

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/299

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): BRENDA JOHANNA LEON FLOREZ

JOSE VICENTE MARTINEZ QUINTERO

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AMBIENTAL

DIRECTOR: Ing. EFRAÍN FRANCISCO VISCONTI MORENO

TÍTULO DEL TRABAJO: “IMPACTO DEL USO Y MANEJO DEL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO EN LA VEREDA ASTILLEROS, MUNICIPIO EL ZULIA NORTE DE SANTANDER”

### RESUMEN

El siguiente estudio se realizó con el objetivo de determinar el impacto producido por el uso y manejo del cultivo de palma de aceite sobre la calidad del suelo en la Vereda Astilleros, Municipio el Zulia Norte de Santander, donde se encontró palma de aceite entre 4 a 20 años de edad y sectores de cultivo en proceso de renovación. Se realizaron 102 observaciones con barreno en un total de 439 has, y se describieron dos perfiles de suelo representativos para el área estudiada.

Se determinó que los dos perfiles de suelo (1 y 2) presentan condiciones de calidad media, pero en el primero se encontró que hay limitaciones químicas ya que las condiciones de fósforo son bajas. Para el caso del segundo perfil se determinó que las condiciones físicas presentaban degradación debido a problemas de conductividad hidráulica, macroporosidad, mal estado del drenaje y el índice de plasticidad alto. Lo que afecta directamente la estabilidad estructural del suelo.

PALABRAS CLAVE: Palma de aceite, Suelos, Ingeniería Ambiental, Calidad, Impacto.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 102 PLANOS: \_ \_ ILUSTRACIONES: 30 CD ROOM: \_

IMPACTO DEL USO Y MANEJO DEL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE SOBRE LA  
CALIDAD DEL SUELO EN LA VEREDA ASTILLEROS, MUNICIPIO EL ZULIA NORTE  
DE SANTANDER.

PRESENTADO POR:

BRENDA JOHANNA LEON FLOREZ

JOSE VICENTE MARTINEZ QUINTERO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL

2020

IMPACTO DEL USO Y MANEJO DEL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE SOBRE LA  
CALIDAD DEL SUELO EN LA VEREDA ASTILLEROS, MUNICIPIO EL ZULIA NORTE  
DE SANTANDER.

PRESENTADO POR:

BRENDA JOHANNA LEON FLOREZ

JOSE VICENTE MARTINEZ QUINTERO

Trabajo de grado para optar por el título de:

Ingeniero Ambiental

Trabajo dirigido por:

cPhD. Efraín Francisco Visconti Moreno

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL

2020

## ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** 04 DE MARZO DE 2020

**HORA:** 05:00 PM

**LUGAR:** SALA DE PROYECCION 3 CREAD

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA AMBIENTAL

**TITULO:** "IMPACTO DEL USO Y MANEJO DEL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO EN LA VEREDA ASTILLEROS, MUNICIPIO EL ZULIA NORTE DE SANTANDER"

**MODALIDAD:** TRABAJO DIRIGIDO

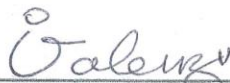
**JURADOS:** IBONNE GEANETH VALENZUELA BALCAZAR  
JANET BIBIANA GARCIA MARTINEZ  
ANTONIO NAVARRO DURAN

**DIRECTOR:** EFRAIN FRANCISCO VISCONTI MORENO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACIÓN
BRENDA JOHANNA LEON FLOREZ	1650710	4.5
JOSE VICENTE MARTINEZ QUINTERO	1650309	4.5

**OBSERVACIONES:** MERITORIO.

**FIRMA DE LOS JURADOS:**

  
IBONNE GEANETH VALENZUELA

  
JANET BIBIANA GARCIA

  
ANTONIO NAVARRO DURAN

Vo.Bo. Coordinador Comité Curricular

  
JUDITH YAMILE ORTEGA CONTRERAS

Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag  
Teléfono (057)(7) 5776655 - www.ufps.edu.co  
oficinadeprensa@ufps.edu.co San José de Cúcuta - Colombia

Creada mediante decreto 323 de 1970



Vigilada Mineducación

GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA,  
LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores

BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS


Ciudad

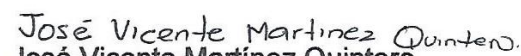
Cordial saludo:

Brenda Johanna Leon Florez y José Vicente Martínez Quintero, identificado(s) con la C.C. N°1093781271 de los Patios y 1093781085 de los Patios, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado *"IMPACTO DEL USO Y MANEJO DEL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO EN LA VEREDA ASTILLEROS, MUNICIPIO EL ZULIA NORTE DE SANTANDER"* presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental; autorizo(amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **"los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores"**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

  
Brenda Johanna Leon Florez  
cc. 1093781271 de los Patios

  
José Vicente Martínez Quintero  
cc. 1093781085 de los Patios

## Contenido

1. Resumen ejecutivo	14
2. Introducción	16
3. Descripción del problema	18
4. Objetivos	19
4.1 Objetivo general	19
4.2 Objetivos específicos	19
5. Justificación	20
6. Antecedentes	22
7. Marco teórico	25
7.1 Importancia del aceite de palma	25
7.2 Clasificación botánica	26
7.3 Palma de aceite en Colombia	26
7.4 Palma de aceite en Norte de Santander	27
8. Marco Normativo	29
9. Metodología	30
9.1 Fase 1: Recolección de información.	30
9.2 Fase 2: Selección del lugar y Metodología a implementar	30
9.3 Fase 3: Delimitación de la zona de estudio.	30
9.4 Fase 4: Trabajo de campo	31

9.5 Fase 5: Análisis de muestras	37
9.6 Fase 6: Interpretación de resultados	39
9.6.1 Valores para caracterización del suelo.	39
9.6.1.1 Clases de pendientes.	39
9.6.1.2. Drenaje natural.	40
9.6.1.3. Profundidad del nivel freático.	41
9.6.1.4 Profundidad efectiva del suelo.	41
9.6.1.5 Tamaño de partículas.	42
9.7 Fase 7: Análisis de laboratorios	43
9.7.1 Parámetros para evaluación de calidad-degradación del suelo.	43
9.7.1.1 Grupos texturales.	43
9.7.1.2 Densidad aparente.	44
9.7.1.3. Densidad real.	44
9.7.1.4 Espacio poroso total (EPT) Severidad de degradación.	45
9.7.1.5 Conductividad hidráulica.	45
9.7.1.6 Índice de plasticidad.	46
9.7.1.7 Estabilidad de los agregados de suelo al agua (%) – Método de tamizado en agua (Yoder).	46
9.7.1.8 Fósforo disponible.	47
9.7.1.9 Materia orgánica	44

9.7.1.10	pH.	48
9.7.1.11	Capacidad de intercambio catiónico.	49
9.7.1.12	Conductividad eléctrica.	50
9.7.1.13	Capacidad de campo.	51
9.7.1.14	Respiración edáfica.	52
9.7.1.15	Evaluación de fertilidad.	53
9.7.1.16	Clasificación por capacidad de uso.	55
10	Resultados y Discusiones	57
10.1	Delimitación del área de estudio	57
10.2	Caracterización de los perfiles del suelo en estudio	58
10.2.1	Resultado cartográfico de pH estudio general.	60
10.2.2	Resultado cartográfico de conductividad eléctrica estudio general.	61
10.2.3	Resultado cartográfico de drenaje natural estudio general.	62
10.2.4	Resultado cartográfico de drenaje externo estudio general	63
10.2.5	Resultado cartográfico de profundidad en el horizonte A	64
10.2.6	Resultado cartográfico de textura	65
10.3	Evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas	66
10.3.1	Resultados Perfil RZ- Coopar-1	69
10.3.1.1.	Perfil Modal RZ- Coopar-1 Vereda Astilleros, Municipio el Zulia, Norte de Santander.	69



10.3.1.2. Descripción del Perfil RZ- Cooper-1	71
10.3.1.3. Resultados propiedades químicas Perfil RZ-Coopar-1.	72
10.3.1.4. Resultados físicos Perfil RZ-Coopar-1	74
10.3.1.5 Resultados Biológicos Perfil RZ-Coopar-1	76
10.3.1.6. Resultados y discusión de análisis de la calidad del Perfil RZ-Coopar-1	77
10.3.1.7 Resultados análisis de fertilidad del Perfil RZ-Coopar-1	78
10.3.1.8 Resultados clasificación por capacidad de uso del Perfil RZ-Coopar-1	79
10.3.2 Resultados Perfil RZ-Coopar-2	81
10.3.2.1 Perfil Modal RZ- Cooper-2 Vereda Astilleros, Municipio el Zulia, Norte de Santander.	82
10.3.2.2 Descripción del Perfil RZ Coopar-2	84
10.3.2.3. Resultados químicos Perfil RZ-Coopar-2	86
10.3.2.4. Resultados físicos Perfil RZ-Coopar-2	87
10.3.2.5. Resultados biológicos perfil RZ-Coopar-2	89
10.3.2.6 Resultados y discusión de análisis de la calidad del perfil RZ-Coopar-2	90
10.3.2.7 Resultados análisis de fertilidad del perfil RZ-Coopar-2	92
10.3.2.8 Resultados clasificación por capacidad de uso del perfil RZ-Coopar-2	93
11. Conclusiones	95
12. Recomendaciones	96
13. Bibliografía	97

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Cultivo de palma en Norte de Santander	27
<b>Tabla 2</b> Parámetros físicos, químicos y biológicos estudiados	38
<b>Tabla 3</b> Clases de pendientes	39
<b>Tabla 4</b> Profundidad del nivel freático	41
<b>Tabla 5</b> Profundidad efectiva del suelo	41
<b>Tabla 6</b> Tamaño de partículas	42
<b>Tabla 7</b> Grupos texturales	43
<b>Tabla 8</b> Densidad aparente	44
<b>Tabla 9</b> Espacio poroso total (EPT)	45
<b>Tabla 10</b> Conductividad hidráulica	45
<b>Tabla 11</b> Índice de plasticidad	46
<b>Tabla 12</b> Estabilidad de agregados	47
<b>Tabla 13</b> Fósforo disponible	47
<b>Tabla 14</b> Materia orgánica	48
<b>Tabla 15</b> Valores de pH	48
<b>Tabla 16</b> Capacidad de intercambio catiónico	49
<b>Tabla 17</b> Conductividad eléctrica	50
<b>Tabla 18</b> Degradación/Calidad del Suelo	50
<b>Tabla 19</b> Humedad de Campo	51
<b>Tabla 20</b> Respiración edáfica	52
<b>Tabla 21</b> Clases por grado de fertilidad	53
<b>Tabla 22</b> Evaluación de la fertilidad de los suelos	54

<b>Tabla 23</b> Cálculo de fertilidad	55
<b>Tabla 24</b> Características y límites de variación de las tierras de clase 3	55
<b>Tabla 25</b> Perfil Modal RZ-Coopar-1	69
<b>Tabla 26</b> Descripción del Perfil RZ-Coopar-1	71
<b>Tabla 27</b> Resultados Químicos perfil RZ-Coopar-1	73
<b>Tabla 28</b> Resultados Físicos perfil RZ-Coopar-1	74
<b>Tabla 29</b> <i>Resultados Humedad p/p perfil RZ-Coopar-1</i>	75
<b>Tabla 30</b> Resultados Humedad v/v perfil RZ-Coopar-1	75
<b>Tabla 31</b> Estabilidad de Agregados perfil RZ-Coopar-1	76
<b>Tabla 32</b> Resultados Respiración Edáfica	76
<b>Tabla 33</b> Resultados Calidad del perfil RZ-Coopar-1	77
<b>Tabla 34</b> Resultado Fertilidad perfil RZ-Coopar-1	79
<b>Tabla 35</b> Clasificación Por Capacidad de Uso Perfil RZ-Coopar-1	80
<b>Tabla 36</b> Perfil Modal RZ-Coopar-2	82
<b>Tabla 37</b> Descripción del Perfil RZ Coopar-2	84
<b>Tabla 38</b> Resultados químicos perfil RZ-Coopar-2	86
<b>Tabla 39</b> Resultados Físicos perfil RZ-Coopar-2	88
<b>Tabla 40</b> Resultados Humedad p/p perfil RZ-Coopar-2	88
<b>Tabla 41</b> Resultados Humedad v/v perfil RZ-Coopar-2	89
<b>Tabla 42</b> Estabilidad de Agregados perfil RZ-Coopar-2	89
<b>Tabla 43</b> Resultados Respiración Edáfica perfil RZ-Coopar-2	90
<b>Tabla 44</b> Resultados Calidad del perfil RZ-Coopar-2	91
<b>Tabla 45</b> Resultado Fertilidad del perfil RZ-Coopar-2	92
<b>Tabla 46</b> Clasificación por Capacidad de Uso del perfil RZ-Coopar-2	93

## Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Palma de Aceite en Norte de Santander	28
Ilustración 2 Área de Estudio	31
Ilustración 3 Ubicación en el punto de muestreo	32
Ilustración 4 Observación con barreno	32
Ilustración 5 Construcción de columna de suelo	33
Ilustración 6 Prueba de pH y conductividad eléctrica en campo	33
Ilustración 7 Prueba de color en campo	34
Ilustración 8 Registro de moteado	34
Ilustración 9 Registro de estructura	35
Ilustración 10 Prueba de textura en campo	35
Ilustración 11 Bolsas con muestras por horizontes	36
Ilustración 12 Muestra no disturbada tomada en campo	37
Ilustración 13 Prueba de respiración edáfica	37
Ilustración 14 Drenaje natural	40
Ilustración 15 Delimitación área de estudio	57
Ilustración 16 Formación de encharcamientos	58
Ilustración 17 Observación 92, punto saturado.	58
Ilustración 18 Presencia de lombrices y raíces	59
Ilustración 19 Formulario de descripción de suelo.	59
Ilustración 20 Mapa de pH estudio general	60
Ilustración 21 Mapa de conductividad eléctrica estudio general	61
Ilustración 22 Mapa de drenaje natural estudio general	62

Ilustración 23 Mapa de drenaje externo estudio general	63
Ilustración 24 Mapa de profundidad horizonte A	64
Ilustración 25 Mapa textura estudio general	65
Ilustración 26 Análisis físicos en laboratorio	66
Ilustración 27 Análisis químicos en laboratorio	67
Ilustración 28 Análisis de respiración edáfica en laboratorio	68
Ilustración 29 Panorámica perfil RZ-Coopar-1	69
Ilustración 30 Panorámica perfil RZ-Coopar-2	81

## **1. Resumen ejecutivo**

La palma de aceite es un cultivo de reconocida importancia a nivel nacional y regional, ya que para el 2018 según (Fedepalma, 2018), Colombia contaba con 516.961 ha. sembradas, notándose un aumento significativo comparado con años anteriores, dado que se ha demostrado que es un cultivo rentable y estable, ya que puede durar hasta 25 años en producción. (Fedepalma M. d., 2002)

Sin embargo, ha sido denominado generador de degradación ambiental (Múnevar, 1998), dado que algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo se ven afectadas en el desarrollo de este cultivo, esto sucede por la falta de estudios preliminares que permitan conocer la calidad suelo y su capacidad de uso, además del desarrollo de prácticas agrícolas inadecuadas en el manejo del cultivo. (Paramanathan, 2004)

Por esta razón es necesario adelantar estudios de parámetros físicos, químicos y biológicos que permitan verificar la calidad del suelo y conocer el impacto del uso y manejo que tiene el cultivo de palma de aceite en los suelos que presentan esta actividad agrológica. Por medio de este estudio se verificó la calidad de un suelo ubicado en la vereda Astilleros, municipio el Zulia Norte de Santander, en la zona de cultivo más antigua del municipio, donde se encontró palma de aceite entre 4 a 20 años de edad y sectores de cultivo en proceso de renovación. Se realizaron 102 observaciones con barreno en un total de 439 ha, y se describieron dos perfiles de suelo representativos para el área estudiada.

Se determinó que los dos perfiles de suelo (1 y 2) presentan condiciones de calidad media, pero en el primero se encontró que hay limitaciones químicas ya que las condiciones de fósforo son bajas. Para el caso del segundo perfil se determinó que las condiciones físicas presentaban degradación debido a problemas de conductividad hidráulica, macroporosidad, mal estado del

drenaje y el índice de plasticidad alto. Lo que afecta directamente la estabilidad estructural del suelo.

Este estudio generó una línea base para futuras investigaciones, aportando información en cuanto a la caracterización del suelo en campo y además presentando el estado actual de la calidad del mismo, en la clasificación por capacidad de uso se encontró que ambos perfiles son de clase agrologica III y dado que las limitaciones son por humedad excesiva, la subclase es IIIh. Como recomendación general se señala la posibilidad de realizar cultivos transitorios o ciclo corto e intensivos, la preparación de infraestructura de drenaje y la implementación de planes de manejo que conserven o mejoren la calidad estructural del suelo.

## 2. Introducción

Desde la década de los años noventa, el área ocupada por el cultivo de palma de aceite se ha expandido a nivel mundial, aproximadamente 43%, esto se debe a su rendimiento en términos de producción de aceite por hectárea, ya que se presenta un promedio de 3.7 toneladas, superando a las oleaginosas tradicionales como por ejemplo la soya, la canola, el girasol y el algodón. (ANIAME, 2004). Se espera que para el año 2020 la demanda de aceite de palma, se duplique, teniendo en cuenta que “en la actualidad, la palma de aceite es cultivada aproximadamente en 15 millones de hectáreas alrededor del mundo” (UNEP, 2011), brindando una producción de 50.518.000 millones de toneladas.

En Colombia el cultivo de palma de aceite inicia en el año 1945, encontrándose que para el año 1960 el país contaba con 18.000 ha aproximadamente, este cultivo tuvo una gran aceptación en el país, registrándose para el año 2012 un total de 452.435 ha (Fedepalma, 2018). Esto ha permitido un desarrollo social ya que esta actividad cuenta con 6000 productores a nivel nacional, facilitando así 170.794 puestos de trabajo directos e indirectos beneficiando a miles de familias (SISPA, 2018). No obstante, esta actividad agrícola es señalada de causar degradación ambiental, ya que para emplear este tipo de cultivos se ha encontrado efectos tales como la deforestación, pérdida y desplazamiento de la biodiversidad, pérdida de la capacidad agrícola, entre otros (MAVDT, 2011).

