

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**INDICADORES FISICOQUIMICOS DE SUELO PARA SISTEMAS DE**  
**PRODUCCION DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq) EN LA PROVINCIA**  
**DE TOCACHE**

**TESIS**

**Para obtener el título de:**

**INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**

**PRESENTADO POR:**

**JAIR JHENSON MARZANO ALARCON**

**Tingo maría – Perú**

**2024**



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 054-2024-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 29 de enero de 2024, a horas 5:00p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“INDICADORES FISICOQUIMICOS DE SUELO PARA SISTEMAS DE PRODUCCION DE PALMA ACEITERA (*Elaeisis guineensis jacq*) EN LA PROVINCIA DE TOCACHE”**

Presentado por la Bachiller **MARZANO ALARCON, JAIR JHENSON**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “**MUY BUENA**”.

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

Tingo María, 14 de mayo de 2024

  
**Dr. JOSE DOLORES DE VANO CRISOSTOMO**  
**PRESIDENTE**

  
**Dr. ROBERTO OBREGON PEÑA**  
**MIEMBRO**

  
**Ing. MSc. SANDRO JUNIOR RUIZ CASTRE**  
**MIEMBRO**



  
**Dr. WILFREDO ALVA VALDIVIEZO**  
**ASESOR**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS  
Correo: [repositorio@unas.edu.pe](mailto:repositorio@unas.edu.pe)



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 212 - 2024 - 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:

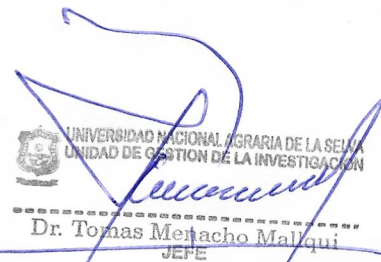
Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional
-------	---	------------------------------------

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
INDICADORES FISICOQUIMICOS DE SUELO PARA SISTEMAS DE PRODUCCION DE PALMA ACEITERA (Elaeis guineensis Jacq) EN LA PROVINCIA DE TOCACHE	JAIR JHENSON MARZANO ALARCON	07 % Siete

Tingo María, 09 de julio de 2024

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN  
Dr. Tomas Mejacho Mallqui  
JEFE

C.C. Archivo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y**  
**AGUA**



**INDICADORES FISICOQUIMICOS DE SUELO PARA SISTEMAS DE**  
**PRODUCCION DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq) EN LA PROVINCIA**  
**DE TOCACHE**

<b>Autor</b>	: Marzano Alarcón, Jair Jhenson	
<b>Asesor de Tesis</b>	: Dr. Alva Valdiviezo, Wilfredo	
<b>Escuela Profesional</b>	: Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua	
<b>Programa</b>	: Ciencias Básicas	
<b>Línea de Investigación</b>	: Física y Química de Suelos	
<b>Eje temático</b>	: Indicadores físico y químicos del suelo	
<b>Lugar de Ejecución</b>	: sectores de ACEPAT, Provincia de Tocache	
<b>Duración</b>	: 1 año	
<b>Financiamiento</b>	<b>FEDU</b>	<b>:S/. 00.00</b>
	<b>Propio</b>	<b>:S/. 2 748.00</b>
	<b>Otros(Vector Agriculture EIRL)</b>	<b>:S/. 5 000.00</b>

**Tingo María -Perú, 2024**



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACION  
OFICINA DE INVESTIGACION**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL  
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE  
Y TESIS TA**

**(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)**

**I. Datos Generales de Pregrado**

<b>Universidad</b>	: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
<b>Facultad</b>	: Facultad de Recursos Naturales Renovables.
<b>Título de tesis</b>	: Indicadores fisicoquímicos de suelo para sistemas de producción de palma aceitera ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq) en la provincia de Tocache.
<b>Autor</b>	: Jair Jhenson Marzano Alarcon
<b>Asesor de tesis</b>	: Dr. Alva Valdiviezo, Wilfredo
<b>Escuela Profesional</b>	: Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua
<b>Programa de investigación</b>	: Ciencias Básicas
<b>Línea(s) de investigación</b>	: Física y Química de Suelos
<b>Eje Temático</b>	: Indicadores físicos y químicos del suelo.
<b>Lugar de ejecución</b>	: sectores de ACEPAT, Provincia de Tocache
<b>Duración</b>	: Inicio : Mayo 2018 Término : Mayo 2019
<b>Financiamiento</b>	: FEDU : S/0.00 Propio : S/2 748.00 Otros : S/5 000.00

**Tingo María, Perú, junio 2024.**

Jair Jhenson Marzano Alarcon

**Tesista**

Dr. Alva Valdiviezo, Wilfredo

**Asesor**

## DEDICATORIA

A Jehová, por darme fortaleza,  
conocimiento, salud y la oportunidad de  
seguir en la vida.

A mí querido hermano Junior Fernando  
Marzano Alarcón que es estímulo para  
seguir adelante con el fin de guiarlo  
como ejemplo.

A mis padres Fernando Félix Marzano  
Gerónimo y Olimpia Alarcón Villadeza;  
por brindarme el apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por brindarme la sabiduría para asimilar conocimientos y con ello alcanzar este éxito en mi vida.

A mi madre por los conocimientos y valores impartidos desde mi niñez, por el esfuerzo, dedicación y el aliento brindado para cumplir mis metas.

A mi padre y madre, por todo el apoyo incondicional para culminar mis estudios de pregrado.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables por la enseñanza que contribuyeron en mi formación profesional.

Al Dr. Wilfredo Alva Valdiviezo por el apoyo desinteresado como asesor del presente trabajo de investigación.

A los miembros de jurado calificador del trabajo de investigación Dr. Lévano Crisóstomo José Dolores, Dr. Roberto Obregón, Ing. M.Sc. Sandro Junior Ruiz Castre.

## ÍNDICE

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general .....	1
1.2. Objetivos específicos .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Estado del arte .....	2
2.2. Marco teórico.....	4
2.2.1. El cultivo de palma aceitera ( <i>E. guineensis</i> ).....	4
2.2.2. Taxonomía del cultivo de palma aceitera.....	5
2.2.3. Importancia del cultivo de Palma aceitera en el ámbito económico.....	5
2.2.4. Condiciones adecuadas para la palma aceitera ( <i>E. guineensis</i> ).....	5
2.2.5. Características físicas del suelo para palma aceitera ( <i>E. guineensis</i> ).....	7
2.2.6. Características químicas del suelo para palma aceitera ( <i>E. guineensis</i> ).....	7
2.2.7. Propiedades físicas del suelo para palma aceitera.....	7
2.2.8. La importancia del pH en el suelo.....	10
2.2.9. Niveles de pH en el suelo.....	10
2.2.10. Relación suelo/agua.....	11
2.2.11. Concentración de CO <sub>2</sub> .....	11
2.2.12. Importancia de la suma de bases y el porcentaje de saturación de bases.....	11
2.2.13. Saturación de acidez o de aluminio.....	13
2.2.14. La conductividad eléctrica en el suelo.....	14
2.2.15. Capacidad de intercambio catiónico en los suelos.....	15
2.2.16. Factores que influyen en la CIC.....	15
2.2.17. Importancia de la capacidad de intercambio catiónico.....	16
2.2.18. El CaCO <sub>3</sub> en el suelo.....	16



2.2.19. La materia orgánica en el suelo.....	16
2.2.20. Propiedades químicas del suelo para palma aceitera.....	18
2.2.21. Relaciones catiónicas.....	19
2.2.22. Importancia de la topografía.....	19
2.2.23. Efectos de la cobertura vegetal.....	20
2.2.24. Efecto de la actividad biológica (lombrices).....	20
2.2.25. Programas estadísticos.....	20
2.2.26. Muestreo de suelo.....	21
2.2.27. Procedimiento para la obtención de las muestras de suelo.....	21
2.2.28. Empaquetado de muestras obtenidas.....	22
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1. Lugar de ejecución.....	23
3.1.1. Ubicación política de las parcelas.....	23
3.1.2. Ubicación georreferenciada de las parcelas.....	23
3.1.3. Geografía.....	24
3.1.4. Clima.....	24
3.1.5. Temperatura.....	25
3.1.6. Hidrografía y unidades hidrográficas.....	25
3.1.7. Suelos.....	25
3.1.8. Humedad relativa.....	25
3.2. Materiales, insumos y equipos.....	25
3.2.1. Material genético.....	25
3.2.2. Materiales, herramientas y equipos.....	25
3.3. Metodología.....	26
3.3.1. Ubicación de las parcelas y entrevista a los palmicultores.....	26
3.3.2. Diagnóstico de parcelas.....	26
3.3.3. Muestreo de suelos.....	26

3.4. Tipo de investigación.....	28
3.3.4. Variables independientes.....	28
3.3.5. Variables dependientes.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. Estado de las propiedades fisicoquímicas de suelo en los sistemas de producción de palma aceitera en los cuatro sectores de ACEPAT.....	29
4.2. Correlación de las propiedades fisicoquímicas de suelos de los sectores de ACEPAT.....	33
4.3. Estándar de calidad de suelos para la producción de palma aceitera en los suelos de los sectores de ACEPAT.....	35
4.4. Discusión .....	36
4.4.1. Textura.....	36
4.4.2. pH.....	36
4.4.3. Conductividad eléctrica.....	37
4.4.4. Materia orgánica.....	37
4.4.5. Nitrógeno (N).....	37
4.4.6. Fósforo (P).....	38
4.4.7. Potasio (K).....	38
4.4.8. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	38
4.4.9. Porcentaje de saturación de bases.....	38
4.4.10. Relaciones catiónicas.....	39
4.5. De la comparación de pH, N, P y K con la productividad a 20 días de su producción .....	39
4.6. De la determinación de cantidad de N, P, k y aplicación de encalado en los 12 predios del sector La Florida.....	40
V. CONCLUSIONES.....	41
VI. PROPUESTA A FUTURO.....	42
VII.REFERENCIAS.....	43
ANEXO.....	45

## INDICE DE TABLAS

Tabla	Pagina
1. Niveles de pH del suelo .....	11
2. Parámetros de saturación de bases. ....	12
3. Interpretación del % de saturación de Bases .....	13
4. Interpretación de salinidad .....	14
5. Interpretación de la capacidad de intercambio catiónico (pH > 5.5) .....	16
6. Interpretación de materia orgánica.....	17
7. Interpretación de nitrógeno.....	18
8. Interpretación de fósforo .....	18
9. Interpretación de potasio .....	19
10. Interpretación de relaciones catiónicas .....	19
11. Niveles fisicoquímicos de los 4 sectores de ACEPAT, Elaboración propia .....	29
12. Pesos de componentes principales de suelo en los sectores de ACEPAT. ....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de ubicación.....	23
2. Mapa de dispersión de las parcelas estudiadas.....	24
3. Diseño de muestreo de parcelas.....	27
4. Ph en los 4 sectores.....	29
5. Materia orgánica por sectores.....	30
6. Presencia de fósforo en los 4 sectores.....	30
7. Potasio en los 4 sectores muestreados.....	31
8. Capacidad del intercambio catiónico en los 4 sectores.....	31
9. Contenido de arena por sector.....	32
10. Contenido de limo del suelo por sectores.....	32
11. Arcilla en el suelo de los 4 sectores.....	33
12. Relación de propiedades fisicoquímicas por sector en componente 1.....	33
13. Relación de propiedades fisicoquímicas por sector en componente 2.....	34
14. Diferencia significativa por sectores.....	35

## RESUMEN

Siendo la palma aceitera un elemento indispensable en el mercado, los palmicultores asociados a la cooperativa agraria Asociación Central de Palmicultores de la Provincia de Tocache (ACEPAT), los cuales se encuentran distribuidos en varios sectores de la provincia de Tocache, ejecutándose así la investigación con el fin dar a conocer los estándares de calidad fisicoquímicos de suelo para un mayor rendimiento en producción.

El trabajo de investigación se realizó en 4 sectores inscritos en la cooperativa ACEPAT, el cual se encuentra ubicado territorialmente en el departamento de San Martín, provincia de Tocache, distrito de Tocache. Se considero como parte de investigación determinar el análisis fisicoquímico de suelos y el llenado de encuestas para obtener una mayor cantidad de datos.

Por otro lado, se comparó el pH, N, P, y K con la productividad, como resultado se determinó que hubo mayor productividad en suelos con pH neutros, niveles de N medios, niveles de P bajos y niveles de K muy bajos. También se determinó la cantidad de N-P-K y aplicación de Cal según sus requerimientos que necesitan la palma aceitera para su óptima producción, como resultado se obtuvo que los suelos del sector La Florida requieren de 246 kg de cal. a 283 kg de N, 131 a 147 kg de fósforo, 144 a 254 kg de potasio y de 13 a 68 de cal.

**Palabras Clave:** Palma aceitera, físicas, químicas, indicadores, características.

## **The Physicochemical Indications of the Soil for Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq) Production Systems in the Tocache Province**

### **Abstract**

With oil palms being an indispensable element on the market, the growers [who are] associates at the Asociación Central de Palmicultores de la Provincia de Tocache (ACEPAT – acronym in Spanish) agricultural cooperative are distributed throughout various sectors of the Tocache province. Thus, the research was carried out with the goal of bringing about an understanding of the physicochemical quality standards for the soil so there is a greater yield in production.

The research work was carried out in four sectors [that are] registered in the ACEPAT cooperative, which is geographically located in the San Martín department of the Tocache province in the Tocache district [of Peru]. Determining the physicochemical analysis of the soil and filling out the surveys in order to obtain the greatest quantity of data [possible] was considered to be part of the research.

On the other hand, the pH, N, P, and K were compared to the productivity. For the results it was determined that there was a greater productivity in the soil with a neutral pH, average N levels, low P levels, and very low K levels. The quantity of N-P-K and the application of calcium according to the requirements that the palm oil needs for the optimal production were determined. For the results, it was obtained that the soil from the La Florida sector required 246 kg of cal. to 283 kg of N, 131 to 147 kg of phosphorous, 144 to 254 kg of potassium, and 13 to 68 of cal.

**Keywords:** oil palm, physics, chemics, indicators, characteristics.

## I. INTRODUCCIÓN

La palma aceitera (*E. guineensis*) presente en la provincia de Tocache abarca grandes sectores de la provincia, debido a que representa un ingreso sostenible para la economía de los agricultores a pesar de que sus costos son altos, pero su producción en la zona no satisface la exigencia. El cultivo de palma es la fuente principal para obtener una diversidad de aceites y grasas usados en actividades culinarias e industriales. La palma aceitera sostiene gran significancia económica a nivel global a causa de su alto contenido en aceite en el mesocarpio de sus frutos (Fedepalma, 2007).

Actualmente existe un importante incremento de áreas a sembrar palma, para obtener una mejor respuesta a la demanda del mercado, ya que el rendimiento por hectárea es bajo respecto a otros países productores que rinden de 1.2 tn/ha a más por cosecha. Según Garzón 2005, es primordial la consideración de propiedades químicas y físicas que posee el suelo del cultivo y también la aplicación de tecnologías adecuadas de manejo. Como sucede en otros usos de tierras agrícolas, productividad y rentabilidad, se relacionan con las características de suelo sobre en el cual se instalan cultivos.

Según Garzón (2005), el entendimiento del suelo y de la oferta nutricional es importante para elevar la tecnología que impliquen procesos de producción sostenibles y competitivos, por lo que la hipótesis de la baja producción de palma aceitera son las condiciones fisicoquímicas del suelo. Ya que en la provincia no cuenta con ningún tipo de información respecto al tema que ayude a mejorar dichas condiciones de los palmicultores, el trabajo de investigación realizado busca obtener la información de los suelos de palma de aceite.

### 1.1. Objetivo general

Identificar los indicadores fisicoquímicos de suelo para los sistemas en producción de Palma aceitera de los sectores de ACEPAT.

### 1.2. Objetivos específicos

- Determinar el estado de los componentes físicos y químicos de suelo requeridos en el sistema de producción de palma aceitera en los sectores de ACEPAT.
- Correlacionar las propiedades físicas y químicas del suelo en los sectores de intervención de ACEPAT.
- Determinar los indicadores de calidad del suelo para los procesos de producción de palma aceitera de ACEPAT Tocache.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Estado del arte

Este estudio trabajó con la metodología realizada por el INIAP en manejo de la plantación para tomar muestras de suelo, con resultados de 2 muestras, procedentes del sustrato del cultivo instalado y de un suelo sin intervención (bosque nativo). Analizándose tanto físicamente como químicamente las muestras, estudiándose la calidad ambiental del sustrato según la metodología con el fin de identificar los parámetros fisicoquímicos según los resultados obtenidos. Se precisó que los trabajos implementados en los manejos en instalaciones de cultivos como la labor cultural de limpia y fertilización masiva ocasionan que el sustrato pase a un estado de degradativo constante, por efecto de la alteración del dinamismo natural presentado anteriormente. La calidad del ambiente en los parámetros físicos y químicos analizados es variable entre bajo a alto en el sustrato de los bosques sin intervención y de la instalación de la palma de aceite. Los parámetros afectados en el proceso fueron la MO de apreciable (5.2%) a muy deficiente (0.53%); el pH de neutro (7.1) a moderadamente ácido (5.6) y la C.I.C de normal a alto (15.48) a bajo (8.7). La infiltración básica del sustrato intervenido (19.01 mm/hr) se elevó respecto a lo registrado para el suelo no intervenido (16.05 mm/hr) por la reducción en calidad de estructura y su textura.

El estudio general indica que la calidad de sustrato se redujo de manera notoria, de una alta calidad (0.71) a una calidad moderada (0.43) en trece años de instalada el cultivo. Reflejando así su significancia que posee en el sustrato las propiedades como la materia orgánica, el potencial hidrico y la CIC (Reinoso, 2018).

El objetivo del estudio de la disposición de propiedades físicoquímicas en el sustrato del cultivo instalado, *Elaeis guineensis* Jacq en los sectores de la cooperativa ACEPAT, ubicados dentro de la provincia de Tocache, departamento de San Martín. Se analizaron cuatrocientos cincuenta y cinco muestras distribuidas en el área de estudio, se evaluó la distribución en el espacio del pH, MO, N, P y K en el sustrato mediante la técnica de interpolación; usando el método Kriging Ordinario (KO) e IDW, el modelo de distribución espacial, se obtuvo un mejor ajuste fue el método de KO para el pH circular, M.O gaussiano, Nitrógeno circular, Fósforo gaussiano y Potasio exponencial, por medio de comparaciones en los modelos del semivariograma circular, esférico, gaussiano y exponencial. El análisis de los métodos de acuerdo con el rango de valores del semivariograma en los parámetros detalla para el pH circular (541,4 m), M.O. gaussiano (247,2 m), Nitrógeno circular (309,9 m), Fósforo gaussiano (557,2 m) y de Potasio exponencial (552.05 m), los que garantizan la interpolación



elaborada. Por último, la comprobación se efectuó examinando el error cuadrático medio (EM) proponiendo como valores eficaces los resultados del método KO para pH circular (0,0053), M.O. gaussiano (0.0089), Nitrógeno circular (0.00001), Fosforo gaussiano (0.0151) y Potasio exponencial (-0.422). Las cifras señalan que los resultados del modelo de KO es el indicado para ajustar en la conexión con la intercalación de los factores (Arostegui,2022).

