo (ind/m²).

Tiempo de plantación	Promedio	Sign. Alpha 0.05
07 años	709,67	a
05 años	560,40	b
03 años	519,40	c
01 año	366,49	d

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p <= 0.05$), según prueba de Tukey

El ANOVA de la densidad total de la macrofauna del suelo individual al nivel de confianza del 95% según la época de siembra de los cultivos de *E. guineensis* a nivel de hojarasca en el suelo (Tabla 33) mostró que hubo diferencias estadísticamente significativas, lo que confirma que la capa de suelo de 10 cm varió durante el cultivo. Esto significa que al menos un período de incubación del *E. guineensis* será diferente.

Tabla 33. Análisis de varianza para la variable densidad de individuos en el suelo (ind/m²) a nivel de 10 cm del suelo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Tiempo de plantación	3	5254,54	1751,51	25,15	0,0001	*
Error	12	835,66	69,64			
Total	15	6090,21				

CV (%):7.31

Realizada la prueba de Tukey (Tabla 34) aun no siendo significativa en el análisis de varianza a un nivel de confianza del 95% se encontró que para el factor Tiempo de plantación del cultivo de *E. guineensis* muestra que la parcela de 7 años su valor promedio es mayor con 141,66 ind/m², según Porta et al. (1999) muestra que la presencia de macroinvertebrados varía totalmente según el tipo de uso del suelo y la estabilidad del estado natural de todo el sistema biológico, en particular de la temperatura, la humedad relativa, la técnica de vegetación (desprendimiento) y la tarea de descomposición de la materia orgánica en el suelo, añade Etter (1991) que la macrofauna terrestre son organismos invertebrados macroscópicos que viven total o principalmente en la tierra o rápidamente en la tierra. Estos organismos realizan diferentes funciones en los sistemas biológicos y se pueden clasificar en distintas medidas útiles, así mismo Pagiola & Ota (1997) comentan que las áreas agrícolas y forestales son ricas en especies de plantas, con diferentes niveles de vegetación y árboles

densos, que son esencialmente lo mismo que los bosques, donde se encuentran una gran diversidad de especies de macrofauna del suelo, en nuestro caso al ser un cultivo con características diferentes pero donde se trabaja con cobertura es normal encontrar también especies de macrofauna con los valores de densidad encontrados.

Tabla 34. Valores promedio del tiempo de cultivo mediante la variable densidad de individuos a nivel de 10 cm del suelo (ind/m²).

Tiempo de plantación	Promedio	Sign. Alpha 0.05
07 años	141,66	a
05 años	118,26	b
01 año	102,68	c
03 años	93,94	c

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$), según prueba de Tukey

4.3.2. Biomasa de individuos de la macrofauna del suelo (g/m²)

Con un nivel de confianza del 95 %, ANOVA para la biomasa de macrofauna del suelo individual al momento de la siembra para cultivos de *E. guineensis* (Tabla 35) mostró diferencias estadísticamente significativas, lo que respalda las diferencias en los niveles de hojarasca del suelo al momento de la siembra. Esto significa que al menos un período de incubación del *E. guineensis* será diferente.

Tabla 35. Análisis de varianza para la variable biomasa de individuos en el suelo (g/m²) a nivel de hojarasca del suelo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Tiempo de plantación	3	140,13	46,71	223,55	0,0001	*
Error	12	2,51	0,21			
Total	15	142,64				

CV (%):3.10

Realizada la prueba de Tukey (Tabla 36) aun no siendo significativa en el análisis de varianza a un nivel de confianza del 95% se encontró que para el factor Tiempo de plantación del cultivo a nivel de hojarasca del suelo, resaltando que la parcela de 7 años tiene el mayor valor promedio con 18,65 g/m², según Cárdenas (2008) dice que la cantidad de microorganismos encontrados están determinados por un clima específico, en ese sentido cabe citar también a Porta et al. (1999), quienes también argumentaron que la fluctuación de estos

valores depende únicamente del uso y la estabilidad del estado natural del sistema biológico, en particular, la radiación solar (temperatura), la viscosidad relativa, la técnica de vegetación (segregación) y la flora de descomposición, sugiriendo que el crecimiento de la biomasa depende de propiedades benéficas que no se encuentran en las plantas, es decir que la biomasa encontrada no es la óptima, y confirma el criterio señalado por Doran y Lincoln (1999) de que estos indicadores básicos deberían ser útiles en varias situaciones ecológicas y socioeconómicas. Estos autores sugieren que los indicadores deben mapear los procesos de los ecosistemas, incorporar características y fases físicas, químicas y biológicas de la tierra difíciles de medir, ser razonablemente simples de usar en el campo y ser analizados por los productores con implicaciones para el manejo y el clima.

Tabla 36. Valores promedio del tiempo de cultivo mediante la variable biomasa de individuos a nivel de hojarasca del suelo (g/m^2).

Tiempo de plantación	Promedio	Sign. Alpha 0.05
07 años	18,65	a
05 años	15,85	b
03 años	13,98	c
01 año	10,50	d

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$), según prueba de Tukey

Un ANOVA (Tabla 37) con un nivel de confianza del 95 % en comparación con la densidad total de individuos de la macrofauna sobre el suelo en el momento del cultivo de *E. guineensis* a 10 cm sobre el nivel del suelo mostró que la diferencia es estadísticamente significativa para confirmar que el tiempo de cultivo a diferentes niveles de distintos desechos del suelo. Es decir, al menos uno de los cultivos de *E. guineensis* será diferente.