Este estudio se realizó en la zona de cultivo de palma más antigua de la región que cuenta con un rango de (4 a 20) años de antigüedad y con sectores en proceso de renovación, con un área de 439 ha, donde se realizaron 102 observaciones con barreno, medición de pH y conductividad eléctrica, determinación de textura al tacto, descripción de estructura, cantidad de



macroorganismos y raíces. Posteriormente se tomaron 2 puntos para apertura de calicatas donde se realizó caracterización en campo y además se tomaron muestras de suelo que fueron llevadas a laboratorio con el fin de realizar análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos, se determinó la calidad del suelo y su capacidad de uso. Además, se generó una línea base que permitirá en un futuro medir el impacto generado por el uso y manejo del cultivo de palma de aceite sobre el suelo en la Vereda Astilleros, municipio del Zulia, Norte de Santander.

### 3. Descripción del problema

En Colombia, a partir del gobierno del presidente Andrés Pastrana (1998-2002) se promueve el cultivo de palma de aceite como eje para el desarrollo del país, en el 2002 contaba con 150.000 ha. aproximadamente según (Sabogal, 2013), con el paso de los años esta actividad agrícola ha incrementado y para el 2018 según (Fedepalma, 2018), Colombia contaba con 516.961 ha. sembradas. En Norte de Santander para el 2015, según (Fedepalma, 2015) se contaba con 15.224 ha en diferentes municipios como Cáchira, Cúcuta, El Zulia, La Esperanza, Sardinata y Tibú.

Este fenómeno de crecimiento es debido a la baja rentabilidad de algunos cultivos tradicionales de la región, motivo por el cual el sector agrícola ha presentado un cambio significativo en la actividad económica, donde se ha evidenciado con el paso de los años el aumento de los cultivos de palma de aceite en la región.

Reconociendo la importancia de esta actividad agrícola, se han realizado estudios ambientales entorno al cultivo de palma de aceite en el país, encontrándose impactos negativos sobre nuestro medio natural, tales como la deforestación, pérdida y desplazamiento de la biodiversidad, pérdida de la capacidad agrícola, entre otros (MAVDT, 2011).

Por medio de este estudio se analizó la calidad del suelo mediante estudios de campo y ensayos físicos, químicos y biológicos en laboratorios, dado que no existían estudios preliminares que permitieran realizar una línea de comparación en el tiempo con el fin de determinar el impacto del uso y manejo del cultivo de palma de aceite en el suelo, se establece como línea base para futuras investigaciones que podrán realizarse en el suelo ubicado en la Vereda Astilleros, municipio del Zulia, Norte de Santander.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Determinar el impacto sobre la calidad del suelo por el uso y manejo del cultivo de palma de aceite mediante estudios de parámetros físicos, químicos y biológicos en un área de la Vereda Astilleros, municipio el Zulia, Norte de Santander.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Delimitar el área de estudio seleccionada bajo la actividad económica de cultivo de palma de aceite en la Vereda Astilleros, municipio el Zulia, Norte de Santander.
- Caracterizar los perfiles del suelo de referencia a través de técnicas de observación con barreno como: determinación de color, textura, pH, conductividad eléctrica, estructura, consistencia y cantidad de macroorganismos en el área seleccionada para el estudio.
- Evaluar mediante análisis de propiedades físicas, químicas y biológicas las condiciones actuales de calidad del suelo en el área de estudio y su clasificación por capacidad de uso.

## 5. Justificación

En Colombia el cultivo de palma de aceite está creciendo aceleradamente y ya se encuentra situado en 124 municipios de 20 Departamentos. Para Norte de Santander en el año 2015 se contaba con 15.224 ha. en diferentes municipios como Cáchira, Cúcuta, El Zulia, La Esperanza, Sardinata y Tibú. (Fedepalma, 2015).

Este cultivo ha sido señalado por generar pérdida de capacidad agrícola y ser degradador de suelos, dado que en estudios realizados anteriormente se ha detectado que las condiciones de este son alteradas presentándose pérdida de las propiedades físicas, químicas y biológicas, esto se debe a la ausencia de estudios preliminares que permitan conocer la calidad del suelo y su capacidad de uso. (Paramanathan, 2004)

Por medio de este trabajo se realizó un análisis de las condiciones del suelo a través de técnicas en campo como observación con barreno, medición de pH y conductividad eléctrica, determinación de textura, descripción de horizontes, cantidad de macroorganismos presentes y cantidad de raíces, dentro de las técnicas de análisis en laboratorio se realizaron estudios de: Distribución de partículas minerales (Textura), densidad aparente, densidad real o peso específico, espacio poroso total, microporosidad o Espacio de aireación, numero de lombrices, conductividad hidráulica, índice de Plasticidad, estabilidad de los agregados, fósforo disponible, materia orgánica, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico, respiración edáfica y conductividad eléctrica, donde se verificó por medio del análisis de resultados si el suelo presentaba algún tipo de degradación o pérdida de su capacidad agrícola.

Debido a la ausencia de estudios preliminares en la región sobre las condiciones de calidad del suelo y su capacidad de uso, se realizó este estudio con el fin de generar una línea base en búsqueda de aportar información para futuras investigaciones, donde se busque determinar el

impacto del uso y manejo del cultivo de palma de aceite en la calidad del suelo, determinando el estado actual de la calidad donde se pudo registrar que se encuentra degradación química y física en los puntos estudiados las cuales requieren un manejo adecuado para mejorar sus condiciones.

## 6. Antecedentes

En primer lugar se encontró que en 1998 fue presentado el primer artículo en Colombia que estudió la problemática que presentan los suelos destinados para el cultivo de palma de aceite el cual lleva el nombre de: *Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia* por Fernando Munévar, en donde el autor evidencia las principales características de los suelos cultivados en palma de aceite con los que contaba Colombia para ese año y plantea los problemas más relevantes que presentaban dichos cultivos con respecto a su productividad, arrojando problemas como la alta compactación y la lenta conductividad hidráulica, la baja capacidad de intercambio catiónico y los bajos niveles de disponibilidad de nutrientes, principalmente N, K, Mg, B y P, adicionalmente en algunas zonas los periodos de estrés hídrico para el cultivo, limitan de manera apreciable su productividad. (Múnevar, 1998).

Siguiendo con la investigación se encontró que para el año 2009 se publicó el artículo: *Impactos ambientales de la expansión de Palma Aceitera en el Magdalena Medio, hablan los pobladores. Estudio de Caso Las Pavas, Municipio El Peñón, Departamento de Bolívar, Colombia*, que tuvo como fin determinar los impactos ambientales generados por la expansión del cultivo de palma de aceite realizando visitas de campo a la zona de estudio y además darle gran importancia a la opinión de los habitantes de la zona. Con este estudio se pudo concluir que el monocultivo de la palma de aceite extensivo en el Magdalena Medio, en los Municipios de Regidor, Rio viejo y El Peñón, es insustentable debido a las afecciones que se han causado sobre los humedales de la zona y sobre los medios y formas de sobrevivencia de las comunidades rurales. (León, 2009)

Para este mismo año la autora Astrid Álvarez Aristizábal en su tesis: *Efectos del monocultivo de la palma de aceite en los medios de vida de las comunidades campesinas el caso de Simití –*

*Sur de Bolívar*, La cual tuvo como objetivo la identificación de los efectos generados por la siembra masiva de palma de aceite en los medios de vida de la población campesina. La investigación se remontó a cuatro décadas con el fin de establecer hitos económicos importantes para la población campesina en los diferentes períodos, pero se hizo un mayor énfasis en la última década correspondiente a la introducción de la palma de aceite en la zona. (Aristizabal A. Á., 2009).

Para el año 2016 el ingeniero Juan Carlos Rojas Bustos publicó el estudio *Transformaciones ambientales generadas por la expansión del cultivo de palma de aceite (Elaeis guineensis) en el departamento del Meta*. En este trabajo caracterizaron las transformaciones ambientales promovidas por la expansión del cultivo de palma de aceite en el municipio de San Carlos de Guaroa (Meta). Encontrándose que los bosques de galería disminuyeron un 19,38% con una tasa anual de deforestación de 3,22 % (59,53 ha cada año). La mayor transformación se presentó en los suelos de uso agropecuario, en los cuales se agrupan potreros, rastrojos, sabanas naturales y cultivos como el arroz, ya que fueron sustituidos por grandes extensiones de palma de aceite. (Bustos, 2016)

Siguiendo con los estudios nacionales para el año 2017 las estudiantes de ingeniería ambiental Lina Reyes y Aura Rodríguez publicaron el trabajo: *Monografía de estudio sobre los impactos ambientales que generan el cultivo y producción de palma de aceite africana (Elaeis Guineensis jacq.) en el departamento del Meta*. En el cual concluyó que adicional al incremento económico que ha traído la implementación y desarrollo del cultivo de palma en Colombia, se han identificado diferentes factores de riesgo ambiental ocasionados en cada uno de los procesos que hacen parte de la producción y agroindustria, afectando los principales recursos naturales; suelo, aire y agua, desencadenando una serie de impactos negativos para el medio ambiente como: la

erosión, acidificación, pérdida de nutrientes ,contaminación, degradación y pérdida de la biodiversidad. (Reyes, 2017)

Se extendió la búsqueda de antecedentes en otros países y se encontró que en el año 2013 en México se publica el estudio: *Impacto del cultivo de palma de aceite (elaeis guineensis jacq.) sobre las propiedades físicas y químicas del suelo en la localidad de la alianza, Mapastepec, Chiapas*. En el cual se analizaron propiedades físicas y químicas, así como los macro y micronutrientes. En dicho estudio se pudo concluir que el cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) impacta en las propiedades físicas y químicas del suelo debido a que se encuentran deficiencias y alteraciones en los valores de los macro y micronutrientes, debido a un mal manejo de los ciclos de fertilización. (Isai.U, 2013)



## 7. Marco teórico

### 7.1 Importancia del aceite de palma

El aceite de palma es un alimento natural que se viene consumiendo desde hace 5000 años. Se refina sin necesidad de disolventes químicos, por lo que se reduce el riesgo de contaminación por residuos. (palmicultor, 2002)

El aceite de palma contiene iguales proporciones de ácidos grasos no saturados, conteniendo alrededor de 40% de ácido oleico (no mono saturado), 10% de ácido linoleico (no poliinsaturado), 44% de ácido palmítico (saturado) y 5% de ácido esteárico (saturado). Este aceite es una fuente natural de vitamina E, tocoferoles y tocotrienoles y el aceite de palma sin refinar también es una fuente importante de vitamina A. (Cenipalma, 2013)

El aceite de palma es extraído por medio de procesos mecánicos y térmicos, sin necesidad de utilizar para ellos solventes lo que lo hace un aceite completamente natural, de este proceso se obtienen dos tipos de aceites el de Palma, a partir del mesocarpio del fruto y el del palmiste, a partir de la almendra. (Copalcol, 2008)

El aceite de palma rojo después de ser transformado, es un componente esencial de la industria agroalimentaria: se encuentra en aceites de fritura, margarinas, muchos platos precocinados, sopas, papas fritas, helados, bizcochos, galletas. El aceite de palmiste presenta una composición química completamente diferente a la del aceite de palma rojo. El aceite de palmiste es semisólido a temperatura ambiente. Tras su transformación es más utilizado por la industria cosmética (jabones y cremas), la industria química (barniz, pintura, resina), la fabricación de detergentes y también la industria agroalimentaria. (Granados, 2010)

## 7.2 Clasificación botánica

El científico Hutchinson ha clasificado la palma aceitera como sigue: División; Fanerógamas, tipo; Angiosperma, Clase; Monocotiledóneas, Orden; Palmales, Familia; Palmaceae, Tribu; Coccoinea y Genero; *Elaeis* (*guineensis* y *oleífera*) (Quesada)

## 7.3 Palma de aceite en Colombia

El cultivo de palma de aceite inicia en Colombia en el año 1945, para la década de 1960 el país contaba con 18.000 Has aproximadamente, este cultivo tuvo gran aceptación en el país y para el año 2012 se registró un total de 452.435 Has. (Fedepalma, 2018)

A nivel nacional el cultivo de palma de aceite se ha incentivado desde el gobierno del presidente Andrés Pastrana en el periodo (1998-2002) donde fue catalogado como eje en el desarrollo del país, utilizando los derivados del fruto para cubrir la demanda nacional de grasas y aceites, así como también para exportaciones. En el gobierno del presidente Álvaro Uribe en el periodo (2002-2010) Se determinó una nueva política y estrategia de desarrollo, que fue empleada para la producción de biocombustibles (Stiftung, 2008 ), En el anterior gobierno que estaba a cargo del presidente Juan Manuel Santos, el sector palmicultor se incluyó en el plan “Ola Agro” el cual era parte del programa de transformación productiva para el sector agropecuario, donde el propósito era aumentar las Has sembradas de 370 Mil a 480 Mil.

Actualmente, Colombia es el cuarto productor de aceite en el mundo y el primero en América con 6000 productores a nivel nacional y facilitando así 170.794 puestos de trabajo directos e indirectos beneficiando a miles de familias, generando estabilidad y sustento para las mismas a nivel nacional ya que estos cultivos se encuentran presentes en 21 departamentos y 160 municipios, siendo parte del desarrollo económico del país, y que con el paso de los años se

reconoce como una organización nacional donde se busca la sostenibilidad de la actividad. (SISPA, 2018).

#### 7.4 Palma de aceite en Norte de Santander

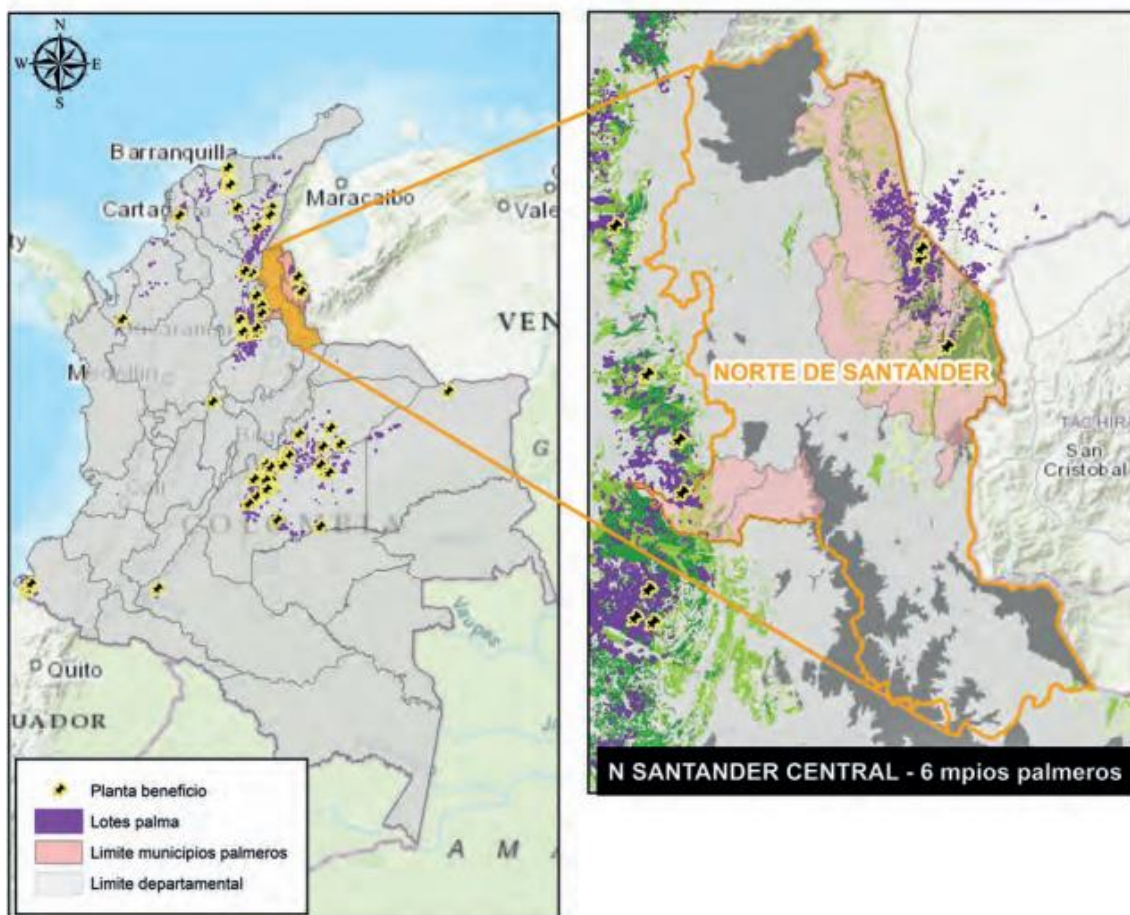
Según (Fedepalma, 2015) la palma de aceite se cultiva en 6 municipios como son: Cúcuta, Cáchira, El Zulia, La Esperanza, Sardinata y Tibú. Con dos núcleos palmeros en funcionamiento, donde se reportaron 907 palmicultores en el departamento con 15.224 Has de palma de aceite sembradas para el 2016, con 12.880 Has en producción para ese mismo año, lo cual generó 1903 empleos directos y 2855 empleos indirectos.