En el estudio se midió la calidad del suelo mediante indicadores físicos y microbiológicos y se comparó la productividad en los cultivos de la palma de aceite propiedades de la empresa Palma Tica SA, que fueron instalados bajo tratamientos de fertilización convencional y fertilización orgánica. Asimismo, se estableció el ICSA (Índice de Calidad de Suelo Aditivo) para los dos tratamientos realizado a una profundidad de 0 a 20 centímetros. Los indicadores analizados fueron la densidad, porosidad, la conductividad hidráulica, la infiltración, la resistencia a la penetración y la MO como indicadores de calidad física. Los indicadores de calidad químicos analizados fueron: Calcio, Magnesio, Potasio, Fósforo, Nitrógeno, Zinc, Cobre, Hierro, Manganeseo, potencial hídrico y Carbono orgánico. Además, los indicadores de calidad microbiana estudiados fueron: la respiración colonialmicrobiana, biomasacolonial microbiana, conteo de fijadores de N y conteo fúngico. Percibiéndose mediante el análisis estadístico la existencia de disparidades relevantes en el indicador físico respecto a la conductividad hidrológica, en los indicadores químicos: Potasio, Nitrógeno, Hierro y Fósforo, el indicador microbiológico de biomasa microbiana en los tratamientos para la adición de enmiendas orgánicas en remplazo del abonamiento convencional. Los efectos indican que, al agregar enmiendas de origen orgánico en las muestras estudiadas, se obtuvo un resultado acertivo respecto a la mejora de calidad de suelo. Referente a la producción, se estudiaron los indicadores de productividad (ton/ha), peso promedio de los frutos (kg) y densidad de racimos por hectárea y se observó a nivel estadístico que no se presentan diferencias significativas entre tratamientos. Finalmente, se observó ausencia de diferencias estadísticamente significativas en la calidad del suelo mediante el ICSA entre los tratamientos analizados. A pesar de encontrarse diferencias en los indicadores descritos, sería erróneo afirmar que acondicionamiento positivo en el resultado por la incorporación de enmiendas de origen orgánico. Esto se debe a que los factores como la estructuración del suelo, variables climáticas y ciertas prácticas agrícolas también influyen en la calidad de los suelos. En cuanto a los indicadores con ausencia de diferencias relevantes en las distintas metodologías, brinda un resultado prometedor, indicando que las condiciones del sustrato permanecieron constantes al aplicar las enmiendas orgánicas (Rodríguez y Ávila ,2023).

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. El cultivo de palma aceitera (*E. guineensis*)

Las palmas aceiteras, o *Elaeis guineensis* Jacq en el lenguaje científico, son plantas monocotiledóneas, autóctonas de Guinea en el continente Africano. Crece en altitudes menores de los 500 msnm y es una planta típica de clima cálido. Según Fedepalma (2007), este cultivo perenne se considera de largo rendimiento debido a su vida útil de alrededor de 50 años. Sin embargo, procesar el cultivo se vuelve desafiante después de los 25 años debido a la altura que alcanza el tallo.

Para el cultivo, de manera adecuada se produce en áreas donde la lluvia supera los 2000 milímetros al año y la temperatura promedio anual varía entre 25°C y 29 °C, mientras que el potencial hídrico ideal del sustrato se encuentra a niveles de 4.5 a 7.5.

(Guzmán y Betancourt, 2007).

La oleaginosa esta registrado dentro en los 10 cultivos más fertilizados del mundo, ya que requiere un alto grado de extracción de nutrientes para producir altos niveles de frutos y producción de aceite. Para mantener ciclos de producción frescos y prevenir el deterioro del suelo, estos nutrientes deben regresar al suelo (Munévar, 2002).

La oleaginosa suele responder positivamente al incorporarse abonos. No obstante, existen notables disparidades en el crecimiento y producción en zonas con diferentes propiedades de suelo y condiciones climáticas. Además, también hay diferentes necesidades de nutrientes según su estado ya sea maduros o inmaduros del cultivo. Los sustratos calificados para la Palma aceitera deben ser profundos y de textura limosa, además con un buen sistema de drenaje. Por otro lado, se deben evitar suelos desfavorables como:

- Sustratos de deficiente drenaje debido a una elevada napa freática, el cual produce una inmovilización del fluido por los poros del suelo notándose más en palmas en desarrollo.
- Sustratos con exceso de grava, presencia en bandas gruesas dentro del suelo, siendo de inferencia la conducción a reducir el volumen solicitado de las raíces y a una pérdida de agua instantánea del sustrato.
- Sustratos de costa con alto contenido de arena el cual no favorece a la palma en su crecimiento y desarrollo. (Caliman, 2004)

Duran et al. (1999), menciona que la oleaginosa necesita sustratos de un pH que oscile de 4.5 a 7.8, como también puede crecer en alturas de 300msnm a 700msnm. Por lo tanto, el impacto ambiental al realizar las prácticas agrícolas es motivo de preocupación y se

debe tomar en consideración que este aspecto deberá ser de suma importancia al planificar el abonamiento de los cultivos. (Garzón, 2005).

### 2.2.2. Taxonomía del cultivo de palma aceitera

Reino	:Plantae
División	:Magnoliophyta
Clase	:Liliopsida
Subclase	:Commelinidae
Familia	:Arecaceae
Género	:Elaies
Especie	: <i>Elaies guineensis</i> (Midagri,2020)

### 2.2.3. Importancia del cultivo de Palma aceitera en el ámbito económico

Debido al elevado contenido de aceite que se encuentra en los frutos de la palma aceitera, específicamente en la parte carnosa conocida como mesocarpio, esta planta tiene una gran relevancia económica globalmente (Romero, 2012). En el año 2009, Indonesia cultivó este cultivo en una extensa superficie de 5.350 millones de hectáreas, convirtiéndola en uno de los países con mayores áreas destinadas a la producción de aceite. Por otra parte, Malasia lidera en términos de rendimiento de aceite de oleaginosa sin procesar, logrando un impresionante 4,39 toneladas por hectárea, continuado por Costa Rica con 4,15 toneladas por hectarea (Fedepalma, 2007).

Debido a la necesidad de producir biodiesel, el consumo de aceite de palma en el país aumentó un 32,2% en 2009, alcanzando un consumo de 153.496 toneladas. Según el crecimiento demográfico en 2020, la producción global de aceite de oleaginosa será de 37,9 millones de toneladas, con un aumento por año de 3,3%. (Fedepalma, 2007).

### 2.2.4. Condiciones adecuadas para la palma aceitera (*E. guineensis*)

Las condiciones de altas temperaturas ambientales, suficiente luz y radiación solar y un suministro adecuado de agua están presentes en lugares donde las palmas alcanzan altos niveles de producción. Es preferible que estas circunstancias se mantengan constantes durante todo el año y el ciclo de producción. Es posible enumerar el clima tropical húmedo como uno de los requisitos ambientales a fin del desarrollo de la palma de aceiter. Por su grado de resiliencia, las palmas aceiteras pueden prosperar en entornos agroecológicos con varios tipos de suelo, todos dentro del clima tropical húmedo.

- **Humedad relativa:** Magfor (2005), menciona que la RH tiene que ser superior al 75%. Siendo adaptable en la variación de 75-85%.
- **Precipitación pluvial:** Los rangos óptimos oscilan entre 1700 a 2000 mm al año, siendo el promedio 150 mm mensual, pero algunos autores mencionan que la carencia de agua al año debe ser menor a 200 milímetros, siendo importante la distribución de las precipitaciones (Magfor, 2005).
- **Temperatura:** La temperatura media al año apta varía entre 20°C y 35 °C y la temperatura media es de 23°C a 28 °C. A 15°C el crecimiento de las plántulas se inhibe completamente, mientras que el crecimiento a 25 °C es 7 veces más rápido que a 20° y 3 veces más rápido que a 17.5 °C (Paramanathan, 2003).
- **Altitud, topografía y drenaje:** Los ecosistemas con máximo potencial productivo de palma de aceite están de 0 a 700 msnm y con pendientes debajo del 6% (Magfor, 2005). Es mejor elegir tierras planas o ligeramente montañosas para cultivar palma aceitera y lograr buenos rendimientos. En colinas o terrenos inclinados los costos elevados e inconvenientes para las actividades de producción, cosecha, inspección, monitoreo y erosión del suelo reducen el potencial de fertilidad, afectando el rendimiento de los cultivos. (Gómez, 2003).

La palma requiere de suelos bien drenados que eviten la erosión del terreno produciéndose lixiviación de los nutrientes, siendo preferible terrenos con pendientes menores al 25%, pendientes superiores dificultan el manejo del cultivo e incrementan el grado de erosión. Por ello, el suelo recomendado para el sembrío de palma de aceite es el que tiene buena porosidad y accesibilidad de los nutrientes (Surre y Ziller, 1969).

- **El suelo para palma aceitera:** Las condiciones climáticas son marginales respecto a la importante labor del suelo en las explotaciones de palma de aceite, la accesibilidad de elementos y agua está delimitada por el estado del suelo. Los sembríos de palma de aceite con mayor producción crecen en suelos sin impedimentos fisicoquímicos o biológicos, para el desarrollo del sistema radicular denso, los niveles altos de Ca intercambiable pueden causar problemas en la absorción de cationes. Los suelos óptimos para la palma de aceite son los con buen drenaje(francos).

Los suelos con textura arcillosa poseen déficit para evacuar el exceso de agua; los de textura gruesa pueden retener agua y por ello su balance nutricional es deficiente (Surre y Ziller ,1969).

Los problemas fitosanitarios de consideración en las instalaciones de oleaginosas están relacionados a las condiciones del suelo. La aireación deficiente en el suelo y baja su baja fertilidad causan una nutrición inestable comprometiendo la calidad y cantidad del sistema radicular. La textura pesada y baja macroporosidad proporcionan una deficiente aireación. Los estratos gruesos superficiales inhiben el desarrollo radicular y la capacidad de retención de humedad, exponiendo a la planta estrés en los tiempos de sequía (Chinchilla y Duran ,1997).

#### **2.2.5. Características físicas del suelo para palma aceitera (*E. guineensis*)**

Las palmas aceiteras expresan su mayor potencial en un equilibrio de nutrientes y en sustrato con alto contenido de MO, la compactación y la cohesibilidad del suelo es perjudicial. Las características físicas como textura Franco- limoso y el drenaje son muy consideradas para la elección de sustrato. En suelos arenosos a franco-arenosos presentan el inconveniente de ser lavados y que sus nutrientes sean lixiviados. Los suelos arcillosos poseen una limitante en su manejo, su drenado y en su compactación. El suelo indicado para la instalación de palma de aceite son los de topografía plana a ligeramente ondulada, buen drenaje, con buen contenido en materia orgánica, textura ligeramente arcillosa y con un nivel de medio a alto en fertilidad (Surre y Ziller, 1969).

#### **2.2.6. Características químicas del suelo para palma aceitera (*E. guineensis*)**

Respecto al pH del suelo de palma de aceite el rango es entre 4,5 a 7,5, adaptándose también entre 3 a 8,2, en condiciones de acidez generalmente presenta carencia de elementos como P, K, N, Mg y B, requiriendo la aplicación de enmiendas para su adecuada fertilización. Por efecto de interacciones, el alto contenido de Ca intercambiable produce problemas de absorción de cationes.

La palma de aceite se adapta en suelos moderadamente ácidos, siendo los elementos nutritivos como K, P, N, B y Mg en déficit. La presencia de una elevada acidez en el suelo limita a las raíces su profundización causando problemas de déficit hídrico en temporadas secas. En raíces, que pertenecen al 3<sup>er</sup> y 4<sup>to</sup> orden son las más fundamentales respecto a la retención de agua y elementos nutricionales. (Surre y Ziller, 1969).

#### **2.2.7. Propiedades físicas del suelo para palma aceitera**

- **Porosidad y estructura:** La porosidad y estructura de los sustratos determinan la disposición de agua, de los nutrientes, de la aireación en las raíces, crecimiento y desarrollo de la microfauna en el sustrato o suelo, profundización y desarrollo de raíces. La estructura de calidad proporciona buen espacio de macroporos y microporos, con eso

la conservación de las porosidades y un adecuado compartimiento de espacios, siendo los microporos los que retienen el agua para que se trasladen por los macroporos que son ocupados por aire, siendo este la atmosfera de suelo o sustrato. La estructura del sustrato se relaciona de acuerdo a su porosidad total, aumentando cuando la estructura contiene espacios. Los espacios de poros en el suelo es una propiedad en dinamismo y varía de acuerdo con la labranza realizada. (Caliman, 2004).

En la siembra para promover las condiciones óptimas de agua y contacto con el sustrato de semilla o plántula, la cobertura de capa de sustrato agregada debe ser delgada. Un mayor tamaño de agregados afecta al desarrollo de las raíces y los pequeños proporcionan poros demasiados pequeños que dificultan el drenaje de agua con ello su saturación. Los espacios que separan los agregados varían entre suave o angular y de forma definida, modificándose estructuralmente mediante dilatación o contracción en el sustrato arcilloso. Se puede verificar las alteraciones estructurales mediante un muestreo de suelo húmedo y separando sus agregados. Los espacios irregulares con poros tubulares de variable dimensión, indica que la porosidad y estructura favorecerán a los cultivos agrícolas en su desarrollo, para la formación de este tipo de porosidad y estructura se puede estimular mediante metodologías de trabajo, como utilización de rastros vegetativos. (Caliman, 2004)

- **Textura de suelo**

La fase sólida incluye partículas de origen mineral, que dependiendo de su diámetro se clasifican en fracciones de limo, arena y arcilla, así como gravas finas, medias y gruesas. La textura es la masa formada por porciones relativas en marga, arcilla y arena. La disposición de las porciones de arena, arcilla y limo que contienen el suelo deslinda partículas de minerales mayores a 2 mm de arena, las cuales se consideran modificadores de textura denominadas: grava (0,2-2 cm), grava (2-5 cm), grava (15 -25 cm), rodillo (25-5 cm) y bloque (+50 cm); En este grupo se consideran los áridos estabilizados por la acción del MO . (Zavaleta, 1992).

$$\% \text{ Arena} + \% \text{ Limo} + \% \text{ Arcilla} = 100 \%$$

La textura está directamente ligada a la composición mineral, la superficie específica y la dimensión porosa del sustrato. Alterando casi a la mayoría de los factores involucrados en el desarrollo del cultivo instalado. Siendo la textura del suelo causante del dinamismo, disposición de agua, elementos nutritivos, aireación y resistencia a la distribución de raíces. Asimismo, influye en la susceptibilidad de los sustratos, la degradación y aglomeración, parte de la propiedad física. (Garzón, 2005).

Determinar la estabilidad del suelo apoya a la determinación del contenido de humedad ideal para el laboreo. En disposiciones óptimas, el sustrato debe ser compacto, implástico, no resistente y, por tanto, laborable. (Garzón, 2005).

- **Clases texturales:** Zavaleta (1992), menciona que el suelo puede pertenecer a cierta clase textural, basándose sus variaciones en mezclas de limo, arcilla y arena, siendo infinitas las combinaciones. Pero se han fijado solo 12 clases de texturas básicas; seriadas por aumento de fracciones finas, comparada con el suelo. Serrada (2008), alega que para mayor presencia de microporos en el suelo la disposición de limo es proporcional, que por fuerzas de capilaridad no permite drenar el agua. La abundancia de arcilla en el suelo con escasa materia orgánica, debido al carácter aglomerante más una alta pedregosidad es favorable para la comprensión del sustrato.
- **La erosión en el suelo:** La Pérdida y degradación de la superficie terrestre debido a actividades e impactos antropogénicos como el hielo, el agua, la variación en temperatura, corrientes de viento y otras fuerzas hidrológicas. La erosión se compone de factores como la roca, el agua, el suelo y el viento que afectan la tierra. Las actividades antropogénicas destruyen la capa protectora de la vegetación y aceleran la erosión. Los cambios en la vegetación provocan una mayor erosión, lo que hace que el suelo desperdicie sus nutrientes y se vuelva estéril. De manera similar, las áreas sin vegetación pueden ser más susceptibles a la erosión dependiendo del tipo de vegetación que se encuentre allí. Del mismo modo, los materiales vegetales como las hojas son clave para prevenir la erosión. Las plantas grandes con hojas densas protegen mejor el suelo de las precipitaciones. Cuando las moléculas de agua golpean una hoja, disminuyen su velocidad y se dispersan en gotas más pequeñas. Sin embargo, cuando impacta directamente contra el suelo, el suelo se erosiona y la acción del agua hace que el suelo se mueva. Las plantas controlan la velocidad del flujo de agua. Cuanto más cerca estén los tallos de las plantas, más lento fluirá el agua. (Icona, 1991).

La erosión es causada por factores humanos y ambientales como recursos naturales, escombros de rocas, relieve, viento, agua y deforestación, incendios forestales, contaminación, desechos en estado sólido, minería degenerativa, el laboreo convencional de cultivos, los fenómenos producidos naturalmente y la elevada temperatura global. causados por seres humanos problemáticos y sus actividades insostenibles. cambio climático. Es importante recalcar que movimiento o transporte de partículas de suelo no es igual a desertificación. Se le denomina desertificación al efecto

causado por el desgaste del sustrato, la eliminación de la cubierta vegetal y el déficit de líquidos. Hay tres tipos de desgaste o erosión.:

- La Erosión hídrica conformada por la marina, glacial, fluvial y por cambios de fase.
- La Erosión eólica producida por el aire o el viento.
- La Erosión gravitacional causada por la gravedad.

Además, los efectos de los problemas de erosión son: degradación de la vegetación, desertificación, pérdida de productividad del suelo, pérdida de biodiversidad, la aglomeración de precipitados y nutrientes, efecto en los recursos hídricos, reducción de suelos fértiles, aumento de la acidificación, alteraciones climáticas, elevación de temperatura global, degradación de sistemas paisajísticos, desequilibrio ecológico, impactos agrícolas, pérdidas económicas, degradación de tierras y cultivos, inundaciones (Icona, 1991).

- **Drenaje:** Se recomiendan áreas con pendientes suaves (hasta 25%), ya que las pendientes grandes promueven la erosión por escorrentía e impiden el manejo de los cultivos. Además, el suelo debe tener suficiente porosidad para asegurar el drenaje. Por lo tanto, el mejor suelo para el crecimiento de las palmeras es aquel con alta porosidad y disponibilidad de nutrientes. (Surre y Ziller, 1969).

### 2.2.8. La importancia del pH en el suelo

La acidez del sustrato es un obstáculo importante para la producción agrícola. Altera de forma específica y decisiva algunas propiedades químicas y biológicas del sustrato, provocando disminución del crecimiento vegetal y de la disponibilidad de elementos como el Calcio, Magnesio, potasio y fósforo. También promueve la movilización de elementos dañinos para los cultivos como es el caso del Aluminio y Manganeso.

La acidez en los sustratos de tropicos de originan por el Al, por tanto, se refiere a una acidez de intercambio ( $Al^{3+} + H^{+}$ ). La acidez intercambiable se describe en meq/100 mL o cmol(+)/L, y se considera que un valor  $> 0.5$  cmol (+)/L podría ser problemático para los cultivos, (Molina, E. 1998). El potencial de hidrogeno en el sustrato está relacionado de acuerdo al porcentaje de saturación de acidez, porque el aluminio intercambiable se precipita de un pH 5.5 a un pH 6.0. Cuando esta debajo del 5.5, el aluminio se solubiliza, siendo más abundante y perjudicial para los cultivos (Fassbender y Bornemisza, 1987).

### 2.2.9. Niveles de potencial hídrico en el sustrato

El cultivo de oleaginosas para un buen desarrollo, el valor del pH esta dado entre 6.5 y 7.5, valores más altos o inferiores contraen déficit de toxicidad. Al contener un pH



menor o igual a 5.0, presentan déficit de los siguientes elementos:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , al igual toxicidad por los elementos:  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , etc. (Fassbender y Bornemisza, 1987).

**Tabla 1.** Niveles de potencial hídrico en el sustrato

Descripción	Rango
Extremadamente ácidos	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 de análisis de suelos de la UNAS

En gran parte se ha puesto a disposición tres factores que afectan el pH del suelo, entre ellos están los siguientes:

#### **2.2.10. Relación suelo/agua**

Al diluir una porción de sustrato en una cantidad de agua respecto al suelo, el pH aumenta. La correcta relación entre el sustrato y el agua es de 1:1 (Guerrero, 2000).

#### **2.2.11. Acumulación de $\text{CO}_2$**

El concentrado de  $\text{CO}_2$  en el aire del suelo se incrementa con el desarrollo de las actividades bióticas de raíces y de organismos microscópicos, al reaccionar el ácido  $\text{H}_2\text{CO}_3$  con el agua (Guerrero, 2000).

#### **2.2.12. Importancia de la suma de bases y el porcentaje de saturación de bases**

La base total se define como la suma de las llamadas bases intercambiables que equilibran el potencial hídrico del sustrato. En los sustratos alcalinos y neutros predominan cationes  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ . Se refiere a problemas de acidez al contar con las siguientes características en el sustrato:

- $\text{pH} < 5.5$
- Acidez o aluminio intercambiable  $> 0.5 \text{ cmol}(+)/\text{L}$
- Suma de bases ( $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$ )  $< 5 \text{ cmol}(+)/\text{L}$
- Saturación de acidez  $> 20\%$

La práctica habitual actual es usar dosis de cal para que minimice la saturación ácida del suelo a un estado aceptable para la planta. (Molina, 1998).

