



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE LA FINCA
PALMICULTORA LAS PALMERAS, CANTÓN LA CONCORDIA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: KARLA ESTEFANÍA MARTÍNEZ CARRERA

TUTOR: ING. ANDRÉS AGUSTÍN BELTRÁN DÁVALOS

Riobamba – Ecuador

2018

©2018, Karla Estefanía Martínez Carrera

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Titulación certifica que: el trabajo de titulación “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE LA FINCA PALMICULTORA LAS PALMERAS, CANTÓN LA CONCORDIA”, de responsabilidad de la señorita Karla Estefanía Martínez Carrera, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos _____ 15 de Agosto del 2018

Director del Trabajo de

Firma

Fecha

Titulación

Ing. Luis Miguel Santillán Quiroga _____ 15 de Agosto del 2018

Asesor del Trabajo de

Firma

Fecha

Titulación

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Karla Estefanía Martínez Carrera, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciado. Como autora, asumo la responsabilidad legal y académicas de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 15 de Agosto del 2018

Karla Estefanía Martínez Carrera

C.I. 172377645-4

Yo, Karla Estefanía Martínez Carrera, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Proyecto de Titulación y el patrimonio intelectual del Proyecto de titulación, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

KARLA ESTEFANÍA MARTÍNEZ CARRERA

DEDICATORIA

A mis amados padres Luis M. y Estrellita C., por su gran amor, apoyo incondicional e infinita confianza en mí, es por ustedes que me encuentro aquí. Gracias por enseñarme hacer mejor persona cada día, ser honesta y leal a los principios que me inculcaron desde que era una niña.

A mi hermana Natalí, gracias por enseñarme aprovechar cada oportunidad que se ha presentado en mi vida, por siempre estar pendiente de mi crecimiento personal y profesional.

A mi hermano José, por haber sido mi refugio y compañía durante todos los años que pasamos lejos de nuestro hogar, por cuidar de mí y crecer juntos.

A mis sobrinitos Ayleencita y Martincito por ser una fuente inagotable de felicidad en mi vida y a mi cuñado Kilmer por preocuparse de mi desarrollo académico.

Karlita

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de vivir y otorgarme la sabiduría para poder alcanzar una de mis metas, por bendecirme con mi familia y concederme grandes amigos a lo largo de este camino que atesorare por siempre.

A la Srta. Evelyn Espinosa y su familia por abrirme las puertas de su hogar y permitirme realizar mi estudio.

A mis amigos Marce, Dany y Lic. Fausto Tapia que estuvieron conmigo apoyándome en cada paso que daba hasta llegar a mi meta deseada.

Al Ing. Andrés Beltrán y al Ing. Miguel Santillán por guiarme y compartir sus conocimientos para culminar este proyecto de titulación.

Karlita

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANCUPA = Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera

ESPAC = Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua

FEDAPAL = Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y de sus Derivados de Origen Nacional

INAMHI = Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INEC = Instituto Nacional de Estadística y Censos

INIAP = Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

ISSS = Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo

MO = Materia Orgánica

PROV. = Provincia

USDA = Departamento de Agricultura de los EE.UU.

C = Carbono

H = Hidrógeno

N = Nitrógeno

P = Fósforo

K = Potasio

Ca = Calcio

Mg = Magnesio

S = Azufre

Fe = Hierro

Zn = Zinc

Mn = Manganeseo

B = Boro

Cu = Cobre

Al = Aluminio

Si = Silicio

Mo = Molibdeno

Cl = Cloro

NH₄ = Amonio

NO₃ = Nitrato

NO₂ = Nitrito

N₂O = Óxido de Nitrógeno

CO₂ = Dióxido de Carbono

ha = Hectáreas

t = Toneladas

Tm = Toneladas métricas

Cód. = Código

cm = Centímetros

m = Metros

mm = Milímetros

msnm = Metros sobre el nivel del mar

msl = Mean sea level

Lb = Libra

D_{ap} = Densidad aparente (g/cm³)

D_p = Densidad real (g/cm³)

° C = Grados Celsius

Km/h = Kilómetro/ hora

Km² = Kilómetro cuadrado

FE = Factor de Enriquecimiento

Igeo = Índice de Geoacumulación

qq = Quintales

mL = Mililitros

L = Litros

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xx
SUMMARY.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	5
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Marco conceptual.....	7
1.2.1. <i>Palma africana en el Ecuador</i>	7
1.2.2. <i>Suelo</i>	11
1.2.3. <i>Suelo agrícola</i>	12
1.2.4. <i>Suelo agrícola en el Ecuador</i>	12
1.2.5. <i>Propiedades físicas del suelo</i>	12
1.2.6. <i>Propiedades químicas del suelo</i>	19
1.2.7. <i>Materia orgánica</i>	23
1.2.8. <i>Fertilidad del suelo</i>	25
1.2.9. <i>Ciclo de nutrientes esenciales</i>	25
1.2.10. <i>Calidad del suelo</i>	28
1.2.11. <i>Contaminación del Suelo</i>	30
1.2.12. <i>Erosión del suelo</i>	33
1.2.13. <i>Plan de manejo agrícola</i>	36
CAPITULO II.....	39
2. METODOLOGIA.....	39
2.1. Fuentes de información.....	39
2.2. Tipo de estudio.....	39
2.3. Registro de coordenadas de la zona de estudio.....	40
2.4. Población y muestra.....	40
2.4.1. <i>La zona de estudio</i>	40
2.4.2. <i>Selección de la muestra</i>	40
2.4.3. <i>Tamaño de la muestra</i>	42

2.5.	Técnicas de recolección de datos	42
2.5.1	<i>Fase de campo</i>	42
2.5.2.	<i>Muestreo de Suelo</i>	46
2.5.3.	<i>Análisis Físico-Químicos del Suelo</i>	60
CAPITULO III		61
3.	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS..	61
3.1.	Variaciones climatológicas de la zona de estudio.....	61
3.2.	Resultados de análisis	63
3.3.	Análisis estadísticos	73
CAPITULO IV.....		93
4.	PLAN DE MANEJO AGRÍCOLA.....	93
4.1.	Datos Generales	93
4.2.	Características Generales	94
4.3.	Inventario de la Propiedad	94
4.4.	Labores de pre siembra.....	96
4.4.1.	<i>Limpieza del terreno</i>	96
4.4.2.	<i>Construcción de estructuras</i>	97
4.4.3.	<i>Materiales de uso</i>	98
4.4.4.	<i>Establecimiento de la zona de plantación</i>	99
4.4.5.	<i>Apertura de agujeros, coronas y terrazas</i>	100
4.4.6.	<i>Transporte de plantas</i>	101
4.5.	Manejo y mantenimiento	101
4.5.1.	<i>Malezas</i>	101
4.5.2.	<i>Cobertura vegetal para cultivo de palma africana</i>	103
4.5.3.	<i>Limpieza de las plantas</i>	104
4.5.4.	<i>Registro de plagas y enfermedades de la plantación</i>	104
4.6.	Muestreo de la zona de estudio.....	112
4.7.	Fertilización de la plantación.....	113
4.8.	Cosecha	117
4.9.	Producción de cultivos.....	118
4.10.	Diagrama de flujo de los procesos de producción de la palma africana	118