Actualmente en el departamento se encuentra la presencia de cultivos de palma distribuidos de la siguiente manera:

**Tabla 1** *Cultivo de palma en Norte de Santander*

Concepto	Área (Ha)
Sembrada	18,675
Producción	16,096
Desarrollo	2,579

Fuente: (Fedepalma, 2015)



Fuente: (Fedepalma, 2018)

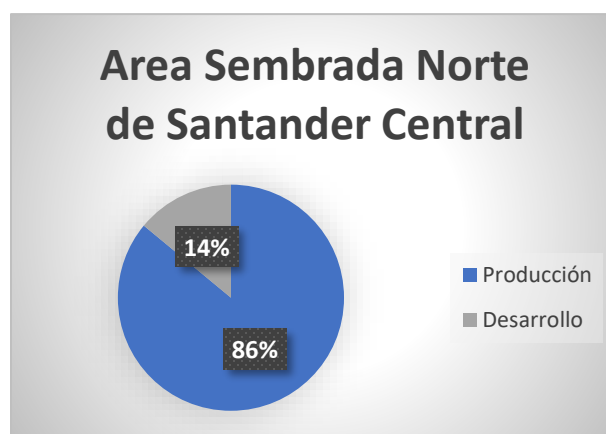


Ilustración 1 Palma de Aceite en Norte de Santander

## 8. Marco Normativo

- **Ley 138 de 1994.** Por la cual se establece la cuota para el fomento de la agroindustria de la palma de aceite y se crea el fondo del fomento palmero.
- **Conpes 3510.** (consejo nacional de política económica y social) PND lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia, lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia,
- **Conpes 3477.** (consejo nacional de política económica y social) PND. este documento se presenta a consideración del conpes con el fin de adoptar una política orientada a mejorar la competitividad del sector palmero.
- **Ley 939 de 2004.** El Congreso de Colombia estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diésel y se dictan otras disposiciones.

## **9. Metodología**

El estudio se realizó en la vereda Astilleros, municipio El Zulia Norte de Santander. Para este estudio se destinó un área de producción en cultivo de palma de aceite comprendida por 439 ha perteneciente a la zona de vida Bosque húmedo tropical (BhT) según la metodología Holdridge, con temperatura media anual de 27,3°C y precipitación media anual de 2000 mm. El relieve es plano con suelos aluviales formados a partir de sedimentos aportados por el río Zulia.

### **9.1 Fase 1: Recolección de información.**

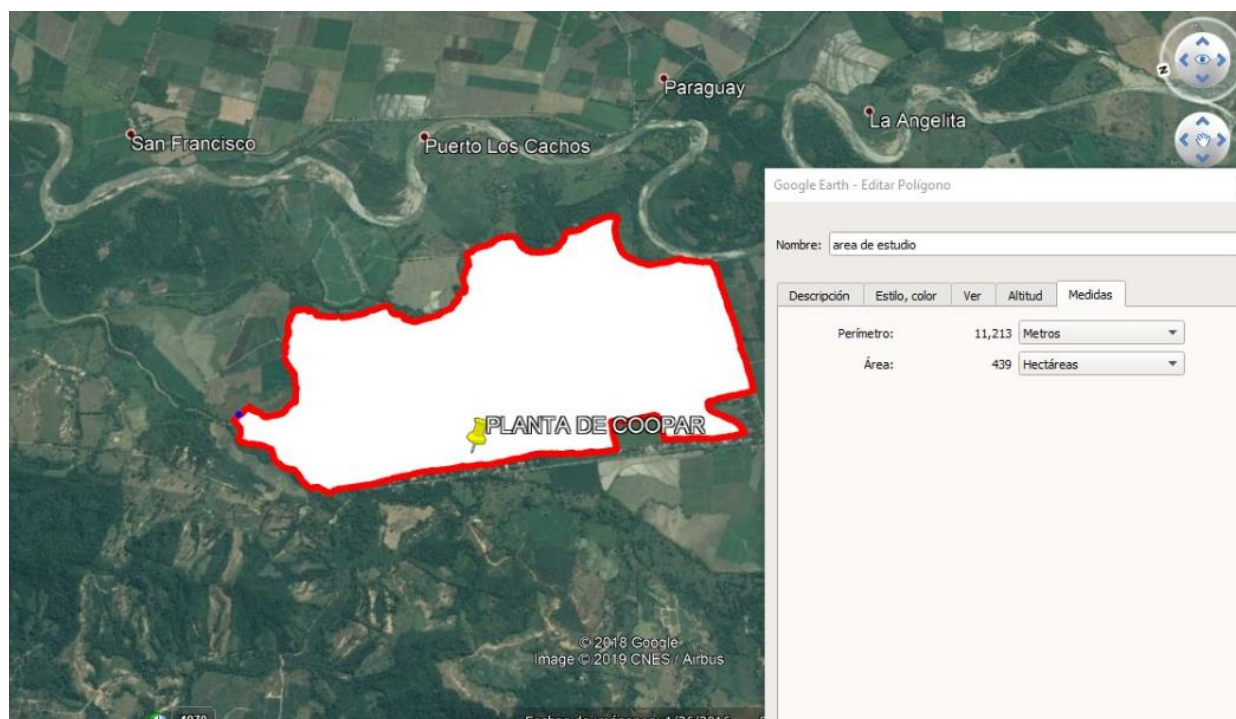
Recolectada la información secundaria disponible referente a clima, localización y temperatura, encontrada en estudios realizados en el país anteriormente, publicaciones y boletines de FEDEPALMA.

### **9.2 Fase 2: Selección del lugar y Metodología a implementar**

El estudio se realizó en un área compuesta por varios lotes de producción de palma de aceite que se encuentran en desarrollo avanzado ya que supera los 20 años de producción. La Metodología a implementar para la toma de muestras está contenida en el manual de levantamientos de suelos del IGAC. (IGAC, 2014)

### **9.3 Fase 3: Delimitación de la zona de estudio.**

Para delimitación de la zona de estudio se utilizó la herramienta tecnológica Google Earth (ver ilustración 2)

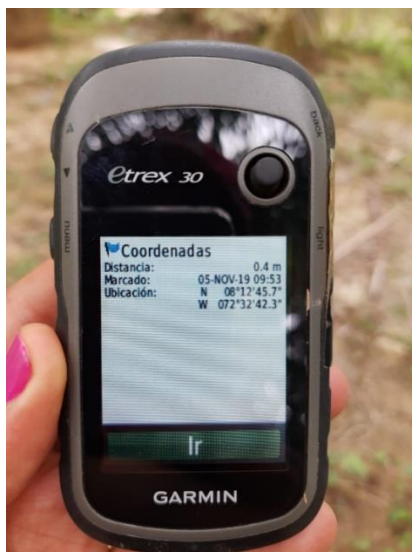


*Ilustración 2* Área de Estudio

#### 9.4 Fase 4: Trabajo de campo

Basados en el manual de levantamientos de suelo del IGAC (IGAC, 2017), los pasos a implementados en campo fueron:

1. Elaboración de red de muestreo: Se realizó por medio de una red rígida, la cual nos permitió tener flexibilidad en algunos puntos del muestreo, teniendo la totalidad del área delimitada que es de 439 has, se procedió a realizar la cuadrícula o red comprendida por 4 has, haciendo 25 observaciones por cada 100 has. (Ver resultados)
2. Localización en el punto de muestreo: Para la ubicación de los puntos de muestreo se utilizó el navegador portátil GPS marca Garmin Ex.



*Ilustración 3* Ubicación en el punto de muestreo

3. Observaciones de comprobación con barreno: se realizó una observación del perfil del suelo por cada 4 has, introduciendo el barreno 50 a 120 cm de profundidad (según lo permitió las condiciones de la zona), para visualizar los horizontes.



*Ilustración 4* Observación con barreno

4. Se Registró el estado de los drenajes interno, externo y natural (Ver resultados).
5. Se ubicaron las muestras en forma lineal sobre un costal blanco para visualizar los horizontes que se encontraban en el punto.





*Ilustración 5 Construcción de columna de suelo*

6. Una vez visualizados los horizontes se tomaron muestras de cada horizonte donde se realizó prueba de pH y conductividad eléctrica en campo.



*Ilustración 6 Prueba de pH y conductividad eléctrica en campo*

7. Se tomaron muestras de cada horizonte para revisar el color por medio de la tabla Munsell.



*Ilustración 7* Prueba de color en campo

8. Se registró aparición de moteado en los horizontes, los cuales tienen relación directa con el drenaje natural que presenta el suelo.



*Ilustración 8* Registro de moteado

9. Se registró estructura del suelo por cada horizonte encontrado en el perfil del suelo, ya que es una propiedad física relacionada directamente con la pedogénesis.



*Ilustración 9* Registro de estructura

10. Se realizó prueba de textura en campo para cada horizonte encontrado en el perfil del suelo, ya que representa otra propiedad física directamente relacionada con la pedogénesis y permitió interpretar otras condiciones físicas del suelo (densidad aparente, porosidad, retención de humedad y estabilidad estructural).



*Ilustración 10* Prueba de textura en campo

11. Se registró cantidad de raíces y macroorganismos visibles en las muestras.

12. Cada punto de observación fue georreferenciado para poder realizar un análisis de variabilidad espacial del suelo estudiado como pH, conductividad eléctrica, drenaje natural, drenaje externo, textura y profundidad en el horizonte A, para así conocer la distribución de cada perfil observado dentro del área de estudio (Ver mapas en resultados)
13. Una vez visualizados todos los puntos, se seleccionaron los lugares para describir los perfiles de referencia que representan los suelos encontrados en el área estudiada. En concreto se determinaron dos lugares donde se pudo observar de manera adecuada los horizontes de cada perfil, y en estos puntos se realizaron las calicatas de 1m x 1m x 2m (una calicata por punto, es decir, dos en total en el área estudiada), para la respectiva descripción del perfil y toma de muestras de suelo a cada horizonte (Ver descripción de los perfiles en resultados)
14. Se tomó (1bolsa de 1kg) por cada horizonte las cuales fueron llevadas para pruebas de laboratorio.



*Ilustración 11* Bolsas con muestras por horizontes

15. Se tomaron dos muestras no disturbadas en cilindros metálicos a cada horizonte, los cuales fueron enrasados para llevar a laboratorio.





*Ilustración 12* Muestra no disturbada tomada en campo

16. Se realizó ensayo de respiración edáfica en los puntos de calicata.



*Ilustración 13* Prueba de respiración edáfica

### **9.5 Fase 5: Análisis de muestras**

En el siguiente cuadro se describe los estudios empleados para analizar los parámetros físicos, químicos y Biológicos con su fuente bibliográfica.

**Tabla 2** *Parámetros físicos, químicos y biológicos estudiados*

<b>Propiedades</b>	<b>Atributos del suelo</b>	<b>Metodología empleada</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Referencia</b>
	Distribución de partículas minerales (Textura)	Bouyoucos y utilización de tamices	% arenas % limos % arcillas	(I, 1977)
<b>Propiedades físicas</b>	Densidad aparente	Método del cilindro metálico tipo Uhland.	g/cm <sup>3</sup>	(Alberto Lutgers, 2000)
	Densidad real o peso específico.	Método de la densidad para sólidos irregulares (picnómetro)	g/cm <sup>3</sup>	(Montenegro, 1990)
	Espacio poroso total.	E.P. T= (1-Da/Dr)x100	%	(Montenegro, 1990)
<b>Propiedades Físicas</b>	Microporosidad o Espacio de aireación.	Embudo poroso	%	(Alberto Lutgers, 2000)
	Conductividad hidráulica.	Conductividad hidráulica en suelos saturados a carga constante con embudo para cilindros metálicos	cm/hora	(I, 1977)
	Índice de Plasticidad	Límite superior de plasticidad Límite inferior de plasticidad	% Humedad gravimétrica	(Montenegro, 1990)
	Estabilidad de los agregados	Método de tamizado en húmedo de Yoder modificado.	%	(I, 1977)
<b>Propiedades químicas</b>	Fosforo disponible	Método de Bray – Kurtz.	ppm	(IGAC, 2006)
	Materia orgánica	Método de Walkley y Black.	%	(IGAC, 2006)
	pH del suelo	Método Potenciómetro	Escala 1-14	(IGAC, 2006)
	Capacidad de intercambio catiónico	Método Volumétrico. acetato de Amonio 1N pH 7	m.e/100g	(IGAC, 2006)
	Conductividad eléctrica	Conductímetro	dS/m	(IGAC, 2006)
<b>Propiedades Biológicas</b>	Respiración edáfica	Método de la trampa de álcali	mg CO <sub>2</sub>	(Alberto Lutgers, 2000)
	Número de lombrices	Conteo en campo	Individuos por área	(IGAC, 2006)

## 9.6 Fase 6: Interpretación de resultados

La interpretación de resultados de las propiedades del suelo analizadas en este estudio, se realizó mediante los valores de rangos críticos establecidos como referencia, estos rangos se encuentran en tablas contenidas por diversos manuales o guías para interpretar los resultados obtenidos en campo y laboratorio.

### 9.6.1 Valores para caracterización del suelo.

Basados en el manual del IGAC, *metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso*, se tomaron los siguientes valores de referencia.

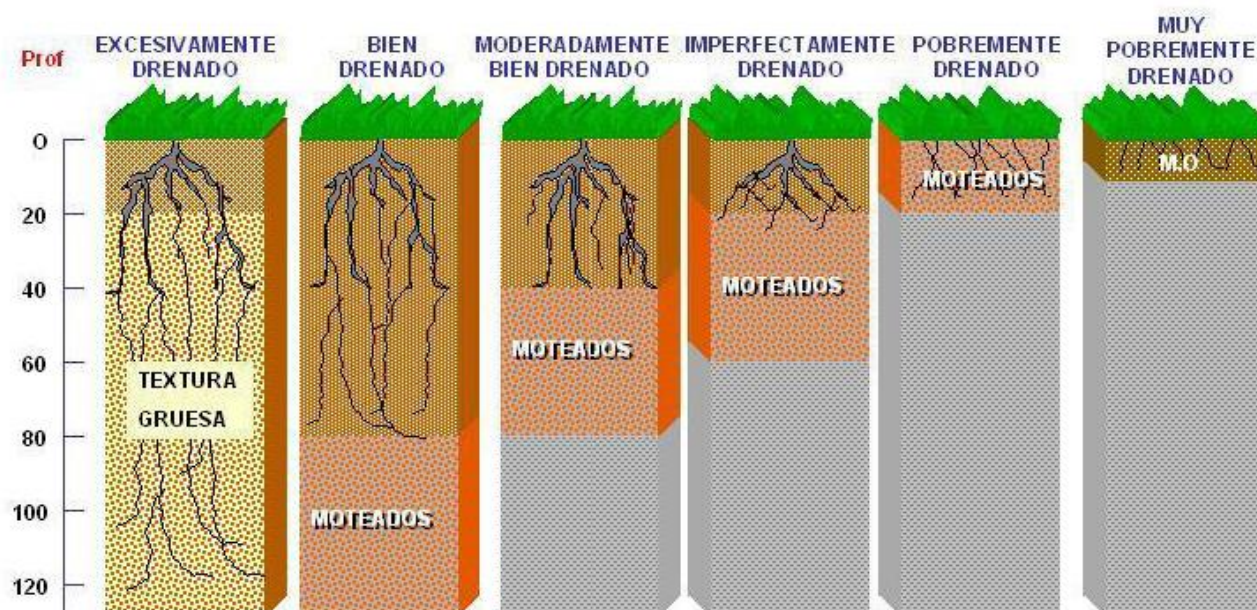
#### 9.6.1.1 Clases de pendientes.

**Tabla 3** Clases de pendientes

Clase Simple	%
A nivel	0-1
Plana	0-3
Ligeramente plana	1-3
Ligeramente inclinada	3-7
Moderadamente inclinada	7-12
Fuertemente inclinada	12-25
Ligeramente escarpada o Ligeramente empinada	25-50
Moderadamente escarpada o M. empinada	50-75
Fuertemente escarpada o Fuertemente empinada	>75

Fuente: (IGAC, 2017)

**9.6.1.2. Drenaje natural.** Frecuencia y duración de tiempo durante los cuales el suelo está saturado con agua total o parcialmente. Está condicionada por clima, la pendiente, la forma del terreno y la permeabilidad. Los indicadores para calificar el drenaje en campo son: colores grises, presencia de gley y el nivel freático. (IGAC, 2017)



*Ilustración 14* Drenaje natural

Fuente: (IGAC, 2017)



**9.6.1.3. Profundidad del nivel freático.** Se refiere a la profundidad en que se encuentra la capa de agua en el suelo y se reconoce por la presencia de marcas en forma de colores grises, azulosos, verduscos, en general con cromas de 2 o menos.

**Tabla 4** Profundidad del nivel freático

Clase	(cm)
Muy superficial	00-25
Superficial	25-50
Moderadamente profundo	50-100
Profundo	100-150
Muy profundo	>150
No observado	

Fuente: (IGAC, 2017)

**9.6.1.4 Profundidad efectiva del suelo.** Es la profundidad hasta la cual pueden llegar las raíces de las plantas sin obstáculos físicos o químicos de cualquier naturaleza.

**Tabla 5** Profundidad efectiva del suelo

Clase	Profundidad (cm)
Muy superficial	< 25
Superficial	25-50
Moderadamente superficial	50-75
Moderadamente profunda	75-100
Profunda	100-150
Muy profunda	>150

Fuente: (IGAC, 2017)

**9.6.1.5 Tamaño de partículas.** En los estudios semidetallados y detallados se utilizan las Clases por Tamaño de Partículas

**Tabla 6** *Tamaño de partículas*

<b>Familia</b>	<b>Grupos texturales</b>	<b>Clases texturales</b>
Muy fina	Muy finos	Arcillosa muy fina (>60%) Arcillosa, Arcillo
Fina	Finos	arenosa, Arcillo limosa
Francosa fina	Moderadamente finos	Franco arcillosa, Franco arcillo arenosa, Franco arcillo limosa, Franca, Franco limosa
Limosa fina	Medios	Franco arcillo limosa (<35% de arcilla y <15% de arena) Franco limosa (>18% de arcilla y <15% de arena)
Francosa gruesa Limosa gruesa	Moderadamente gruesos	Franca, Franco arenosa, Franco limosa (<18% de arcilla y <15% de arena) Limosa
Arenosa	Gruesos	Arenosa, Arenosa franca

Fuente: (IGAC, 2017)

## 9.7 Fase 7: Análisis de laboratorios

### 9.7.1 Parámetros para evaluación de calidad-degradación del suelo.

Para el análisis de calidad del suelo se tienen en cuenta los parámetros físicos, químicos y biológicos analizados en laboratorio, los cuales son descritos a continuación con sus valores de calidad.