Los cationes ácidos y básicos están ubicados en el sustrato. La proporción de los cationes básicos que tienen espacio dentro de los coloides del sustrato se relaciona con

la tasa de saturación de bases. Si el potencial hídrico del sustrato llega 7 (condición neutra), la saturación de bases llega al 100%, lo que indica la ausencia de los iones de H en los coloides. La saturación de bases va relacionada con potencial hídrico del sustrato, usándose para el cálculo de la cantidad necesaria para equilibrar los sustratos ácidos. (Porta, 2003).

La saturación por bases (B) conceptualiza al porcentaje de cationes principales respecto al valor de la CIC t. Siendo esta la fórmula:

$$B\% = \frac{(Ca + Mg + Na + K)}{CIC. total} \times 100$$

El resto hasta el valor total de CIC está ocupado principalmente por iones de hidrógeno (H'), indicando así el número de sitios catiónicos intercambiables que tiene el suelo. Por lo tanto, la saturación de bases es inferior en sustratos ácidos y más allegadas al 100% en sustratos alcalinos. A mayor grado de saturación, mayor oportunidad tiene el sustrato de conservar cationes. De otro lado la CIC total de un sustrato puede aumentar mediante por la agregación de MO. Dicho aumento se visualiza en superficie del sustrato, produciendo una gran cosecha.

La baja saturación de bases (B), que se da en sustratos ácidos o muy ácidos, aumenta a valores cercanos al 90% añadiendo enmiendas de origen caliza, así el pH del sustrato aumenta entre 6 a 7, haciendo que los iones H' se alejen a otros espacios que no sean de intercambio y liberando espacio para más cationes. Aunque este aumento solo se nota en los primeros cm del suelo, puede a veces producir mucho el sembrío. Cuando la saturación por bases (B) es baja, lo que ocurre en suelos ácidos o muy ácidos, pueden aumentar llegando a valores cercanos al 90% agregando enmiendas.

De esa manera el potencial hídrico del sustrato aumenta aniveles de 6 -a 7, haciendo que iones Hidrogeno dejen los espacios de intercambio para otros cationes.

**Tabla 2.** Parámetros de saturación de bases.

<b>Saturación por bases (%)</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Menor de 50</b>	Suelo muy ácido; presentará dificultades en la nutrición de los cultivos; se aconseja añadir enmienda caliza.
<b>50-90</b>	Suelo medio; su riqueza dependerá del calor de la CIC total.
<b>Mayor de 90</b>	Suelo saturado en bases; sus sedes de intercambio están siendo utilizadas. Su pH es casi neutro.

La saturación de bases es la cantidad de cationes, excluidos los iones H y Al, absorbidos en la superficie de las partículas del sustrato, medida y expresada en%. Las concentraciones bajas están estrechamente relacionadas con el pH del suelo, ya que las concentraciones más altas representan una zona de transición en el suelo dominada por iones no ácidos. (Porta, 2003)

**Tabla 3.** Interpretación del % de saturación de Bases

<b>Interpretación</b>	<b>Rango (%)</b>
Bajo	< 35
Medio	35-80
Alto	> 80

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la UNAS

### **2.2.13. Saturación de acidez o de aluminio**

En la mayor parte de los sustratos tropicales el aluminio está relacionado con la acidez procede del Aluminio, por eso en general se define sinónimamente como acidez intercambiable al (Al<sup>3+</sup> + H<sup>+</sup>) y Al intercambiable.

Considerándose muy eficaz para la evaluación de la acidez del sustrato, la expresión de la acidez o Aluminio intercambiable es en cmol(+)/L , y en término ampliamente general se consideran problemas de acidez niveles mayores de 0,3 – 0,5 cmol(+)/L. (Bertch 1995).

Otra referencia de diagnóstico, siendo de mayor ventaja el porcentaje de saturación de acidez, el cual tiene la siguiente fórmula para su cálculo:

$$\% \text{ Saturación de acidez} = \frac{\text{Al (cmol(+)/L)}}{\text{Al + Ca + Mg + K (cmol(+)/L)}} \times 100$$

El porcentaje ocupado por hidrógeno y aluminio en el intercambio catiónico se llama saturación de acidez. A los efectos de la evaluación del problema de acidez presentado en el sustrato, el mejor criterio aceptado es el de porcentaje de saturación de aluminio o la acidez de intercambio. La transigencia a la acidez varía en función de las propiedades de genes en el cultivo, variedad o especie. En general, el cultivo resiste un porcentaje mayor al 60 por ciento de saturación de acidez, siendo un rango aceptable entre el 10% al 25%.por gran parte de los cultivos.

El potencial hídrico del sustrato se encuentra relacionado con el porcentaje de saturación de acidez siendo la precipitación del aluminio intercambiable en un pH de 5.5 a 6.0. con ello si el pH es inferior al 5.5 el aluminio, se solubiliza por ello, su efecto es en abundancia siendo dañino para los cultivos.Una vez obtenidos los datos en cmolc/Kg de

H<sup>+</sup> y Al<sup>3+</sup> se utiliza para tasar la necesidad de cal la ecuación la cual contempla el equilibrio del porcentaje de saturación de acidez respecto a la CICE del sustrato multiplicado por una constante que cubre a los componentes que restringen la eficacia de las reacciones químicas y el Al<sup>3+</sup> no intercambiable (Molina 1998).

Kamprath et al. (1979), Señala que la disminución de la saturación de Al se produce debido a la liberación de Ca, lo cual desplaza al Al intercambiable del complejo de cambio. Este Al intercambiable se hidroliza y forma el precipitado Al (OH)<sub>3</sub>, mientras que el H reacciona con CaCO<sub>3</sub> para formar H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, que se disocia en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. De esta manera, se neutralizan los efectos perjudiciales del Al, mientras se mantenga en esa forma.

#### 2.2.14. La conductividad eléctrica en el suelo

El condicionamiento para un buen desarrollo en los cultivos se da por los factores abióticos y bióticos. Entre ellos resaltan las características físicas y químicas del sustrato. Un aspecto determinante para la condición y disponibilidad de elementos del sustrato son las concentraciones de sales incorporados al mismo, lo cual limita la absorción de agua en el cultivo instalado, incluso si existe una adecuada humedad en el sustrato. Los inconvenientes más resaltantes de salinidad son en zonas semiáridas y áridas en cultivos instalados, para medir la salinidad en el sustrato se determina la conductividad eléctrica (Porta, 2003).

Un valor alto en conductividad eléctrica en el sustrato obstaculiza y frena el desarrollo de los cultivos instalados. Esta propiedad indica la capacidad del sustrato para llevar corriente eléctrica a través de sales. Por ende, en una solución de sustrato, la CE es una forma de cuantificar la conglomeración de sal soluble.

Los valores aumentan a medida que la corriente se desliza más fácilmente a través del suelo debido a una mayor concentración de sales. Las mediciones de la conductividad eléctrica se expresan en dS/m (deciSiemens por metro). Siendo esta unidad un equivalente a la que previamente se usaba: mmhos/cm. (INTAGRI)

**Tabla 4.** Interpretación de salinidad

<b>Interpretación</b>	<b>Rango (dS/m)</b>
No salino	0-2
Muy ligeramente salino	2-4
Ligeramente salino	4-8
Moderadamente salino	8-16
Fuertemente salino	>16

### **2.2.15. La Capacidad de intercambio catiónico en sustratos**

Los cationes son de suma consideración con relación al desarrollo del cultivo, entre ellos los elementos como el Ca, Mg, K,  $\text{NH}_4^+$ , Na e H. Siendo los cuatro nombrados inicialmente fundamentales para el desarrollo de los cultivos. La disposición de los nutrientes y la humedad están relacionados con el H y Na, por lo cual los suelos con acidez presentan cationes de H y Al en formas variadas. La relación entre textura y la CIC es la siguiente, en sustratos con textura fina la CIC es alta y en sustratos con textura gruesa la CIC es baja, al igual en sustratos arenosos y margos arenosos debido a la deficiente presencia de arcilla (Fassbender Y Bornemisza, 1987).

Las diferentes combinaciones, categorías, cantidades de minerales arcillosos y el estado en descompostaje de la MO, influyen en el intercambio catiónico (CIC), ya que no todos los cationes presentes son atrapados mediante la fuerza de los enlaces. En los espacios donde se realizan el intercambio catiónico de la MO están enlazados débilmente, siendo estos, las arcillas de alta capacidad de intercambio los cuales retienen a los cationes bivalentes como el  $\text{Ca}^{+2}$  y el  $\text{Mg}^{+2}$  con más energía, en comparación del potasio. Este fenómeno afecta la disposición de los elementos nutritivos del suelo. La mayor parte de los sustratos que se componen de arcillas caoliníticas presentan una baja fuerza de enlace, lo que resulta en una mayor disponibilidad relativa de un elemento en un análisis o un porcentaje de saturación. Para la saturación de bases se realiza mediante la neutralización de la CIC principalmente por Calcio, Magnesio, sodio y potasio, caso contrario si es una saturación ácida, una medida a realizar es el encalado del suelo aplicando cal (Cepeda, 1991).

### **2.2.16. Factores que influyen en la CIC**

Para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico depende de varios factores como el tamaño de partícula (menor dimensión, mayor capacidad de intercambio catiónico); el tipo de catión intercambiable definido por sus valencias y finalmente el potencial hídrico.

En el sustrato los cationes que cambian de posición con mayor frecuencia son:  $\text{Calcio}^{+2}$ ,  $\text{Magnesio}^{+2}$ , potasio +, sodio +, Hidrogeno+, Aluminio +3, Hierro +3, Hierro +2, amonio, Manganeso +2, Cobre +2 y Zinc +2, en suelos ácidos predomina Hidrogeno + y Aluminio +3, en sustratos con alcalinidad predominan los cationes de sodio + y en sustratos neutros el Calcio +2. La acidez de reserva está formada por los cationes anabólicos a excepción de los protones y el Aluminio, ya que son considerados bases. A la relación entre la base y la CIC se denomina porcentaje de saturación de bases. (Cepeda, 1991).

### 2.2.17. La capacidad de intercambio catiónico y su repercusión.

Equilibra el aporte de elementos nutritivos a los cultivos como es el caso del potasio +, Magnesio ++, calcio ++, etc. También intervienen para la dispersión y floculación de las arcillas y como también en la estabilidad y formación estructural en los sustratos áridos. Cumple una función definida de filtro en el sustrato al retener compuestos y elementos dañinos que son incorporados al sustrato durante las actividades agrícolas.

**Tabla 5.** Capacidad de intercambio catiónico en un pH mayor a 5.5

Nivel	CIC (meq/100 g de sustrato)
Bajo	12
Medio	12 - 20
Alto	mayor de 20

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

### 2.2.18. El CaCO<sub>3</sub> en el suelo

Como componente, el carbonato tiene el potencial de reducir el rendimiento de las especies instaladas para su producción limitando su capacidad de respuesta frente a los fertilizantes y, en algunos casos, incluso impedir la aparición de ciertas especies valiosas. Los déficits de Fe, Zn, P y N pueden explicarse por un exceso de carbonatos presentes experimentan la muerte de la yema apical cuando se observan acumulaciones de carbonatos en el perfil edáfico hasta cierta profundidad después de desarrollarse inicialmente con normalidad. Como mínimo, se deben excavar registros y realizar pruebas cuantitativas apropiadas en cada nivel, hasta la parte más profunda, al plantar especies como árboles frutales (Intagri,2007).

### 2.2.19. La materia orgánica en el suelo

Es el resultado de la descomposición en diversos estados de los restos vegetales, animales y procesos microbianos, los cuales se acumulan en la superficie del sustrato y con el tiempo se agregan al perfil del sustrato. Algunos de ellos presentan una descomposición rápida por lo cual son fuente de energía para microorganismos presentes en el sustrato. El 50% del total de la materia orgánica se descomponen lentamente, preservándose por décadas o cientos de años en el sustrato, los cuales actúan de manera amortiguadora contra las modificación químicas y físicas que ocurren en el sustrato, a la vez ayuda a conservar los elementos nutritivos a periodos largos. (Molina, 1998).

Un pequeño porcentaje de la MO consiste en materiales ligeramente procesados y productos de alto peso molecular, completamente procesados y de color oscuro llamados compuestos húmicos. Cuando se introducen desechos orgánicos frescos en el suelo, las poblaciones de biota aumentan ligeramente debido a la presencia de materiales más

degradables. La descomposición proporciona energía, dióxido de carbono, agua y compuestos sintéticos originados por microorganismos. Cuando disminuye la concentración de materia orgánica de rápida descomposición se reduce la concentración de microorganismos.

Estos microorganismos atacan a los residuos conformados por celulosa y lignina, así como a los compuestos sintéticos producidos, por ello la tasa de conversión de los restos orgánicos frescos está condicionado por las propiedades de la materia orgánica inicial y las condiciones ambientales del suelo. La MO también se puede complementar mediante el uso de abono verde o residuos orgánicos como estiércol y compost, ya que desempeña un papel importante en los servicios ecosistémicos como:

- Permite la realización de estructuras estables de agregados en el suelo mediante asociación de materia orgánica y arcilla, como también la resistencia frente a la erosión del sustrato por lluvia y de viento.
- Eleva la capacidad de retener agua entre 3 a 5 veces más de su peso, algo importante en suelos arenosos.
- Mayor retención de elementos nutritivos debido a su CIC en el suelo para el posterior uso de los cultivos instalados.
- Participa en la captura de carbono de los gases atmosféricos y en la liberación de elementos nutritivos. (Molina, 1998).

Se demostró que el contenido de la M.O es distinto, un valle aluvial en la costa tiene una valoración de 2%, este valor en la sierra será bajo y en el bajo Amazonas este valor será medio. Es por esto que las concentraciones de materia orgánica deben evaluarse por región y según las necesidades del cultivo.

**Tabla 6.** Interpretación de M.O

Niveles	Contenido
Bajo	> 2
Medio	2-4
Alto	< 4

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

Se califica como M.O a la fracción de origen orgánico que desempeña una función primordial en el sustrato, para calcular su valor en el sustrato se multiplica el contenido total de nitrógeno por 20, ya que su contenido de nitrógeno es de 5%. (Guzman, 2008).

Tarmizi, (2006), alega que los factores de nutrientes influyen en las propiedades del suelo, ya que la formación de agregados proporciona estructura y acceso al suelo, facilitando la infiltración del agua, el almacenamiento y el intercambio de aire y, en última instancia, reduciendo la erosión.

#### 2.2.20. Propiedades químicas del suelo para palma aceitera

- **Nitrógeno en el suelo.** Generalmente, el nitrógeno en los suelos salinos proviene de la M.O depositada después del fallecimiento de insectos y plantas benéficas.(Navarro, 2003). Los suelos contienen muy poco nitrógeno debido a su variabilidad y transformaciones bioquímicas. El nitrógeno llega al suelo mediante el aporte de fertilizantes orgánicos y la fijación por bacterias de la atmósfera. En el sustrato su uso es dado por los cultivos, los animales y organismos descomponedores que lo integran en sus sistemas. (Fernández, 2006).

**Tabla 7.** Interpretación del Nitrógeno

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

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993)

- **Fósforo en el sustrato.** Es el macronutriente con mayor influencia en el rendimiento de los cultivos después del nitrógeno, participando en diferentes reacciones bioquímicas a nivel celular, siendo indispensable para todos los vegetales. La manera de incorporarlo es mediante la aplicación de fertilizantes fosfatados, mientras que su egreso se da por cosecha de los granos, escurrimiento, erosión y lixiviación (Navarro, 2003)

**Tabla 8.** Interpretación de fósforo

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

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

- **El K en el sustrato.** Es importante para las plantas, es importante y el nitrógeno. K realiza la función de activar una variedad de enzimas (más de 60 tipos) que realizan



diversas funciones metabólicas como es el caso de la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y carbohidratos; influye en desarrollo de meristemas y en la concentración de agua. En los procesos biológicos el potasio interviene en el crecimiento, el rendimiento y en la maduración y calidad de frutos. (Navarro, 2003).

**Tabla 9.** Interpretación de potasio

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

Fuente: Soil Survey Staff (1993)

### 2.2.21. Relaciones catiónicas

- **Relación Ca – Mg:** El superávit de Calcio intercambiable obstaculiza la disponibilidad de Magnesio y de potasio. Si la relación Ca/Mg es mayor de 10 cmol (+) /kg se produzca una deficiencia de magnesio, siendo 5 cmol (+) /kg la relación óptima de Ca/Mg (Guerrero y Andrés, 1996).
- **Relación K – Mg:** La relación óptima de K/Mg esta entre 0,2 cmol (+) /kg y 0,3 cmol (+) /kg, si es superior a 0,5 cmol (+) /kg presenta deficiencia de Mg por la falta de K, por otra parte los valores son cercanos al 0,1 se produce deficiencia de K por falta de Mg. (Guerrero y Andrés, 1996).

**Tabla 10.** Interpretación de relaciones catiónicas

Interpretación	Rango
Ca/Mg	5-8
Ca/K	14-16
Mg/K	1.8-2.5
K/Na	> 1.5

Fuente: Laboratorio análisis de suelos de la UNAS

### 2.2.22. Importancia de la topografía

La topografía describe el ángulo, la altura y la forma de los acantilados, su importancia se debe a su influencia en la erosión de los suelos y en la ingeniería tiene un impacto significativo en el desarrollo del suelo. Cuanto más pronunciada y larga sea la pendiente, mayor será la tasa de erosión. Cuanto más pronunciada es la pendiente, más rápido se mueve el agua y mayor es la erosión. Las pendientes más pronunciadas hacen que el agua fluya más rápido, aumentan el volumen de agua y provocan más erosión.

Asimismo, los problemas de erosión, el potencial de uso agrícola se reduce en áreas con pendientes agudas. Esto se debe a que este tipo de pendiente tiene más dificultad o es imposible su traslado dentro o fuera del campo debido a labranza mecánica (Soria, 2003).

### **2.2.23. Efectos de la cobertura vegetal**

La reacción principal es su participación la formación estructural del sustrato proporcionando las siguientes condiciones:

- Genera restos vegetativos como fuente energética para desarrollo microbiano para la elaboración de humus y polisacáridos.
- La densidad radicular contribuye a la generación de masa vegetal, disponibilidad de residuos orgánicos y con ello la formación de agregados en el sustrato.
- La cobertura presente conserva la estabilidad de los agregados superficiales frente a cambios temporales del clima.

Se conoce que los sustratos formados debajo de los pastizales tienen la mejor estructura de la capa cultivable desde una perspectiva agrícola. (Caliman, 2004).

### **2.2.24. Efecto de la actividad biológica (lombrices)**

Las diversas lombrices se alimentan con tierra y materia en descomposición, formando madrigueras sólidas, redondas o con forma de fondo. Además, crearon un sistema de vidriado que aumenta el espacio poroso del suelo. Esto les ayudará a mejorar el suelo. (Caliman, 2004).

### **2.2.25. Programas estadísticos**

El InfoStat y el Rstudio son software de análisis estadístico desarrollado bajo plataforma Windows. Incluye métodos para obtener estadísticas gráficas y cuadros con fines analíticos, como métodos estadísticos avanzados y análisis multivariado. La solidez y sencillez de su interfaz y su experiencia en análisis estadístico y gestión de datos. La estructura de la plataforma para Latinoamérica es apreciada por su diseño tanto por estudiantes y docentes universitarios. La característica principal es que es software de uso estadístico, la capacidad de InfoStat para integrarse con Rstudios mejora el desarrollo de algoritmos de rápido análisis. InfoStat se sincroniza a Rstudio mediante dos formas: integrando un intérprete para ayudar en la ejecución de scripts de R en el espacio de ejecución de InfoStat, utilizando el motor estadístico de R con los datos obtenidos se realiza la integración lineal y variables de entrada en InfoStat.

### **2.2.26. Muestreo de suelo**

La realización de analizar el suelo es útil como guía necesaria para estudiar el suelo, diseñar recomendaciones que facilita el uso eficaz de los fertilizantes y enmiendas, mediante la obtención de muestras representativas (Munévar y Franco ,2002).Según Munévar y Franco (2002), la profundidad más adecuada para el muestreo de suelos de palma aceitera son los 30cm a partir del ras del suelo con el fin de reconocer el estado de las propiedades y nutrientes del suelo, debido a la presencia mayor de raíces de palma en esa zona y realizar la aplicación de medidas de recuperación.