4.11.	Riesgos endógenos y exógenos	118
4.12.	Prevención y control de la contaminación	119
4.12.1.	<i>Prevención de riesgo de contaminación del agua</i>	119
4.13.	Capacitación laboral y educación ambiental.....	120
4.14.	Seguridad y salud ocupacional	120
4.14.1.	<i>Prevención y riesgos de accidentes</i>	120
4.14.2.	<i>Equipo de protección Laboral</i>	121
4.15.	Cobertura vegetal	122
4.16.	Monitoreo y seguimiento de la plantación.....	123
CONCLUSIONES		124
RECOMENDACIONES		128
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Producción de aceite de Palma Africana en el Ecuador	8
Tabla 2-1: Sistemas de clasificación de fracciones del suelo.....	13
Tabla 1-2: Coordenadas UTM de puntos de muestreos de suelo con cultivo de Palma Africana	48
Tabla 2-2: Coordenadas UTM de puntos de muestreos de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.....	52
Tabla 1-3: Resultados de análisis físico- químicos de muestras de suelo con cultivo de Palma Africana y suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.....	63
Tabla 2-3: Resultados de análisis de muestras de suelo con cultivo de Palma Africana	69
Tabla 3-3: Resultados de análisis de muestras de suelo no intervenidos con cultivo de Palma Africana	71
Tabla 4-3: Estadístico descriptivos, muestras de suelo de Palma Africana.....	73
Tabla 5-3: Estadístico de correlaciones, muestras de suelo de Palma Africana.....	74
Tabla 6-3: Comunalidades, muestras de suelo de Palma Africana	75
Tabla 7-3: Varianza total explicada, muestras de suelo de Palma Africana	76
Tabla 8-3: Matriz de componentes rotados, muestras de suelo de Palma Africana.....	77
Tabla 9-3: Análisis de Componentes Principales, muestras de suelo de Palma Africana.....	78
Tabla 10-3: Tabla de Componentes Principales, muestras de suelo de Palma Africana.....	78
Tabla 11-3: Estadísticos descriptivos, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana	81
Tabla 12-3: Estadísticos descriptivos, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.....	82
Tabla 13-3: Comunalidades, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana	83
Tabla 14-3: Varianza total explicada, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana	84
Tabla 15-3: Matriz de componentes rotados, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.....	85
Tabla 16-3: Análisis de componentes principales rotados, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana	86
Tabla 17-3: Tabla de componentes principales rotados, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana	86

Tabla 18-3: Análisis de Componentes Principales, muestras de suelo de Palma Africana y suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.	88
Tabla 19-3: Componentes Principales, muestras de suelo de Palma Africana y suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.	89
Tabla 20-3: Indicadores de las propiedades físicas del suelo.	91
Tabla 21-3: Indicadores de las propiedades químicas del suelo.	91
Tabla 22-3: Indicadores Físicos, Químicos y Biológicos de Calidad del Suelo	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Selección de palma africana en vivero.....	11
Figura 2-1: Fruto de palma africana.....	11
Figura 3-1: Diagrama triangular de las clases de texturas básicas del suelo.....	14
Figura 4-1: Tipos de estructuras de suelos más comunes	15
Figura 5-1: Efecto del pH del suelo en la disponibilidad de nutrientes	23
Figura 6-1: Ciclo del nitrógeno.....	27
Figura 7-1: Erosión del suelo por actividad antrópico	35
Figura 1-2: Tipo de Muestreo Sistemático.....	41
Figura 2-2: Cuarteo de Muestras de Suelo.....	42
Figura 3-2: Mapa de Ubicación Finca “Las Palmeras”.....	43
Figura 4-2: Mapa Base de la Parroquia Plan Piloto.....	44
Figura 5-2: Mapa de Geología Finca “Las Palmeras”	44
Figura 6-2: Mapa de Geomorfología Finca “Las Palmeras”.....	45
Figura 7-2: Cultivo de Palma Africana, Finca “Las Palmeras”	45
Figura 8-2: Proceso de Recolección de muestras de suelo de Palma Africana.....	58
Figura 9-2: Proceso de Recolección de muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.....	58
Figura 10-2: Proceso de cuarteo de muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana y de suelo Palma Africana.....	59
Figura 1-4: Elaboración de la Línea Madre por Teorema de Pitágoras	99
Figura 2-4: Sistema de Tres Bolillos	100
Figura 3-4: Extirpación de flores en palma africana joven.....	104
Figura 4-4: Infección de Cogollo en palma aceitera	105
Figura 5-4: Anillo rojo en el tallo de palma africana.....	106
Figura 6-4: Extirpación de flores en palma africana joven	107
Figura 7-4: Efectos de Marchitez Sorpresiva en palma africana	107
Figura 8-4: Mal de hilachas en las hojas de palma africana	108
Figura 9-4: Extracción de foliolos para análisis vegetal	113
Figura 10-4: Carencia de Nitrógeno en palma africana joven	114
Figura 11-4: Alteración del tallo por carencia de Fósforo en palma africana.....	114

Figura 12-4: Deficiencia de Potasio en palma africana	115
Figura 13-4: Hojas de Palma en carencia de Magnesio	115
Figura 14-4: Foliolos curvados por ausencia de Azufre	116
Figura 15-4: Foliolos curvados por ausencia de Boro	116