**9.7.1.1 Grupos texturales.** Las diferentes Clases Texturales del suelo establecidas por el Soil Taxonomy son agrupadas de acuerdo al contenido de arcilla en cuatro grupos texturales, comprendido el grupo 1 las clases texturales más livianas y el Grupo 4 las clases más pesadas (mayor contenido de arcillas).

**Tabla 7 Grupos texturales**

Grupo textural	Clases texturales
1	Arenoso (a), areno-franco (aF), Franco-arenoso (Fa)
2	Franco-arcillo-arenoso (FAa), arcillo-arenoso (Aa), franco (F), franco-arcilloso (Fa)
3	Franco-limoso (FL), limoso (L), franco-arcilloso-limoso (FAL).
4	Arcilloso-limoso (AL), arcilloso (A)

---

Fuente: (Florentino, 1998)

**9.7.1.2 Densidad aparente.** Determinada tomando muestras no alteradas con toma muestras tipo Uhland, La masa del suelo seco por unidad de volumen aparente. El volumen aparente se determina antes de secar a peso constante a 105° C. (De Petre, 2012 )

**Tabla 8 Densidad aparente**

<b>Textura</b>	<b>Densidad Aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Valores</b>
<b>Arcilloso / franco-arcilloso</b>	> 1,3	Altos
<b>Franco / franco-limoso</b>	> 1,4	Altos
<b>Franco / franco-limoso</b>	> 1,6	Altos

Fuente: (Alberto Lutgers, 2000)

**9.7.1.3. Densidad real.** Esta propiedad física del suelo, es llamada también Gravedad Específica y se expresa en gramos por centímetros cúbico o  $\text{mg/m}^3$ . La densidad real de los suelos varía generalmente entre 2.6 y 2.75  $\text{mg/m}^3$ . En promedio se considera que es 2.65  $\text{mg/m}^3$ . Este valor puede ser mayor o menor de acuerdo con el tipo y cantidad de material mineral predominante o de la cantidad de humus presente.

#### 9.7.1.4 Espacio poroso total (EPT) Severidad de degradación.

**Tabla 9** Espacio poroso total (EPT)

Severidad de la degradación	Factor de ponderación	Grupo textural 1	Grupo textural 2	Grupo textural 3	Grupo textural 4
Ninguna	1	0,36	0,40	0,47	0,58
Leve	2	0,34	0,39	0,45	0,56
Moderada	3	0,32	0,38	0,43	0,53
Alta	4	0,30	0,37	0,41	0,50
Muy alta	5	< 0,28	< 0,36	< 0,40	< 0,47

Fuente: (Florentino, 1998)

**9.7.1.5 conductividad hidráulica** Expresión de cómo un líquido (agua) fluye a través de un suelo en respuesta a un gradiente dado de potencial.

**Tabla 10** Conductividad hidráulica

Conductividad hidráulica (cm/hora)	Características
< - 0,1	Muy lenta
0,1 – 0,5	Lenta
0,5 – 2,0	Moderadamente lenta
2,0 – 6,0	Moderada
6,0 – 12,0	Moderadamente rápida
12,0 – 18,0	Rápida

Fuente (Pla, 1977)

**9.7.1.6 Índice de plasticidad.** El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo. (INVIAS, 2007)

**Tabla 11** *Índice de plasticidad*

<b>Índice de Plasticidad (%)</b>	<b>Tipo de Plasticidad</b>	<b>Observaciones</b>
Mayor de 10	Alta	Suelos muy plásticos y difíciles de cultivar
De 5 a 10	Moderada	Suelos medianamente plásticos. Presentan problemas al usar maquinaria
Menor de 5	Baja	Suelos poco plásticos que pueden cultivarse fácilmente

Fuente: (Pla, 1977)

**9.7.1.7 Estabilidad de los agregados de suelo al agua (%) – Método de tamizado en agua (Yoder).** Las partículas texturales del suelo como arena, limo y arcilla se asocian para formar agregados y a unidades de mayor tamaño nombrados por peds. La estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento del agua en el suelo, la conducción térmica, el crecimiento radicular y la resistencia a la erosión. (FAO, *Propiedades físicas del suelo* )

**Tabla 12** Estabilidad de agregados

Clase	Nivel	Agregados estables > de 1 mm de diámetro	Agregados estables > de 0.5 mm de diámetro
1	Muy alta	> 60	> 75
2	Alta	40-60	60-75
3	Media	20-40	45-60
4	Baja	10-20	30-45
5	Muy baja	< 10	< 30

Fuente: (Florentino, 1998)

**9.7.1.8 Fósforo disponible.** El fósforo es un elemento fundamental para la nutrición de las plantas. Es absorbido por éstas en forma de fosfatos mono y diácidos. A diferencia del nitrógeno y del azufre, que son otros elementos que se absorben en forma aniónica, el fósforo es un elemento poco móvil. Por su tendencia a reaccionar dando formas fosforadas no disponibles para las plantas es que debe ser considerado uno de los elementos más críticos. (Sanzano, Agustin)

**Tabla 13** Fósforo disponible

Fosforo (ppm) todos los suelos	Valores
0-15	Bajo
16-30	Medio
> 30	Alto

Fuente: (IGAC, 2006)

**9.7.1.9 Materia orgánica.** La fracción orgánica del suelo, excluido los residuos animales y vegetales aun no descompuestos. Aunque se lo utiliza como sinónimo del humus, incluye materiales orgánicos con diferentes características. Metodológicamente, se lo puede definir como todo el material orgánico de tamaño menor a 2 mm y es equivalente a carbono orgánico

$$(MO = \text{constante} \times CO). \text{ (De Petre, 2012 )}$$

**Tabla 14** *Materia orgánica*

Clase	% MO (capas entre 0-15 cm de profundidad)	Nivel
1	> 4	Muy alto
2	2-4	Alto
3	1-2	Medio
4	0,5 – 1	Bajo
5	< 0,5	Muy bajo

Fuente: (Florentino, 1998)

**9.7.1.10 pH.** El pH indica la concentración de H<sup>+</sup> o acidez activa en la solución del suelo; pero el hidrógeno adsorbido representa una concentración mucho mayor, que está en equilibrio con la de la solución del suelo en estado iónico.

**Tabla 15** *Valores de pH*

pH	Valores
Extremadamente ácido	Menos de 4,5
Fuertemente ácido	4,5-5,2
Moderadamente ácido	5,3-5,9
Ligeramente ácido	6,0-6,5
Neutro	6,6-7,0
Ligeramente alcalino	7,1-7,5



Moderadamente alcalino	7,6-8,3
Fuertemente alcalino	Mayor de 8,4

Fuente: (IGAC, 2006)

#### 9.7.1.11 *Capacidad de intercambio catiónico.* La Capacidad de Intercambio

Catiónico (CIC) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH<sub>4</sub> etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. (FAO)

**Tabla 16** *Capacidad de intercambio catiónico*

Capacidad de intercambio de cationes (me/100g de suelo)	Valores
Menos de 6	Muy bajo
6-12	Bajo
12-20	Moderado
20-35	Alto
Mayor de 35	Muy alto

Fuente: (IGAC, 2006)

**9.7.1.12 Conductividad eléctrica.** Capacidad de una sustancia para conducir o transmitir una corriente eléctrica. En el suelo o el agua se expresa en Siemens/metro y está relacionada con el contenido de sales.

**Tabla 17** *Conductividad eléctrica*

Conductividad eléctrica (dS/m)	Características
0-2	Los efectos de las sales sobre los cultivos son despreciables
2-4	El rendimiento en cultivos muy sensibles puede ser afectado
4-8	El rendimiento de muchos cultivos se reduce
8-16	Solo cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente
Mas de 16	Solo algunos cultivos muy tolerantes rinden satisfactoriamente

Fuente: (IGAC, 2006)

La siguiente tabla expresa los valores con su categoría correspondiente en el análisis de los parámetros para la evaluación de la calidad del suelo.

**Tabla 18** *Degradación/Calidad del Suelo*

Degradación de suelo		Calidad
Categoría	Rango	
Bajo	16-37	Alta
Medio	38-58	Media
Alto	59-80	Baja

Fuente: (IGAC, 2017)

**9.7.1.13 Capacidad de campo.** se refiere a la cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje. El drenaje ocurre por la trasmisión del agua a través de los poros mayores de 0,05 mm de diámetro; sin embargo, la capacidad de campo puede corresponder a poros que varían entre 0,03 y 1 mm de diámetro. El concepto de Capacidad de Campo se aplica únicamente a suelos bien estructurados donde el drenaje del exceso de agua es relativamente rápido; si el drenaje ocurre en suelos pobremente estructurados, por lo general continuará durante varias semanas y este tipo de suelos de estructura tan pobre raramente tiene una Capacidad de Campo claramente definida. La Capacidad de Campo se determina mejor en el campo saturando el suelo y midiendo su contenido de agua después de 48 horas de drenaje. El suelo a capacidad de campo se siente muy húmedo en contacto con las manos. (FAO)

**Tabla 19 Humedad de Campo**

Humedad a Capacidad de Campo	Grupo de textura		
	Finos	Medios	Gruesos
alto (3)	>40%	>30%	>20%
Ideal (1)	30 - 40	20 – 30	15 – 20
bajo (5)	<30%	<20%	<15%

Fuente: (IGAC, 2017)

**9.7.1.14 Respiración edáfica.** La respiración es la producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como resultado de la actividad biológica en el suelo, realizada por microorganismos, raíces vivas, y macroorganismos tales como lombrices, nemátodos o insectos (Parkin, 1996). El dióxido de carbono emitido desde el suelo es un gas incoloro e inodoro que entra en la atmósfera y anualmente supera la cantidad emitida por todas las actividades humanas (Volk, 1994). La actividad de organismos en el suelo es considerada como un atributo positivo para la calidad del suelo.

**Tabla 20** *Respiración edáfica*

<b>Respiración en el suelo kg C (en CO<sub>2</sub>)/ha/d</b>	<b>Clase</b>	<b>Estado del suelo</b>
0	Sin actividad del suelo	El suelo no presenta actividad biológica y es virtualmente estéril
<10,64	Actividad del suelo muy baja	El suelo ha perdido mucha materia orgánica disponible y presenta poca actividad biológica
10,64-17,92	Actividad del suelo moderadamente baja	El suelo ha perdido parte de materia orgánica disponible y la actividad biológica es baja
17,92-35,84	Actividad del suelo mediana	El suelo se está aproximando, o alejando, de un estado ideal de actividad biológica.
35,84-71,68	Actividad del suelo ideal	El suelo se encuentra en un estado ideal de actividad biológica y posee adecuada materia orgánica y activas

---

>71,68	Actividad del suelo inusualmente alta	poblaciones de microorganismos El suelo tiene un muy elevado nivel de actividad microbiana y tiene elevados niveles de materia orgánica disponible, posiblemente a través del agregado de grandes cantidades de materia orgánica fresca o abonos
--------	--	---

---

Fuente: (USDA, 1999)

**9.7.1.15 Evaluación de fertilidad.** La fertilidad natural es la cualidad que tiene un suelo para proporcionar los nutrientes necesarios para el normal desarrollo de las plantas. Esta condición se determina en el laboratorio mediante análisis químicos; sin embargo, esta información debe ser complementada en el campo con observaciones sobre el desarrollo de los cultivos y la naturaleza del material parental.

**Tabla 21** Clases por grado de fertilidad

Clase	Rango de Calificación
Muy baja	$\leq 3,6$
Baja	3,7 - 5,1
Media	5,2 - 6,7
Alta	6,8 - 8,3
Muy Alta	$\geq 8,4$

---

Fuente: (IGAC, 2017)

**Tabla 22** Evaluación de la fertilidad de los suelos

<b>Evaluación de la fertilidad de los suelos</b>						
<b>pH</b>	Rango	< 4,5; >	4,6-5,0;	5,1-5,5;	5,6 – 6,0	6,1- 7,3
		8,5	7,9-8,4	7,4 -7,8		
	Puntaje	1	2	3	4	5
<b>Capacidad de intercambio catiónico</b>	Rango	< 5	5- 10	11 - 15	16 - 20	> 20
	Puntaje	1	2	3	4	5
<b>Carbono orgánico</b>	Rango	< 0,2	0,2-0,5	0,51-1,7	1,71-2,9	> 3,0
	Puntaje	1	2	3	4	5
<b>Fósforo</b>	Rango	< 10	10-20	21-30	31-40	> 40
	Puntaje	1	2	3	4	5
<b>Calificación</b>						
			0-25 cm		25-50 cm	
<b>Conductividad eléctrica</b> dS/m a 25°C	2-4		0		0	
	4-8		1		0,6	
	8-16		2		1,4	
	>16		3		2	
	<4		5		4	
	4-8		4		3	
	8-16		5		5	
	>16		5		5	

Fuente: (IGAC, 2017)

**Tabla 23** *Cálculo de fertilidad*

Cálculo de fertilidad	
FT	Fertilidad total
F1	Fertilidad 0-25 cm
F2	Fertilidad 25-50 cm
K	0,285
$FT=(0,7 F1 + 0,3 F2)K$	

Fuente: (IGAC, 2017)

**9.7.1.16 Clasificación por capacidad de uso.** En el proceso de clasificación de las tierras por su capacidad de uso se utiliza, en forma integral, toda la información contenida en la memoria técnica del levantamiento de suelos de la región objeto de la aplicación, lo que implica analizar las características del medio natural con énfasis en el clima ambiental, la vegetación, la litología y el recurso hídrico, con el fin de establecer escenarios con la oferta ambiental y los requerimientos de uso de las tierras. (IGAC, 2017).

**Tabla 24** Características y límites de variación de las tierras de clase 3

Características	Parámetro(s)	Límites de variación
<b>Pendiente</b>	%	0-12
<b>Erosión</b>	Grado	No hay, ligera
<b>Drenaje natural</b>	Estado	Bien drenado; moderado, imperfecto
<b>Inundaciones</b>	Frecuencia y duración	No se presentan, raras, ocasionales; extremadamente cortas, muy cortas o cortas

---

<b>Encharcamientos</b>	Frecuencia y duración	No se presentan; raros, ocasionales; extremadamente cortos, muy cortos o cortos
<b>Profundidad efectiva</b>	cm	>50
<b>Textura</b>	Familia	Francosa fina; limosa fina; francosa gruesa; limosa gruesa; fina; textura contrastadas
	Grupo textural	Moderadamente finas, Medias, Moderadamente gruesas, finos
<b>Pedregosidad superficial</b>	% de área afectada	<3
<b>Afloramiento rocoso</b>	% de área afectada	<10
<b>Fertilidad</b>	Calificación	Muy alta; alta; media; baja
<b>Piso térmico</b>	Clase	Cálido; templado; frío
<b>Condición de humedad</b>	Ambiente	Húmedo a seco
<b>Temperatura/heladas</b>	°C y frecuencia de heladas	>12°C con mediana frecuencia de heladas 3 a 10 al año

---

Fuente: (IGAC, 2017)



## 10 Resultados y Discusiones

### 10.1 Delimitación del área de estudio

Primeramente, se realizó el reconocimiento del lugar verificando la actividad económica realizada en el área, donde se encontró un área con cultivo de palma de aceite con edad entre 4 a 20 años y además que existe palma de aceite en proceso de renovación. Para la delimitación del área de estudio se utilizó la herramienta tecnológica Google Earth, realizando una red de muestreo rígida, con un área de 439 has distribuidas en 102 puntos de observación.

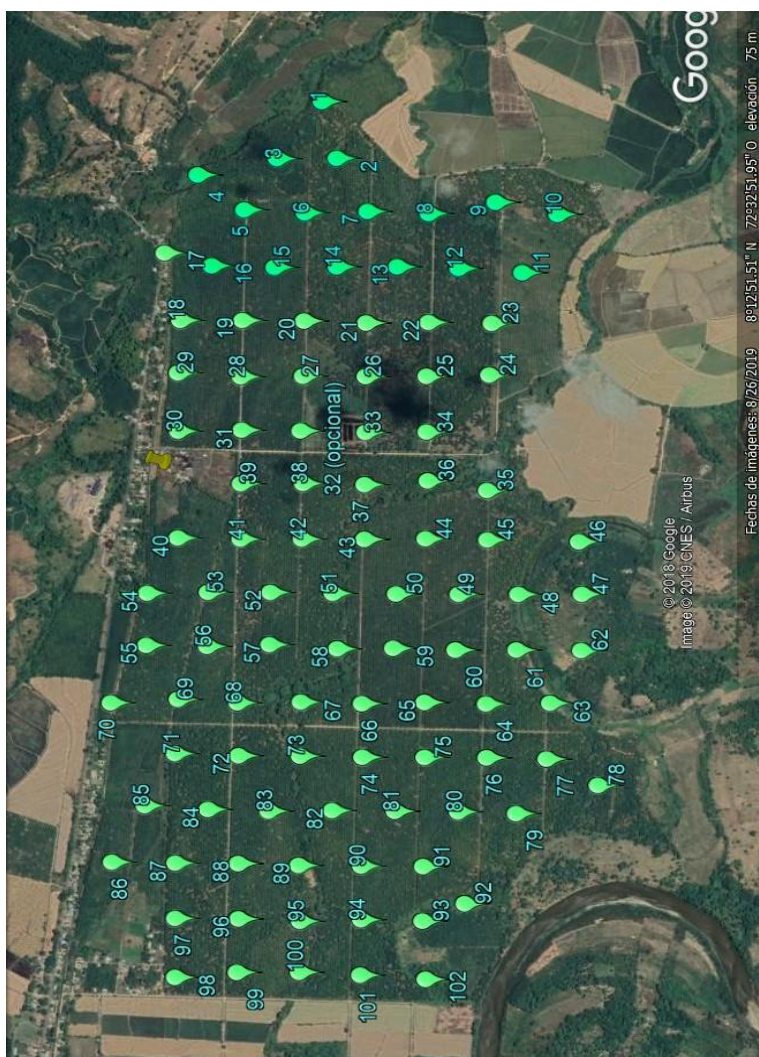


Ilustración 15 Delimitación área de estudio

## 10.2 Caracterización de los perfiles del suelo en estudio

La caracterización de los perfiles del suelo en estudio se realizó con el fin de obtener un banco de información que pueda ser utilizado en futuras investigaciones como una línea base, se empleó la metodología para el levantamiento de suelos (IGAC, 2017), realizando 102 observaciones en campo, donde además se tuvo en consideración los siguientes aspectos:

Observación	Imagen
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se Registró el estado de los drenajes interno, externo y natural, encontrándose lugares con encharcamientos, se encontró formación de suros en esas zonas.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ En el punto 92 se registró un nivel freático superficial lo que perjudicó el trabajo de observación en este punto, se observó que cerca del punto existe un cuerpo de agua lentic.</li> </ul>	

*Ilustración 16* Formación de encharcamientos

*Ilustración 17* Observación 92, punto saturado.