Tabla 37. Análisis de varianza para la variable densidad de individuos en el suelo (ind/m^2) a nivel de 10 cm del suelo.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	p-valor	Sig 0.05
Tiempo de plantación	3	93,50	31,17	38,88	0,0001	*
Error	12	9,62	0,80			
Total	15	103,12				

CV (%):7.73

Realizada la prueba de Tukey (Tabla 38) aun no siendo significativa en el análisis de varianza a un nivel de confianza del 95% encontramos que para el factor Tiempo de

plantación del cultivo todas son iguales estadísticamente, resaltando que la parcela de 7 años tiene el mayor valor promedio con 15,42 g/m² al respecto Brown et al. (Con respecto a Brown et al. (2001) demostraron que los animales del suelo más grandes funcionan en escalas espaciales y temporales más grandes que los más pequeños. La mayoría tiene ciclos de vida prolongados (un año o más), bajas tasas de reproducción, migración lenta y dispersión ineficaz. Comprende criaturas herbívoras, carnívoras y depredadoras desde el punto de vista de la alimentación, por lo que la ubicación de colecta de macrofauna juega un papel importante a la hora del análisis, si estos valores son similares estadísticamente podemos afirmar que se ha realizado un buen muestreo en los dos niveles tanto a nivel de hojarasca y a 10 cm, además podemos decir que los tiempos de cultivo y monolitos con respecto a la biomasa muestran esos valores por ser un cultivo.

Tabla 38. Valores promedio del tiempo de cultivo mediante la variable biomasa de individuos a nivel de 10 cm del suelo (g/m²).

Tiempo de plantación	Promedio	Sign. Alpha 0.05
07 años	15,42	a
05 años	11,85	b
03 años	9,81	c
01 año	9,25	c

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$), según prueba de Tukey

4.4. De la diversidad alfa de la macrofauna del suelo (densidad (ind.m²), biomasa (g.m⁻²) en plantaciones del cultivo *E. guineensis*

4.4.1. Riqueza específica por orden en la macrofauna del suelo (ind/m²)

En la Tabla 39 se detalla los resultados de abundancia por orden determinados por cada parcela en estudio.

Tabla 39. Sumatoria de individuos por m² en plantaciones de *E. guineensis*.

Ordenes	Número de ind/m ² en cada parcela							
	1 año	%	3 años	%	5 años	%	7 años	%
Araneae	135	10,57	132	12,97	152	16,52	131	17,17
Coleoptera	56	4,39	145	14,24	132	14,35	59	7,73
Gasteropoda	243	19,03	-	-	82	8,91	64	8,39

Miriapodos	84	6,58	-	-	4	0,43	143	18,74
Haplotaxida	79	6,19	79	7,76	89	9,67	164	21,49
Hemiptera	57	4,46	154	15,13	-	-	16	2,10
Hymenoptera	132	10,34	165	16,21	154	16,74	154	20,18
Isopoda	143	11,20	176	17,29	143	15,54	-	-
Isoptera	84	6,58	3	0,29	-	-	-	-
Lepidoptera	132	10,34	-	-	-	-	-	-
Orthoptera	132	10,34	164	16,11	164	17,83	32	4,19
Total	1277	100	1018	100	920	100	763	100

La plantación con 1 año de instalación mostró mayor abundancia, destacándose los órdenes Gasterópoda Isópoda, Araneae, Hymenóptera Lepidóptera y Orthoptera, Para la plantación con 3 años de instalación fue Hymenóptera, Isópoda, Orthoptera, Hemíptera y Coleóptera. Para la plantación de 5 años de instalación se encontró los órdenes Orthoptera, Araneae, Hymenóptera y Coleóptera. Para el caso de la plantación con 7 años de instalación los órdenes fueron Haploxida, Hymenóptera, Miriapodos, Araneae. Finalmente, para el BS se encontró los órdenes Haploxida, Orthoptera y Araneae.