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1: Indicadores Físicos, Químicos y Biológicos de Calidad del Suelo	29
Cuadro 2-1: Efectos de la Contaminación del Suelo	30
Cuadro 3-1: Clases de factores de enriquecimiento de un metal pesado “X”	32
Cuadro 4-1: Clasificación del índice de geoacumulación y grado de contaminación	33
Cuadro 1-2: Tipo de muestras de suelo	46
Cuadro 2-2: Métodos Referenciales	60
Cuadro 3-2: Métodos Referenciales	60
Cuadro 4-2: Métodos Referenciales	60
Cuadro 1-3: Tipo de textura de muestras de suelo con cultivo de Palma Africana y suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana	66
Cuadro 1-4: Ficha técnica	93
Cuadro 2-4: Inventario Finca “Las Palmeras”	94
Cuadro 3-4: Plagas que atacan al cultivo de Palma Africana	109
Cuadro 4-4: Tiempo de cosecha según la edad del cultivo.....	117
Cuadro 5-4: Producción de plantaciones, Finca “Las Palmeras”	118

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Producción de palma africana en el Ecuador, año2017	9
Gráfico 1-3: Precipitación en la Prov. de Sto. Dgo. de los Tsáchilas, año 2014 - 2017	61
Gráfico 2-3: Nubosidad en la Prov. de Sto. Dgo. de los Tsáchilas, año 2014 - 2017	62
Gráfico 3-3: Temperatura Promedio en la Prov. de Sto. Dgo. de los Tsáchilas, año 2014 - 2017..	63
Gráfico 4-3: Valores de pH de suelos con cultivo de palma africana y suelos no intervenidos con cultivo de palma.	64
Gráfico 5-3: Valores Promedio de pH de suelos con cultivo de palma africana y suelos no intervenidos con cultivo de palma.....	65
Gráfico 6-3: Valores de Porosidad de suelos con cultivo de palma africana y suelos no intervenidos con cultivo de palma.	67
Gráfico 7-3: Valores Promedio de porosidad de suelos con cultivo de palma y suelos no intervenidos con cultivo de palma	68
Gráfico 8-3: Composición elemental media de Macronutrientes y Micronutrientes en el suelo con cultivo de Palma Africana	70
Gráfico 9-3: Composición elemental media de Macro y Micro nutrientes en el suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.	72
Gráfico 10-3: Componentes Principales, muestras de suelo de Palma Africana.....	79
Gráfico 11-3: Análisis de componentes principales, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.....	87
Gráfico 12-3: Análisis de componentes principales de muestras de suelo con cultivo de Palma Africana y sin cultivo de Palma Africana.	90

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A TULSMA ANEXO 2 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO
Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS

ANEXO B CERTIFICADO DE REALIZACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ANEXO C TABLA DE pH EN LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN EL SUELO

RESUMEN

El objetivo es evaluar la calidad del suelo de la propiedad dedicada al monocultivo de palma africana a través de una comparación de dos tipos de suelos, uno intervenido con palma (SPA) y otro suelo no intervenido con dicho cultivo (SNP). En la metodología se realizó la extracción de 10 muestras compuestas de cada tipo de suelo, conformadas por 16 muestras simples, se usó un GPS para ubicar los puntos de muestreo en la extensión de la finca. La sustracción se ejecutó a 20 cm de profundidad en 16 puntos elegidos en zic zac en una hectárea, posteriormente se efectúa la acción de volteo seguido del método de cuarteo de muestras compuestas. Los parámetros fueron textura, porosidad, MO, pH y concentraciones de macronutrientes y micronutrientes, los resultados promedio fueron de: porosidad de SPA 52,31 % y SNP 56,57 %, pH es 6,33 para SPA y 6,72 de SNP y la textura de los suelos es franca arenosa. Como conclusiones se demostró que existe una diferencia no significativa de concentraciones entre los suelos analizados, la textura del suelo influye en su rendimiento, puesto que son conocidos por su baja retención de líquidos y nutrientes, por medio del cálculo de índice de calidad del suelo se determinó que las muestras de suelos se hallan en condiciones de moderada calidad (0,40 – 0,59). Esta investigación nos permitió identificar las alteraciones en propiedades físicas como químicas y la pérdida de diversidad vegetal en la zona de plantación de *Elaeis guineensis*. Finalmente se elaboró un plan de manejo de uso agrícola que contribuirá al cuidado y administración de la plantación y de sus residuos orgánicos como inorgánicos, el empleo de residuos naturales contribuye a la disminución de empleo de fertilizantes, evitando impactos en el suelo.

Palabras claves: <BIOTECNOLOGIA>, <SUELO>, <CONCENTRACIONES>, <CALIDAD DEL SUELO>, <PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*)>, <MACRONUTRIENTES>, <MICRONUTRIENTES>.

SUMMARY

The objective is to evaluate the quality of the land of the property dedicated to the monoculture of African palm through a comparison of two types of soils, one intervened with palm (SPA) and another soil not intervened with that crop (SNP). In the methodology, the extraction of 10 composite samples of each type of soil, made up of 16 simple samples was carried out, a GPS was used to locate the sampling points in the extension of the farm. The subtraction was executed at 20 cm depth in 16 points chosen in zic zac in one hectare, afterwards the tumbling action was carried out followed by the quartering method of compound samples. The parameters were texture, porosity, MO, pH and concentrations of macronutrients and micronutrients, the average results were: porosity of SPA 52.31% and SNP 56.57%, pH is 6.33 for SPA and 6.72 for SNP and the texture of the soils is sandy loam. As conclusions it was demonstrated that there is a nonsignificant difference of concentrations between the analyzed soils, the texture of the soil influences its performance, since they are known for their low retention of liquids and nutrients, by means of the calculation of soil quality index it was determined that the soil samples are in conditions of moderate quality (0.40 - 0.59). This research allowed us to identify the alterations in physical and chemical properties and the loss of plant diversity in the plantation area of *Elaeis guineensis*. Finally, a management plan for agricultural use was developed it will contribute to the care and administration of the plantation and its organic and inorganic waste, the use of natural waste contributes to the reduction of fertilizer use, avoiding impacts on the soil.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <SOIL>, <CONCENTRATIONS>, <SOIL QUALITY>, <AFRICAN PALM (*Elaeis guineensis*)>, <MACRONUTRIENTS>, <MICRONUTRIENTS>.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de palma africana a nivel mundial desde los años 90 se ha visto incrementado en un 43%, se considera que el 74% de la producción de aceite se usa para fines alimenticios y el 24% en la industria, mientras que el 2% son residuos orgánicos. El cultivo de palma africana tiene como objetivo la producción de aceite extraído del fruto, que es compuesto por triglicéridos y vitamina E que es obtenido a través de métodos mecánicos industriales, la extensa producción de estas plantaciones se debe a las variedades de empleo del aceite como: biocombustibles (biodiésel), empresas farmacéuticas y cosméticas, desinfectantes y producciones de plásticos. (Universidad de los Andes, 2014)