- Se registró la presencia de lombrices encontrándose en las paredes de las calicatas túneles hechos por las mismas y montículos en la parte superficial. Además de abundantes raíces en los horizontes A, TBA Y B, con presencia además en C1 y C2.



Ilustración 18 Presencia de lombrices y raíces

La información registrada en cada punto de muestreo se encuentra en el archivo Excel adjunto, lo cual servirá como fuente de información primaria, dado que contiene información de descripción del perfil, observaciones, imagen panorámica del lugar, ubicación geográfica del sitio y visualización de los perfiles con observación de barreno. (**Ver anexo Resultados fase de campo**)

Formulario de Descripción de Suelo					
Departamento:	Norte de Santander	Municipio:	El Zulia	Coordenada	8°12'39.19"N
Vereda:	Astilleros	Altitud:	220 msnm	s	72°52'39.29"O
GEOMORFOLOGIA					
Paisaje:	valle	T. de relieve:	planicie aluvial	F. del terreno	plano
PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL					
Tipo:		Clase:		Superficie cubierta %	
DRENAJES					
Interno	bueno	Externo	bien drenado	Natural	bueno
DESCRIPCION DEL PERFIL					
HORIZONTES	1	2	3	4	5
Profundidad (cm)	36	40	24		
Nomenclatura	A	B	C		
3ª color matriz en seco	2.5y 6/6 olive yellow	2.5y 6/8 olive yellow	2.5y 8/6 yellow		
Moteados			15%		
Color			blanco rojizo		
Textura	franco limoso	franco arenoso	franco arcilloso-		
Fragmento de rocas			x		
ESTRUCTURA (tipos)					
B. angulares (BA)					
B. subangulares (BS)	x	x			
Gránulos (GR)					
Migajones (MI)					
Prismas (PR)					
Pris/b. angulares (PA)					
Pris/b. subangulares (PS)					
Columnas (CO)					
Col/b. angulares (CA)					
Col/b. subangulares (CS)					
Láminas (LA)					
Sin est. (masiva) (SM)					
Sin est. (suelta) (SG)			x		

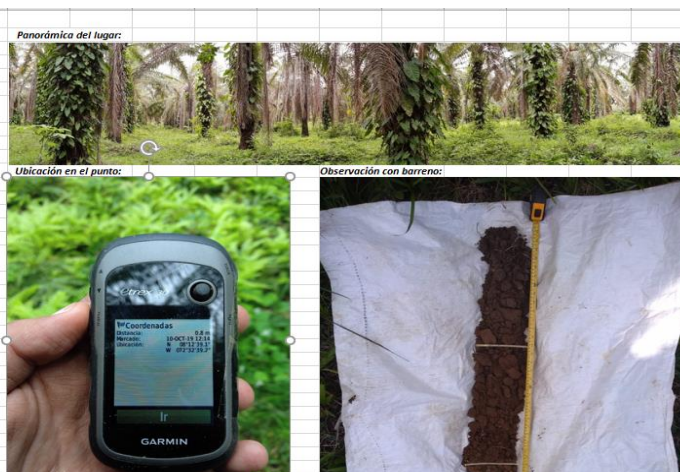


Ilustración 19 Formulario de descripción de suelo.

Cada punto de observación fue georreferenciado para poder realizar un análisis de variabilidad espacial del suelo estudiado en sus propiedades como: pH, conductividad eléctrica,

drenaje natural, drenaje externo, textura y profundidad en el horizonte A, lo que permitió conocer la distribución de cada perfil observado dentro del área de estudio.

### 10.2.1 Resultado cartográfico de pH estudio general.

El siguiente mapa contiene los resultados del análisis de pH realizado en campo a los 102 puntos de observación ubicados dentro de las 439 has estudiadas en esta investigación, se puede observar que un 72,05% del área estudiada arrojan pH ligeramente ácido, con 8,88% medianamente ácidos, y 18,59% del área tiene pH neutro, con 0,35% ligeramente alcalinos.



Ilustración 20 Mapa de pH estudio general



## 10.2.2 Resultado cartográfico de conductividad eléctrica estudio general.

El siguiente mapa contiene los resultados del análisis de conductividad eléctrica realizado en campo a los 102 puntos de observación ubicados dentro de las 439 has estudiadas en esta investigación, como resultado se puede observar que el 61,6% del área estudiada tiene una conductividad eléctrica baja, seguida de un 37,9% de área con conductividad media y finalmente 0,47% puntos altos.

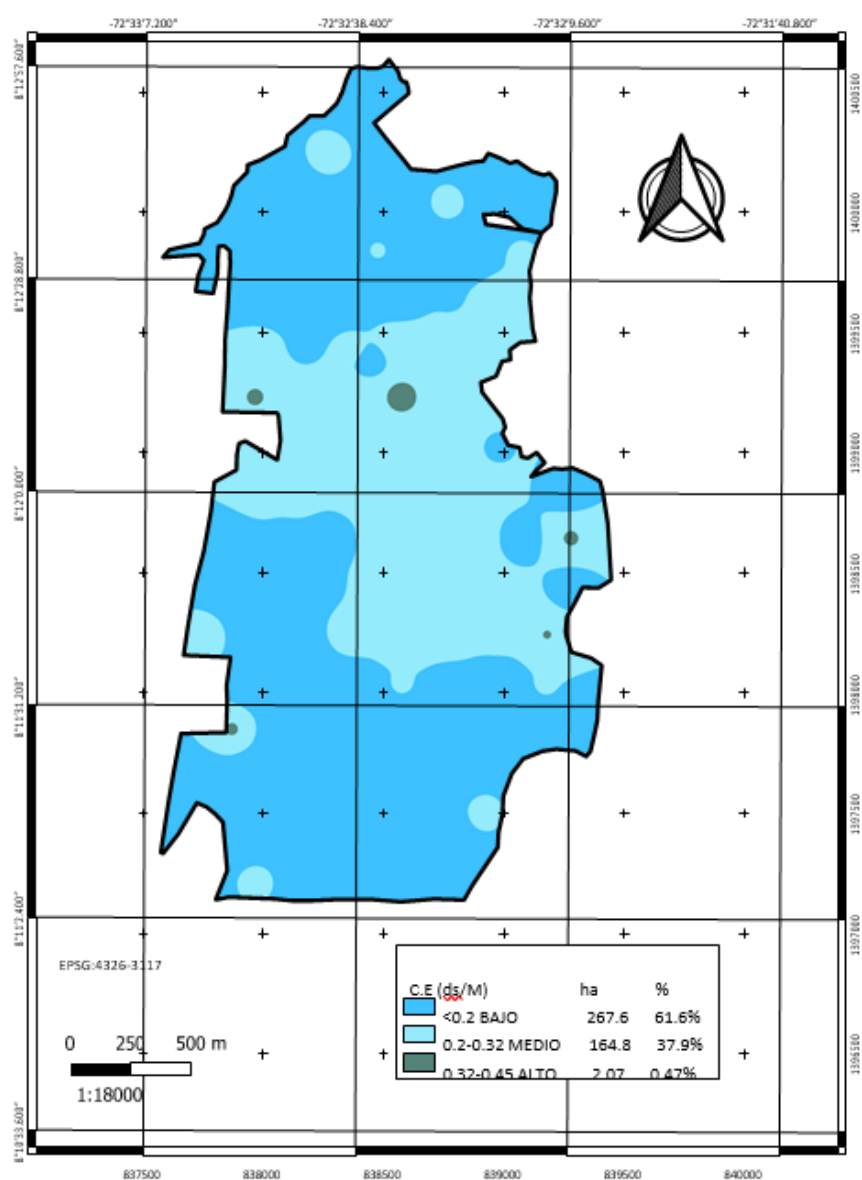


Ilustración 21 Mapa de conductividad eléctrica estudio general

### 10.2.3 Resultado cartográfico de drenaje natural estudio general.

El siguiente mapa contiene los resultados del análisis de datos de drenaje natural realizado en campo a los 102 puntos de observación ubicados dentro de las 439 has estudiadas en esta investigación, como resultado se puede observar que el 58,7% del área estudiada se encuentra bien drenada, seguida de un 36,35% moderadamente bien drenada, pero se encuentra problemas en el 4,22% imperfectamente drenado y 0,68% pobremente drenado.

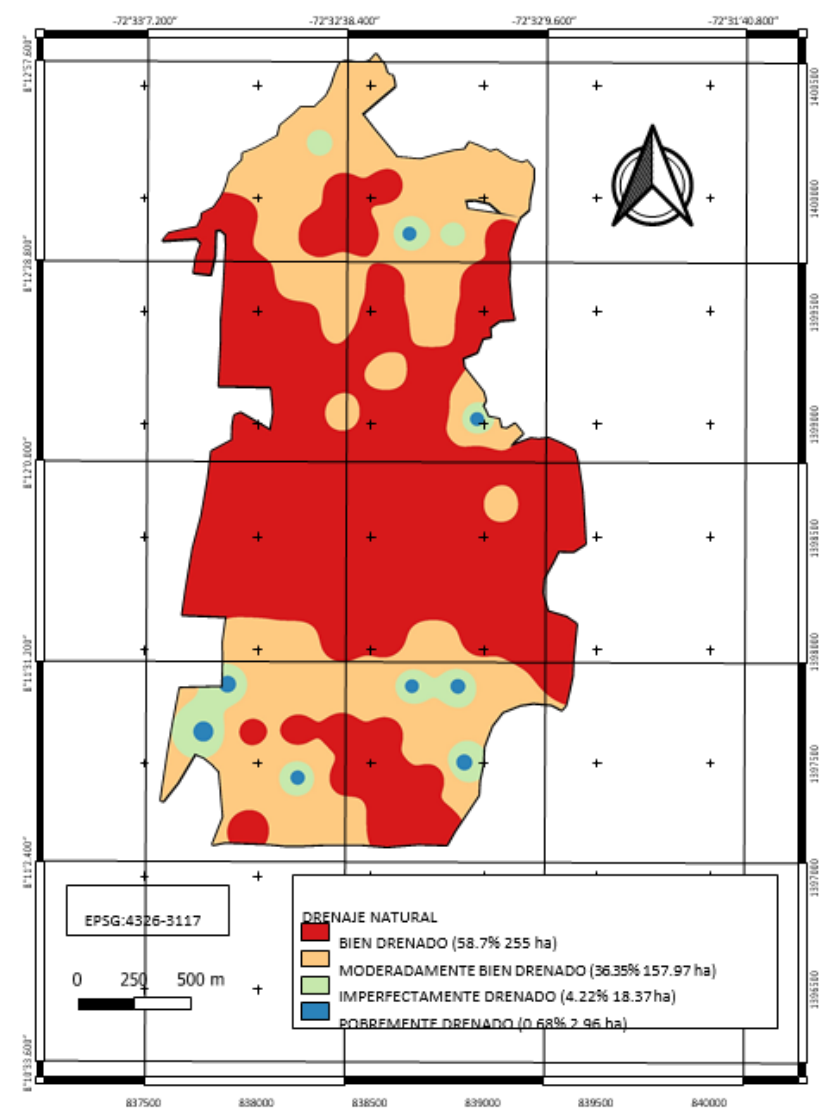


Ilustración 22 Mapa de drenaje natural estudio general

### 10.2.4 Resultado cartográfico de drenaje externo estudio general

El siguiente mapa contiene los resultados del análisis de datos de drenaje externo realizado en campo a los 102 puntos de observación ubicados dentro de las 439 has estudiadas en esta investigación, como resultado se puede observar que el 66,04% del área estudiada se encuentra bien drenada, seguida de un 30,66% moderadamente bien drenada, pero se presenta en un 3,29% del área estudiada un mal drenaje externo.

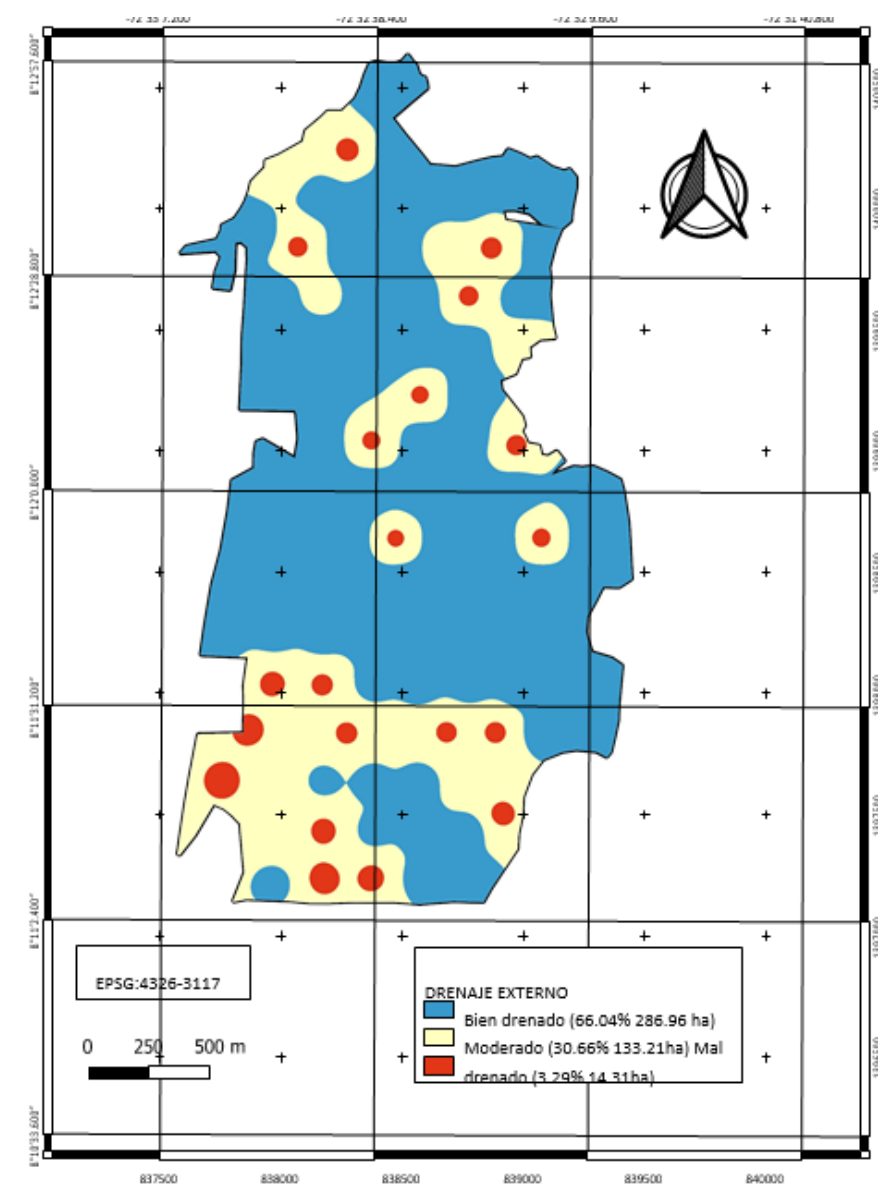


Ilustración 23 Mapa de drenaje externo estudio general

### 10.2.5 Resultado cartográfico de profundidad en el horizonte A

El siguiente mapa contiene los resultados de la medida de profundidad en el horizonte A, realizado en campo a los 102 puntos de observación ubicados dentro de las 439 has estudiadas en esta investigación, como resultado se puede observar que un estimado de 30% de las muestras realizadas tiene profundidad media, con un 60% en profundidad baja y 10% del área estudiada de profundidad alta.

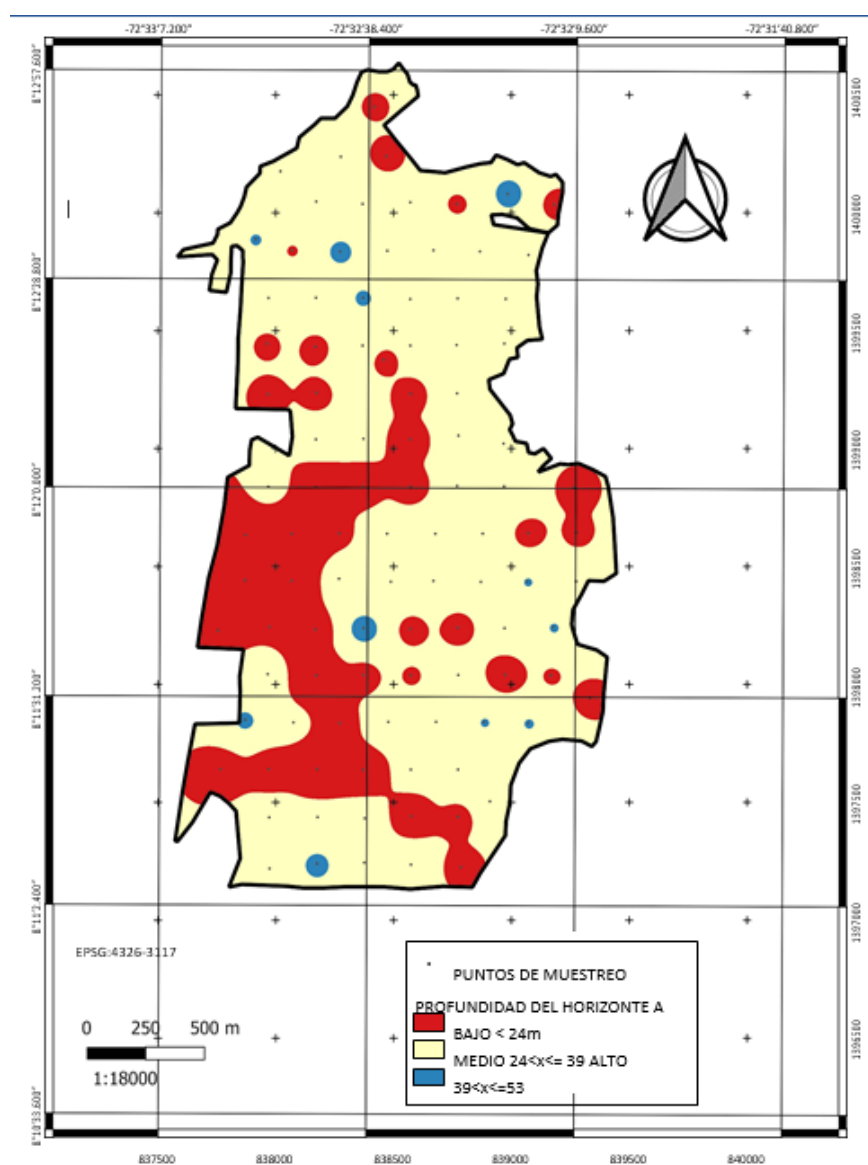


Ilustración 24 Mapa de profundidad horizonte A



### 10.2.6 Resultado cartográfico de textura

El siguiente mapa contiene los resultados de textura, realizado en campo a los 102 puntos de observación ubicados dentro de las 439 has estudiadas en esta investigación, como resultado se puede observar que un estimado de 59,64% del área es Franco arenoso, con suelos aluviales formados a partir de sedimentos aportados por el río Zulia, además con un 21,22% Franco arcilloso limoso, 17,15% Franco limoso y 0,19% Franco arcilloso arenoso.