### **2.2.27. Procedimiento para obtener muestras:**

- 1) Elaborar un croquis que determine el área con todas sus condiciones en el terreno.
- 2) Ubicarse en la primera unidad muestral y seguir a los puntos de muestra para colectar las submuestras.
- 3) Tomar cada muestra entre el extremo del estipe de la palma o en el espacio de finalización de foliar.
- 4) Limpiar el área de muestreo de restos vegetativos y cobertura viva instaladas em el suelo. Se sugiere hacerlo con machete para no remover el horizonte superficial del suelo.
- 5) Al usar barreno asegurarse que la perforación sea a una profundidad de 30cm para cada área de muestreo y salvaguardar en un envase atildado.
- 6) Repetir el procedimiento 1 y 2, hasta completar la cantidad designada de submuestras que conformaran una muestra.
- 7) Al usar una pala plana realizar el punto 1,2,3,4 y realizar un hoyo de forma uve con las dimensiones de la pala y a una profundidad de 30cm.
- 8) Extraer una tajada de terrón de suelo de 3 cm de grosor de una las paredes del hoyo realizado en forma de uve.
- 9) Extraer los bordes de la tajada realizada y conservar la parte central, es fundamental mantener la parte superficial del suelo.
- 10) Realizar un corte longitudinal de la muestra de acuerdo a los colores o texturas presentadas (horizontes o capas) en el muestreo de suelo.
- 11) Depositar cada fracción de suelo de manera independiente en baldes.
- 12) Repetir los pasos 4, 5 y 6 hasta completar las submuestras que conforman la muestra.
- 13) Repetir los pasos anteriores hasta completar las muestras de las áreas designadas en los predios de los palmicultores.

### **2.2.28. Empaquetado de muestras obtenidas**

Al terminar con las muestras y sus submuestras se continua a realizar el almacenado en el balde se procede a realizar las siguientes actividades:

- 1) Incorporar manualmente y uniformemente el sustrato obtenido de las muestras.
- 2) Separar las raíces y los residuos vegetales o de animales.
- 3) Separar del balde mezclado la cantidad de 1.5kg de sustrato.
- 4) Dividir la porción de sustrato restante en dos partes iguales con la finalidad de obtener una muestra y una contramuestra los cuales serán usados posteriormente.
- 5) Empaquetar las porciones divididas en bolsas especiales de polietileno de calibre alto debido al manejo constante y dureza del sustrato
- 6) Rotular la bolsa con codificación tanto la muestra y contramuestra, los cuales se registraran en una tabla de datos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se realizó en los 4 sectores pertenecientes a la cooperativa ACEPAT, políticamente los predios se ubican en varios distritos, centros poblados y caseríos, en la jurisdicción provincial de Tocache en la región San Martín. El sector I está compuesto por los siguientes lugares Tananta, Villa palma, Filadelfia, Sin Sin, Nueva Bambamarca, Naranjal y Balsa probana. El sector II está conformado por Cañuto, La victoria, San Juan de cañutillo, Mana hermoso, San Antonio, El porvenir, Horizonte, 10 de agosto, Nuevo Pataz, Carlos Mariátegui, Bello oriente, Calluayacu y Casma. El sector III está compuesto por Las Palmeras, Yacusisa, Tocache viejo, Pucayacu, Sector limón, Nueva Libertad, Santo Cristo, Loboyacu, Nueva esperanza, Acceso Huallaga, Ramal de cachiyacu, 8 de Julio, Palo blanco, Carricillo y Viña del río. Por último, en el sector IV lo componen La florida, Los cedros, Villa los Ángeles y Puerto rico.

##### 3.1.1. Ubicación política de las parcelas:

Departamento : San Martín.  
Provincia : Tocache  
Distritos : Pólvora, Tocache, Shunte

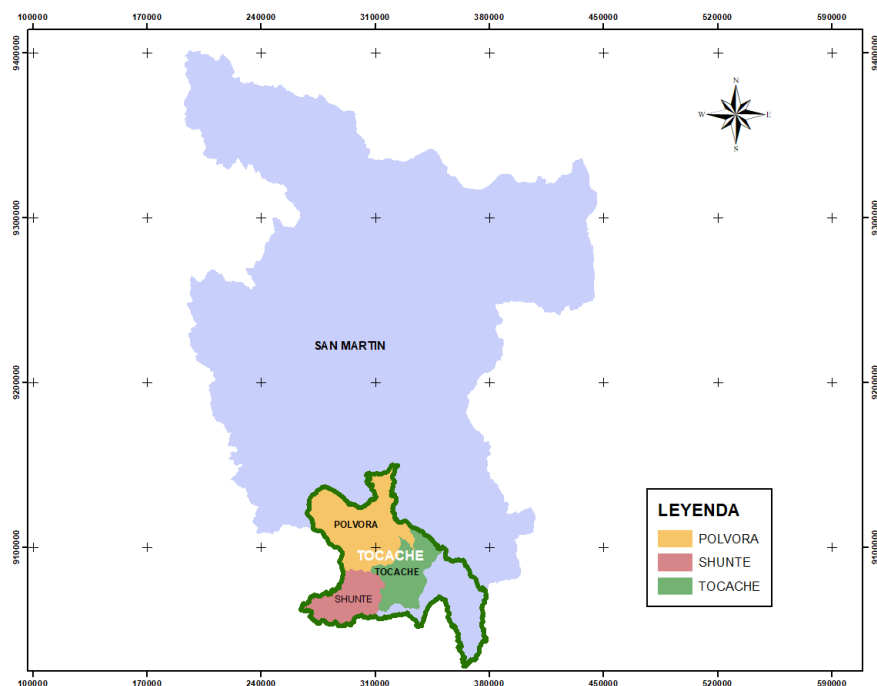
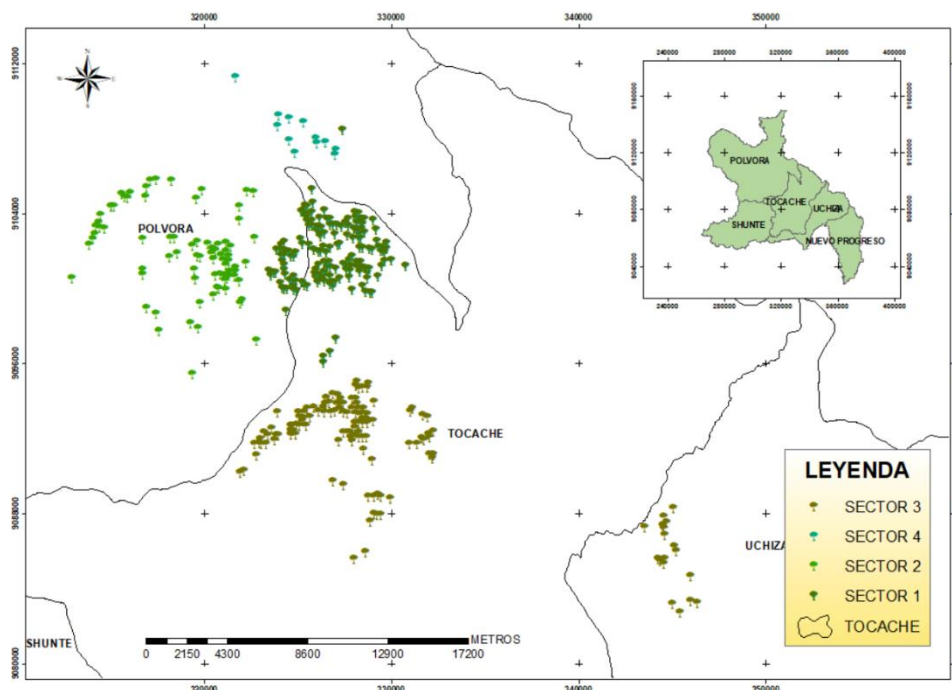


Figura 1. Mapa de ubicación.

##### 3.1.2. Localización georreferenciada de los predios

La localización de los sectores y predios estudiados se registran en el sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator, Zona 19K, Datum WGS 84.



**Figura 2.** Mapa de dispersión de las parcelas estudiadas.

### 3.1.3. Geografía

La jurisdicción provincial de Tocache se ubica entre la cuenca del río Huallaga, la majestuosa Cordillera de los Andes y en el antiguo bosque de Pomabamba. La provincia incluye 02 unidades estructurales morfológicas relacionadas: al oeste, la Cordillera Oriental y, hacia el oeste, la Cordillera Oriental, cinturón subandino, la provincia se caracteriza por zonas montañosas con diferentes alturas y pendientes. De manera similar, en ciertas áreas, el movimiento dinámico de los ríos ha producido un relieve moderadamente de plano a ondulado. Al mismo tiempo, esta región ha visto fuertes procesos pedogenéticos que han producido una amplia gama de tipos de suelo que han impactado la biodiversidad de hábitats y vegetación. La cuenca del río Huallaga con 218 km de longitud es el resultante de los aportes hídricos en las cabeceras de la provincia de Tocache. (Prodatu, 2006).

### 3.1.4. Clima

En las tierras bajas y llanuras montañosas de la cuenca central, el clima varía desde cálido y húmedo hasta templado muy húmedo; y helado en las zonas montañosas. La provincia es famosa por su excesiva humedad, que provoca que durante todo el año fluyan manantiales, arroyos y ríos a un ritmo constante. Por lo tanto, el flujo de del recurso hídrico es fundamental para el potencial de desarrollo de actividades agrícolas en la zona.

### **3.1.5. Temperatura**

En la zona la temperatura media anual de 24. 7° C. los meses de noviembre 25°C y julio 22°C, con una precipitación de 2536 milímetros al año. (Prodatu, 2006)

### **3.1.6. Hidrografía y unidades hidrográficas**

La red hidrológica del área de estudio está representada por el río Huallaga, que fluye de norte a sur, drenando pequeños canales que, junto con los principales canales colectores, forman canales naturales para evacuar el exceso de agua, especialmente durante los períodos de mayores precipitaciones. el afluyente Huallaga en su trayectoria pasa por pendientes pronunciadas con un caudal elevado, los cuerpos de agua aportantes a él se originan en la cordillera oriental y Subandina, a ello se debe aspecto torrencioso y de caudaloso, presentando así con una diversidad íctica reducida con solo 71 especies.

### **3.1.7. Suelos.**

Hay suelos con características edafológicas que demuestran que son aluviales; estos suelos son buenos para cultivos de corto plazo como arroz (de regadío), banano, árboles frutales, pastizales y plantas permanentes como cacao, palma, especies nativas y bosques. Estos suelos tienen un elevado contenido de MO de hasta un 25 por ciento, un 11.5 por ciento de capacidad de intercambio catiónico y una disposición de N, P, y K promedio de 8-10-12 respectivamente. También existen suelos en la zona occidental con un potencial hídrico de 6.0 y CIC aceptable, que son buenos para el desarrollo de cultivos perennes. Prodatu (2006), afirma que un intercambio catiónico de 0 y apropiado favorece el crecimiento saludable de los cultivos perennes.

### **3.1.8. Humedad relativa**

La humedad relativa promedio al año más elevada es de 70% y siendo la más baja de 68.2% según el registro de la estación de Tocache. (PEAH, 2012).

## **3.2. Material, insumo y equipo requerido**

### **3.2.1. Materia genética estudiada**

Plantas de palma aceitera (*E. guineensis*) con 10 años en promedio general de todos los predios a estudiar.

### **3.2.2. Materiales, herramientas y equipos**

Los materiales, herramientas y equipos a usar en el trabajo de investigación son los siguientes: kit de palas de jardinería, pala plana, cinta métrica, tabla Munsell, GPS, cámara fotográfica, ficha de perfil de suelo de ACEPAT, muestreador de suelo, balde mediano, laptop, bolsas plásticas para suelo, etiquetas, cinta de embalaje.

### **3.3. Metodología.**

Para el desarrollo de dicha investigación se identificó los 4 sectores con los cuales trabaja la cooperativa ACEPAT, con ello se determinó 399 propietarios dueños de predios con sistema de producción de palma aceitera, de los cuales algunos propietarios poseían más de un predio por lo tanto la suma establecida para el estudio es de 452 predios.

#### **3.3.1. Ubicación de las parcelas y entrevista a los palmicultores**

Con ayuda de una lista de los propietarios de cada sector, se realizó la visita a cada uno de los palmicultores de cada sector y se georreferenció en el centro del predio con la ayuda de un GPS, se entrevistó al palmicultor para posteriormente realizar el llenado de la ficha de información.

#### **3.3.2. Diagnóstico de parcelas**

Al obtener datos brindados por el palmicultor en la entrevista y el permiso del propietario para recorrer su predio se realizó el llenado de la ficha de información brindada por vector agricultura con el propósito de obtener la más cantidad de datos de cada predio y determinar la situación actual de las parcelas de palma aceitera.

Ubicado el centro del predio el cual sería la parte más representativa del terreno, se identifica la palma cercana y a 1.3m de la planta se realizó una pequeña calicata de 1m x 0.5m x 0.3m con ayuda de la pala plana. Se observó la presencia de los sub-horizontes presentes, la textura y estructura a tacto, la presencia de actividad biológica, pedregosidad, coloración, cantidad de raíces y los datos restantes a llenar en la ficha. (Ficha de información Anexo).

#### **3.3.3. Muestreo de suelos**

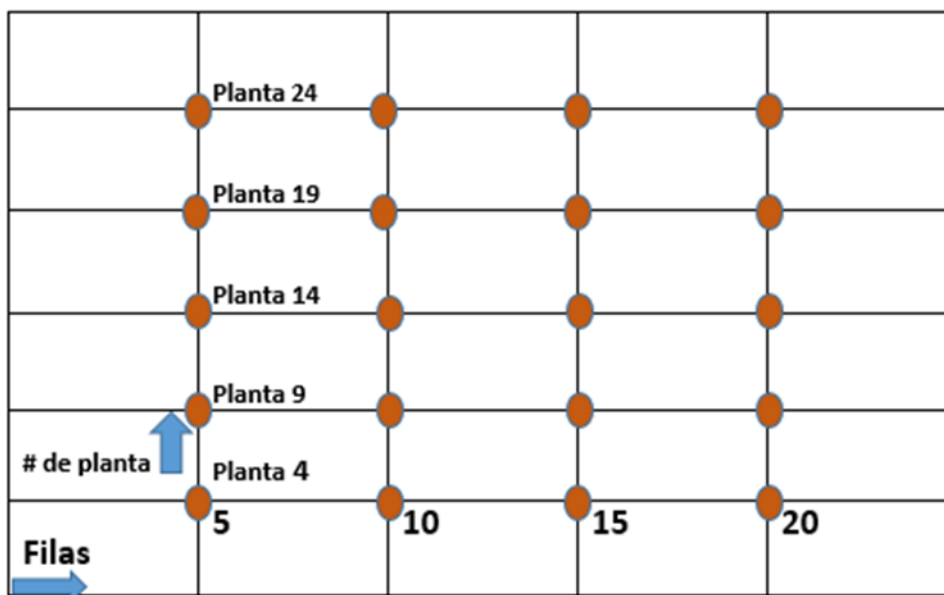
En cada predio se tomaron muestras para realizar un análisis de suelo, que ayudara en la implementación de datos para nuestro estudio. Para el muestreo de suelos se seguirán los requisitos de muestreo propuestas por Munévar y Franco (2002).

##### **a) Toma de muestras**

Se trabaja en predios con palma aceitera de 5 hectáreas, con una media de 25 filas y en cada fila poseen 27 plantas de palma aceitera, obteniendo unas 675 plantas de palma aceitera por 5 hectáreas. Cada muestra de suelo tomada está constituida por 20 submuestras de suelo, las cuales se recolectaron de la planta de palma de aceite ubicada en la fila 5, 10, 15, 20 y de las plantas 4, 9, 14, 19 y 24 respectivamente.



**b) Diseño de muestreo**



**Figura 3.** Diseño de muestreo de parcelas

**c) Obtención de muestras de suelo**

Para la obtención de las submuestras se siguieron los siguientes procedimientos:

- Limpiar la superficie trasladando los restos vegetativos y de cobertura vegetal verde que se encuentre sobre el sustrato.
- Con barreno, se realizó una perforación a 30 cm en cada sitio de muestreo para colocarse en un balde limpio.
- Se repitió el mismo procedimiento hasta completar el número de 20 submuestras.
- Se realizó la mezcla manual y uniformemente del suelo de cada muestra.
- Se extrajeron residuos ajenos al suelo encontrados en la muestra.
- Se extrajo del recipiente 1,5 kilogramos de sustrato homogenizado.
- Se realizó el almacenamiento en una bolsa una muestra representativa con capacidad de 2kg

**a) Preparación de muestra**

Los procedimientos para la actividad de preparación de muestra fueron los siguientes:

- Se separó la cantidad de suelo extraído en campo, en 2 cantidades iguales por muestra (muestra -contramuestra).
- Se destinaron las muestras a laboratorio para su análisis y la parte restante se conservó a contra muestra.
- Se realizó el empaque debidamente separando las muestras de las contra muestras en envases plásticos de polietileno de un calibre alto debido a la constante manipulación, se colocó los rótulos respectivos para él envió al laboratorio y contra muestras.

**b) Análisis físico químico de muestras obtenidas.**

Se hizo contacto con la laboratorista de suelos de la Universidad Nacional Agraria de La Molina para la realización de los análisis fisicoquímicos de las muestras.

**c) Estado de propiedades fisicoquímicas de los sustratos muestreados**

Con los datos obtenidos de los análisis fisicoquímicos de suelos se procedió a realizar cuadros comparativos por sectores respecto a su estado y gráficos de análisis de varianza entre sectores con softwars SPSS.

**d) Correlación de las propiedades fisicoquímicas en el sistema de productivo de palma.**

La determinación de correlación de los factores fisicoquímicos del suelo requerido por palma se realizó con la ayuda del programa estadístico R por el método de análisis exploratorio de las propiedades fisicoquímicas, para ello se utilizó los resultados del análisis de suelo y algunos datos obtenidos en campo llenados en la ficha de información.

**e) Determinación de los indicadores fisicoquímicos en el sistema productivo de palma.**

Para eso se usó los softwares Rstudio en el ordenador, una vez establecido nuestra base de datos, se direcciona los datos para la determinar el indicador de suelo que influye en el sistema de producción de palma aceitera, se ejecutó mediante los softwares los análisis de componentes principales para establecer a los indicadores multifuncionales que participan en la calidad de suelo para el sistema productivo en los cuatro sectores de la cooperativa ACEPAT.

### **3.4. Tipología de investigación**

El estudio corresponderá al tipo de investigación no experimental, con finalidad de determinar los indicadores fisicoquímicos de suelo en sistemas de producción de Palma de aceite, mediante relacionar datos en el programa estadístico R, el diseño será no experimental.

#### **3.3.4. Variables independientes**

La variable independiente en estudio son las propiedades fisicoquímicas de suelo requeridas por la palma como: Ph, C.E, M.O, P, K, textura y CIC.

#### **3.3.5. Variables dependientes**

Rendimiento de la Palma aceitera

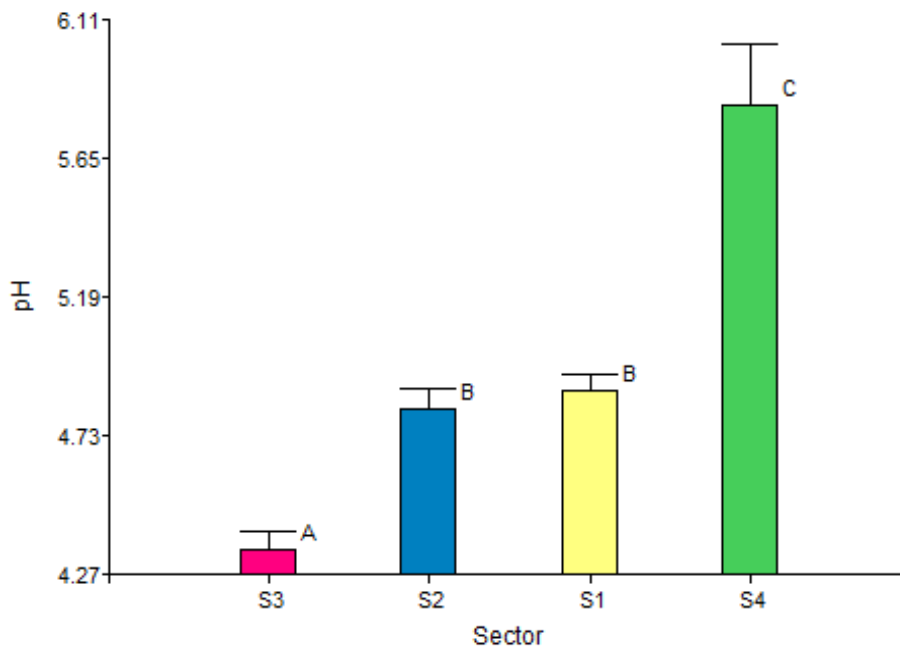
## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Estado de propiedades fisicoquímicas del sustrato en el sistema productivo de palma en los cuatro sectores de ACEPAT.