Según FEDEPALMA (2011) el Ecuador ocupaba en el sexto lugar con mayor producción de palma a nivel mundial. Los datos del INEC (2017) indican que el cultivo de palma africana tiene una producción anual de 152.000 toneladas junto a una tasa de crecimiento del 4,86%, las zonas de cultivos en su mayoría pertenecen a la región costa, donde 126.979 hectáreas son producidas por la provincia de Esmeraldas correspondiente a 1'567.371(*t*), Los Ríos 34.988 (*ha*) con 438.158 (*t*) y Sucumbíos con 24.607 (*ha*) obteniendo 377.888 (*t*) y finalmente con aportaciones de otros poblados correspondiente a 892.575 toneladas. (INEC, 2017)

La Universidad Autónoma de Barcelona (2017) realizó una investigación en Valle de Polochic en Guatemala, dirigida por la investigadora Sara Mingorría donde expone los impactos producidos por el monocultivo siendo principalmente la infertilidad del suelo debido a la gran demanda de nutrientes, eliminación de la superficie orgánica del suelo y los efectos perjudiciales para la salud de la población, referente al ámbito industrial. (UAB, 2017)

Mediante a una serie de análisis realizados a suelos que fueron previamente usados como plantaciones de palma se determinó que necesitan un tiempo aproximado de recuperación de 25 años para restablecerse, puesto que el suelo no puede retener nutrientes agregados por abonos al encontrarse muy debilitado, estos cultivos son conocidos como desiertos verdes al producir grandes cosechas y obstruir el crecimiento de diferentes vegetaciones a su alrededor por la constante sombra que posee al llegar a la edad de 3 años. (UAB, 2017)

Existen grandes extensiones de plantaciones de palma (monocultivo) debido a que su eliminación no es económicamente rentable por los altos contenidos de fertilizantes a usarse, la recuperación del recurso suelo no es garantizado y es por ello que los palmicultores prefieren producir en nuevos terrenos fértiles capaces de generar el fruto de palma. (UAB, 2017)

JUSTIFICACIÓN

El efecto de los monocultivos de Palma Africana es la destrucción de los bosques tropicales causando la deforestación y con ello la pérdida de fauna (biodiversidad) propia de estos ecosistemas creando las llamadas plagas que son realmente animales que han logrado adaptarse a las nuevas circunstancias creadas por dicho cultivo.

Según Gustavo Castro Soto (2009) expone que la extensión de plantaciones de Palma Africana en México, en los años noventa adquirió una superficie de 2800 hectáreas, seguido de un incremento por la aplicación de un programa de cultivos en 1996, el cual se divide en regiones siendo el estado de Chiapas el de mayor porcentaje con 44,2%, Tabasco 20,2%, Veracruz 19,4 % y finalmente Campeche con 16,2% de sembríos. A partir del siglo XXI la extensión de cultivo se elevó un 1000% y con ello el país obtuvo el puesto 27 de 171 países importadores de aceite de palma, en Chiapas en 2012 se espera lograr una zona de cultivo de 100 mil hectáreas. (Efectos de la Palma Africana, 2009)

La problemática de los monocultivos acarrea arrebatamientos de territorios a grupos étnicos, destrucción de bosques tropicales provocando pérdida en la biodiversidad, químicos agrícolas y cambio climático, entre otras. El mantenimiento de estos cultivos produce el acrecentamiento del CO₂, la contaminación del recurso hídrico y el avance de la frontera agrícola provocada por las plantaciones de palma aceitera. La productividad de la palma en México se ve abarcada por grandes empresas afectando al pequeño agricultor. (Efectos de la Palma Africana, 2009)

Los cambios producidos por *Elaeis guineensis* (Palma Africana) es la absorción de grandes cantidades de agua causando escases en esteros, además la extensa área de producción de palma causa el empobrecimiento de nutrientes, la destrucción del paisaje en zonas aledañas donde posteriormente dará origen a los desiertos verdes. El impacto ambiental es el desequilibrio ecológico en el área donde se da la producción agrícola, teniendo como desventaja altos gastos económicos para los propietarios de estos terrenos en el mantenimiento de las plantaciones de palma aceitera y al introducir un nuevo tipo de cultivo en el mismo suelo.

La metodología a aplicarse en este estudio es la comparación de suelos poseedores de cultivo de Palma Africana frente a suelos no intervenidos con cultivo de Palma, mediante la ejecución de análisis físico-químicos, los datos permitirán conocer la calidad del suelo en presencia de este monocultivo.

El objetivo principal de este trabajo de titulación es la evaluación de la calidad del suelo, es decir el efecto en concentraciones de macronutrientes, micronutrientes y características del suelo en los

cultivos de Palma Africana asentados durante un periodo de 25 años de plantación en la Finca “Las Palmeras”, ubicada en la parroquia Plan Piloto, perteneciente al Cantón La Concordia, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar la calidad del suelo de la Finca Palmicultora Las Palmeras, Cantón La Concordia.

Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas químicas (porosidad, textura y pH) de las muestras de los suelos con monocultivo de Palma Africana y suelos no intervenidos por cultivo de Palma Africana en la Finca “Las Palmeras”.
- Evaluar las concentraciones de macronutrientes y micronutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc), de los suelos con cultivo de Palma Africana y suelos no intervenidos en la Finca “Las Palmeras”.
- Comparar los componentes de muestras de suelo de cultivo de Palma Africana y muestras de suelo no intervenido de la Finca “Las Palmeras”.
- Proponer un plan de manejo de uso agrícola de la Finca “Las Palmeras”.