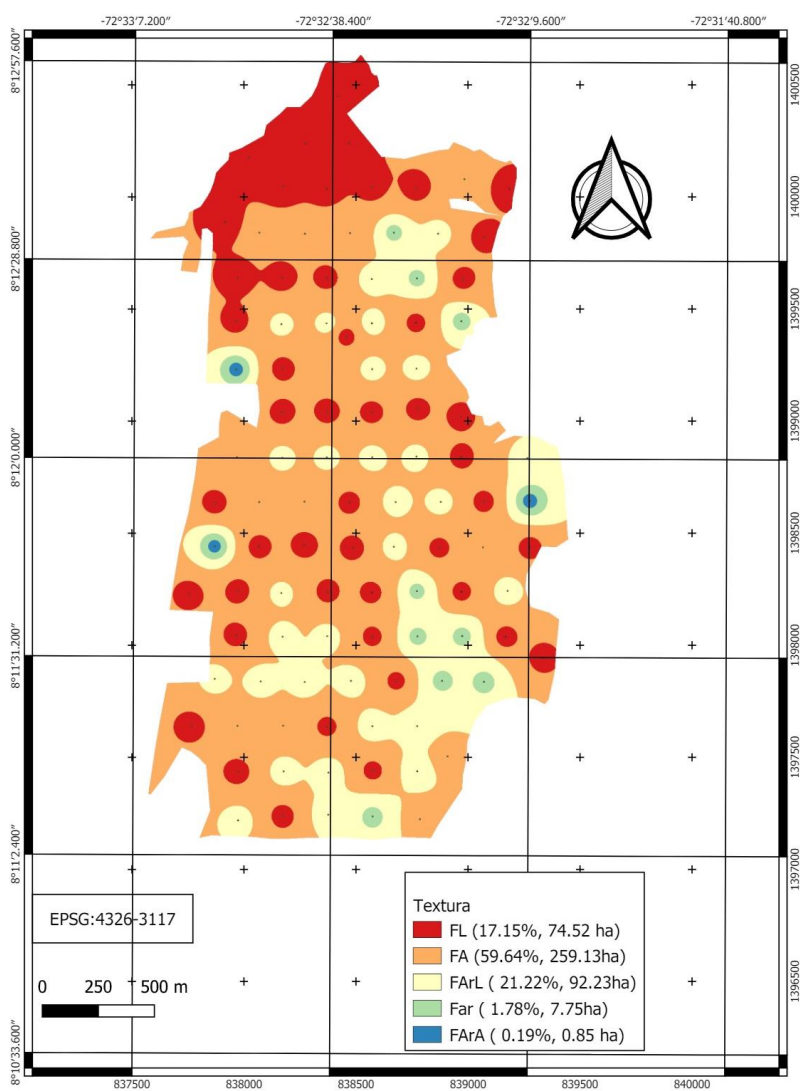


Ilustración 25 Mapa textura estudio general

### 10.3 Evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas

Para conocer la calidad actual del suelo se analizaron las propiedades físicas, químicas y biológicas descritas en la metodología del presente trabajo, con un total de dos calicatas hechas en el área de estudio, donde se realizó la caracterización en campo y además se tomaron dos muestras no disturbadas en cilindros y una bolsa de 1kg por cada horizonte estudiado para ser llevada a laboratorio.

En las siguientes imágenes se observan algunos de los estudios físicos realizados en laboratorio como conductividad hidráulica (arriba, izquierda), estabilidad de agregados (arriba, derecha), índice de plasticidad (abajo, izquierda), densidad real (abajo, derecha).



Ilustración 26 Análisis físicos en laboratorio

En las siguientes imágenes se muestran algunos de los análisis químicos realizados en laboratorio, como materia orgánica (arriba, izquierda), fósforo (arriba, derecha), y textura (abajo, derecha).



*Ilustración 27* Análisis químicos en laboratorio

En este trabajo se realizó un análisis de respiración edáfica en 2 puntos del área de estudio, en la siguiente imagen se aprecia el trabajo de laboratorio.



*Ilustración 28* Análisis de respiración edáfica en laboratorio



### 10.3.1 Resultados Perfil RZ- Coopar-1

A continuación, se presenta la ficha de caracterización que contiene información de calicata 1 sobre localización, clasificación taxonómica, material parental, textura, profundidad efectiva, nivel freático, drenaje, humedad y clasificación agrologica, las cuales fueron descritas en campo.



Ilustración 29 Panorámica perfil RZ-Coopar-1

#### 10.3.1.1. Perfil Modal RZ- Coopar-1 Vereda Astilleros, Municipio el Zulia, Norte de Santander.

Tabla 25 Perfil Modal RZ-Coopar-1

Perfil Modal RZ- Coopar-1	
<b>Localización:</b>	Municipio El Zulia, Departamento Norte de Santander Colombia
<b>Clasificación SoilTaxonomy 2010:</b>	Fluventic Dystrudepts, franca fina,
<b>Horizonte de Diagnostico:</b>	Epipedón ócrico,
<b>Otros Criterios Diagnostico:</b>	
<b>Unidad Cartográfica:</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	Vereda Astilleros.
<b>Coordenadas Geográficas:</b>	Latitud: 8°12'39.19"N Longitud: 72°32'39.29"O
<b>Altitud:</b>	153 msnm.
<b>AUTOR(S) – FECHA:</b>	<b>Brenda León – José Martínez – Tutor: Efraín Visconti 11/10/2019</b>
<b>Geomorfología Tipo de Paisaje:</b>	Valle Tipo de relieve: Planicie aluvial
<b>Forma de Terreno:</b>	Plano.
<b>Pendiente:</b>	0 - 1%, Plano o a nivel.
<b>Microrelieve Clase:</b>	Ninguno.
<b>Características Superficiales</b>	Afloramientos rocosos: No. Pedregosidad: No.

	Grietas: no hay. sellado: ninguno. sales: Álcali: no.
<b>Procesos en la Pendiente</b>	
<b>Erosión:</b>	Erosión hídrica leve Tipo: Reticular
<b>Grado:</b>	Muy leve
<b>MATERIAL PARENTAL:</b> Areniscas y carbón mineral	
<b>Grado de Meteorización:</b>	Horizonte C2 con regolitos meteorizados.
<b>Textura:</b>	Horizonte A y TBA Franco arcillo-arenosa. Horizonte B Franco arenoso. Horizonte C1 Arcilla. Horizonte C2 Franco arcilloso.
<b>Observaciones:</b>	in situ
<b>Profundidad efectiva del suelo:</b>	Profundo (100 – 150 cm)
<b>Nivel Freático:</b>	No se observó, >2m.
<b>Drenaje:</b>	Moderado.
<b>Inundaciones:</b>	No hay.
<b>Encharcamientos:</b>	No hay.
<b>Infiltración:</b>	
<b>Condición de Humedad del Perfil:</b>	Húmedo en todos los horizontes.
<b>USO DE LA TIERRA</b>	Cultivo de palma de aceite
<b>Vegetación natural</b>	Bosque húmedo tropical
<b>Formación Ecológica (Holdridge):</b>	Bosque húmedo tropical.
<b>CLIMA AMBIENTAL</b>	
	Cálido húmedo Precipitación media anual: 2000 mm; Temp. media anual: 27,3°C
<b>CLIMA EDAFICO</b>	
<b>Régimen de Humedad:</b>	Udico.
<b>Régimen de Temperatura:</b>	Isohipertérmico.
<b>CLASIFICACION</b>	
	IIIh
<b>AGROLOGICA:</b>	<b>Pendiente:</b> Plano
	<b>Erosión:</b> Baja
	<b>Humedad:</b> Udico
	<b>Suelo:</b> Fertilidad Baja
	<b>Clima:</b> Cálido
<b>Macroorganismos</b>	Muchos

### 10.3.1.2. Descripción del Perfil RZ- Coopar-1

**Tabla 26** Descripción del Perfil RZ-Coopar-1



#### A (0 – 30) cm

Color en húmedo gris claro (2.5Y7/2); textura franco arcillo arenosa; estructura granular, fina y media, débil y moderada consistencia en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica, con poros muy finos, finos, medianos y gruesos, de forma vesiculares, tubulares, irregulares de manera continua. muchas raíces muy finas, finas, medias y gruesas, vivas y muertas de distribución normal; imped, exped, mucha actividad de macroorganismos; límite claro y plano; pH 5.34, moderadamente ácido.

#### TBA 20-(45-48) cm

Color en húmedo gris claro (10YR7/2); textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares, media y gruesa, moderados; consistencia en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; recubrimiento. De MO, frecuente y clara en canales y poros, frecuentes poros muy finos, finos, medianos y gruesos, de forma vesiculares, tubulares e irregulares, continuos; imped y exped. frecuentes raíces muy finas, finas, medias y gruesas, vivas y muertas, de distribución normal, localizadas imped y exped; frecuente actividad de macroorganismos; límite difuso e irregular; pH 5.76, moderadamente ácido.

#### B (45-48) -(80-118) cm

Color en húmedo marrón amarillento (10YR6/4); textura franco arenoso; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; recubrimiento de M.O. pocos, claros en canales y poros, consistencia en mojado no pegajosa y ligeramente plástica; concreciones irregulares finas, medias y gruesas duras y de distribución irregular. Frecuentes poros finos y medianos y pocos gruesos, vesiculares, tubulares e irregulares, continuos; localizados imped y exped,

---

frecuentes raíces, muy finas, finas, medias y gruesas, vivas y muertas, de distribución normal, localizadas imped y exped; poca actividad de macroorganismos; límite abrupto, ondulado e irregular; pH 5.95, moderadamente ácido.

C1 (80-118) -(151-152) cm

Color en húmedo blanco (10YR8/1); moteados 50% y 60% color rojizos, finos y medios, nítidos; textura arcillosa; consistencia en mojado pegajosa y plástica; estructura en bloques subangulares, columnar blocosa subangulares, medios y gruesos, moderada; Recubrimiento de FeO<sub>2</sub>, muchos y clara en todo el horizonte; pocos poros finos, vesciculares, tubulares e irregulares, continuos y discontinuos, Imped y Exped, pocas raíces, gruesas, vivas y muertas, de distribución normal, Imped y Exped; no hay actividad de macroorganismos; límite difuso e irregular; pH 5.83 moderadamente ácido.

C2 151- (+200) cm

Color en húmedo marrón claro (2.5Y7/3), moteados 50% y 60% color rojizos, finos y medios, nítidos; textura franco arcillosa, consistencia en mojado ligeramente pegajosa y plástica, con fragmentos de roca, cascajo y piedra fuertemente meteorizados -10%, de forma irregular, poca y fuertemente alterada, de naturaleza Ígnea y Metamórfica de composición ferri húmica, sin estructura, masiva; poca porosidad, fina de formas vesciculares, tubulares e irregulares, continuos y discontinuos, localizados Imped y Exped, pocas raíces de tamaño gruesas, vivas y muertas de distribución normal, localizadas Imped y Exped, no hay actividad de macroorganismos, limite difuso e irregular; pH 6.19 ligeramente ácido.

---

### ***10.3.1.3. Resultados propiedades químicas Perfil RZ-Coopar-1.***

Para las condiciones químicas del perfil RZ-Coopar-1, se determinó que su textura es moderadamente fina, con pH moderadamente ácido, cuenta con una conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico óptima, además con un porcentaje de materia orgánica alta,



pero un porcentaje de fósforo bajo, lo que afecta la fertilidad del suelo, se encontró que este suelo presenta un déficit en cuanto a las condiciones químicas.

**Tabla 27** Resultados Químicos perfil RZ-Coopar-1

Profundidad (cm)	Horizontes	Distribución de tamaño de partículas minerales			Clase Textural
		Arena % 2-0,05 mm	Limo % 0,05-0,002 mm	Arcilla % <0,002 mm	
0 – 30	A	49,55	23,60	26,85	FAa
30 – (45-48)	TBA	55,55	14,00	30,45	FAa
(45-48)- (80-118)	B	74,75	9,20	16,05	FA
(80-118)- (151- 152)	C1	37,15	20,40	42,45	A
151-200+	C2	44,75	20,56	34,67	FA

Profundidad (cm)	pH del suelo En agua 1:1	CE ( $\mu$ s/cm)	CO%	MO%	P (ppm)	CIC (meq/100g)
0 – 30	5,34	103,00	1,59	2,73	5,25	24,00
30 – (45-48)	5,76	62,50	0,90	1,56	1,48	22,00
(45-48)- (80-118)	5,95	51,15	0,56	0,97	25,46	16,40
(80-118)- (151-152)	5,83	86,45	1,14	1,96	23,43	21,60
151-200+	6,19	59,60	1,38	2,37	7,27	19,20

Suelo compuesto mayormente de arcilla, pH moderadamente ácido, presencia media de P en horizontes B y C1, deficiencia del mismo en los horizontes superficiales, MO baja en horizonte B.

#### 10.3.1.4. Resultados físicos Perfil RZ-Coopar-1

Para los análisis físicos se determinó índice de separabilidad de partículas alto, en la severidad de degradación para el espacio poroso total un nivel leve, densidad aparente sin severidad de degradación, macroporosidad baja. En el análisis de plasticidad se encontró un suelo moderado lo que indica que es un suelo plástico y se considera que no tiene las condiciones óptimas para ser cultivados, por lo tanto, presenta degradación, se tiene en cuenta además que tiene estabilidad de agregados baja, por otra parte, la humedad de capacidad de campo está en un nivel alto, esto se pudo dar además porque en los días de trabajo de campo se presentaron lluvias. La conductividad hidráulica no es adecuada, debido a que los horizontes como TBA, B, C1 Y C2 presentan un nivel muy bajo.

**Tabla 28** Resultados Físicos perfil RZ-Coopar-1

Profundidad (cm)	Índice separabilidad partículas	E.P.T. (% Vol.)	Macroporos	Límite inferior plasticidad	Límite superior plasticidad	Índice de Plasticidad %
0 – 30	0,37	50,93	8,15	19,00	29,00	10,00
30 – (45-48)	0,44	39,73	9,17	15,52	28,00	12,48
(45-48)- (80-118)	0,19	37,69	3,06	NP	NL	NPNL
(80-118)- (151-152)	0,74	41,76	4,07	17,61	33,00	15,39
151-200+	0,53	44,82	4,07	21,88	39,00	17,12

El horizonte B presenta una textura franco arenosa, la prueba de plasticidad arroja que es No plástico.

**Tabla 29** Resultados Humedad p/p perfil RZ-Coopar-1

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Da (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Humedad % p/p Saturación 0 kPa</b>	<b>Humedad % p/p Capacidad Campo</b>	<b>Humedad %p/p PMP</b>	<b>K (cm/h)</b>
0 - 30	1,24	39,76	34,47	18,73	1,91
30 – (45-48)	1,52	26,18	20,15	10,95	0,00
(45-48)- (80-118)	1,54	24,14	22,52	12,24	0,00
(80-118)- (151-152)	1,56	28,06	24,15	13,13	0,00
151-200+	1,51	30,17	27,01	14,68	0,03

Dentro del ensayo de conductividad hidráulica solo los horizontes A y C2 representaron actividad en filtración de agua dentro del tiempo establecido de 1 a 3 horas.

**Tabla 30** Resultados Humedad v/v perfil RZ-Coopar-1

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Humedad % v/v Saturación 0 kPa</b>	<b>Humedad % v/v Capacidad Campo</b>	<b>Humedad %v/v PMP</b>	<b>Humedad % v/v Agua Aprovechable</b>	<b>Humedad % v/v Agua gravitacional</b>
0 - 30	49,34	42,78	23,25	19,53	6,56
30 – (45-48)	39,69	30,56	16,61	13,95	9,13
(45-48)- (80-118)	37,11	34,63	18,82	15,81	2,48
(80-118)- (151-152)	43,79	37,69	20,48	17,21	6,10

151-200+      45,51      40,74      22,14      18,60      4,77

La humedad a capacidad de campo se encuentra en un rango ideal dentro de los parámetros establecidos de evaluación de calidad.

**Tabla 31** Estabilidad de Agregados perfil RZ-Coopar-1

Calicata	Agregados				
	2,36 mm	1,18 mm	0,600 mm	0,300 mm	< 0,300 mm
I	3,34	6,81	13,25	20,76	55,49

Las condiciones en estabilidad de agregados son muy bajas, dado que los valores encontrados son menores a los ideales en los rangos de referencia.