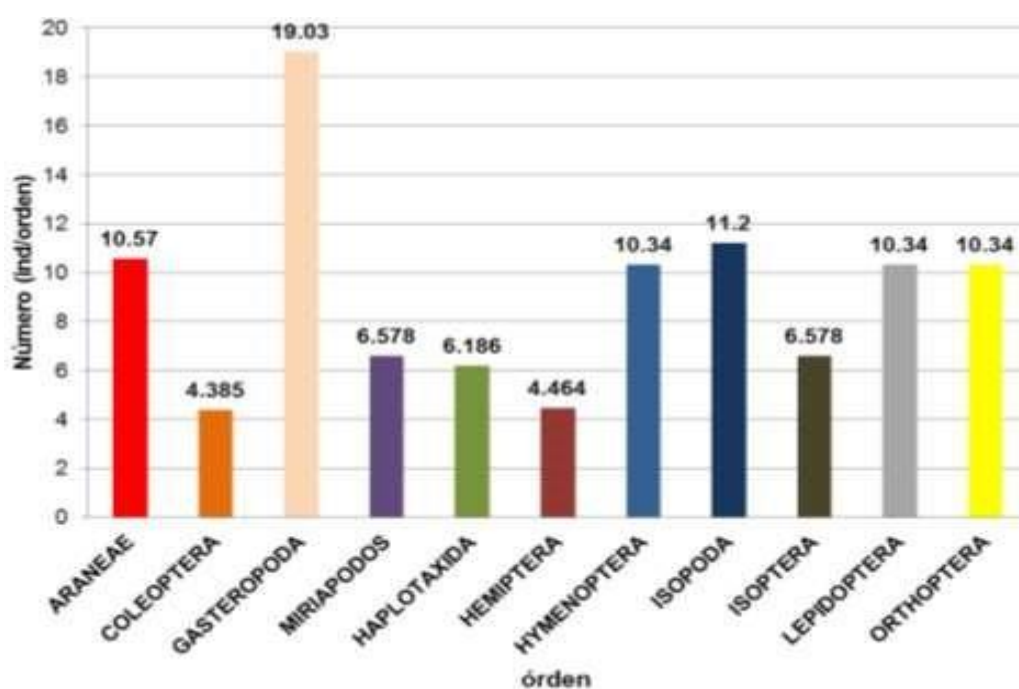
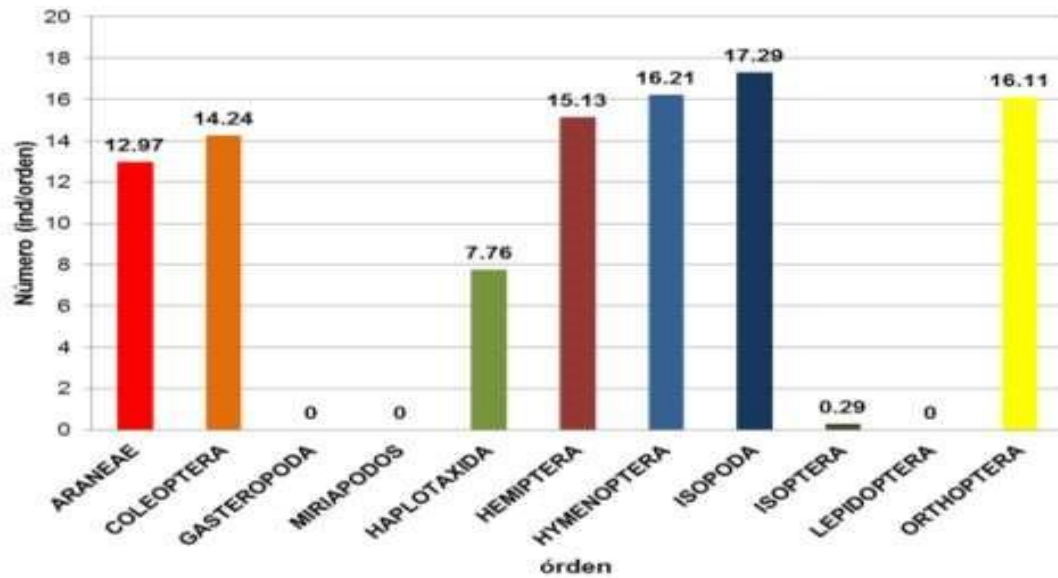


Figura 3. Presencia de órdenes de densidad (ind/m²) en la parcela de 1 año.



compararse la densidad de individuos por tratamiento se observa que por orden de presencia surgen los Gasteropoda, Isopoda, Hymenoptera, Haplotaxid. Siendo este último con mayor presencia en la parcela de 7 años. Sin embargo, existe un efecto numérico del tamaño de densidad por tratamientos al evidenciarse que, a menor año de instalación de palma aceitera, se genera una tendencia negativa, decreciendo de 1277 individuos/m² a 473 individuos/m².

Figura 4. Presencia de órdenes de densidad (ind/m²) en la parcela de 3 años.

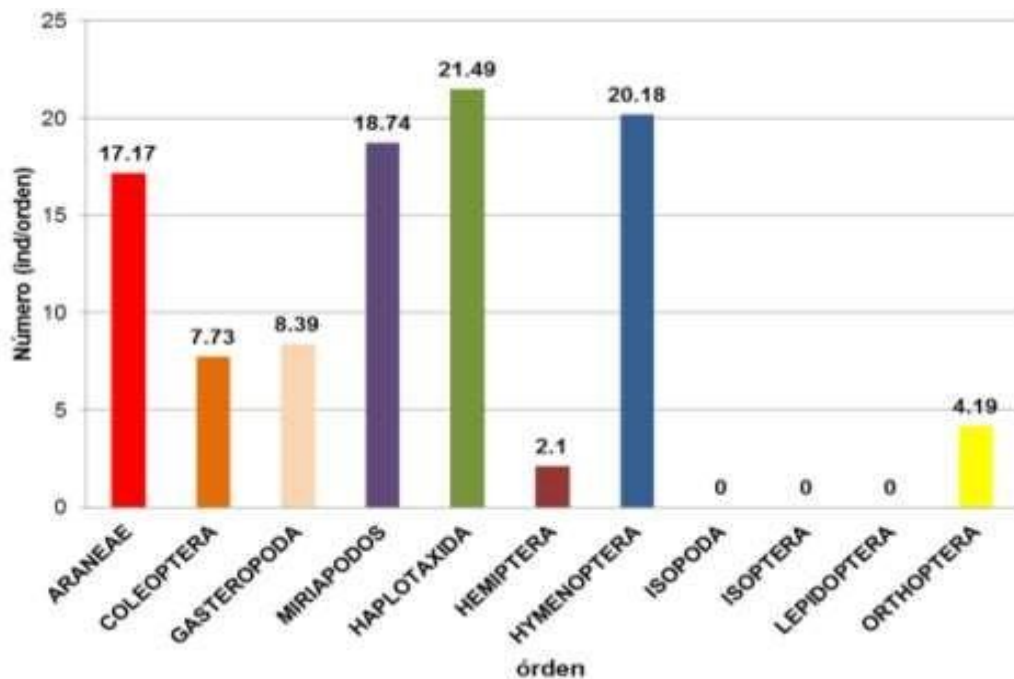


Figura 5. Presencia de órdenes de densidad (ind/m²) en la parcela de 5 años.