CAPÍTULO I

1.MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el estudio realizado por Alex Pinedo Dávila en el año 2013, se evidenció las deficiencias de macronutrientes en cultivo de Palma Aceitera donde realizó dosificaciones a diferentes concentraciones de N, P, K, Mg, obteniendo resultados positivos en el cual se comprobó que a mayor dosificación por parte de estos nutrientes en el suelo estimulan el crecimiento de Palma Africana y con ello disminuyen la utilización de fertilizantes en el recurso suelo, el lugar de prueba fue en un vivero en la ciudad de Tarapoto, Perú. (Pinedo Dávila, 2013)

Fernando Munévar M. (2001), menciona en su artículo que la nutrición del cultivo de palma Africana es constante en todas sus etapas, dando como resultado la fertilización constante del suelo por su alta demanda de nutrientes, presenta un caso en Colombia en la plantación Monterrey ubicada en Puerto Wilches, Santander donde se realizó la prueba de la producción del cultivo de palma tras fertilizar los suelos por 10 años y donde luego se suspendió el uso de agroquímicos en el cultivo maduro, donde tuvo un impacto en los rendimientos de producción que se redujeron a la mitad de la producción anual. (Munévar M, 2001)

Se realizó un análisis de foliares y de suelos para poder tomar decisiones pertinentes sobre la cantidad necesaria de nutrientes durante la siembra y las diferentes etapas de desarrollo en el que se conoce el aporte potencial de nutrientes y otros aspectos que no se reflejan en un análisis foliar. (Munévar M, 2001)

Ruth Espinoza (2013) en el diario español ABC, manifiesta en su publicación el incremento de la desertificación del suelo de forma global, donde la Convención de Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD) menciona la degeneración de los suelos en 168 países, la cual se origino desde los años 90 donde se inició un plan de prevención frente a este riesgo, la desertificación es provocada por la agricultura intensiva, mal manejo del recurso hídrico, alteraciones del clima, etc. El costo mundial de la degradación del recurso suelo es de quinientos mil millones de dólares anuales. (Espinoza, 2013)

La FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura) menciona que existiera un aumento en la demanda alimenticia en un 60% en el año 2050, lo que necesitara de 120 millones de hectáreas destinadas a actividades agrícolas, posteriormente sus efectos negativos serán el incremento de la deforestación, desequilibrio de ecosistemas y el acrecentamiento de la desertificación de los suelos. (Espinosa, 2013)

El análisis del suelo tanto en sus propiedades físicas y químicas es un indicador que varía según el manejo del suelo y en sus propiedades biológicas actúan como guías de degradación; estas propiedades determinan la calidad del suelo y la sostenibilidad del recurso. La evaluación es de tipo comparativa para definir la calidad del suelo, empleándose estudios estadísticos de correlación y análisis dinámico que se realiza a través del monitoreo de indicadores específicos. (Potencial en el uso de las propiedades químicas como indicadores de calidad de suelo. Una revisión, 2017)

La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) es una oleaginosa procedente de África Occidental, donde sus habitantes la usaban como un vegetal medicinal y comestible, el motivo principal para el cultivo de palma se basa en la extracción del aceite de palma por medio de la pulpa de su fruto y del aceite de palmiste que es adquirido de la semilla. (MOVIMIENTO MUNDIAL DE BOSQUES TROPICALES, 2011)

El cultivo de palma aceitera se localiza en zonas tropicales abarcando grandes extensiones de suelo, donde en el año de 1997 tuvo una producción mundial de 6,5 millones de hectáreas que produjeron 17,5 millones de toneladas de aceite de palma y 2,1 millones de toneladas de aceite de palmiste, el tiempo de producción inicia a los 4 -5 años, donde la mayor producción se da entre 20 a 30 años de la plantación donde se genera una cosecha de 1000 a 4000 frutos. (MOVIMIENTO MUNDIAL DE BOSQUES TROPICALES, 2011)

La extensión de cultivo de palma aceitera abarca también en el continente asiático principalmente en Malasia e Indonesia donde poseen más de dos millones de hectáreas de plantaciones de palma, generando Malasia el 50% de producción y exportando el 85% del cultivo seguido de Indonesia con el 30% y despachando al exterior el 40% de palma africana. (MOVIMIENTO MUNDIAL DE BOSQUES TROPICALES, 2011)

Otros países como Tailandia producen poseen más de 200.000 hectáreas y Papúa Nueva Guinea situándose como el tercer mayor exportador mundial de aceite de palma, también existen planes de futuras plantaciones de palma en Filipinas, Camboya, La India y las Islas Salomón, en África no se conoce con exactitud la extensión de las plantaciones, ya que al ser una planta nativa del África Occidental. (MOVIMIENTO MUNDIAL DE BOSQUES TROPICALES, 2011)

Un ejemplo es la producción de Nigeria que posee 3 millones de hectáreas de palma, pero solo 360.000 hectáreas de plantaciones pertenecen al sector industrial, otros países también poseen áreas de palma aceitera como Guinea con 310.000 hectáreas y la República Democrática del Congo con 220.000 en las que destacan los cultivos de Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Sierra Leona.

En Sudamérica las grandes extensiones de producción de palma se encuentran en Ecuador con 150.000 hectáreas y Colombia con 130.000 ha, seguido de Honduras (50.000 ha), Brasil (39.000 ha), Perú (33.000 ha), Venezuela (30.000 ha), Costa Rica (30.000 ha), Guatemala (15.000 ha) y con menores porcentajes de cultivo República Dominicana con 9000 ha, Nicaragua y México con 4000 ha cada una. (MOVIMIENTO MUNDIAL DE BOSQUES TROPICALES, 2011)

1.2. Marco conceptual

1.2.1. *Palma africana en el Ecuador*

El cultivo de la Palma Africana en el Ecuador inició en el año de 1953 en el cantón de Santo Domingo de los Colorados perteneciente a la provincia de Pichincha y en el cantón de Quinindé, provincia de Esmeraldas, donde se produjo en el año de 1967 la expansión de este cultivo con 1020 ha, en 1995 se registró 97 mil hectáreas cultivadas registradas en el país por la Asociación de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA). (MOVIMIENTO MUNDIAL DE BOSQUES TROPICALES, 2011)

En la región Sierra la producción de este cultivo se halla en la prov. de Imbabura y de Cotopaxi, mientras en la Costa se ubican en las provincias del Guayas, Manabí, El Oro, Los Ríos y finalmente en Santo Domingo de los Tsáchilas, convertida en provincia por consulta popular en el año 2007. La zona del Oriente contiene extensas áreas de monocultivo de Palma Africana y pequeños sembríos pertenecientes a vendedores minoristas, el lugar de las grandes plantaciones se ubica en las prov. de Sucumbíos y Orellana, específicamente en Shushufindi, El Coca y Loreto y en menor grado de producción es la provincia de Pastaza.

El cantón San Lorenzo perteneciente a la provincia de Esmeraldas en 1999 existió un crecimiento de plantaciones de palma aceitera de más de 15,000 ha, por lo cual el Ministerio de Ambiente informó la destrucción de 8 000 ha de bosques debido a cultivos de palma. Plantaciones de palma aceitera se clasifican según la especie, en el Ecuador se siembran las siguientes clases de palma que son INIAP (producto nacional), Chenara, IRHO (África) y HSD (Costa Rica). La producción entre el periodo de 1990 a 1995 produjo 152,473 toneladas de aceite de palma para industrias nacionales.