**Tabla 11.** Niveles fisicoquímicos de los 4 sectores de ACEPAT, Elaboración propia

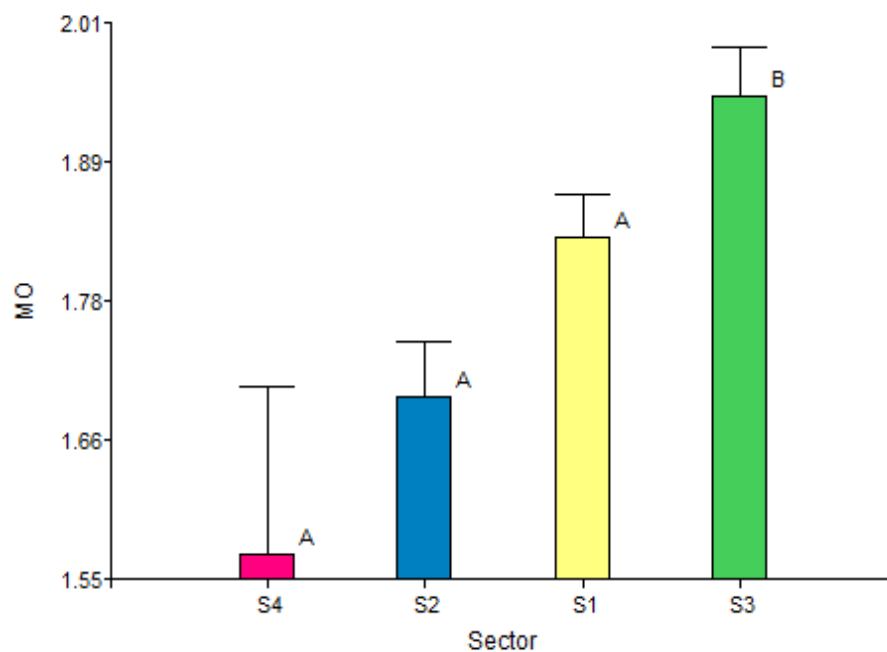
Sector	S1			S2			S3			S4		
	Prom	Rango		Prom	Rango		Prom	Rango		Prom	Rango	
		Max	Min		Max	Min		Max	Min		Max	Min
<b>pH</b>	4.88	7.71	3.96	4.82	5.68	4.06	4.35	8.18	3.43	5.83	7.85	4.66
<b>M.O</b>	1.83	3.86	0.62	1.70	4.02	0.85	1.95	3.49	0.65	1.57	2.54	1.07
<b>P</b>	5.96	20.30	1.90	3.40	9.90	1.40	3.93	9.90	1.40	3.93	6.50	2.10
<b>K</b>	61.99	381.00	14.00	53.78	121.00	15.00	49.50	136.00	18.00	57.58	86.00	32.00
<b>CICt</b>	11.43	15.52	8.00	12.11	16.80	7.68	10.79	17.12	6.72	13.05	16.64	8.64
<b>Ao</b>	41.85	77.00	17.00	38.59	59.00	15.00	47.42	71.00	7.00	40.83	51.00	27.00
<b>Li</b>	34.88	56.00	10.00	30.30	42.00	16.00	25.42	64.00	8.00	37.83	46.00	26.00
<b>Arc</b>	23.27	45.00	9.00	31.11	47.00	15.00	27.16	41.00	9.00	21.33	27.00	17.00

En la tabla se visualiza que el sector 4 posee un nivel alto en pH, CICt y limo frente a los demás sectores de la cooperativa ACEPAT. El sector 3 posee un alto nivel de M.O y arena a diferencia de los demás sectores. El sector 2 contiene un alto contenido de arcilla a comparación de los demás sectores y el sector 1 posee en su suelo un alto nivel de fosforo y potasio.



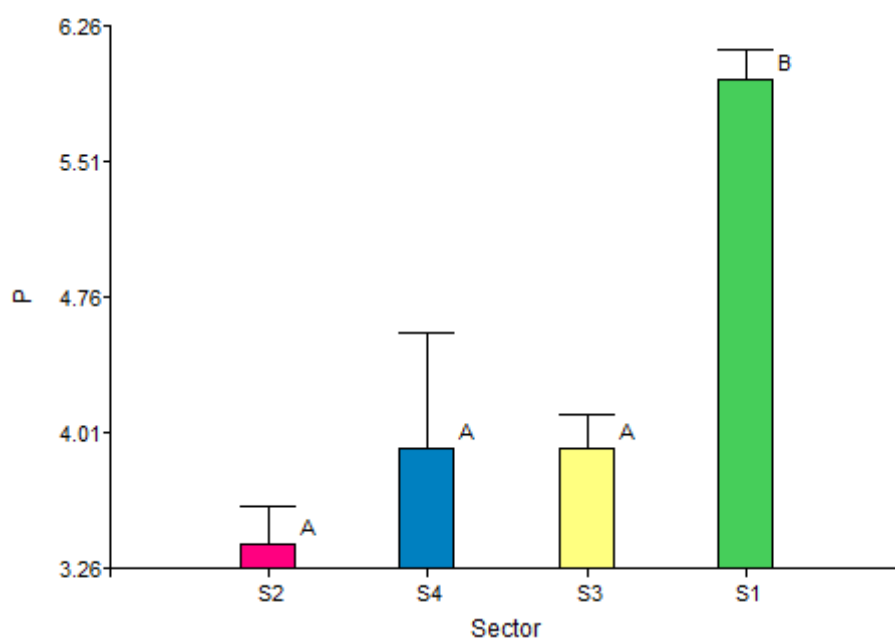
**Figura 4.** Ph en los 4 sectores.

Respecto al pH en los cuatro sectores pertenecientes a cooperativa (ACEPAT), se observa la existencia de una variabilidad significativa entre los sectores 4 y 3, mientras que el sector 1 y 2 no son significativamente diferentes, poseen similitud en sus valores.



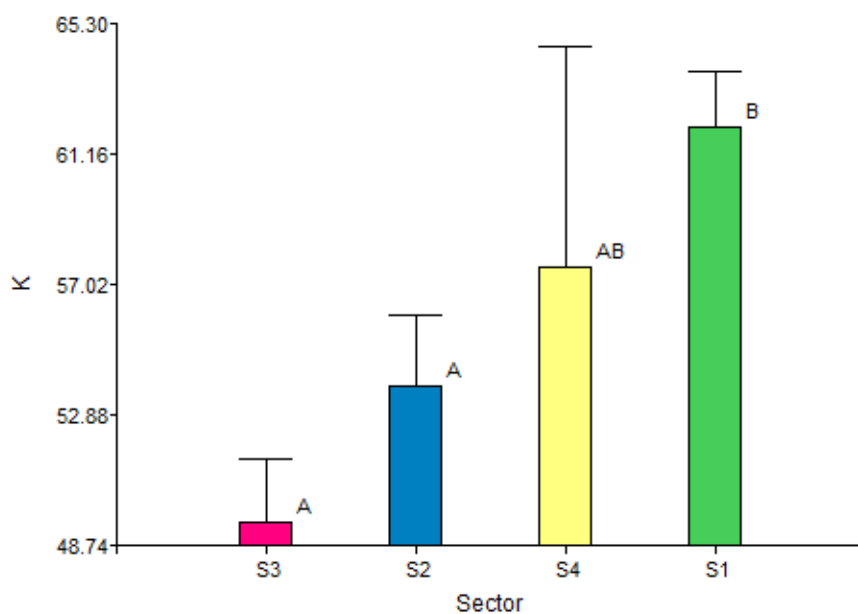
**Figura 5.** Materia orgánica por sectores.

La MO de los sectores 1, 2 y 4 presentan una variabilidad no significativa, a diferencia del sector 3 quien si es significativamente diferente siendo este el sector con alta cantidad de materia orgánica.



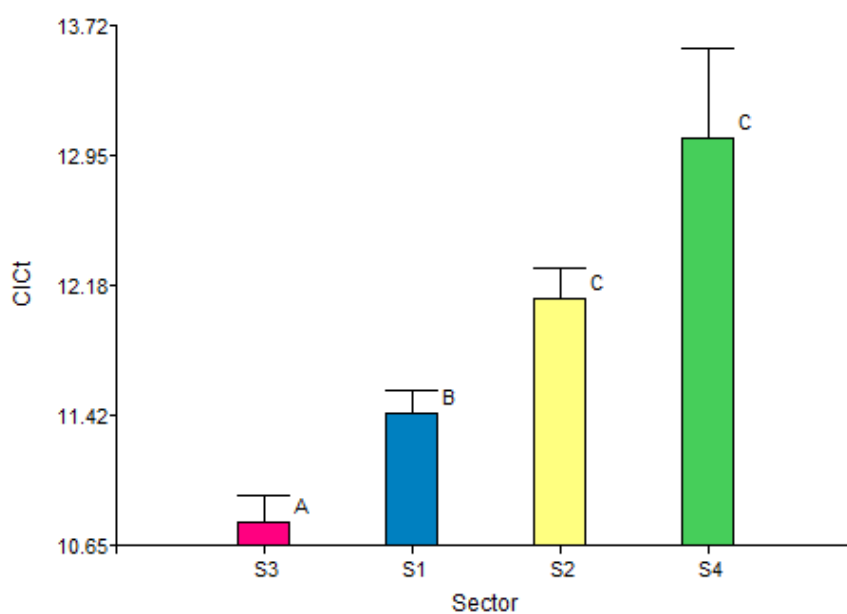
**Figura 6.** Presencia de fósforo en los 4 sectores.

El fósforo en los suelos de los sectores 2, 3 y 4 presentan una variabilidad no significativa, a diferencia del sector 1 quien posee el nivel más alto y significativamente diferente a los demás sectores.



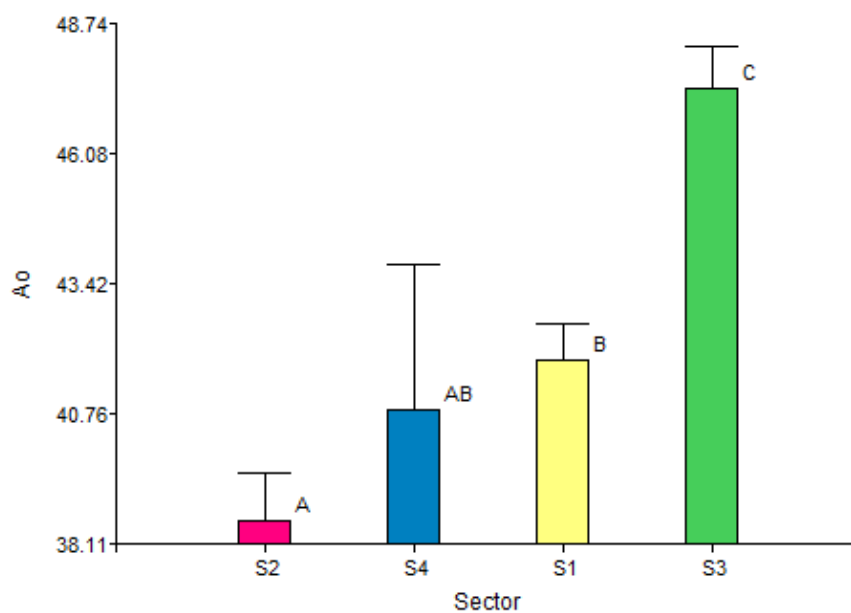
**Figura 7.** Potasio en los 4 sectores muestreados.

El potasio en el suelo de los sectores 2, 3 y 4 presentan una variabilidad no significativa respecto a sus valores, a diferencia del sector 1 que, si es significativamente diferente a los sectores 2 y 3, pero posee una variedad no significativa con el sector 4.



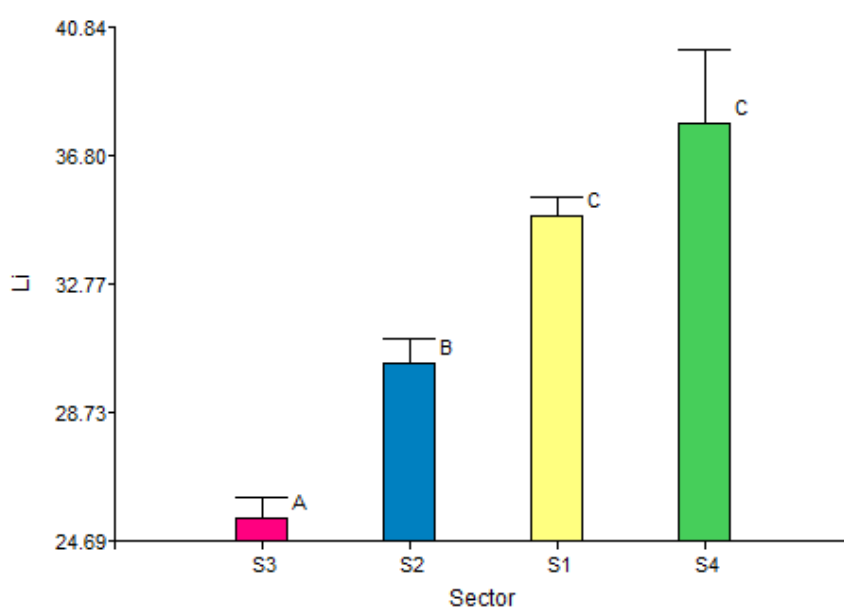
**Figura 8.** Capacidad del intercambio catiónico en los 4 sectores.

La CICt en el sustrato del sector 1 y 3 tienen una variabilidad no significativa entre ambos, como también el sector 2 y 4. Siendo así diferentes significativamente los sectores 1 y 3 con los sectores 2 y 4.



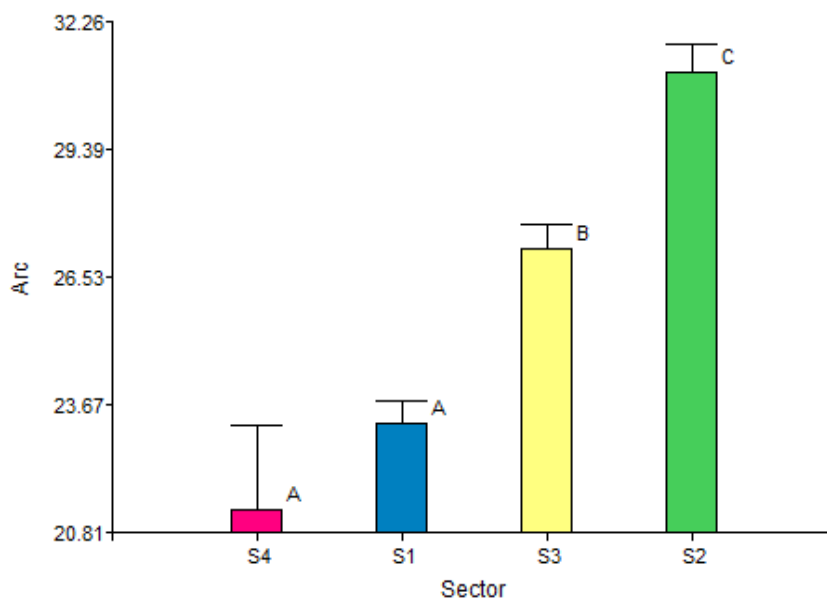
**Figura 9.**Contenido de arena por sector.

La arena en el suelo en el sector 4 no tiene una variabilidad significativa respecto a los sectores 1 y 2, pero si existe una variabilidad significativa con el sector 3, que posee un contenido de arena superior al resto de los sectores.



**Figura 10.**Contenido de limo del suelo por sectores.

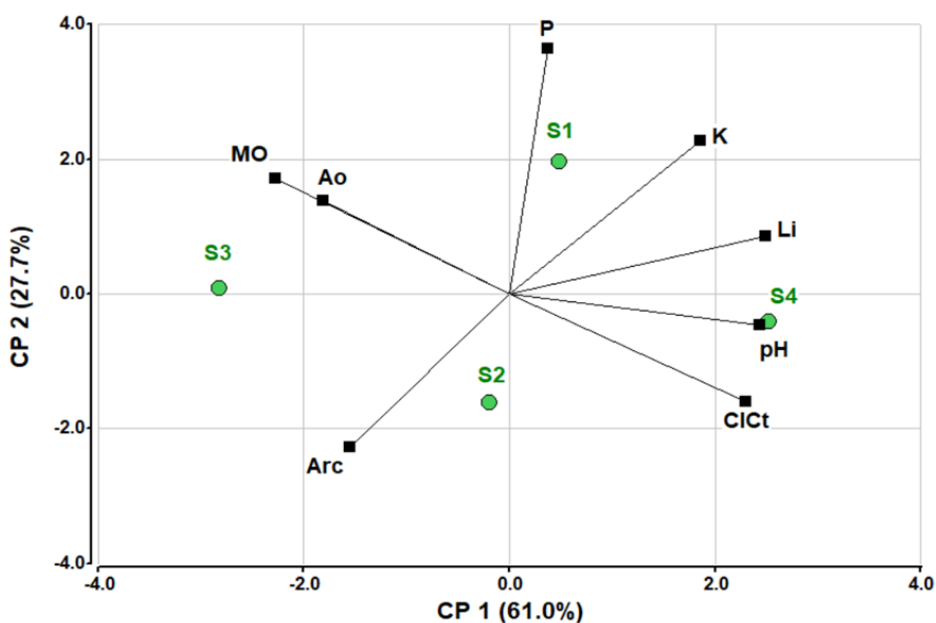
El limo presente en el suelo de los sectores 1 y 4 poseen una variabilidad no significativa entre ellos, pero son diferentes significativamente con el sector 2 y el sector 3 el cual tiene el menor contenido de limo.



**Figura 11.** Arcilla en el suelo de los 4 sectores.

El contenido de arcilla en el suelo del sector 2 es el más elevado, teniendo una variabilidad significativa respecto al resto de sectores. Los sectores 1 y 4 presentan una variabilidad no significativa entre ambos.

#### 4.2. Correlación de propiedades fisicoquímicas en los sectores de ACEPAT.



**Figura 12.** Relación de propiedades fisicoquímicas por sector en componente 1.

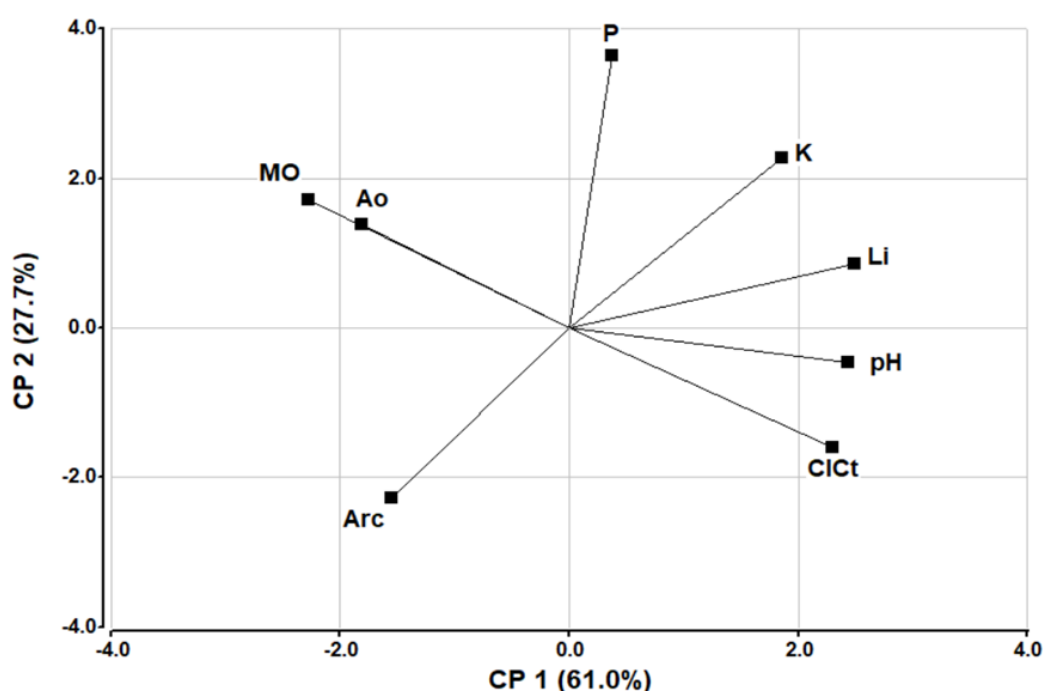
El componente principal 1, explica el 61% del sistema de suelo, el cual incluye los factores como el fósforo, potasio, pH, CICt y limo, de los que la mayoría de ellos se encuentran relacionados estrechamente al proceso de fertilización.