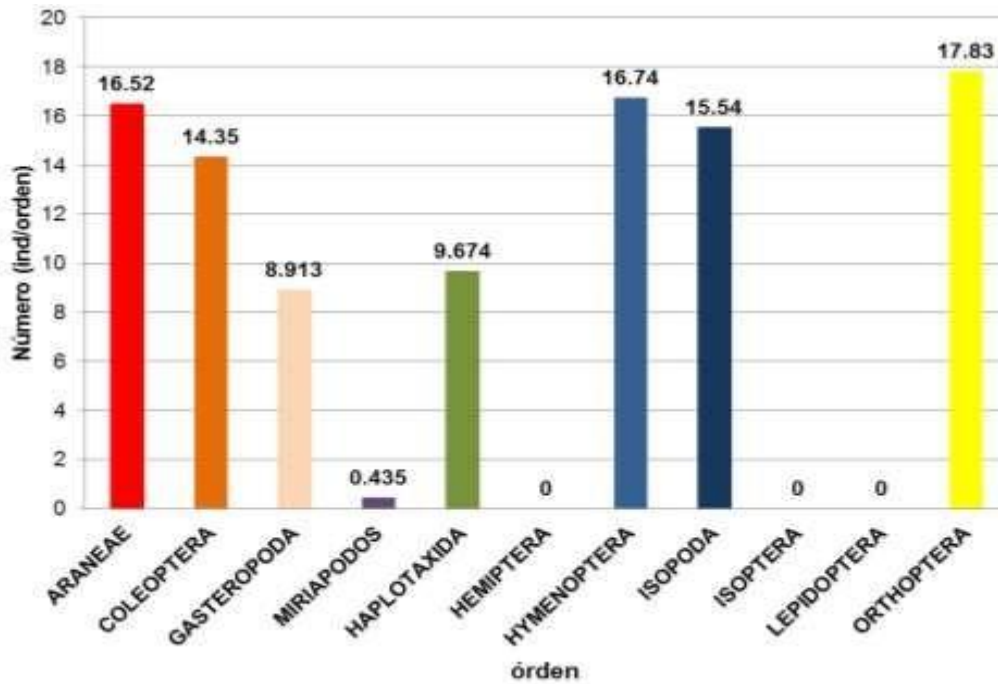


Figura 6. Presencia de órdenes de densidad (ind/m²) en la parcela de 7 años.

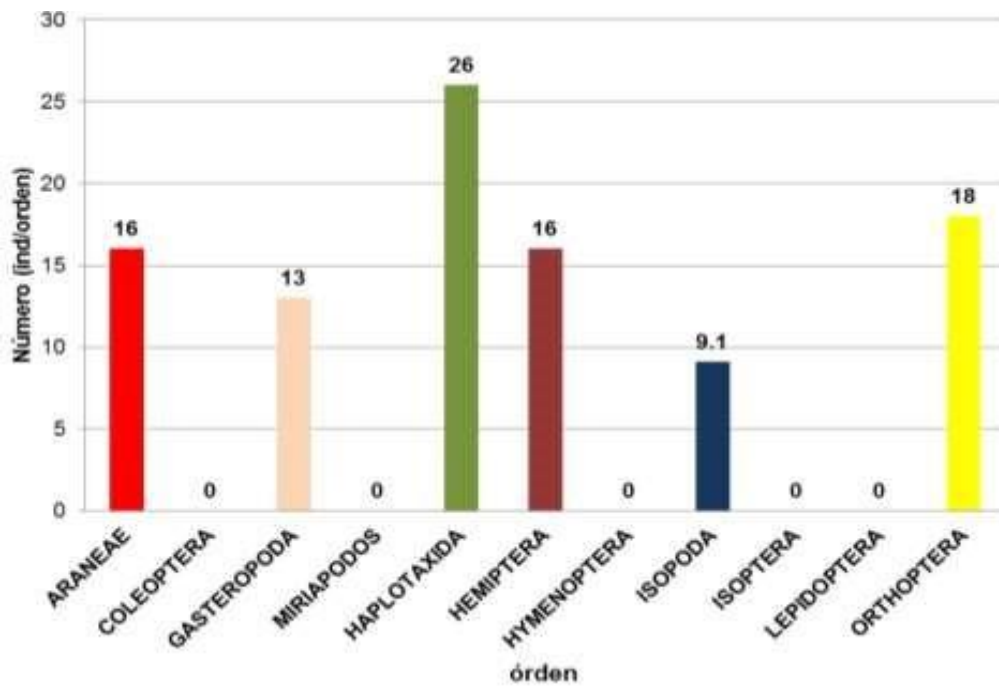


Figura 7. Presencia de órdenes de densidad (ind/m²) en el tratamiento BS.