El inicio del auge de exportaciones fue en 1996 produciendo 22,908 t, donde el 20% fue enviado a Europa y el 80% hacia México, se obtuvo un ingreso de 11 millones de dólares, tres años después las exportaciones alcanzaron valores de 22,802,093 millones de dólares. (MOVIMIENTO MUNDIAL DE BOSQUES TROPICALES, 2011)

Tabla 0-1: Producción de aceite de Palma Africana en el Ecuador

<i>Año</i>	Producción (t)	Consumo (t)	Excedente (t)
2011	472 988	211 949	261 039
2012	539 498	213 600	325 898
2013	498 676	215 695	282 981
2014	484 006	220 796	263 210
2015	519 693	222 556	308 724
2016	564 636	215 067	349 569
2017*	593 000	218 000	375 000

*Estimado

Fuente: (FEDAPAL, 2017)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

El cultivo de Palma Africana presentó en el año 2017 una producción nacional de 152,000 toneladas, con una tasa de crecimiento del 4,86 %, estas plantaciones en su mayoría corresponden a la región costera del país, principalmente a la provincia de Esmeraldas con una aportación del 47,84% equivalente a 1,567,371 t , mientras otras provincias como Los Ríos y Sucumbíos con el 13,37 % concerniendo 438,158 t y 11,54 % refiriéndose a 377,888 t correspondientemente y finalmente con distintas aportaciones de otras zonas con el 27,25 % semejante a 892,575 t. (INEC, 2017)

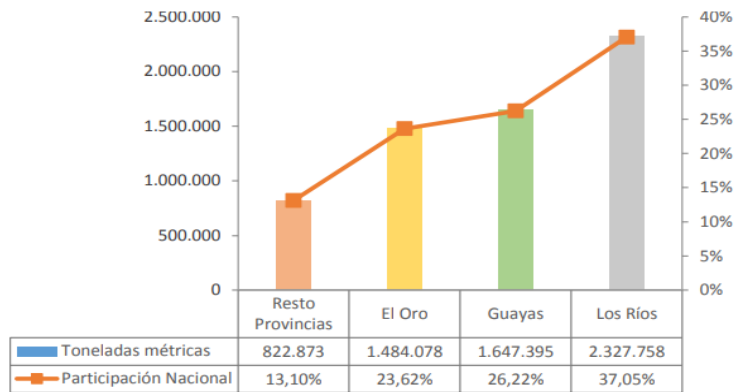


Gráfico 1-1: Producción de palma africana en el Ecuador, año 2017
Fuente: (INEC, 2017)

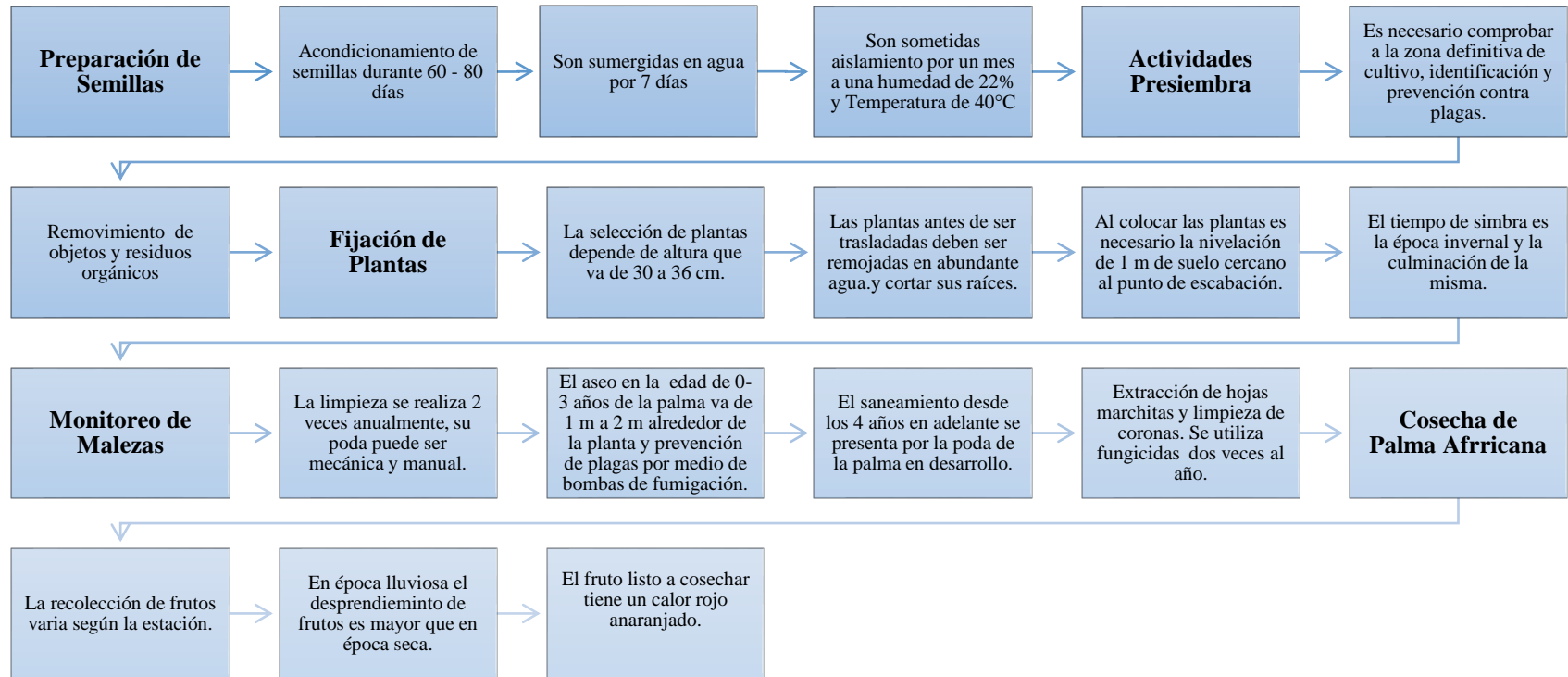
La extensión de superficie cosechada del cultivo en el año 2017 fue de 126,979 ha producidas por la provincia de Esmeraldas, seguida por Prov. de Los Ríos con 34,988 ha de y la Prov. de Sucumbíos con un total de 24,607 ha de plantaciones de Palma Africana. (INEC, 2017)

1.2.1.1. Descripción botánica de palma africana

La taxonomía de la palma africana se presenta de la siguiente manera:

División: Fanerógamas; Tipo: Angiosperma; Clave: Monocotiledóneas; Orden: Palmales; Familia: Palmácea; Tribu: Coccoinea; Género: *Elaeis (guineensis)*. La palma africana es una planta permanente en la zona de cultivo, en cuanto a su reproducción esta planta produce inflorescencias femeninas y masculinas separados por ciclos; el número de producción de racimos varia en el primer año de cultivo, mientras los cultivos mayores a cinco años generan 14 racimos anualmente con un peso de 7 kg/racimo, cultivos de 8 años de edad engendran 8 racimos con un peso aproximado de 22 kg. (Quesada Herrera, 2004)

1.2.1.2. Proceso de cultivo y cosecha de palma africana



Fuente: (IICA, 2006)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)



Figura 0-1: Selección de palma africana en vivero
Fuente: (IICA, 2006)



Figura 2-1: Fruto de palma africana
Fuente: (IICA, 2006)

1.2.2. Suelo

El suelo es un cuerpo natural, dinámico y multifuncional fruto de la acción compuesta de distintos factores formadores, los cuales determinan la potencia y modelo de los procesos edafogénicos. Se representa como una cubierta fina de pocos centímetros de espesor en la superficie terrestre. Según la pedología, es un producto originado por la degradación de rocas provocado por las condiciones ambientales y microorganismos, dando como resultado un espacio capacitado para brindar vida sea a la fauna o flora. (Casanova, 2005) (Porta, y otros, 2013)

1.2.3. Suelo agrícola

Es el suelo donde el cultivo de alimentos es prioridad, además de la producción de ganado, estas tierras conservan el entorno natural para la estadía de animales ocasionales y autóctonos de la zona donde se desarrolla el plantío. (MAE, 2018)

1.2.4. Suelo agrícola en el Ecuador

Las distintas zonas regionales del Ecuador presentan gran diversidad de suelos y con ello diferentes usos de la superficie en el país, por esa razón se categoriza su ocupación como las siguientes: cultivos transitorios y barbecho, cultivos permanentes, pastos naturales, pastos cultivados, bosques, páramos, montes y otros usos.

La ESPAC dirige su análisis a cultivos permanentes y transitorios, en donde el área total ocupada fue de 12, 355,146 hectáreas en el año 2017, correspondiendo el 11,58 % a cultivos permanentes y el 7,32 % a cultivos transitorios y el barbecho, el 5,49 % de pastos naturales, 19,81 % de pastos cultivados, 45,94 % de bosques y montes, los páramos con 2,69 % y 6,13 % de otros usos.

La región Sierra cuenta con un total de 3, 765,969 ha de superficie ocupada, del cual 244,789 ha pertenece a cultivos permanentes y 594,295 ha a plantaciones transitorias y barbecho. La zona denominada Costa posee un total de 4, 816,821 ha, dividiéndose en 1, 030,500 ha de plantaciones permanentes y 594,295 ha perteneciente a sembríos transitorios y barbecho. El área Oriental disfruta de 3, 753,923 ha del territorio nacional, en que 145,563 ha concierne a siembras permanentes y 34,841 ha a cultivos transitorios y barbecho. (INEC, 2017)

1.2.5. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas decretan el estado real del suelo, como la capacidad de drenaje del agua, retención del agua, aireación, conservación de nutrientes, etc. La importancia del conocimiento de las propiedades es el efecto que tienen sobre el desarrollo de las plantas y la magnitud de la actividad humana en el suelo. (L, y otros, 2004)

1.2.5.1. Textura del suelo

Se define por el orden de las partículas y su tamaño, existe una relación cercana con dos parámetros principales como la textura del suelo y la estructura del suelo, la influencia del tamaño de las partículas que poseen sobre las propiedades del suelo es de alto nivel, por lo cual fue necesario clasificarlas en distintas fracciones, se determinan por análisis granulométrico.

La textura del suelo es descrita como el porcentaje de varios elementos que conforman el suelo, es decir arena, limo y arcilla, siendo una propiedad que interviene en el crecimiento radicular de las plantas. La clase de textura del suelo depende de la roca madre, en otros términos, si la roca madre es arenosa, limosa o arcillosa la inclinación innata del suelo será arenoso, limoso o arcilloso, referente a las rocas sedimentarias y sedimentos. Esta preferencia puede ser mantenida o alterada por la evolución, la aparición del humus en el suelo representa la estabilización por la potenciación de humus cálcico o descalcificarse para finalmente lixiviarse.

La influencia de la roca madre y procesos evolutivos determinan la textura de un suelo, en otras palabras la acción de factores de formación y la intensidad del mismo conceden la textura de la superficie. (Navarro García, y otros, 2013)

La textura es una propiedad importante, ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades. (FAO, 2017)

La categorización de las partículas gruesas y finas no se encuentra definida al no existir una clasificación establecida según el tamaño de la partícula, usualmente se divide en arena, limo y arcilla. La técnica de estudio para su identificación es la granulometría, adicionalmente se han reconocido clasificaciones de consideración que son el Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA) y la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS). (Navarro García, y otros, 2013)

Tabla 2-1: Sistemas de clasificación de fracciones del suelo

USDA		ISSS	
Fracción	Ø mm	Fracción	Ø mm
Arena muy gruesa	De 2.0 a 1.0	Arena gruesa	De 2.0 a 0.2
Arena gruesa	1.0 a 0.5		
Arena media	0.5 a 0.25		
Arena fina	0.25 a 0.1	Arena fina	0.2 a 0.02

Arena muy fina	0.1 a 0.05		
Limo	0.05 a 0.002	Limo	0.02 a 0.002
Arcilla	Menos de 0.002	Arcilla	Menos de 0.002

Fuente: (Navarro García, y otros, 2013)
Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Otra forma de análisis es la separación por tamices, es decir la división de partículas gruesas de la finas, el tamaño de las partículas se ve clasificado por cuatro grupos determinados que son: lúcticos, francos, arenosos y arcillosos, de acuerdo con la USDA para concretar el proceso de reconocimiento es necesario utilizar un diafragma triangular en donde se observan las diferentes texturas. (Navarro García, y otros, 2013)