En el caso del sector 4, muestra al pH como una de sus características con más relevancia ya que ese sector posee un pH el cual no necesita un manejo riguroso de encalamiento como los demás sectores y con ello una buena CICt.

El sector 3 refleja un suelo con más materia orgánica y arena, el cual se observó en campo por ser suelos menos trabajados y fertilizados exhaustivamente.

El Sector 2 muestra la presencia alta en arcilla en sus suelos, el cual no influye en la CICt ya que posee un nivel bajo, y la CICt obtenida lo brindado la baja fertilización que realizan los palmicultores de ese sector.

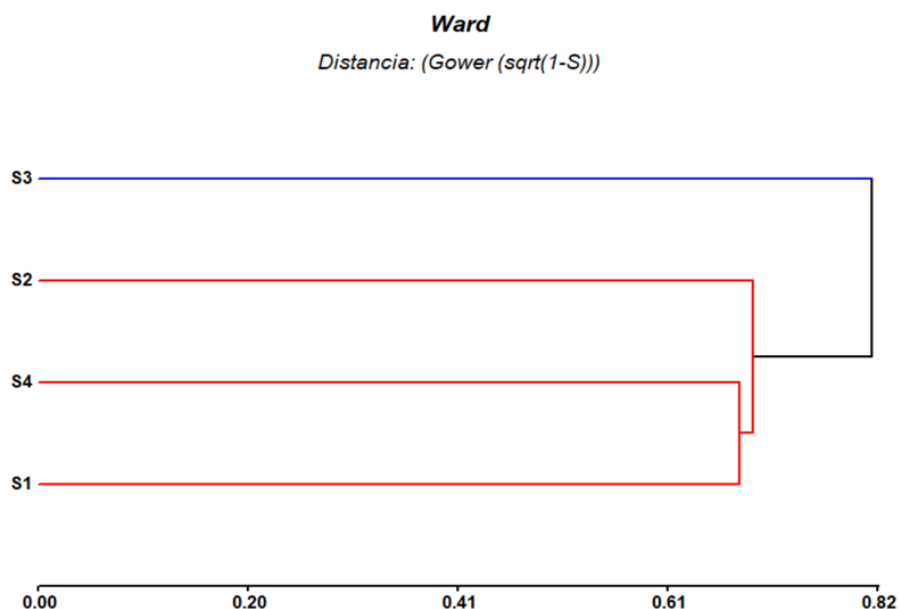
El sector 1 explica la alta dependencia de fertilización como es el caso del fósforo y potasio, los cuales intervienen en el CICt en el suelo y ello se da a través del exhaustivo abonamiento por parte de los palmicultores, lo cual sucede en este sector.



**Figura 13.** Relación de propiedades fisicoquímicas por sector en componente 2.

Por otra parte, el componente principal 2 lo conforman la M.O, la arena y la arcilla presente en el suelo de cada sector, ya que se agrupan en sentido contrario del resto de los factores propuestos, los cuales forman un grupo de factores físicos. De tal modo que el componente 2 representa significativamente un aspecto físico denominado agregación.





**Figura 14.** Diferencia significativa por sectores.

El gráfico muestra una diferencia no significativa entre el sector 1 y 4 respecto a los valores de sus factores, tanto el sector 1 y 4 tienen una diferencia no significativa con el sector 2. El sector 3 sí presenta una diferencia significativa respecto a los otros sectores evaluados en este trabajo de investigación.

#### **4.3. Estándar de calidad de suelos para la productividad de palma en los sustratos de los cuatro sectores de ACEPAT**

**Tabla 12.** Pesos de componentes principales de suelo en los sectores de ACEPAT.

<b>Pesos de los componentes principales</b>			
	CP1(%)	CP2(%)	CP3(%)
pH	19.52	13.06	0.36
MO	3.62	2.97	45.41
P	0.02	17.80	13.16
K	1.30	0.77	31.98
CICt	13.67	6.84	9.03
Ao	30.79	5.24	0.03
Li	27.96	7.63	0.00
Arc	3.13	45.69	0.03

Como la fertilidad química del suelo varió considerablemente, las 75 parcelas diferentes fueron claramente separadas por PCA en las 40 variables que describen sus respectivas características químicas en 0-10 cm (figura 2). El primer eje de componentes

principales expresó claramente un gradiente de fertilidad del suelo: todos menos siete (figura 3). variables del suelo proyectadas en el mismo lado del primer eje factorial. 45% explicó la varianza, por lo tanto, suelos claramente opuestos ricos en nutrientes y con alto c y n, a suelos pobres con bajo contenido (figura 4). El segundo eje (16% de la variedad explicada) se asoció con la acidez del suelo y los suelos opuestos con valores altos de pH y contenido de Ca, mg y suelos ácidos con alta saturación total.

#### **4.4. Discusión**

##### **4.4.1. Textura**

EL análisis físico de suelos realizados en las parcelas de palma aceitera del sector la Florida, se han encontrado tres (03) clases texturales tales como; suelos francos (10 predios) en su gran mayoría, seguidos de suelos francos arcillo arenoso (1 predio) y franco arcilloso (1 predio). Las presencias de estas clases texturales encontradas presentan una dominancia empírica media y fina perteneciendo así al grupo textural de suelos francos.

Los resultados determinan que el sustrato perteneciente a la Florida pertenece al grupo textural de suelos francos, aptos para la aplicación de la agricultura. Según Surre y Ziller (1969), menciona que los suelos aptos para la palma de aceite son francos y deben estar drenado, evitándose suelos de texturas extremas como textura arcillosa que ocasionan déficit de drenaje; y los de textura gruesa o arenosa que tiene inconvenientes al momento de retener agua y bajo balance nutricional.

##### **4.4.2. pH**

Los valores de pH encontrados fueron muy variados, se han registrado en su mayoría suelos con pH moderadamente ácido representando el 58% del total se los suelos, seguidos de pH fuertemente ácidos, neutro y moderadamente alcalino con 25% 8% y 8% respectivamente.

Surre y Ziller (1969), menciona que la palma de aceite soporta sustratos moderadamente ácidos, presentando déficit en algunos nutrientes, entre ellos el Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Magnesio y Boro. Existiendo un nivel alto de pH en el subsuelo reduce la expansión de las raíces, lo que causará inconvenientes en épocas de escasez hídrica.

La meteorización de los minerales, en particular los arcillosos modifican el pH, como también la inserción de nutrientes artificiales, que forma parte de la actividad del manejo convencional en palma aceitera. En promedio valor dado para la palma aceitera por

Guerrero (2000), oscila entre los 4.5 hasta 7.8. El uso de fertilizantes incorporados al suelo tales como sulfato y nitrato de amonio, incrementa la acidez del suelo (Cepeda, 1991)

#### **4.4.3. Conductividad eléctrica**

De los resultados adquiridos se llega a indicar que los suelos del sector la Florida presenta una conductividad eléctrica no salina, presentado rangos de 0.4 a 0.19 como más alto. Los suelos de la selva rara vez presentan contenidos de sales dado que estos suelos se presentan en los suelos de la costa. Porta (2003), señala que el problema de la salinidad es más evidente en regiones de condiciones de sequedad extrema y cobertura vegetal reducida o casi ausente. La salinidad en sustratos se mide por la conductividad eléctrica (CE).

#### **4.4.4. Material orgánico**

El material orgánico encontrado en los sustratos de los sectores; son niveles bajos en su gran mayoría, obteniéndose así, 92% del total de las muestras tomadas, seguido de suelos medios representando el 8%.

Con estos resultados se afirma que los suelos de la Florida contienen bajos niveles de materia orgánica, siendo suelos poco fértiles para la agricultura. Navarro (2003), denominándose MO a la fracción orgánica esencial para la fertilidad de los suelos.

El nivel bajo de MO se debe a la carencia de cobertura vegetal y al uso de herbicidas que perjudican a los organismos que descomponen los restos vegetales para formar la materia orgánica. González-Torrealva et al (2010), menciona que los herbicidas alteraran la estructura y función del sustrato a través de efectos sobre diferentes componentes del microbioma del suelo. Varios autores han documentado los efectos nocivos del glifosato en la calidad del suelo y biodiversidad microbiana.

#### **4.4.5. Nitrógeno (N)**

El nitrógeno total en los suelos del sector de los sectores se encontró en los rangos de (0.05 y 0.09), los cuales indican que son suelos con contenidos medios en nitrógeno total. Fernández (2006), menciona que el valor de nitrógeno en la mayoría de sustratos es bajo, por su dinamismo y los ciclos químicos que modifican las partículas de suelo. La incorporación de nitrógeno al suelo es mediante la MO y gracias a la fijación por bacterianas a partir del aire mediante relaciones simbióticas plantas, que posteriormente son usados por animales, vegetales y microorganismos para ser incorporados en sus tejidos.

#### **4.4.6. Fósforo (P)**

El fósforo (ppm) disponible en suelos de los sectores obtuvieron los niveles de muy bajos (58%) y bajos (52%) de contenido de fósforo aprovechable para los cultivos de palma aceitera se ve reflejado durante el desarrollo y producción de la palma aceitera. Navarro (2003), hace mención al fósforo como macronutriente limitante en el rendimiento de cultivos interfiriendo en varias reacciones bioquímicas a nivel celular.

#### **4.4.7. Potasio (K)**

En los resultados de potasio (ppm) disponible se han encontrados a estos suelos con niveles en contenidos muy bajos en este macronutriente, siendo un nutriente indispensable para las plantas. Navarro (2003), menciona que el potasio juega un papel fundamental para el funcionamiento de varias enzimas involucradas en gran parte de los procesos de metabolismo como en proceso fotosintético, en el proceso de síntesis de proteínas y carbohidratos en el cultivo. Cumple la función de proporcionar equilibrio hídrico y desarrollo de meristemas. En conclusión, favorece al crecimiento y desarrollo vegetativo, al cuajado, a la maduración y en proporcionar calidad al fruto.

#### **4.4.8. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Referente al CIC en los sustratos de los cuatro sectores, presentan en mayor cantidad niveles medios representando el 83%, seguidos de niveles bajos con 17%. La CIC es una de las propiedades fundamentales del sustrato, siendo la capacidad de retener cationes con carga positiva y porque el suelo tiene carga negativa. Fassbender y Bornemisza (1987) demostraron la correlación entre conductividad y textura, la capacidad de intercambio catiónico es mayor para sustratos con textura fina y se reduce para sustratos de textura gruesa, debido a que los sustratos arenosos son carentes de arcilla coloidal como en los sustratos húmicos.

#### **4.4.9. Porcentaje de saturación de bases**

La saturación de bases (%) en los sustratos de los cuatro sectores presentan en mayor cantidad de contenido medio, un 75% del total de predios estudiados, seguidos de contenido alto y bajos 17% y 8% respectivamente; la variación de estos niveles de saturación de bases está relacionados directamente con el potencial hídrico del sustrato. Porta (2003).

El porcentaje de saturación de bases se encuentra relacionado al pH del sustrato porque a valores altos indican que los espacios de transferencia de partículas del sustrato están regidos por iones positivos no ácidos. (Porta, 2003).

#### **4.4.10. Relaciones catiónicas**

La relación catiónica de Ca/Mg en los resultados muestra que el 50% de total de los suelos estudiados en los cuatro sectores presentan contenidos altos, seguidos de 33% con contenidos óptimos y 17% con contenidos bajos, si la presencia de mayor cantidad de contenidos en Ca/Mg es mayor de 8 es posible la deficiencia de magnesio. Guerrero y Andrés (1996), menciona que un excedente del Calcio intercambiable puede obstaculizar en la asimilación del Mg y K. Si la relación entre Calcio y Magnesio, ambos en unidad  $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ , es mayor de 10, se produce carencia del elemento Magnesio, siendo la relación óptima entre Calcio y Magnesio el valor de  $5\text{cmol}/\text{kg}$ .

#### **4.5. De la comparación de pH, N, P y K con la productividad a 20 días de su producción**

Al relacionar la producción de palma aceitera con el pH, se determinó mayor producción en los suelos con clasificación moderadamente ácidos con una producción de 1 tn/ha mientras que los suelos fuertemente ácidos presentan menor producción obteniéndose un promedio de 0.4; con los resultados obtenidos se llega a determinar que el pH está relacionado inversamente proporcional con la producción de palma aceitera, mientras más ácidos sea los suelos, menor será la producción de palma aceitera. Osorno (2012), menciona que un suelo ácido o excesivamente ácido tiene una menor actividad de microorganismos y crecimiento radicular, y de igual manera determina la biodisponibilidad de los nutrientes para las plantas.

Los contenidos de N y K que se encontraron en los suelos de los sectores de ACEPAT fueron niveles medios(N) y muy bajos (k) respectivamente, tanto nitrógeno como potasio relacionados con la productividad de palma aceitera, en los resultados obtenidos presentan una producción promedia de 0.8 Tn/Ha. Rodríguez (1999), menciona que el N es esencial para el crecimiento vegetativo quien se encarga de la coloración verde en ciertas plantas, como también inicia un crecimiento precoz, incrementa la formación foliar, por otra parte menciona que la deficiencia de potasio presenta poco rendimiento e inestabilidad de los cultivos, calidad carente y pérdida masiva del producto a cosechar.

En los resultados obtenidos en relación del fosforo con la productividad, muestra que el contenido de fosforo se refleja directamente proporcional con la productividad, en los resultados se observa mayor productividad en contenidos de P bajo y menor en suelos con contenidos Muy bajos con 0.86 y 0.73 tn/ha respectivamente. Rodríguez (1999) menciona que la insuficiencia de P se expresa mediante la lentitud en floración, como también en producción paupérrima de frutos y semillas.

#### **4.6. De la determinación de cantidad de N, P, k y aplicación de encalado en los sectores de ACEPAT**

Los requerimientos de nitrógeno, fosforo y potasio que necesitan en los sectores de ACEPAT, para una óptima producción están entre los rangos de 246 a 283 Kg/ha de N, 131 a 147 Kg/Ha de P y 144 a 254 Kg/ha de K. Las necesidades nutricionales de la palma aceitera están ligados a las variables como es la tipología del sustrato, clima, materia genética instalada, conducción agrícola y rendimiento por planta. En términos generales para un cultivo de palma instalado de 142 plantas en una hectárea, absorberá entre 300 a 600 kg de los elementos esenciales nutricionales del suelo (Hartley, 1988).

## V. CONCLUSIONES

1. Las propiedades físicas de los sectores presentan estas clases texturales, como franco, franco arcilloso y franco arenoso. En cuanto al contenido de las propiedades químicas; el pH es fuertemente ácido, moderadamente ácido, neutro a moderadamente alcalino; MO bajo a medio; conductividad eléctrica no salina; nitrógeno medio; fósforo muy bajo a bajo; potasio muy bajo; CIC medio a bajo; saturación de bases medio, alto y bajo; Ca/Mg alto, óptimo a bajo; K/Mg alto a óptimo, de manera general se considera a estos suelos poco fértiles.
2. De la comparación y correlación de las propiedades fisicoquímicas con la productividad, con la clasificación del pH se llega a determinar mayor productividad en suelos moderadamente ácidos (tn/ha), seguidos de neutros, moderadamente alcalinos y fuertemente ácidos con 0.8, 0.5 y 0.4 kg/ha respectivamente, con respecto a Nitrógeno se obtuvo un promedio de 0,8tn/ha en el nivel medio, mientras el Fósforo presentó mayor productividad en contenidos bajos con 0.86kg/ha seguidos de muy bajos con 0.73tn/ha, por otro lado, el potasio presentó solo niveles muy bajos con un promedio de 0.78. El requerimiento de Nitrógeno se encuentra en los rangos de 246 a 283kg/ha, Fósforo entre los rangos de 131 a 147 kg/ha, Potasio entre 144 a 254, cal entre 13 a 68kg/ha
3. El peso de componentes principales en el sistema de suelo determina que los factores como el fósforo, potasio, pH, CICt y limo, se encuentran relacionados estrechamente al proceso de fertilización, lo cual explica la alta dependencia de fertilización como es el caso del fósforo y potasio, los cuales intervienen en el CICt en el suelo y ello se da a través del exhaustivo abonamiento por parte de los palmicultores. Por otra parte, el componente principal 2 conformado por la M.O, la arena y la arcilla representa significativamente el aspecto físico denominado agregación.

## **VI. PROPUESTA A FUTURO**

1. Aplicar otros estudios similares en predios de la zona para que el agricultor tome en cuenta que el rendimiento del cultivo de palma depende del sustrato en el cual fue instalado.
2. Es necesario llevar a cabo investigaciones similares en los suelos en diferentes sistemas de cultivos, usos de tierra, proporcionando una mayor eficacia en los resultados de las condiciones existentes.
3. Es importante realizar investigaciones sobre la influencia de elementos que componen el suelo (microorganismos), siendo estos de suma importancia para la disponibilidad de los nutrientes.
4. Evaluar en periodos de invierno averano para obtener nuevos resultados acerca de las parcelas de palma aceitera.



## VII. REFERENCIAS

- Aróstegui Encarnación, A. (2023). Distribución espacial de las propiedades del suelo en un área de producción de palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq*) de Nueva Libertad, provincia de Tocache, departamento de San Martín.
- Arévalo, L., Sanco, M. (2002) Manual de laboratorio para análisis físico químico del suelo. S.I. ICRF - CHEMONICS.
- Chinchilla Y Duran, 1997. Problems of shade in tea. Tea and Rubber Mail, Oec. 15th. 48 p.
- Cepeda, D. 1991. Química de Suelos. 2° Ed. México. Editorial Trillas S.A.
- Duran N.; Salas, R.; Chinchilla, C.; Peralta, F. 1999. Manejo de la nutrición y fertilización en palma aceitera en Costa Rica. XI Congreso Nacional Agronómico, ASO Costa Rica.
- Fassbender, H., Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. EditoriaiiiCA. San José Costa Rica. 40
- Guerrero, 2000. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. 2° Reimpresión. Editorial. AEDOS. S.A. España.
- Guerrero, G., Andrés. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España. 206 p.
- González-Torralva, F; H Cruz-Hipólito; F Bastida; N Mülleder; Rj Smeda; ET AL. 2010. Differential susceptibility to glyphosate among the *Conyza* weed species in Spain. *J. Agric. Food Chem.* 58:4361-4366.
- Guzman, O. M. 2008. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Soil improvement committee. California. 366 p.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M.P. 2014. Metodología de la investigación. 6 ed. México, McGraw-Hill. 600 p.
- Hartley, C. 1988. The Oil Palm. 3M. ed. Longman Group. UK. 76lp
- Magfor, F. 2005. Concept, components, and strategies of soil health in agroecosystems. *Journal of Nematology* 33(4):169-172. 28 p.
- Munévar, M.F. Y Franco, B.P. 2002. Guía general para el muestreo foliar y de suelos en cultivos de palma de aceite. Boletín técnico No 12. Cenipalma. Bogotá. 24p.
- Navarro, G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2° Ed. Mundi Prensa. España.
- Osorno, H. (2012). Mitos y realidades de las cales y enmiendas en Colombia [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

- Proyecto Especial Alto Huallaga (PEAH). 2012. Estudio de suelos del distrito Luyando – proyecto de reforestación con fines de recuperación de suelos degradados - 1300 has. Proyecto Especial alto Huallaga. Informe final – Direst - Peah. Tingo María, Perú. 125 p.
- Porta Y Casanellas, J.; López-Acevedo Reguerín, M. & Roquero De Laburu, C. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente (3ª ED.). Madrid: MundiPrensa. pp. 929.
- Paramanathan, H. 2003. Tecnología para la Producción de Palma de Aceite (*Elaeis guineensis Jacq.*) en México. INIFAP. Libro Técnico N° 4. Veracruz, México. 177p.
- Raygada, Z.R. 2005. Manual técnico para el cultivo de la palma aceitera. Edición 1ra. 109p.
- Reinoso Martínez, J. E. (2018). Análisis de la calidad ambiental del suelo de la plantación de palma africana (*Elaeis guineensis*) en la parroquia San Carlos, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10555/1/236T0414.pdf>
- Rodriguez, S.F. 1999. Fertilizantes y nutrición vegetal. AGT editor S.A.
- Rodriguez y Ávila, E. (2023). Estudio comparativo de indicadores físicos, químicos y microbiológicos de calidad de suelo en plantaciones de palma aceitera con uso de enmiendas orgánicas y manejo convencional en quepos, Costa Rica.
- Serrada, R. 2008. Apuntes de Selvicultura; Influencia de los factores ecológicos en la vegetación. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. Madrid, España. 94- 96 p.
- Surre Y Ziller, 1969. International standarization of soil quality measurements. In Soil and plant analysis in sustainable agriculture and environment. Eds. Hood, TM; Jones, Jr, JB. 864 p.
- Soil Survey Staff. 1993. Soil survey manual. United States Department of Agricultura. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing Office, Washington, OC.
- Tarmizi, A, M, Moho T, D. 2006. Nutrient demandas of Tenera oil palm plante don inlamd soils of Malasia palm oil Board. Journal of oil pal research 18:204-209.
- Zavaleta, A. 1992. Edafología, El suelo en relación con la producción. CONCYTEC. Lima - Perú. 223 pp.