4.4.2. Estructura de las especies por orden en la macrofauna del suelo (ind/m²)

Respecto a los diferentes tiempos de cultivo de *E. guineensis* y su efecto sobre la diversidad biológica de especies, se observó que los tiempos de cultivo de 1 año obtuvo la mayor riqueza específica ($S= 11$), es decir tuvo el mayor número de individuos por orden de la macrofauna del suelo, observando también una igualdad de individuos por orden en los otros

tiempos de cultivo de *E. guineensis*. Según Moreno (2001), la riqueza de especies es la más fácil para la medición de la biodiversidad, esta se basa en contar el número de especies presentes, sin tener en cuenta su importancia; En nuestro caso contar el número de pedidos encontrados.

Tabla 40. Riqueza específica (S), índice de Shannon – Wiener (H') e índice de equidad (J) de la macrofauna del suelo por tiempos de cultivo de *E. guineensis*.

Sistemas	S	H'	J
Parcela de 1 año	11	2,31	0,96
Parcela de 3 años	8	1,94	0,93
Parcela de 5 años	8	1,94	0,93
Parcela de 7 años	8	1,89	0,91

Para el índice de Shannon-Weaver (H'), el tiempo de plantación del cultivo de 1 año fue el más diverso en comparación con los demás tratamientos en estudio con $H'=2,31$, así mismo el que obtuvo menor diversidad fueron la parcela de 7 años con 1,89. Observándose el efecto de la edad de plantación de *E. guineensis* sobre la calidad biológica del suelo, en términos generales observamos que a menor tiempo de cultivo mayor número de individuos por orden y viceversa, por lo que podemos afirmar que el mayor tiempo de cultivo de la especie *E. guineensis* afecta la cantidad de individuos a encontrar en las plantaciones con esta especie ya que según Moreno (2001) El índice de Shannon-Wiener mide el nivel medio de incertidumbre en la predicción de un individuo elegido al azar de la muestra y representa la homogeneidad de los valores de significación entre todas las especies de la muestra. Se puede decir que la época de siembra afecta cuántos individuos hay en el área y por lo tanto, a qué especie pertenecerá el grupo.

V. CONCLUSIONES

1. El tiempo de plantación del cultivo *E. guineensis* para la densidad aparente fue mayor en la parcela de 7 años con un valor de $1,26 \text{ g/cm}^3$ y resistencia a la penetración del suelo fue la parcela de 1 año de instalación con un valor de $1,40 \text{ kg/m}^2$, aunque en las dos variables todas las parcelas fueron similares estadísticamente.
2. El tiempo de plantación del cultivo *E. guineensis* en las propiedades químicas mostraron un pH extremadamente ácido, materia orgánica, nitrógeno, fósforo disponible, potasio disponible presentan un nivel bajo en el suelo, en todas las parcelas.
3. El tiempo de plantación del cultivo de *E. guineensis* en las propiedades biológicas del suelo mostrando en la densidad de individuos a nivel de hojarasca a 10 cm del suelo presenta valores de $709,67 \text{ ind/m}^2$ y $141,66 \text{ ind/m}^2$, en cuanto a la biomasa de individuos a nivel de hojarasca a 10 cm del suelo presenta valores de $18,65 \text{ g/m}^2$ y $15,42 \text{ g/m}^2$ respectivamente, las dos variables con estos resultados en la parcela de 7 años.
4. La diversidad alfa de la macrofauna del suelo en parcelas del cultivo de *E. guineensis*, mostró que la parcela de 1 año presentó una mayor riqueza de especies ($S=11$), y un mayor valor en el índice de Shannon – Wiener con 2,31.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar estudios con diversos parámetros físicos, químicos y microbiológicos de suelos evaluados en época seca y en época poco lluviosa para comparar con trabajos de investigación existentes y poder brindar criterios para evaluar la calidad del suelo.
2. Realizar más estudios para determinar la sobrepoblación de los individuos en cada tratamiento.
3. Realizar el manejo de malezas como la macorilla con especies agresivas como el kudzu o maní forrajero con la finalidad de recuperar el suelo a través del aporte de hojarasca y la fijación de nitrógeno atmosférico.

VII. REFERENCIAS

- Acebedo, E., Xarrasco, A., León, O., Silva, P., Castillo, G., Borie, G., Martínez, E., Gonzales, S., & Ahumada, I. (2005). Criterios de calidad del suelo agrícola. USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/>).
- Aguilera, C., & Martínez E. (1996). Relaciones Agua, Suelo, Planta, Atmósfera. 4a ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Anderson, J., & Ingram, I. (1993). Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. 2nd ed. CAB International. Wallingford, UK.
- ASAE (American Society of Agricultural Engineers), (1998). ASAE Standards 1998, 45th ed. Standards Engineering Practices Data. Soil Cone Penetrometer. ASAE S313.2 Dec. 94. St Joseph, MI; 820–821.
- Begon, M., Harper, J., & Townsend, C. (1995). Ecología –Individuos, Poblaciones y Comunidades-. Barcelona, España: Omega S.A.
- Bengough, O., Mullins, & Q. (1991). Ecología y Cultura: Cambio ambiental, evolución biológica y evolución cultural. Politeia, (28).
- Bonneau, X., Vandessel, P., Buabeng, M., & Erhahuyi, C. (2014). Early impact of oil palm planting density on vegetative and oil yield variables in West Africa. *Oilseeds & Fats Crops and Lipids*, 21(4), A401.
- Bernal, F. (2001). El cultivo de la palma de aceite y su beneficio. Bogotá, Colombia: Amado González.
- Bernal, G. (2010). Las buenas prácticas agrícolas desde la perspectiva de la microbiología del suelo. (G. Bernal, Intérprete) Universidad tecnológica equinoccial, Santo Domingo de los Tsachilas, Santo Domingo, Ecuador.
- Borrero, C. A. (2008). Cultivo de la palma de aceite. Ingeniero Agrónomo.
- Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., & Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Departamento de biología de suelos, instituto de ecología. Xalapa, México.
- Camayo, J. (2011). Cuantificación de la macrofauna en relación con las propiedades de los suelos residuales de la laguna Los Milagros – Aucayacu. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.