#### 10.3.1.5 Resultados Biológicos Perfil RZ-Coopar-1

El análisis biológico realizado en este trabajo fue respiración edáfica, se encontró que presenta una actividad en el suelo mediana, lo que indica que el suelo se está aproximando o alejando de un estado ideal de actividad biológica.

**Tabla 32** Resultados Respiración Edáfica

Calicata	Repetición	Respiración edáfica (mg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> h)	Promedio
	1	17,11	
1	2	51,34	29,64
	3	20,46	

El suelo se está aproximando, o alejando, de un estado ideal de actividad biológica

Fuente (Alberto Lutens, 2000).

### 10.3.1.6. Resultados y discusión de análisis de la calidad del Perfil RZ-Coopar-1

Para la determinación de la calidad del suelo estudiado, se tuvo en cuenta los parámetros físicos y químicos analizados en laboratorio, posteriormente se evaluó el estado comparando con los valores de referencia descritos anteriormente en la metodología, para finalmente obtener el puntaje de ponderación, evaluando de 1 a 5, donde 5 es el punto crítico o condición mala y 1 es la condición ideal.

Este suelo presenta condiciones químicas bajas, carbono orgánico bajo, un pH moderadamente ácido, concordando con lo reportado por (Gonzalez-Pedraza, 2011) quienes encontraron que el monocultivo de la palma de aceite impactaba al suelo, provocando un menor contenido de carbono orgánico, además se encontró un bajo nivel de Fosforo disponible (5,25 ppm) este parámetro es de suma importancia ya que el P se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es requerido por las plantas en cantidades relativamente grandes. (Munera-Meza, 2014). Dentro de los parámetros físicos la estabilidad de agregados está en condición baja seguido de la macroporosidad y separabilidad de partículas bajo, lo anterior nos indica que cuenta con un nivel de degradación y calidad medio, con un ponderado de 39, cercano al nivel bajo.

**Tabla 33** Resultados Calidad del perfil RZ-Coopar-1

<b>Propiedad</b>	<b>Calicata 1 ponderación</b>
Textura	2
pH	3
Conductividad eléctrica	1
Materia orgánica	2

Fósforo	5
Capacidad de intercambio catiónico	1
Índice de separabilidad de partículas	4
Espacio poroso total	1
Índice de plasticidad	3
Densidad aparente	1
Humedad	1
Estabilidad de agregados	5
Macroporos	4
Ksat	2
Clase de drenaje	2
Profundidad de enraizamiento	2
TOTAL	39
Calidad	Media

### ***10.3.1.7 Resultados análisis de fertilidad del Perfil RZ-Coopar-1***

Para el análisis de fertilidad se tuvo en cuenta los parámetros descritos a continuación en la tabla; calculando el resultado de ponderación siguiendo la “*Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso*” contenido en el manual del IGAC 2014, evaluado de 1 a 5, donde 1 indica condición mala, y 5 condición buena.

El suelo presenta en un nivel óptimo la capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica, presenta deficiencia en fósforo ya que el nivel es muy bajo, el carbono orgánico está en

un nivel moderado, para este análisis el resultado de fertilidad es bajo, lo que nos indica que el suelo presenta déficit químico.

**Tabla 34** Resultado Fertilidad perfil RZ-Coopar-1

Parámetro Químico	Calicata 1	
	Horizonte A	Horizonte TBA
pH	3	4
Capacidad de intercambio catiónico	5	5
Carbono orgánico	3	3
Fósforo	1	1
Conductividad eléctrica	5	5
Total	17	18
Resultado	4,93	
Fertilidad química	Baja	

---

Suelo con condiciones químicas bajas, con un resultado muy bajo en P (5,25ppm), Carbono orgánico medio (1,59%), Obteniéndose un resultado Bajo en fertilidad.

### 10.3.1.8 Resultados clasificación por capacidad de uso del Perfil RZ-Coopar-1

En el proceso de clasificación de las tierras por su capacidad de uso se utilizó la información técnica del levantamiento de suelos realizado para este estudio, lo que implicó analizar las características del medio natural con énfasis en el clima ambiental, la vegetación, la litología y el recurso hídrico.

El suelo estudiado según su clasificación es clase III, con limitación de humedad, por lo tanto, la subclase es h. Este tipo de suelos se caracteriza por la capacidad de infiltración lenta por lo que es necesario tener drenajes artificiales que permitan el flujo del agua sobrante. Se aconseja el

uso para este tipo de suelo que sea para cultivos cortos e intensivos, en este caso este tipo de uso no se cumple ya que la actividad es con cultivo permanente, lo que significa una condición de subutilización.

**Tabla 35** Clasificación Por Capacidad de Uso Perfil RZ-Coopar-1

Características y límites de variación de las tierras de Clase 3			Calicata 1	
Características	Parámetro(s)	Límites de variación	Resultado	Cumple
Pendiente	%	0-12	0-1%	x
Erosión	Grado	No hay, ligera	Muy leve	x
Drenaje natural	Estado	Bien drenado; moderado, imperfecto	Moderado	x
Inundaciones	Frecuencia y duración	No se presentan, raras, ocasionales; extremadamente cortas, muy cortas o cortas	Raras	x
Encharcamientos	Frecuencia y duración	No se presentan; raros, ocasionales; extremadamente cortos, muy cortos o cortos	No hay	x
Profundidad efectiva	cm	>50	100-150 cm	x
Textura	Familia	Francosa fina; limosa fina; francosa gruesa; limosa gruesa; fina; textura contrastadas	Francosa fina	x
	Grupo textural	Moderadamente finas, Medias, Moderadamente gruesas, finos	Moderadamente finos	x



Pedregosidad superficial	% de área afectada	<3	No hay	x
Afloramiento rocoso	% de área afectada	<10	No hay	x
Fertilidad	Calificación	Muy alta; alta; media; baja	Baja	x
Piso térmico	Clase	Cálido; templado; frío	Cálido	x
Condición de humedad	Ambiente	Húmedo a seco	Húmedo	x
Temperatura/heladas	°C y frecuencia de heladas	>12°C con mediana frecuencia de heladas 3 a 10 al año	27.3°C	x

Los resultados obtenidos dentro del análisis de campo y laboratorio arrojan que es un suelo clase 3, subclase h, debido a problemas de humedad en el suelo.

### 10.3.2 Resultados Perfil RZ-Coopar-2

A continuación, se presenta la ficha de caracterización que contiene información del perfil RZ-Coopar-2 sobre localización, clasificación taxonómica, material parental, textura, profundidad efectiva, nivel freático, drenaje, humedad y clasificación agrologica, las cuales fueron descritas en campo.



Ilustración 30 *Panorámica perfil RZ-Coopar-2*

**10.3.2.1 Perfil Modal RZ- Cooper-2 Vereda Astilleros, Municipio el Zulia, Norte de Santander.**

**Tabla 36 Perfil Modal RZ-Cooper-2**

<b>Perfil Modal RZ- Cooper-2</b>	
<b>Localización:</b>	Municipio El Zulia, Departamento Norte de Santander Colombia
<b>Clasificación SoilTaxonomy 2010:</b>	Fluventic Dystaquepts, fina,
<b>Horizonte de Diagnostico:</b>	Epipedón ócrico.
<b>Otros Criterios Diagnostico:</b>	
<b>Unidad Cartográfica:</b>	
<hr/>	
<b>UBICACIÓN:</b>	Vereda Astilleros.
<b>Coordenadas Geográficas:</b>	Latitud: 8°11'34.09"N Longitud: 72°32'45.47"O
<b>Altitud:</b>	153 msnm.
<hr/>	
<b>AUTOR(S) – FECHA:</b>	<b>Brenda León – José Martínez – Tutor: Efraín Visconti 06/11/2019</b>
<hr/>	
<b>Geomorfología</b>	<b>Tipo de Paisaje:</b> Valle <b>Tipo de relieve:</b> Planicie aluvial
	<b>Forma de Terreno:</b> Plano.
	<b>Pendiente:</b> 0 - 1%, Plano o a nivel.
	<b>Microrelieve Clase:</b> Ninguno.
<b>Características Superficiales</b>	Afloramientos rocosos: No.      Pedregosidad: No. Grietas: no hay.      sellado: ninguno.      sales:      Álcali: no.
<b>Procesos en la Pendiente:</b>	<b>Erosión:</b> Erosión hídrica leve <b>Tipo:</b> Reticular
	<b>Grado:</b> Muy leve
<hr/>	

---

<b>MATERIAL PARENTAL:</b>	Lutitas arcillosas, Carbón mineral
<b>Grado de Meteorización:</b>	Avanzado estado de alteración
<b>Textura:</b>	Horizonte A, TBA y B Arcilloso Horizonte C1 Franco arcillo-arenoso Horizonte C2 Franco arenoso
<b>Observaciones:</b>	in situ

---

<b>Profundidad efectiva del suelo:</b>	Moderadamente profundo (50-100 cm).
<b>Nivel Freático:</b>	No se observó, >2m.
<b>Drenaje:</b>	Moderado.
<b>Inundaciones:</b>	Raras
<b>Encharcamientos:</b>	Ocasionales.
<b>Infiltración:</b>	
<b>Condición de Humedad del Perfil:</b>	Húmedo en todos los horizontes.

---

<b>USO DE LA TIERRA</b>	Cultivo de palma de aceite
<b>Vegetación natural</b>	Bosque húmedo tropical
<b>Formación Ecológica (Holdridge):</b>	Bosque húmedo tropical.

---

<b>CLIMA AMBIENTAL</b>	Cálido húmedo Precipitación media anual: 1312 mm; Temp. media anual: 27,3°C
------------------------	--

<b>CLIMA EDAFICO</b>	
<b>Régimen de Humedad:</b>	Udico
<b>Régimen de Temperatura:</b>	Isohipertérmico.

---

---

<b>CLASIFICACION</b>	IIIh
<b>AGROLOGICA</b>	
<b>Pendiente:</b>	Plano
<b>Erosión:</b>	baja
<b>Humedad:</b>	agua de saturación
<b>Suelo:</b>	Fertilidad media
<b>Clima:</b>	Cálido
<b>Macroorganismos:</b>	Muchos
<b>Limitantes del Uso:</b>	Drenaje interno.

---

### *10.3.2.2 Descripción del Perfil RZ Coopar-2*

**Tabla 37** *Descripción del Perfil RZ Coopar-2*

---

A	Color en húmedo gris claro (10YR7/2); textura Arcillosa; con restos de vegetación, fibrillosos compuestos por fibra y hierba; estructura subangular, media y gruesa, fuerte; consistencia en mojado ligeramente pegajosa y plástica, firme; muchos poros, finos, medianos y gruesos, de forma tubulares e irregulares de manera continua, localizados
0 – 24 cm	Imped y Exped; muchas raíces gruesas, vivas con distribución normal; en todo el horizonte; mucha actividad de macroorganismos; pH 5.34 moderadamente ácido.
TBA	Color en húmedo marrón pálido (2.5YR7/3); textura arcillosa; con pocos fragmentos de roca tipo piedra, con forma irregular sin alteración, estructura en bloques subangulares, media, gruesa y fuerte, granular, fina y fuerte; consistencia muy firme, en mojado pegajosa y plástica; muchos poros finos, medianos y gruesos, de
24-43 cm	

---



B  
(43) - (117-128)  
cm

forma tubulares e irregulares, continuos, localizados imped y exped. muchas raíces medias y gruesas, vivas, de distribución normal, localizadas en todo el horizonte; mucha actividad de macroorganismos; pH 5.58 moderadamente ácido.

Color en húmedo gris claro (2.5Y7/2); moteados 40% color rojizo; textura Arcillosa; estructura en bloques subangulares, media y gruesa, fuerte; consistencia en mojado muy firme, pegajosa y plástica; Recubrimiento De FeO<sub>2</sub>, pocos, tenue en todo el horizonte; Frecuentes poros finos y medianos, vesciculares, discontinuos; localizados imped y exped, muchas raíces, medias, vivas y muertas, de distribución normal, localizadas en todo el horizonte, no hay actividad de macroorganismos; pH 6.28 ligeramente ácido.

C1  
(117-128) - 163  
cm

Color en húmedo marrón amarillento claro (2,5Y6/4); moteado 20% color rojizo; textura Franco arcillo arenoso; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y plástica; estructura migajones medios y gruesos, pris/b. subangulares, débil; Recubrimiento de FeO<sub>2</sub>, poco, tenue, en todo el horizonte; pocos poros, finos, vesciculares y discontinuos, Imped, frecuentes raíces, finas y medias, vivas y muertas, de distribución normal, en el horizonte; no hay actividad de macroorganismos; pH 6.1 ligeramente ácido.

C2  
163 - (+200) cm

Color en húmedo amarillo (2.5Y7/6), moteados 10% color rojizo; textura franco arenoso, consistencia en

húmedo suelta, en mojado no pegajosa y ligeramente plástica, sin estructura, masiva; débil; Recubrimiento de FeO<sub>2</sub>, poco, tenue, en todo el horizonte; poca porosidad, fina de formas vesciculares, discontinuos, localizados Imped, pocas raíces de tamaño finas y medias, vivas y muertas de distribución normal, localizadas en todo el horizonte, no hay actividad de macroorganismos, pH 6.67 neutro.

### 10.3.2.3. Resultados químicos Perfil RZ-Coopar-2

Para las condiciones químicas del perfil RZ-Coopar-2 se encontró que su textura es principalmente fina, con pH moderadamente ácido y en los horizontes inferiores ligeramente ácido, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico óptima, nivel de materia orgánica muy alta, y el porcentaje de fósforo presente es alto, químicamente el suelo presenta buena condición, esto también se debe a que el suelo está constituido principalmente por arcilla, lo que facilita la retención química.

**Tabla 38** Resultados químicos perfil RZ-Coopar-2

Profundidad (cm)	Horizontes	Distribución de tamaño de partículas minerales			Clase Textural
		Arena % 2-0,05 mm	Limo % 0,05-0,002 mm	Arcilla % <0,002 mm	
0 – 24 cm	A	30,91	20,40	48,69	A
24-43 cm	TBA	10,83	34,48	54,69	A
(43) -(117-128) cm	B	15,31	29,84	54,85	A
(117-128) -163 Cm	C1	59,55	20,00	20,45	FAa

163 - (+200) cm	C2	64,75	20,56	14,69	Fa
--------------------	----	-------	-------	-------	----

Profundidad (cm)	pH del suelo En agua 1:1	CE ( $\mu\text{s/cm}$ )	CO%	MO%	P (ppm)	CIC (meq/100g)
0 – 24 cm	5,34	120,15	2,82	4,86	35,42	29,20
24-43 cm	5,58	116,00	2,19	3,77	25,46	24,40
(43) -(117- 128) cm	6,28	81,70	1,56	2,69	4,85	25,60
(117-128) - 163 cm	6,10	47,70	0,99	1,69	28,01	19,60
163 - (+200) cm	6,67	30,85	1,03	1,78	15,08	26,40

Suelo moderadamente y ligeramente ácido, constituido por Arcilla en mayor parte, en el horizonte inferior se encuentra arena. Baja condición de P (4,85ppm) en el horizonte B. se consideran las condiciones medias (35,42ppm) en el horizonte superficial.

#### **10.3.2.4. Resultados físicos Perfil RZ-Coopar-2**

Las condiciones físicas del perfil RZ-Coopar-2 arrojaron que el espacio poroso total en la severidad de degradación es muy alto, el índice de separabilidad de partículas se encuentra en un nivel moderado, la macroporosidad es baja y por este motivo se pueden presentar encostramientos en el horizonte superficial, el suelo presenta un índice de plasticidad alto lo que indica que presenta problemas al usar maquinaria pesada ya que produce compactación, en este caso para el suelo en estudio se observó que se utilizan tractores quienes conducen la fruta a la empresa para ser procesados. En el horizonte superficial se determinó que la conductividad hidráulica es muy baja esto se puede dar por la textura del suelo y el nivel de compactación del mismo, la estabilidad de agregados presenta un nivel muy bajo, para este suelo se determinó degradación física ya que no cuenta con las condiciones óptimas para conservar su estructura.

**Tabla 39** Resultados Físicos perfil RZ-Coopar-2

Profundidad (cm)	Índice separabilidad partículas	E.P.T. (% Vol.)	Macroporos	Límite inferior plasticidad	Límite superior plasticidad	Índice de Plasticidad %
0 – 24 cm	0,95	43,80	8,15	28,72	59,00	30,28
24-43 cm	1,21	72,32	8,15	23,74	53,00	29,26
(43) -(117-128) cm	1,21	51,95	7,13	23,35	51,00	27,65
(117-128) -163 cm	0,26	47,87	5,09	19,88	26,00	6,12
163 - (+200) cm	0,17	57,04	4,07	NP	NL	NPNL

El horizonte C2 presenta una textura arenosa, razón por la cual no cuenta con plasticidad al momento de realizar la prueba.

**Tabla 40** Resultados Humedad p/p perfil RZ-Coopar-2

Profundidad (cm)	Da (mg/m <sup>3</sup> )	Humedad % p/p Saturación 0 kPa	Humedad % p/p Capacidad Campo	Humedad %p/p PMP	K (cm/h)
0 – 24 cm	1,31	31,10	27,31	14,84	0
24-43 cm	1,09	64,83	58,79	31,95	1,28
(43) -(117-128) cm	1,31	43,94	32,69	17,77	2,08
(117-128) -163 cm	1,39	33,28	25,04	13,61	0
163 - (+200) cm	1,33	43,72	31,49	17,11	0

En el ensayo de conductividad hidráulica los horizontes TBA y B presentaron actividad en filtración de agua dentro del tiempo establecido de 1 a 3 horas.