## ANEXO

**Anexo A.** Ubicación geográfica de las parcelas estudiadas corresponde a las coordenadas UTM (Zona 19K, Datum WGS 84)

Cod	Muestra	nombres y apellidos	Cordenadas			Lugar
			Latitud	Longitud	Elevación (m)	
1	1	Pedro Carranza Sifuentes	329003	9102045	474	Tananta
2	2	Lucas Carranza Sifuentes	328831	9102084	472	Tananta
3	003	María Regina Flores Ríos	327878	9101198	481	Tananta
4	004	Richerd O. Cardenas Flores	327790	9100934	483	Tananta
5	005 (a)	Marino Campos Medina	327633	9102819	463	Tananta
6	006	Wilian Chumbe Gonzales	327992	9103193	465	Tananta
7	007 (a)	Isabel Ignacio Zegarra Figueroa	326038	9103045	469	Tananta
8	007 (b)	Isabel Ignacio Zegarra Figueroa	326148	9103226	478	Tananta
9	007 (c)	Isabel Ignacio Zegarra Figueroa	325397	9104402	464	Tananta
10	008	Apolinario Cueva Meza	326296	9100669	490	Tananta
11	009	Manuel C. Torres Dominguez	326422	9100657	484	Tananta
12	010	Marcelo Arellano Padilla	326410	9100891	482	Tananta
13	011	Marcos Ríos Maraví	328078	9104027	464	Tananta
14	012 (a)	Manuel Jesús Loayza Pareja	326199	9103007	469	Tananta
15	012 (b)	Manuel Jesús Loayza Pareja	326223	9102770	471	Tananta
16	013	Moises Sinarahua Solsol	326416	9102923	465	Tananta
17	014 (a)	Ernesto Raúl Vargas Tovar	326045	9103282	474	Tananta
18	015 (a)	Fortunato Usquiano Haro	325385	9104218	471	Tananta
19	015(b)	Fortunato Usquiano Haro	325361	9103878	463	Tananta
20	016	Avelino Barboza Ruiz	325192	9104090	471	Tananta
21	017	Antonio Vásquez Flores	325623	9102284	483	Tananta
22	018	Pedro Marcelino Perez Huayta	325571	9103816	469	Tananta
23	019	Adela Espinoza Ruiz	325776	9103558	473	Tananta
24	020 (a)	Nimida Lucy Perez Castillo	324157	9101458	475	Villa Palma
25	021	Cristhian Pedro Perez Castillo	328244	9102664	474	Tananta
26	022	Isabel Carranza Tafur	328856	9099759	492	Filadelfia
27	023	Ángel Jose Vigo Avila	326125	9101241	483	Tananta
28	024(a)	Nelit Rengifo Rodriguez	329421	9101992	470	Tananta

29	024(b)	Nelit Rengifo Rodriguez	329525	9101983	472	Tananta
30	025 (a)	Lucely Perez Castillo	328378	9102643	475	Tananta
31	026(a)	Aureliano Castillo Capa	328274	9102904	467	Tananta
32	027	Lucila Beatriz Castillo Flores	327695	9103322	466	Tananta
33	028	Teodoro Sevillano Benites	326282	9103201	462	Tananta
34	029(a)	Miguel Herrera Ramos	329347	9102220	464	Tananta
35	029(b)	Miguel Herrera Ramos	321672	9101100	492	Cañuto
36	030(a)	Jose Santos Delgado Llatas	329631	9102184	463	Tananta
37	030(b)	Jose Santos Delgado Llatas	329769	9102121	474	Tananta
38	031	Luciano Galindo López	325506	9103598	470	Tananta
39	032 (a)	Carlos Fidel Olazabal Lopez	328493	9103439	463	Tananta
40	032 (b)	Carlos Fidel Olazabal Lopez	328413	9103185	471	Tananta
41	033 (a)	Simona Villanueva Valverde	328497	9103687	456	Tananta
42	033 (b)	Simona Villanueva Valverde	327058	9101012	482	Tananta
43	034	Alicia Trujillo Villanueva	328411	9103687	463	Tananta
44	035	Jose Villacorta Panduro	3280052	9103401	463	Tananta
45	036	Leonardo Villacorta Saavedra	328178	9103500	470	Tananta
46	037	Sofía Panduro de Villacorta	328143	9103590	473	Tananta
47	038	Edinson Panduro Aspajo	328342	9103703	459	Tananta
48	039	Teodolo Meza Rosas	328476	9100098	488	Tananta
49	040	Francisco Herrera Ramos	326569	9101136	487	Tananta
50	041	Aurelio Trujillo Villanueva	326722	9101120	939	Tananta
51	042	Eldith Saavedra Rodriguez	326751	9100631	494	Tananta
52	043	Vicente Roca Quispe	326178	9103745	447	Tananta
53	044	Alfredo Dionisio Bonifacio	328361	9101356	474	Tananta
54	045	Nicanor Altamirano Aburto	325880	9102037	471	Tananta
55	046	Manahen Rengifo Rodriguez	328365	9101119	474	Tananta
56	047	Lourdes Marquez Gonzales	328570	9101100	473	Tananta
57	048	Benigno Vigo Avila	327649	9101241	474	Tananta
58	049	Mamerto Ramirez Púa	328331	9102148	474	Tananta
59	050	Jose Liborio Satalaya Isuiza	328463	9102131	478	Tananta
60	051(a)	Perfecto Malpartida Salinas	329386	9101469	477	Tananta
61	051(b)	Perfecto Malpartida Salinas	329189	9101507	480	Tananta
62	052	Maribel Mendoza Cueva	328597	9103682	471	Tananta
63	053	Nicacio Mendoza Rojas	328576	9102988	474	Tananta
64	054	Rosa Hauxwell Tenazoa	325965	9100969	482	Tananta
65	055	Loreto Trujillo Zegarra	328126	9101658	477	Tananta
66	056	Yenny Vásquez Saldaña	326207	9100923	480	Tananta
67	057	Federico Escudero Zegarra	327946	9101437	484	Tananta
68	058	Yolanda Castillo Ojeda	327764	9101470	488	Tananta
69	059	Alpidio Rodriguez Fernandez	327913	9101675	481	Tananta
70	060	Samuel Melgarejo Lucio	327589	9100978	480	Tananta
71	061	Idelfonso Salas Iparraguirre	3226454	9102441	479	Tananta
72	062	Lazaro Salas Araujo	326398	9102183	474	Tananta
73	063	Daniel Velasquez Villanueva	326505	9101903	479	Tananta
74	064	Rosa Fasanando Cachique	326715	9102123	477	Tananta
75	065(a)	Andres Mendoza Flores	3229031	9102539	457	Tananta
76	066 (a)	Nieves Asunción Verdi Herrera	327985	9102674	467	Tananta
77	066 (b)	Nieves Asunción Verdi Herrera	328368	9103490	472	Tananta
78	067	Pedro Mendoza Rojas	329035	9103610	463	Tananta
79	068	Timoteo Mendoza Morillo	328099	9103764	477	Tananta
80	069	Daniel Vásquez Baltazar	325254	9102337	480	Tananta
81	070	Simón Castillo Viera	325175	9102621	468	Tananta
82	071	Santos Zegarra Silva	328173	9101382	478	Tananta
83	072	Francisco Dominguez Hernandez	327754	9100540	760	Tananta
84	073	Marco Alvites Mallqui	327337	9103276	473	Tananta

85	074	Aquiles Hernandez Paredes	327072	9103356	476	Tananta
86	075 (a)	Hugo Hernandez Morales	326887	9103372	470	Tananta
87	075(b)	Hugo Hernandez Morales	327415	9108431	464	Tananta
88	076	Alejandra Ruiz Ruiz	327705	9103701	474	Tananta
89	077	Berith Saldaña Ruiz	328269	9103990	465	Tananta
90	078	Elvis Alejandro Puente Aguilar	326264	91001931	469	Tananta
91	079	Fiorelli Sánchez Saldaña	326201	9101937	482	Tananta
92	080	Basilia Catalina Vásquez Arteaga	327032	9107344	541	Florida
93	081	Exequiel Vásquez Dominguez	326977	9102846	465	Tananta
94	082	Andres Torres Trujillo	326533	4103687	466	Tananta
95	083	Janet Vásquez Arteaga	329641	9101911	468	Tananta
96	084	Elvira Malaver Vásquez	329180	9103099	474	Tananta
97	085	Segundo Mario Castillo Miranda	326741	9103386	462	Tananta
98	086	Beberli Chavez Velasquez	329490	9101196	473	Tananta
99	087	Pedro Quiroz Velasquez	324262	9102478	401	Tananta
100	088	Rómulo Marroquin Rejí	321672	9100871	503	Cañuto
101	089	Eloy D. Manrique Fernández	319283	9098129	540	La Victoria
102	090	Santos Velasquez Lopez	321869	9104367	485	Cañuto
103	091	Leonidas Baltazar Paz	328974	9099753	480	Tananta
104	092	Adriana Perez Yoshinaga	325341	9100163	481	Villa Palma
105	096	Santos López Dominguez	324805	9100101	486	Villa Palma
106	097	Orestes Viera Miranda	323836	9100810	477	Villa Palma
107	098	Aquilino Pinedo Ishiuzza	324069	9100279	477	Villa Palma
108	099	Estela García García	324289	9100954	474	Villa Palma
109	100	Juan Cancio Valdivia	324104	9102276	489	Villa Palma
110	101 (a)	Aquilio Grández Reategui	323892	9102044	474	Villa Palma
111	101 (b)	Aquilio Grández Reategui	324077	9102042	477	Villa Palma
112	101 (c)	Aquilio Grández Reategui	324337	9101973	466	Villa Palma
113	102 (a)	Nora Jesús Vásquez	324303	9101734	484	Villa Palma
114	102 (b)	Nora Jesús Vásquez	324101	9101751	481	Villa Palma
115	102 (c)	Nora Jesús Vásquez	327464	9101300	486	Villa Palma
116	103	Segundo J. Mejía Tantalean	324815	9101662	480	Villa Palma
117	104	Lucio Terrel Rosales	324646	9101682	478	Villa Palma
118	105	Juan Herrera Martinez	324548	9101934	468	Villa Palma
119	106	Heli E. Espinoza Lozano	324937	9099862	500	Villa Palma
120	107	Edinson Espinoza Campana	324792	9099883	488	Villa Palma
121	109	Jose Pepe Diaz Diaz	322807	9097211	502	Cañutillo
122	110 (a)	Alfonso Capcha Alvarado	323459	9100939	479	Villa Palma
123	110(b)	Alfonso Capcha Alvarado	323580	9100671	472	Villa Palma
124	111 (a)	Teobaldo Vargas Montejo	324764	9100399	482	Villa Palma
125	111(b)	Teobaldo Vargas Montejo	324597	9100403	481	Villa Palma
126	112	Lidia Zavaleta Terrones	319697	9097857	504	La Victoria
127	113 (a)	Miriam Cartagena Ruiz	321007	9100691	491	Cañuto
128	113 (b)	Miriam Cartagena Ruiz	321140	9100675	493	Cañuto
129	113 (c)	Miriam Cartagena Ruiz	320604	9100681	506	Cañuto
130	114	Modesto Narro Andonaire	320871	9100716	501	Cañuto
131	115	Wilber Perez Dávila	321357	9100893	501	Cañuto
132	116	Melinton Alvarado Salazar	319375	9095423	541	El Porvenir
133	117	Juana B. Carazas Torres	319379	9102231	529	Cañuto
134	118	Victoria Ruiz Flores	328509	9093539	533	Las Palmeras
135	119	Elsa Patricia Neyra da Silva	326372	9096005	571	Sin Sin
136	120	Liliana Raymundo Baca	325532	9100120	488	Tananta
137	121 (b)	Santa Anchillo Vda de Daza	324275	9099955	484	Villa Palma
138	122	Eufemia Poma Velasquez	325683	9099625	489	Bambamarca

139	123 (b)	Teodoro Lazaro Chacon	324348	9100696	482	Villa Palma
140	124 (a)	Ely Ney Sánchez Ríos	324921	9100354	485	Villa Palma
141	124 (b)	Ely Ney Sánchez Ríos	324810	9100619	491	Villa Palma
142	125	Estanislao Lopez Dominguez	324452	9099930	481	Villa Palma
143	126	Oscar Diaz Julca	314490	9103885	652	Mana Hermosa
144	127 (a)	Zosimo Cacha Flores	314374	9103455	669	Mana Hermosa
145	127 (b)	Zosimo Cacha Flores	314409	9103215	673	Mana Hermosa
146	127 (c)	Zosimo Cacha Flores	314684	9103176	626	Mana Hermosa
147	128	Marcela Maldonado Lopez	314241	9103281	663	Mana Hermosa
148	131	Marco Antonio Diaz Camones	312941	9100495	737	Mana Hermosa
149	132	Esperanza Diaz Julca	325047	9099039	498	Bambamarca
150	133	Segundo Paulino Diaz Banda	315187	9104322	629	San Antonio
151	135	Teodoro Rubio Mejía	316053	9105047	608	San Antonio
152	136 (a)	Ciro B. Acuña Damian	315039	9104333	632	San Antonio
153	136 (b)	Ciro B. Acuña Damian	315039	9104333	632	San Antonio
154	137 (b)	Tavita Chanta Alberta	315593	9105002	624	San Antonio
155	137 (c)	Tavita Chanta Alberta	315761	9104872	620	San Antonio
156	138 (a)	Matildo Lopez Sobrados	318231	9105729	563	San Antonio
157	138(b)	Matildo Lopez Sobrados	317455	9105797	574	San Antonio
158	139	Antenor H. Salazar Lozano	316933	9105362	581	San Antonio
159	140	Jose Honorio Zegarra Pizan	317129	9105739	602	San Antonio
160	141	Jose Dilman Hernandez Salazar	320179	9096786	528	Unión Nva. Victoria
161	142	Hector Modesto Herrera	320220	9096946	524	Unión Nva. Victoria
162	143	Neri Huamán Salinas	320199	9097075	524	Unión Nva. Victoria
163	144 (a)	Sesinio Tolentino Arostegui	320117	9096998	519	Unión Nva. Victoria
164	144 (b)	Sesinio Tolentino Arostegui	319728	9097326	514	Unión Nva. Victoria
165	145	Alejandro Castillo Perez	319694	9097018	527	Unión Nva. Victoria
166	146 (a)	German Herrera Maldonado	319764	9095604	536	Porvenir
167	146 (b)	German Herrera Maldonado	319819	9097319	528	Unión Nva. Victoria
168	147	Hernan Castillo Perez	319655	9096724	526	Unión Nva. Victoria
169	148	Jesús Olortega Salinas	319811	9095496	527	Porvenir
170	149	Honorata Perez Espinoza	319694	9095444	528	Porvenir
171	150	Herlinda Meza Arteaga	319705	9094730	538	Porvenir
172	151	Yanet Alfaro León	319905	9098073	509	Unión Nva. Victoria
173	152-1	Mariela Lezama Romero	319612	9097871	504	Unión Nva. Victoria
174	152 (b)	Mariela Lezama Romero	319859	9097630	508	Unión Nva. Victoria
175	153	Traslación Flores Yajahuanca	319384	9098522	508	Unión Nva. Victoria
176	154 (a)	Jesús Flores Estrada Quezada	319485	9097887	507	Unión Nva. Victoria
177	154(b)	Jesús Flores Estrada Quezada	318943	9096142	547	Unión Nva. Victoria
178	155 (a)	Santos Estrada Quezada	319386	9097904	505	Unión Nva. Victoria
179	155 (b)	Santos Estrada Quezada	318784	9096071	551	Unión Nva. Victoria
180	155 (c)	Santos Estrada Quezada	319595	9096375	529	Unión Nva. Victoria
181	156	Preciliano Ruiz Bustos	318956	9097476	519	Unión Nva. Victoria
182	157	Eloisa Terrones Rojas	319506	9098374	507	Unión Nva. Victoria
183	158	Tanith Saavedra del Castillo	321869	9103618	503	Horizonte
184	159 (a)	Demasio Moreno Silva	322623	9105087	483	Horizonte
185	159 (b)	Demasio Moreno Silva	322304	9105162	484	Horizonte
186	160	Remigio Reyes Contreras	319799	9099181	495	10 de agosto
187	161	Emilio Reyes Contreras	320506	9099583	495	10 de agosto
188	162	Ernesto Saavedra Yupanqui	320990	9101486	501	Cañuto
189	163	Lucrecia Trujillo Carranza	320408	9101847	510	Cañuto
190	164 (a)	Norma Tapullima Gonzales	321141	9101965	496	Cañuto
191	165 (a)	Sebastian Reyes Contreras	320757	9102645	499	Nuevo Horizonte
192	165 (b)	Sebastian Reyes Contreras	321433	3101164	500	Cañuto
193	165 (c)	Sebastian Reyes Contreras	316734	9102592	556	Cañuto
194	165 (d)	Sebastian Reyes Contreras	316729	9100974	535	Cañuto