- Cárdenas, P. (2008). Determinación de la mesofauna del suelo bajo diferentes coberturas en Tingo María. [Tesis de grado]. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María Perú.
- Carrasco, P. (2005). Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. (<http://www.fftc.agnet.org/>).
- Corley, H., & Tinker, P. (2009). Flores y frutos. En H. Corley, & P. Tinker, La palma de aceite (págs. 180-182). Bogotá, Colombia.
- Correia, A., Oliveira, & P. (2000). Conservación de suelos para países de desarrollo. Boletín N° 10 FAO. Roma.
- Crespo, G. (1997). El Reciclaje de Nutrientes y su impacto en sistemas ganaderos en el occidente de Cuba. [Tesis de Doctorado]. Instituto de Ciencia Animal. Universidad Agraria de La Habana (UNAH).
- Delgado, R., España, & M. (1999). Evaluación de la biomasa microbiana por los métodos fumigación-incubación y fumigación-extracción y su relación con la disponibilidad de nitrógeno en suelos de Venezuela. Instituto de Investigaciones en Recursos Agroecológicas. Apdo. 4846. Maracay 2101. Estado Aragua. Venezuela.
- Doran, J., & Lincoln, N. (1999). Guía para la evaluación de la calidad del suelo. USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi>).
- Etter, R.J. (1991). Pop Dyn: an ecological simulation program. *Bioscience* 41: 784-790.
- Etchevers Aguilar, F., Aguilar, M., Carvajal, F., Agüera, F, & Sanchez, P. (2001). Soil Biodiversity: What is it? Soil Biodiversity: Portal. Land and Water (AGL). FAO, (<http://www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/soilbtxt.htm>).
- Fassbender, O., & Bornemisza, I. (1987). Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. IICA. San José, Costa Rica.
- Franco, J. (1989). Manual de ecología. Trillas, México.
- Geraldes, A., Torres, Y., Pizarro, A., & Guerra, O. (1995) La producción y consumo de alimentos en el Perú. Publicación Cultivos Andinos. Ayacucho. Perú.
- Guerrero, A. (2000). Diseño de programas de conservación del suelo y agua a nivel de finca, usando modelos de simulación de erosión y su análisis financiero. In: J. F. Ruiz F. (ed.).

- Evaluación de tierras para una agricultura sostenible en México. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx., México.
- Halfpter, G., Moreno, C.E., Pineda, & E.O. (2001). Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. Manuales & Tesis vol. 2.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2008). Metodología de investigación. 4 ed. McGraw-Hill Interamericana. México.
- IPNI. (International Plant Nutrition Institute), (2009). Influencia de la fertilización y el riego sobre el desarrollo, nutrición y rendimiento de la palama africana en el Ecuador. Palma, 36.
- Jean-Marie Pelt (1999). "Michel Adanson, el baobab y las conchas", en *The Cannelle and the panda: los grandes exploradores de naturalistas en todo el mundo*, Fayard, ISBN 978-2213-60466-4 [https://es.wikipedia.org/wiki/Elaeis_guineensis].
- Jourdan, C., N. Michaux-Ferrière, & G. Perbal. 2000. Root system architecture and gravitropism in the oil palm. *Annals of Botany* 85:861-868.
- Lok, S. (2005). Determinación y selección de indicadores del sistema suelo-pasto en pastizales dedicados a la producción del ganado vacuno. [Tesis de Doctorado]. Instituto de ciencia animal. Cuba.
- Magurran, A. (1989). *Diversidad Ecológica y su medición*. Ediciones Vedral. Barcelona.
- Masters, G. (2004). Belowground herbivores and ecosystem processes. *Ecological Studies* 173:93-112.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Moscatelli, G., Sobral, R., & Nakama, V, V., (2005). Nueva tendencia para conocer el estado de los suelos. (<http://www.inta.gov.ar/>, Artículo).
- Mosquera, M., Valderrama, M., Fontanilla, C., Ruíz, E., Uñate, M., Rincón, F., & Arias, N. (2016). Costos de producción de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia en 2014. *Palmas*, 37(2), 37-53. Retrieved from <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11737>.
- Navarro, O. (2003). Architectural features of agricultural habitats and their impact on spider inhabitants. *Journal of Arachnology* 27:371-377.