**Tabla 41** Resultados Humedad v/v perfil RZ-Coopar-2

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Humedad % v/v Saturación 0 kPa</b>	<b>Humedad % v/v Capacidad Campo</b>	<b>Humedad %v/v PMP</b>	<b>Humedad % v/v Agua Aprovechable</b>	<b>Humedad % v/v Agua gravitacional</b>
0 – 24 cm	40,60	35,65	19,38	16,27	4,95
24-43 cm	70,77	64,17	34,88	29,29	6,60
(43) -(117-128) cm	57,39	42,70	23,21	19,49	14,69
(117-128) -163 cm	46,13	34,71	18,86	15,85	11,42
163 - (+200) cm	58,33	42,02	22,84	19,18	16,31

La humedad a capacidad de campo se encuentra en un rango ideal dentro de los parámetros establecidos de evaluación de calidad

**Tabla 42** Estabilidad de Agregados perfil RZ-Coopar-2

<b>Calicata</b>	<b>Agregados</b>				
	2,36 mm	1,18 mm	0,600 mm	0,300 mm	< 0,300 mm
II	10,77	14,62	23,12	10,29	40,93

Las condiciones en estabilidad de agregados son bajas, dado que los valores encontrados son menores a los ideales en los rangos de referencia.

### 10.3.2.5. Resultados biológicos perfil RZ-Coopar-2

El análisis biológico realizado en este trabajo fue respiración edáfica, se encontró que presenta una actividad en el suelo mediana, lo que indica que el suelo se está aproximando o alejando de un estado ideal de actividad biológica.

**Tabla 43** Resultados Respiración Edáfica perfil RZ-Coopar-2

Calicata	Repetición	Respiración edáfica (mg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> h)	Promedio
	1	27,16	
2	2	30,88	29,02
	3	29,02	

El suelo se está aproximando, o alejando, de un estado ideal de actividad biológica

Fuente: (Alberto Lutens, 2000)

### 10.3.2.6 Resultados y discusión de análisis de la calidad del perfil RZ-Coopar-2

Para la determinación de la calidad del suelo estudiado, se tuvo en cuenta los parámetros físicos y químicos analizados en el laboratorio, posteriormente se evaluó el estado comparando con los valores de referencia descritos anteriormente en la metodología, para finalmente obtener el puntaje de ponderación, evaluando de 1 a 5, donde 5 es el punto crítico o condición mala y 1 es la condición ideal.

Este suelo presenta problemas de degradación física, con valores críticos en conductividad hidráulica, densidad aparente, índice de plasticidad espacio poroso total y clase de drenaje, Se resalta que el suelo estudiado está presentando problemas moderados de drenaje y según (INIA, 2001) esto ha sido un aspecto al que históricamente no se le ha dado el manejo adecuado, por lo que estas condiciones y sumado a los parámetros nombrados anteriormente que presentan déficit afectan directamente la estructura del suelo generando problemas de estabilidad.

Dentro de las condiciones químicas se presenta un nivel de materia orgánica bueno y conductividad eléctrica óptima, esto se puede explicar según (Spinola A. P.-A., 2017) debido a que los suelos arcillosos tienen la capacidad de adsorber más iones que los suelos arenosos, por

otra parte, el suelo en estudio presenta un pH moderadamente ácido, lo que concuerda con estudios que afirman que al pasar los años el cultivo de palma de aceite acidifica el suelo, los resultados del pH de este estudio se asemejan a los arrojados por la investigación de (Munevar N. A.-F., 2004) donde obtuvo valores de pH inferiores a 4,5 (extremadamente ácidos) esta diferencia puede generarse debido a que este estudio se realizó en Puerto Wilches en una zona palmera más antigua. Por último, el nivel de fósforo es medio, dando como resultado que el suelo cuenta con un nivel de degradación y calidad medio, con un ponderado de 51.

**Tabla 44** *Resultados Calidad del perfil RZ-Coopar-2*

<b>Propiedad</b>	<b>Calicata 2 ponderación</b>
Textura	4
pH	3
Conductividad eléctrica	1
Materia orgánica	1
Fósforo	3
Capacidad de intercambio catiónico	1
Índice de separabilidad de partículas	2
Espacio poroso total	5
Índice de plasticidad	5
Densidad aparente	5
Humedad	1
Estabilidad de agregados	4
Macroporos	4
Ksat	5
Clase de drenaje	5
Profundidad de enraizamiento	2
<b>TOTAL</b>	<b>51</b>

Calidad

Media

---

El suelo presenta deficiencias en cuando a las condiciones físicas como problemas de drenaje, conductividad hidráulica, espacio poroso e índice de plasticidad, las condiciones químicas en el análisis arrojaron un estado medio

### 10.3.2.7 Resultados análisis de fertilidad del perfil RZ-Coopar-2

Para el análisis de fertilidad se tuvo en cuenta los parámetros descritos a continuación en la tabla; calculando el resultado de ponderación siguiendo la “*Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso*” contenido en el manual del IGAC 2014, evaluado de 1 a 5, donde 1 indica condición mala, y 5 condición buena.

El suelo presenta en un nivel óptimo la capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica, presenta fósforo y carbono orgánico en un nivel medio, para este análisis el resultado de fertilidad es medio, lo que nos indica que el suelo es fértil.

**Tabla 45 Resultado Fertilidad del perfil RZ-Coopar-2**

Parámetro Químico	Calicata 2	
	Horizonte A	Horizonte TBA
pH	3	4
Capacidad de intercambio catiónico	5	5
Carbono orgánico	4	4
Fósforo	4	3
Conductividad eléctrica	5	5
Total	21	21
Resultado	5,99	
Fertilidad química	Media	

---

---

Las condiciones químicas para esta calicata, se encuentra en medio debido a que se encuentra en un estado aceptable de Fósforo, donde el horizonte A cuenta con (35,42ppm) y el horizonte TBA con (25,46ppm)

### 10.3.2.8 Resultados clasificación por capacidad de uso del perfil RZ-Coopar-2

En el proceso de clasificación de las tierras por su capacidad de uso se utilizó la información técnica del levantamiento de suelos realizado para este estudio, lo que implicó analizar las características del medio natural con énfasis en el clima ambiental, la vegetación, la litología y el recurso hídrico.

El suelo estudiado según su clasificación es clase III, con limitación de humedad, por lo tanto, la subclase es h. Este tipo de suelos se caracteriza por la capacidad de infiltración lenta por lo que es necesario tener drenajes artificiales que permitan el flujo del agua sobrante. Se aconseja el uso para este tipo de suelo que sea para cultivos cortos e intensivos, en este caso este tipo de uso no se cumple ya que la actividad es con cultivo permanente, lo que significa una condición de subutilización.

**Tabla 46** Clasificación por Capacidad de Uso del perfil RZ-Coopar-2

Características y límites de variación de las tierras de Clase 3			Calicata 2	Cumple
Características	Parámetro(s)	Límites de variación	Resultado	
Pendiente	%	0-12	0-1%	x
Erosión	Grado	No hay, ligera	Muy leve	x
Drenaje natural	Estado	Bien drenado; moderado, imperfecto	Moderado	x
Inundaciones	Frecuencia y duración		Raras	x

---

		No se presentan, raras, ocasionales; extremadamente cortas, muy cortas o cortas		
Encharcamientos	Frecuencia y duración	No se presentan; raros, ocasionales; extremadamente cortos, muy cortos o cortos	Ocasionales	
Profundidad efectiva	Cm	>50	50-100 cm	x
Textura	Familia	Francosa fina; limosa fina; francosa gruesa; limosa gruesa; fina; textura contrastadas	Fina	x
	Grupo textural	Moderadamente finas, Medias, Moderadamente gruesas, finos	Finos	x
Pedregosidad superficial	% de área afectada	<3	No hay	x
Afloramiento rocoso	% de área afectada	<10	No hay	x
Fertilidad	Calificación	Muy alta; alta; media; baja	Media	x
Piso térmico	Clase	Cálido; templado; frío	Cálido	x
Condición de humedad	Ambiente	Húmedo a seco	Húmedo	x
Temperatura/heladas	°C y frecuencia de heladas	>12°C con mediana frecuencia de heladas 3 a 10 al año	27.3°C	x

Los resultados obtenidos dentro del análisis de campo y laboratorio arrojan que es un suelo clase 3, subclase h, debido a problemas por limitación de humedad en el suelo.

## 11. Conclusiones

- Se identificó un área total de 439 ha. destinadas al cultivo de palma de aceite constituida por varios predios de diferentes propietarios que en conjunto conforman una cooperativa con un historial mayor a 20 años de uso del suelo para esta actividad económica, destacándose como la mayor área destinada a la producción de palma de aceite en el municipio El Zulia.
- El levantamiento de suelos permitió determinar que en el área estudiada se presentan dos tipos de suelos pertenecientes al orden Inceptisol, con importante variabilidad en propiedades como: textura, drenaje, pH y la profundidad del horizonte A. Condición de variabilidad espacial que solo es detectable a través de la realización de este tipo de estudios y que permite aportar la información requerida para la generación de recomendaciones para el uso apropiado del suelo.
- Teniendo en cuenta las condiciones físicas, químicas y biológicas analizadas en el suelo identificado como RZ-Coopar-1, se concluye que el mismo presenta condiciones de calidad de nivel medio y clasificación agrológica III-h, donde resaltan las limitaciones de carácter químico y de drenaje interno. Significando que es un suelo con potencialidad para uso agrícola pero que requiere algunas prácticas de manejo para mejorar las condiciones de calidad del suelo y reducir los impactos negativos generados por el cultivo de palma de aceite.
- Teniendo en cuenta las condiciones físicas, químicas y biológicas analizadas en el suelo RZ-Coopar-2, se concluye que este presenta condiciones de calidad de nivel medio; pero superior a las encontradas en el suelo RZ-Coopar-1 Ya que las condiciones químicas

son más favorables y las limitantes son de carácter físico, representadas por mal drenaje. Siendo necesario para este suelo, la restricción del uso de maquinaria pesada y la implementación de obras de drenaje.

## **12. Recomendaciones**

- Se recomienda incentivar la fertilización orgánica del suelo de manera sostenible, buscando alternativas que mejoren las condiciones químicas como fósforo y donde se incremente el contenido de Carbono orgánico.
- Se recomienda la construcción de drenajes artificiales como (canales, zanjas) en las zonas pobremente drenadas en el área estudiada, con el fin de evacuar aguas sobrantes y así evitar la erosión reticular (suros), ya que esto evitaría la degradación de las condiciones físicas del suelo.
- Para estos suelos de clase III se recomiendan usos de cultivos de ciclo cortos e intensivos para lo cual se destinaria este tipo de suelos a cultivos diferentes como frijol o girasol, lo cual permite una dinámica productiva mejor en el suelo.
- Se recomienda adaptar opciones de manejo adecuadas que mejoren la calidad del suelo y permitan reducir los impactos negativos generados por esta actividad agrícola permanente, con uso excesivo de transito de maquinaria pesada.



### 13. Bibliografía

- A, W. K. (1966). *Oil, Fats and Fatty Foods: their practical examination, 4 ed.* Londres .
- Alberto Luters, J. c. (2000). *Guia para la evaluación de la calidad y salud del suelo* . Argentina :  
Area de cartografía de suelos y evaluación de tierras .
- Alexander, Y. (2014). *Retos y oportunidades de la educación ambiental en el siglo XXI.* bogota :  
fondo Editorial Universidad Pedagógica.
- ANIAME. (2004). La importancia de la palma de aceite en el mundo . *Economía* , 1-2.
- Aristizabal, A. Á. (2009). *Efectos del monocultivo de la palma de aceite en los.* bolivar,  
colombia.
- Aristizabal, A. A. (2009). *Efectos del monocultivo de palma de aceite en los medios de vida de  
comunidades campesinas, el caso de Simití Sur de Bolívar* . Bogota .
- Arnal, B. y. (1896). Análisis de suelo y su interpretación. Publicaciones de divulgación agrícola.
- Bustos, J. C. ( 2016). Transformaciones ambientales generadas por la expansión del cultivo de  
palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en el departamento del Meta.
- Carrasco, M. T. (1998). La Educación Ambiental: una estrategia flexible, un proceso y unos  
propósitos en permanente construcción. La experiencia de Colombia . *Revista  
Iberoamericana de Educación*, 23-33.
- Cenipalma. (2013). *Guia sobre el aceite de palma y sus aplicaciones* .
- Contreras, Y. A. (2014 ). Retos y oportunidades de la educación ambiental en el siglo XXI.  
*Fondo Editorial Universidad Pedagógica nacional* , 20-34 .

- Copalcol. (2008). *Cooperativa de palmicultores de Colombia* .
- De Petre, P. F. (2012 ). *Diccionario de términos edafológicos y otras voces asociadas* . AACCS - UNER.
- Edafofinca. (n.d.). *Laboratorio de suelos, aguas y abonos foliares*. Cagua Edo Aragua .
- Falcon, R. L. (2002). *Degradación del suelo, causas, procesos, evaluación e investigación* . Suelos y clima CS-75.
- FAO. (2006). *Propiedades físicas del suelo*.
- FAO. (2020). *Propiedades físicas del suelo*. *portal de suelos de la FAO*.
- FAO. (n.d.). *Propiedades físicas del suelo* . 2006.
- FAO. (n.d.). *Propiedades químicas del suelo* .
- Fedepalma. (2015). *La palma de aceite en el Departamento de Norte de Santander* .
- Fedepalma. (2015). *La palma de aceite en el departamento Norte de Santander* .
- Fedepalma. (2018). *Anuario estadístico* .
- Fedepalma. (2018). *La palma de aceite en Colombia* .
- Fedepalma, M. d. (2002). *Guía ambiental para el subsector de la Agroindustria de la Palma de Aceite*. Bogotá .
- Florentino. (1998). *Guía para la evaluación de la degradación del suelo y de la sostenibilidad del uso de la tierra. Selección de indicadores físicos. Valores críticos*. Maracay-Venezuela.

Gonzalez-Pedraza, A. (2011). efecto del cultivo de palma y pastizales sobre algunas propiedades de los suelos. In F. Agron.. (LUZ).

Gonzalez-Pedraza, A. (2011). efecto del cultivo de palma y pastizales sobre algunas propiedades de los suelos. *Fac. Agron. (LUZ)*, 478-491.

Gonzalez-Pedraza, A. (2011). efecto del cultivo de palma y pastizales sobre algunas propiedades de los suelos. 478-491.

Granados, C. M. (2010). *Evolución del sector palmicultor* . Bucaramanga .

I, P. (1977). *Metodología para la caracterización física con fines de diagnostico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales* . Maracay, Venezuela.

IGAC. (2006). *Manual de analisis de suelos* .

IGAC. (2014). *Metodología levantamiento de suelos* .

IGAC. (2017). *Etapa de campo para levantamiento de suelos* . Bogotá.

IGAC. (2017). *Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso* . Bogotá.

INIA. (2001). Drenaje en suelos agrícolas.

INIA. (2001). *Drenaje en suelos agrícolas* .

INVIAS. (2007). *Límite plástico e índice de plasticidad de suelos* . Colombia .

Isai.U, V. e. (2013). Impacto del cultivo de palma de aceite (*elaeis guineensis jacq*) sobre las propiedades físicas y químicas del suelo en la localidad de la alianza, Mapastepec, Chiapas. *Revista Forestal Baracoa vol. 32. Artículo científico, pp. 85-91.*

- Juan Pablo Soler, D. L. (2009). *Impactos ambientales de la expansión de palma aceitera en el Magdalena Medio, hablan los pobladores* . Las pavas, municipio Peñon, departamento Bolivar, Colombia .
- León, J. P.-D. (2009). *Impactos ambientales de la expansión de Palma Aceitera en el Magdalena Medio, hablan los pobladores*.
- MAVDT, F. (2011). *Guia ambiental de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia* . Bogotá D.C.
- Ministerio de medio ambiente . (2002). *Politica nacional de educacion ambiental SINA* . Bogotá : Fotolito America Ltda .
- Ministero de Medio Ambiente . (2002). *Politica nacional de educacion ambiental* . bogota : Fotolito America Ltda .
- Montenegro, G. y. (1990). *Propiedades físicas de los suelos* . Bogota, Colombia.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Munera-Meza. (2014). *El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal* .
- Munévar, F. (1998). *Problematica de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia. Palmas* .
- Múnevar, F. (1998). *Problematica de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia . Palmas volumen 19*.
- Munevar, N. A.-F. (2004). *Caracterizacion de la fertilidad de los suelos de la zona central palmera de Colombia. PALMAS Vol 25, Tomo II*.

- Munevar, N. A.-F. (2004). *Caracterización de la fertilidad de los suelos de la zona central palmera de Colombia* . PALMAS VOL 25, TOMO II.
- palmicultor, E. (2002). La palma de aceite: un producto con historia .
- Paramanathan. (2004). Las mejores prácticas para el cultivo de la palma de aceite: selección y manejo del terreno. *PALMAS vol 25 N3* , 45-50.
- Parkin, T. J.-V. (1996). Field and laboratory tests of soil respiration. In J. D. (eds.), *Methods for assessing soil quality*. (pp. 231-246). Madison: Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. 49.
- Pla, I. S. (1977). Metodología para la caracterización física con multas de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Alcance*.
- Quesada, I. G. (n.d.). CULTIVO E INDUSTRIA DE LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*). *Ministerio de Agricultura y Ganadería INTA* , 42 .
- Reyes, D. R. (2017). Monografía de estudio sobre los impactos ambientales que generan el cultivo y producción de palma de aceite africana (*Elaeis Guineensis jacq.*) en el departamento del Meta.
- RSPO. (2011). *Roundtable on Sustainable Palm Oil*.
- Sabogal, C. R. (2013). Análisis espacial de la correlación entre cultivo de palma de aceite y desplazamiento forzado en Colombia.
- Sanzano, Agustín. (n.d.). El fósforo del suelo. In C. d. UNT, *Química del suelo* .
- SISPA. (2018). Infografía Colombia .

Spinola, A. P.-A. (2017). Capacidad de intercambio cationico: descripcion del metodo de la tiourea de plata (AgTUn). *Mex. Cienc. Agric. Vol 8*.

Spinola, A. P.-A. (2017). *Capacidad de intercambio cationico: descripción del método de tiourea de plata (AgTUn*. Mexico: cienicas agriculas .

Stiftung, K. A. (2008 ). *Expansion de la palma* .

UNEP. (2011). *United Nations Environment Programme*.

USDA. (1999). *Guia para la evaluación de la calidad y salud del suelo* .

vías, I. n. (n.d.). *Límite plástico e Índice de plasticidad de suelos* . Colombia .

Volk, T. (1994). *The soil's breath*. Natural history.