195	166	Carmen Reyes Contreras	316736	9100699	546	Cañuto
196	167	Leonidas Huaman Junco	320509	9101532	512	Cañuto
197	168 (a)	Jose Quintana Zapata	320734	9102283	518	Cañuto
198	168 (b)	Jose Quintana Zapata	320904	9101734	513	Cañuto
199	168 (c)	Jose Quintana Zapata	321335	9101428	503	Cañuto
200	169	Delmer Acuña Sobrados	321150	9101212	496	Cañuto
201	170 (a)	Abercio Acuña Colchado	320584	9102000	507	Cañuto
202	170 (b)	Abercio Acuña Colchado	321442	9102183	502	Cañuto
203	171 (a)	Orlando Sanchez Baca	319874	9105225	521	Nuevo Pataz
204	171 (b)	Orlando Sanchez Baca	319322	9102767	528	Horizonte Sector III
205	171 (c)	Orlando Sanchez Baca	319242	9103130	530	Horizonte Sector III
206	172	Humberto Jara Carlos	319577	9104749	530	Nuevo Pataz
207	173	Alfredo Alvarado Diaz	319470	9100961	518	Cañuto
208	174	Maria Meza Castillo	319523	9100447	515	Cañuto
209	175	Dalila Brugman Tuanama	318415	9102639	538	José Carlos Mariategui
210	176	Juan Martinez Colchado	318221	9102671	541	José Carlos Mariategui
211	177 (a)	Eleuterio Lecca Villareal	318766	9103142	540	Horizonte Sector III
212	178 (a)	Antolino Anticona López	319808	9101659	517	Cañuto
213	178 (b)	Antolino Anticona López	318140	9101656	537	Cañuto
214	179	Bernardo Alamo Medina	319645	9101687	521	Cañuto
215	180	Alejandra Peña Haro	321944	9090145	649	Yacusisa
216	181	Francisco Ramos Poma	321327	9101686	488	Cañuto
217	182	Simon Mezarino Campos	321186	9099902	500	Cañuto
218	183 (a-l)	Leyser M. Carrera Jara	326123	9093396	555	Tocache Viejo
219	183-2	Leyser M. Carrera Jara	325471	9092621	579	Tocache Viejo
220	184	Marleny M. Carrera Jara	326421	9093355	558	Tocache Viejo
221	185	Lucía Jara Otiniano	326506	9094139	560	Tocache Viejo
222	186	Tedelvina Campos Castillo	323206	9092274	611	Tocache Viejo
223	187 (a)	Jose Haro Dominguez	323986	9092114	584	Tocache Viejo
224	187 (b)	Jose Haro Dominguez	322158	9090267	620	Tocache Viejo
225	188	Nila Cartagena Escalante	327160	9094291	542	Tocache Viejo
226	189	Rosenda Cartagena Escalante	326884	9094320	552	Tocache Viejo
227	190	Luz M. Cartagena Escalante	325105	9092643	568	Tocache Viejo
228	191	Abel Huaman Reina	325230	9092911	572	Tocache Viejo
229	192	Basilio Jacob Jara Vidal	325289	9093075	569	Tocache Viejo
230	193	Daniel Ramos Carrera	325078	9093105	579	Tocache Viejo
231	194	Elizabeth Pinedo Sopan	324926	9092683	575	Tocache Viejo
232	195 (a)	Graciela Cartagena Escalante	324627	9092168	578	Tocache Viejo
233	195 (b)	Graciela Cartagena Escalante	324745	9092390	584	Tocache Viejo
234	196	Francisco Dominguez Flores	323792	9091900	589	Tocache Viejo
235	197	Lira Ludeña Cartagena	323886	9092110	590	Tocache Viejo
236	198 (a)	Elsi Guzman de Grandez	323073	9091699	620	Yacusisa
237	198 (b)	Elsi Guzman de Grandez	324653	9092643	570	Tocache Viejo
238	198(c)	Elsi Guzman de Grandez	324764	9092619	571	Tocache Viejo
239	199	Delina Gamez Hernandez	323318	9091679	614	Yacusisa
240	200	Jheneydy M. Villanueva Delgado	323028	9091913	622	Yacusisa
241	201	Luis Sevillano Cartagena	322928	9091706	618	Yacusisa
242	202	Maritza Mattos Hernandez	322715	9091691	621	Yacusisa
243	203	Delina Pantoja Arellano	326672	9093870	548	Tocache Viejo
244	204	Margot Perez Cartagena	325853	9093635	567	Tocache Viejo
245	205	Amadith Delgado Cartagena	326499	9093824	547	Tocache Viejo
246	206 (a-l)	Elia Cartagena Escalante	326403	9093605	533	Tocache Viejo
247	206 (b)	Elia Cartagena Escalante	324662	9092386	571	Tocache Viejo
248	207 (a)	Everlith Sevillano Cartagena	327317	9094074	543	Tocache Viejo

249	208 (a)	Martina Ponte Valdez	331155	9085476	482	San Miguel de Porvenir
250	209	Lucio Sánchez Sánchez	328721	9094691	516	Pucayacu
251	210	Hilda Vela de Córdova	328475	9094712	524	Pucayacu
252	211	Nely Rivera Peña	328471	9092021	516	Las Palmeras
253	212	Zenaida Genoves Flores	328693	9092042	520	Las Palmeras
254	213	Justina Rosas Villanueva	328035	9092082	525	Las Palmeras
255	214	Homero Dominguez Rosas	328261	9092032	517	Las Palmeras
256	215	Segundo A. Dominguez Saldaña	327849	9092020	526	Las Palmeras
257	216	Alejandro Medina López	327889	9091852	512	Las Palmeras
258	217	Roberto Ojeda Bardales	328263	9092270	530	Las Palmeras
259	218	Balvino Mariños Otiniano	327662	9092295	523	Las Palmeras
260	219	Martha Sevillano Trujillo	327435	9092307	529	Las Palmeras
261	220	Freyder Sánchez Ríos	328704	9093275	531	Las Palmeras
262	221	Piter Viera Delgado	328481	9093290	533	Las Palmeras
263	222 (a)	Carlos Hugo Ojeda Bardales	328113	9093286	529	Las Palmeras
264	222 (b)	Carlos Hugo Ojeda Bardales	328155	9093797	542	Las Palmeras
265	223	Clayro Ojeda Bardales	327897	90193303	536	Las Palmeras
266	224	Alicia Quiroz Caballero	328252	9093561	531	Las Palmeras
267	225	José Alejandro López Ramirez	327655	9093314	540	Las Palmeras
268	226	Leoncio Pinedo Sopan	327438	9093340	539	Las Palmeras
269	227	Eresvita Ortega Ojeda	326781	9093341	544	Las Palmeras
270	228	D. Cresencio Contreras Flores	328065	9092803	535	Las Palmeras
271	229	Juan Sifuentes Fabián	328461	9093017	527	Las Palmeras
272	230	Juan Delgado Villanueva	328273	9092819	532	Las Palmeras
273	231	Alberto Gamez Masa	328493	9092795	532	Las Palmeras
274	232-1	Americo Huiza Rojas	328699	9093013	531	Las Palmeras
275	233	Marco Antonio Vásquez	328723	9092777	632	Las Palmeras
276	234	Henry Córdova Córdova	328083	9092541	525	Las Palmeras
277	235	Julio Campos Valdivieso	327465	9093815	531	IV sector Limón
278	236	David Campos Puelles	327272	9093839	536	IV sector Limón
279	237	Aristides Silva Rosas	327907	9094057	528	Las Palmeras
280	238	Pascual Salinas Pizan	328123	9094054	528	Las Palmeras
281	239	Sandra Gavina Sánchez Ojeda	328796	9094883	533	Pucayacu
282	240	Cresilia Espinoza Jara	328515	9091393	521	Nueva Libertad
283	241	Ciro Benigno Sánchez Ojeda	327238	9093555	540	Las Palmeras
284	242 (a)	Juan Bautista Luera Morillo	325494	9093571	571	Tocache Viejo
285	242 (b)	Juan Bautista Luera Morillo	325343	9093376	573	Tocache Viejo
286	242 (c)	Juan Bautista Luera Morillo	324913	9092166	577	Tocache Viejo
287	243	Elizabeth Gutierrez Silva	332221	9091046	482	Santo Cristo
288	244	Loli Gutierrez Silva	332257	9091124	485	Santo Cristo
289	245	Matilde Gutierrez Silva	332188	9090924	478	Santo Cristo
290	246	Wuilmer Flores Shupingahua	332033	9091097	477	Santo Cristo
291	247	Robert Luis Luna Gamez	331755	9091881	500	Santo Cristo
292	248	Florentino Rojas Ponce	331626	9091967	505	Santo Cristo
293	249	Cesar David Rojas Briones	332019	9092192	496	Santo Cristo
294	250	Silvia Carrera Pimentel	332042	9092023	499	Santo Cristo
295	251 (a)	Jorge Angel Diaz Cruzado	330976	9091664	505	Santo Cristo
296	251 (b)	Jorge Angel Diaz Cruzado	331390	9091701	493	Santo Cristo
297	252	Julio Andres Alvarado Ramos	331125	9093541	508	Santo Cristo
298	253	Jóse Miguel Alvarado Ramos	331030	9093402	502	Santo Cristo
299	254	Jacob Flores Gamez	344571	9087813	509	Ramal de Cachiyacu
300	255 (a)	Efrocina Villanueva Dominguez	344715	9087482	525	Ramal de Cachiyacu
301	255 (b)	Efrocina Villanueva Dominguez	344509	9087324	493	Ramal de Cachiyacu



302	256 (a)	Glenda Espinoza Lozano	321912	9099197	474	10 de Agosto
303	256 (b)	Glenda Espinoza Lozano	322033	9099344	502	10 de Agosto
304	257 (a)	Darwin Ríos Lozano	345098	9088231	536	Ramal de Cachiyacu
305	258	Antolino Becerra Nuñez	343519	9087214	485	Ramal de Cachiyacu
306	260 (a)	Edilberto Chuquilin Montero	346346	9083210	481	8 de Julio
307	260 (b)	Edilberto Chuquilin Montero	346007	9084634	483	Loboyacu
308	261	Zenon Gonzáles Indama	344382	9085461	484	Loboyacu
309	262	Juana Limache Camac	344641	9085535	478	Loboyacu
310	263	Lesli Lozano Muñoz	345226	9085937	499	Loboyacu
311	264	Segundo Montoya Quinteros	344268	9085532	493	Loboyacu
312	265	Isidro Guevara Barrantes	345029	9083122	494	8 de Julio
313	266	Eli Melchel Caico Quino	345983	9083309	488	8 de Julio
314	267	Senaida Correa Ponce	345128	9086188	501	Loboyacu
315	268	Hitler Haro Galindos	344644	9086805	481	Loboyacu
316	269	Victor Fuster Hurtado	344552	9087158	490	Loboyacu
317	270	Celso fernandez Regalado	344556	9085261	478	Loboyacu
318	271 (a)	William Montejo Saldaña	329094	9087937	500	Nueva Esperanza
319	271 (b)	William Montejo Saldaña	329451	9087901	492	Nueva Esperanza
320	272	Diana C. Montejo Santamaria	329254	9087899	499	Nueva Esperanza
321	273	Milca Montejo Calvo	329034	9092885	516	Pucayacu
322	274	Jesus Eleazar Martinez Jara	327827	9092286	525	IV sector Limón
323	275	Florencio Valdes Felix	328652	9085896	491	Nueva Esperanza
324	276 (a)	José Santos Baldera Suyon	328027	9085566	482	Nueva Esperanza
325	277	Adela E. Quezada Melgarejo	326412	9098577	499	Alto bambamarca
326	278 (a)	Victoriano Tello García	329270	9098544	492	Santa Rosa de Tananta
327	279 (a)	Alvio Montenegro Gonzales	326735	9096598	524	Sin Sin
328	279 (b)	Alvio Montenegro Gonzales	327060	9097283	515	Naranjal
329	280	Eusebio Marquez Ruiz	327447	9089487	496	Carricillo
330	281	Fausto Baca Pardo	326881	9089695	495	Carricillo
331	282	Lizeth Y. Barrios Vásquez	329472	9088110	485	Bajo Limón
332	283 (a)	Moises Eduardo Haro Viera	328982	9089705	507	Nva. Libertad
333	283 (b)	Moises Eduardo Haro Viera	328563	9088077	490	Nva. Libertad
334	284	Mariano Bendezú Martinez	329623	9088132	486	Nva. Libertad
335	285	Robert Medina Sixe	326766	9086283	498	Alto limón
336	286	Arminda Curu Lapa	329941	9088745	492	Viña del rio
337	287	Paulino Vidal Albarran	329284	9088988	496	Acceso Huallaga
338	288 (a)	Cesár Rengifo Lozano	329463	9088885	497	Acceso Huallaga
339	289	Felicita Arce Sosa	329095	9088870	486	Acceso Huallaga
340	290	Rosario Olortegui Medina	329411	9089917	495	Nva. Libertad
341	291	Nelson Daza Reina	328470	9090166	500	Nva. Libertad
342	292	Marcelino Cabellos Muñoz	329042	9093123	521	Piucayacu
343	293	Jaime Joel Malla Paredes	328486	9094237	518	Piucayacu
344	294	Jose Cartagena Escalante	323948	9093357	557	Palo Blanco
345	295	Isidoro Jaramillo Esteban	330542	9090912	497	C.P Limón
346	296	Nicolas Paredes Viera	328703	9089450	488	Nva. Libertad
347	298	Filomeno Herrera Gamez	325065	9093339	584	Tocache Viejo
348	299	Roberto Tafur Escudero	322786	9091086	633	Yacusisa
349	300	Yegner López Guevara	327203	9091850	524	Las Palmeras
350	301 (a)	Julian Tapullima Tuananma	325913	9100747	482	Tananta
351	301 (b)	Julian Tapullima Tuananma	325965	9100555	480	Tananta
352	302	Francisco Benites Palacios	317605	9097692	517	Bella Oriente
353	303	Teodoro Cassahuamán Izaguirre	317432	9098609	530	Bella Oriente
354	304	Victoria Montero Velásquez	316927	9098947	520	Bella Oriente
355	306 (a)	Antero Gilberto Pinto Dueñas	322022	9094664	525	Valle del Río Cañutillo

356	306 (b)	Antero Gilberto Pinto Dueñas	322524	9094733	524	Valle del Río Cañutillo
357	307 (a)	Isidoro Vásquez Villanueva	322013	9094415	529	Valle del Río Cañutillo
358	309	Maria J. Bermeo Alverca	322871	9095635	513	Valle del Río Cañutillo
359	310	Julio Genovez Marreros	312748	9097576	499	Valle del Río Cañutillo
360	311 (a)	Gonzalo Viera Gamez	322592	9099516	482	Valle del Río Cañutillo
361	311 (b)	Gonzalo Viera Gamez	322795	9099243	490	Valle del Río Cañutillo
362	312	Olmer Cruz Cruz	322936	9095857	506	Valle del Río Cañutillo
363	313	Daniel Arteaga Marreros	325291	9108836	502	Florida
364	314 (a)	Eusebio Cabellos Haro	324530	9107854	472	Cedro
365	315	Oligar Fasabí Gomez	326012	9107741	486	Florida
366	316	Nelbi Fasabí Satalaya	326491	9107782	492	Florida
367	317	Jorge Jimenez Gonza	326993	9107120	486	Florida
368	318 (a)	Emiliano Ponce Capac	325980	9107978	476	Florida
369	319 (a)	German Ruiz Gamez	330760	9101169	458	Balsa Provana
370	320 (a)	Celso Cercado Fernandez	326099	9097755	501	Alto Bambamarca
371	320 (b)	Celso Cercado Fernandez	325846	9097977	509	Alto Bambamarca
372	321	Luis Lopez Gadea	325748	9105241	450	Tananta
373	322	Jesús Canales Cencho	324515	9109027	488	Villa Los Angeles
374	323	Pedro Vega Mendieta	324848	9107197	456	Cedro
375	324	Wilder Arévalo Dávila	321697	9111257	475	Puerto Rico
376	325	Mercedes Oliva Serrán	323981	9109213	489	Villa Los Angeles
377	326	Adolfo Jeri Ventura	323914	9108651	473	Villa Los Angeles
378	327	Aristides Medina Guevara	320487	9112065	486	Huacatayacu
379	328	Eduardo Esquerre Ramirez	321623	9100609	482	Cañuto
380	329	Emira García García	321888	9100348	485	Cañuto
381	330	Cirila Herrera Carhuanira	329764	9102404	461	Tananta
382	331	Porfirio Rojas Dominguez	329094	9093913	543	Pucayacu
383	332	Leonel Cresencio Padilla Herrera	319318	9096754	522	Nueva Victoria
384	333	Crecencio Padilla Pino	3191999	9102260	523	Cañuto
385	334	Ancelmo Honorio Juanpedro	318573	9101843	533	Cañuto
386	335	Alberto López Bonifacio	326406	9100371	496	Tananta
387	336	Asunción López Bonifacio	326187	9100465	499	Tananta
388	337	Elsa María Ponte Ramos	327261	9100504	498	Tananta
389	338	Melida Mejía Cabrera	326520	9099984	499	Bambamarca
390	339	Pedro Laguna Villanueva	325531	9104370	471	Tananta
391	340	Delfina Rodriguez de Rengifo	325810	9104550	467	Tananta
392	341	Arturo Correa Carrera	331701	9093192	504	Santo Cristo
393	342	Elmer Correa Carrera	331941	9093094	506	Santo Cristo
394	343	Leopoldo Ponte Arellano	332237	9092357	484	Santo Cristo
395	344	Simion Ponce Ramos	323644	9092498	608	Yacusisa
396	345	Jorge F. Otiniano Quiñones	323422	9092133	605	Yacusisa
397	346	Angel Burnes Coronel	325647	9093094	570	Yacusisa
398	347	Carlos Flores Peña	327002	9093385	559	Tocache Viejo
399	348	Nely Dominguez Rosas	328148	9095001	534	Las Palmeras
400	349	Maximiliano Benitez Espinoza	327088	9093844	542	Las Palmeras
401	350	Melanio Valdez Arteaga	327900	9093551	546	Las Palmeras
402	351	Irene Ruiz Coz	328299	9093280	536	Las Palmeras
403	352	Aureliano Castillo Medina	328268	9094619	540	Tocache Viejo
404	353	Antonio Barazorda Falcón	328967	9090798	504	Nueva Libertad
405	354	Francisco Melgarejo Pino	377578	9088515	479	Carrillo
406	355	Hector Manuel Quijano Requejo	328880	9087513	486	Nueva Esperanza
407	356	Liz Andrea Gonzales Morey	331036	9089060	491	Villa Del río

408	357	Aida Gamez Gamez	324261	9101232	479	Villa Palma
409	359	Alfredo Figueroa Cabalie	321188	9102396	497	Cañuto
410	360	Feliciano Franco Vigo	328705	9100845	477	Tananta
411	361	Felix Espinoza Solis	328626	9099812	492	Tananta
412	362	Antonio Primitivo Butista Alegre	316749	9103041	556	Mariategui
413	363	Cleider D. Fasanando Panaifo	328157	9101150	480	Tananta
414	364	Gladis S. Esteban Muñoz	326077	9100699	493	Tananta
415	365-1	Roman Martinez Jara	328525	9089926	502	La libertad
416	365-2	Roman Matinez Jara	328989	9093021	527	La libertad
417	366	Nelida Tirado Panduro	328900	9090365	508	La libertad
418	367	Virgilio Franco Vigo	326078	9100311	493	Tananta
419	368	Eusebio Hinostroza Cacha	327919	9099898	502	Tananta
420	369	Dominga Ríos Layza	327569	9103501	465	Tananta
421	370	Valentín Trujillo Meza	324889	9101910	482	Villa Palma
422	371	Esteban Correa Flores	326840	9100300	489	Tananta
423	372	Santos Arellano Herrera	326893	9100084	497	Tananta
424	373	Laveriano Lastra Miraval	329628	9101436	469	Tananta
425	374 (a)	Benito Mendoza Mendoza	329988	9101482	471	Balsa Probanda
426	375	Efraín Rojas Berrospí	326716	9100194	481	Tananta
427	376	Jorge Cenizaro Aburto	328302	9100864	477	Tananta
428	377	Néstor Sánchez Falcón	325786	9103306	468	Tananta
429	378	Enma Ofelia Grández Isminio	325621	9103326	471	Tananta
430	379	Isidoro Alva Medina	326404	9104163	462	Tananta
431	380	Raúl Trujillo Saldaña	326740	9103657	461	Tananta
432	381	Werlinger Chistama Pérez	326600	9103680	461	Tananta
433	382	Demetrio Villanueva López	325753	9104043	479	Tananta
434	383	Wily Diestra Sifuentes	328797	9088859	503	Nueva Libertad
435	384	Michael Tapullima Lecca	328099	9094804	549	Las Palmeras
436	385	Juan Campos Herrera	326415	9101400	474	Tananta
437	386 (a)	Tomás Mori Sánchez	321098	9100433	497	Cañuto
438	386 (b)	Tomás Mori Sánchez	321206	9100490	500	Cañuto
439	387	Victor Loayza Pareja	328712	9100539	486	Tananta
440	388 (a)	Domiciano Zegarra Acuña	321337	9100647	500	Cañuto
441	388 (b)	Domiciano Zegarra Acuña	322233	9101331	492	Cañuto
442	389	Eda Teonila Guzmán Angulo	328156	9103074	482	Tananta
443	390	Leoncio Perez Huayta	328148	9010376	466	Tananta
444	391	Agurto Carbajal Margarin	326672	9101367	487	Tananta
445	392	Vicente Hualcas Coronel	326991	9100324	492	Tananta
446	393	Adelaida Idrogo Goicochea	322687	9102652	498	Casma
447	394	Wilkita Acuña Perez	325273	9100306	483	Villa Palma
448	395	Violeta Ofelia Bronaco	325570	9100224	498	Bambamarca
449	396	Francisco Raymundo Aquino	329301	9100589	496	Tananta
450	397	Lucio Dominguez Limas	327959	9102180	478	Bajo Tananta
451	398	Lola Figueroa Rosa	326103	9101946	486	Tananta
452	399	Jorge Gadea Guevara	326354	9096341	533	Sin Sin

**Anexo B.** Conteo de actividad biológica en el suelo.



**Anexo D.** Descripción de horizontes de suelo presentes en el suelo