- Noriega, V. (04- de abril del 2018). Palma aceitera otro prproducto peruano bandera de San Martin [Conferencia]. I Congreso Nacional de Productores de Palma Aceitera, Lima, Perú. <https://www.regionsanmartin.gob.pe/Noticias?url=noticia&id=5061>
- Ortiz-Cañavate, J., & Hernanz. A. (1989). Técnica de la Mecanización Agraria. (3ª Ed.) Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- OXAM (Comité de Oxford de Ayuda contra el Hambre). (Febrero, 2018). Boletín Plantaciones en palma aceitera amenazan a Amazonía peruana. <https://rightsandresources.org/blog/plantaciones-en-palma-aceitera-amenazan-a-amazonia-peruana/>
- Pagiola, L., & Ota, M. (1997). La diversidad biológica o biodiversidad. Citado por ALTIERI.
- Pashanasi, B. (2001). Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía peruana. En: Acta Amazonic, 29 (3).
- Pinot, R, H. (2000). Manual de Edafología. Ed.Computec. Chile.
- Porta, M., López, A., & Roquero, C. (1999). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2ed. Ediciones Mundi Pren. Bilbao, España.
- Quesada, H. (2002). Cultivo e industria de la palma aceitera. Infoagro. <http://www.Ecuarural.gov.ec/ecuagro/paginas/tecno/tec.palma.html>.
- Ramírez, W. (1999). Estimating sample size for inference about the Shannon- Weaver and the Simpson indices of diversity. For. Ecol. Manage. 78, 1- 3, 71-84.
- Raygada, (2005). Evaluación de diferentes sistemas de matenimiento de la corona de palma aceitera sobre la absorción de potasio.
- SEMARNAT. (2002). NOM-021-RECNAT-2000-. Norma oficial mexicana NOM021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Diario Oficial de la Nación. México, D.F.
- Silva, H; Fonseca, R., & Guedes Filho, R. (2000). Características productivas y digestibilidad de la harina de hojas de yuca en dietas para pollos de engorde con o sin adición de enzimas. Rev. Bras. Zootec., 29 (3): 823-829
- Simón. O., Luna, A., Pérez, A., & Guidaldez, O. (2005). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de agricultura de los Estados Unidos.

- SOIL SURVEY STAFF. (1993). Soil survey manual. United States Department of Agriculture. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.
- Zavala, S. W. (1999). Estudio Morfopedológico Como base para la recuperación de suelo Degradados en Tingo María. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional Agraria la Molina. La Molina Perú.
- Zavaleta, G. (1992). Edafología. El suelo en relación con la producción. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. Lima, Perú.
- Zerpa, G. (2006). Acción del pisoteo de la hacienda sobre la estabilidad estructural de un suelo. En: IV Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo y Reunión Internacional de Rhizosfera. 2 p. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1315/zerpaagrarias2-06.pdf
- Zuñiga, L., & Benigno, C. (2007). Caracterización y distribución espacial de suelos aluviales hidromorficos con palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en Palma del Espino. [Tesis de Maestría]. Universidad Agraria La Molina. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL_b293874b29c86f4ad8ccd2af36d3a5c8.

ANEXO

Anexo 1. Cálculos realizados

- Materia orgánica (método de Walkley y Black)

Pesar 1g de suelo y depositarlo en un Erlenmeyer de 250 mL, agregar 10 mL. de dicromato de potasio 2 N y añadir 10 mL de ácido sulfúrico Q.P 96%. Mezclar para homogenizar la solución y dejar reposar por 2 horas a más, llevar a volumen de 100 mL con agua destilada, tomar 20 mL. De esta solución en un vaso de precipitado para titularlo; agregar 2 a 3 gotas de indicador de difenilamina. Titular con sal de Mohr 0.2 N. El cambio de color verde oscuro a verde brillante indicará el final de la titulación; anotar el gasto de la solución de Mohr, paralelo a esto realizar un blanco (sin muestra).

$$\% \text{ M.O.} = \frac{(a - bf) 0.003 \times 1.724}{P} \times 100$$

a = ml de bicromato de potasio utilizado.

b = ml de sal ferrosa o sal de Mohr gastado (gasto de titulación).

0.003 = Factor del carbón.

1.724 = Factor de Van Vammelen.

p = peso de muestra de suelo.

- Determinación del pH (Método del potenciómetro 1:1)

Se pesará 10 g de suelo, luego se agregará 10 mL de agua destilada. Posteriormente se agitará por espacio de 15 minutos se dejará reposar unos minutos. Finalmente se realizará las lecturas con el Peachimetro digital (lectura directa) previamente calibrada.

- Fósforo disponible (Método de Olsen Modificado)

Pesar 2 g de suelo y colocarlo en el vaso de precipitación para luego agregar 20 mL de bicarbonato de sodio 0.5M (pH 8.5) y carbón libre de fósforo (lavado), agitar por 10 minutos y filtrar.

Del filtrado tomar 3mL, agregar 10mL de molibdato de amonio, luego se procede a agregar 0.01g de ácido ascórbico por muestra y mezclar inmediatamente. Se torna de color azul cuando hay fósforo en la muestra y por último leer en el espectrofotómetro a una banda de 660 um, después de 5 minutos.

- **Potasio disponible (Método de ácido sulfúrico 6N)**

Pesar 2.5 g de suelo, depositarlo en un vaso de plástico, agregar 25 mL de ácido sulfúrico 6 N, luego agitar por espacio de 10 minutos. Posteriormente filtrar lo obtenido, de este filtrado hacer diluciones en tubo de ensayo 1/10, 1/100, 1/1000. Tomar lectura en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

1. DATOS

SOLICITANTE:	RIOS TAPULLIMA WILMAN	MUESTREADO POR:	RIOS TAPULLIMA WILMAN
DEPARTAMENTO:	SAN MARTIN	FECHA DE RECEPCION:	20/03/2023
PROVINCIA:	TOCACHE	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	20/03/2023
DISTRITO:	POLVORA	FECHA DE REPORTE:	28/03/2023
CENTRO POBLADO:	CACHYACU	RECIBO O FACTURA:	23009086
SECTOR:	---	OBSERVACIÓN:	CULTIVO PALMA (<i>E. guineensis</i>)

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	CE	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%							
			Arena	Arcilla	Limo								Textura	1:1	dS/cm	%	%	disponible					Ca	Mg	K	Na	Al	H	
																		ppm											ppm
1	S0471	M1 1 AÑO	39	28	33	Franco Arcilloso	4.10	0.042	0.58	0.03	5.72	29.19	---	0.42	0.08	0.06	0.06	1.96	0.14	2.72	23	77	72						
2	S0472	M2 1 AÑO	45	28	27	Franco Arcilloso	4.10	0.040	0.70	0.04	5.54	32.19	---	0.46	0.08	0.06	0.05	2.06	0.13	2.84	23	77	72						
3	S0473	M3 1 AÑO	41	28	31	Franco Arcilloso	4.20	0.038	0.45	0.02	4.89	30.89	---	0.50	0.08	0.08	0.05	2.02	0.12	2.85	25	75	71						
4	S0474	M4 1 AÑO	45	28	27	Franco Arcilloso	4.40	0.049	0.45	0.02	5.63	26.04	---	0.47	0.08	0.10	0.04	2.05	0.07	2.81	25	75	73						
5	S0475	M1 3 AÑOS	33	38	29	Franco Arcilloso	4.00	0.045	0.58	0.03	5.17	45.03	---	0.66	0.10	0.09	0.04	2.22	0.14	3.24	27	73	68						
6	S0476	M2 3 AÑOS	41	36	23	Franco Arcilloso	4.00	0.042	0.90	0.04	5.26	44.23	---	0.62	0.12	0.08	0.05	2.18	0.26	3.30	26	74	66						
7	S0477	M3 3 AÑOS	35	36	29	Franco Arcilloso	4.10	0.049	0.58	0.03	5.17	39.38	---	0.63	0.18	0.06	0.06	2.17	0.24	3.33	28	72	65						
8	S0478	M4 3 AÑOS	35	40	25	Franco Arcilloso	4.10	0.049	0.70	0.04	5.54	49.18	---	0.62	0.21	0.08	0.05	2.18	0.15	3.26	29	71	66						

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE. Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Inge GILMER MILTON NEIRA TRUJILLO

Profesional del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Figura 8. Análisis de suelos de las plantaciones del cultivo *E. guineensis* - I



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

1. DATOS

SOLICITANTE:	RIOS TAPULLIMA WILMAN	MUESTREADO POR:	RIOS TAPULLIMA WILMAN
DEPARTAMENTO:	SAN MARTIN	FECHA DE RECEPCION:	20/03/2023
PROVINCIA:	TOCACHE	FECHA DE INCICIO DE ENSAYO:	20/03/2023
DISTRITO:	POLVORA	FECHA DE REPORTE:	28/03/2023
CENTRO POBLADO:	CACHIYACU	RECIBO O FACTURA:	23009086
SECTOR:	---	OBSERVACIÓN:	CULTIVO PALMA (<i>E. guineensis</i>)

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	CE	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	% Bas. Camb.	% Ac. Camb.	% Sat. Al			
			Arena	Arcilla	Limo								Textura	disponible		Ca	Mg	K					Na	Al	H
														1:1	dS/cm										
9	S0479	M1 5 AÑOS	39	28	33	Franco Arcilloso	4.00	0.040	0.52	0.03	5.91	51.63	---	0.56	0.13	0.09	0.05	2.33	0.19	3.34	25	75	70		
10	S0480	M2 5 AÑOS	43	30	27	Franco Arcilloso	4.20	0.038	0.77	0.04	4.52	50.98	---	0.52	0.15	0.09	0.06	2.08	0.43	3.33	24	76	53		
11	S0481	M3 5 AÑOS	39	28	33	Franco Arcilloso	3.90	0.038	0.51	0.03	5.82	58.52	---	0.49	0.14	0.08	0.06	2.05	0.28	3.09	25	75	55		
12	S0482	M4 5 AÑOS	45	28	27	Franco Arcilloso	3.70	0.039	0.73	0.04	6.28	63.82	---	0.45	0.11	0.08	0.05	2.03	0.38	3.10	22	78	55		
13	S0483	M1 7 AÑOS	39	34	27	Franco Arcilloso	4.30	0.071	0.70	0.04	6.09	132.34	---	0.53	0.14	0.19	0.06	2.16	0.09	3.16	29	71	88		
14	S0484	M2 7 AÑOS	41	38	21	Franco Arcilloso	4.30	0.070	0.84	0.03	6.09	114.85	---	0.45	0.15	0.16	0.07	2.13	0.18	3.14	26	74	68		
15	S0485	M3 7 AÑOS	35	36	29	Franco Arcilloso	4.10	0.082	0.72	0.04	6.18	92.61	---	0.53	0.14	0.14	0.06	2.15	0.18	3.20	27	73	67		
16	S0486	M4 7 AÑOS	41	40	19	Franco Arcilloso	4.10	0.078	0.70	0.04	6.83	90.41	---	0.54	0.15	0.13	0.05	2.22	0.13	3.22	27	73	69		

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Inge^o GILMER MILTON NEIRA TRUJILLO

Profesional del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Figura 9. Análisis de suelos de las plantaciones del cultivo *E. guineensis* - I

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 10. Vista panorámica de la parcela de 5 años



Figura 11. Vista panorámica de la parcela de 7 años



Figura 12. Vista panorámica de la parcela de 3 años



Figura 13. Georreferenciación del terreno



Figura 14. Georreferenciación de la parcela de 1 año de Palma aceitera



Figura 15. Centro Poblado Cachiyacu