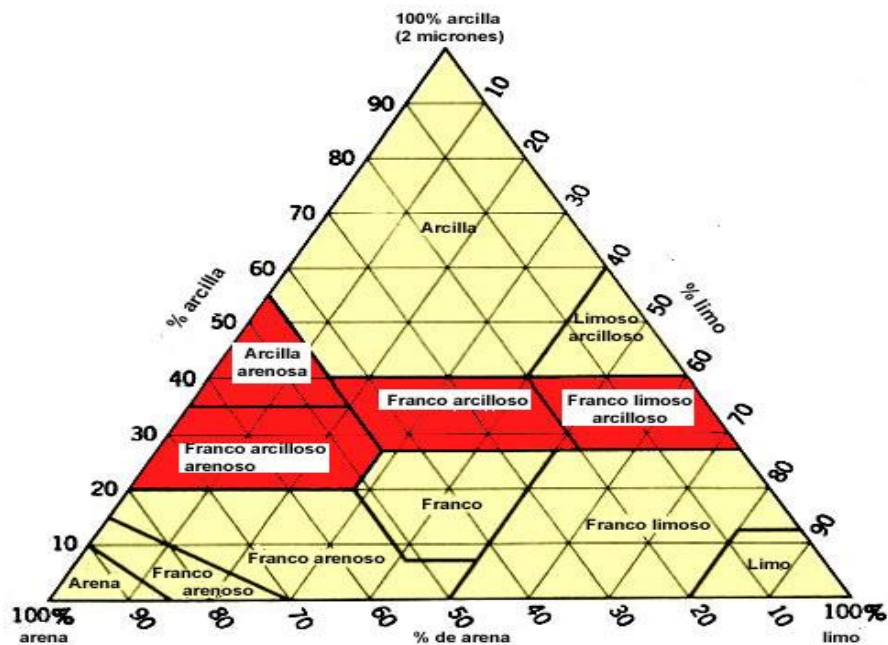


Figura 3-1: Diagrama triangular de las clases de texturas básicas del suelo
Fuente: (FAO, 2017)

Arenosa. - Predominación de la fracción arena, este tipo de textura es propensa a erosiones eólicas, baja fertilidad en el suelo.

Limosa. - Esta fracción mantiene un equilibrio de proporciones entre la arcilla, limo y arena. Cantidad elevada de materia orgánica, elevada fertilidad del suelo y no es sensible a la degradación.

Arcillosa. - Predominación de la fracción arcillosa, propensa al marchitamiento del cultivo, abundante fertilidad del suelo y degradación esporádica en el suelo. (Stocking, y otros, 2003)

1.2.5.2. Estructura del suelo

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.

El agua es el componente elemental que afecta la estructura del suelo con mayor importancia debido a su solución y precipitación de minerales y sus efectos en el crecimiento de las plantas. (FAO, 2017)

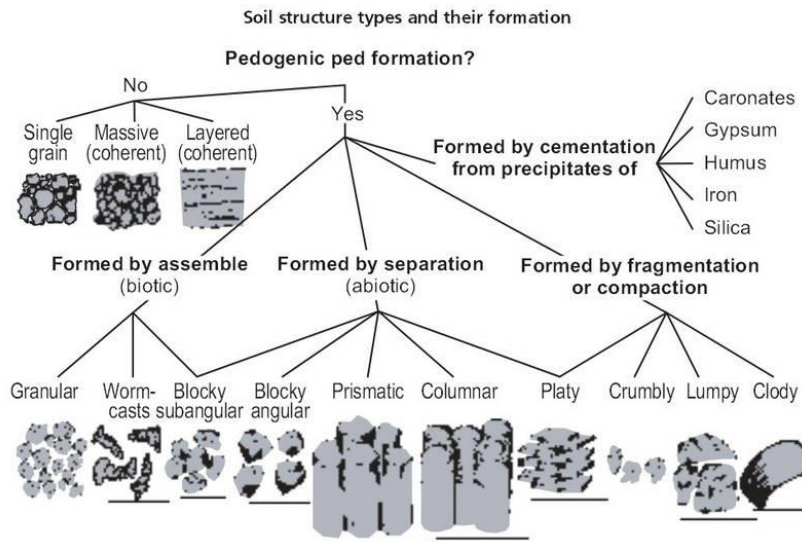


Figura 4-1: Tipos de estructuras de suelos más comunes
Fuente: (FAO, 2017)

Clasificación de estructuras del suelo:

- Según la forma de los agregados

Prismática: Son los agregados de considerable tamaño, poseyendo caras planas en forma de prisma, otorgan permeabilidad mesurada, su dureza impide el crecimiento radicular y se ubican en los horizontes profundos.

Columnar: Su forma es similar a los agregados prismáticos, excepto que sus caras son redondas como consecuencia de la longevidad del suelo. Posee menor permeabilidad además que es propio de los climas áridos.

Laminar: Su apariencia es achatada, áreas extensas pero delgados, se halla normalmente en suelos compactados y no permite el crecimiento radicular e impide la circulación de agua y aire.

Granular: Su apariencia es de esferas, su estructura es beneficiosa para los cultivos, asimismo su tamaño va de uno a diez mm de grosor.

Poliédrica: Su forma es poliédrica de dimensiones uniformes, esto facilita su compactación y posee una permeabilidad media. (Navarro García, y otros, 2013)

- Según el tamaño de los agregados

Muy gruesa: El tamaño es mayor a 10mm.

Gruesa: El tamaño se presenta entre 5mm y 10mm.

Media: El tamaño se ubica entre 2mm a 5mm.

Fina: El tamaño se encuentra de 1mm a 2mm.

Muy fina: El tamaño es inferior a 1mm de diámetro. (Navarro García, y otros, 2013)

- Según el tipo de estructura (clase)

Sin estructura: No evidencia una estructura de agregados, ni formaciones en superficies, es llamado también grano fino.

Débil: Estructura escasamente definida, el desplazamiento de material provoca roturas en pocos agregados netos, mayor cantidad de agregados fragmentados y una gran porción sin agregación.

Moderada: Estructura estable por agregados, su alteración otorga una mezcla de agregados sin alteración y poco agregados defectuosos.

Fuerte: Estructura permanente establecida por agregados, evidencia de formaciones en superficie, el movimiento de suelo no perturba su formación definida.

(Navarro García, y otros, 2013)

1.2.5.3. Color del suelo

El color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se puede evaluar como una medida indirecta ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las consecuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato. (FAO, 2017)

El color es detallado por el sistema de especificación Munsell, donde se utiliza elementos cromáticos de tono (H), intensidad (I) y saturación (S). El tono pertenece al color primario sobresaliente, es decir verde, amarillo, rojo, púrpura y azul. La intensidad es la claridad de los horizontes del suelo, el rango es de 0 a 10, mientras la saturación es el grado de pureza, su categoría es similar a la intensidad.

El color del suelo depende de la cantidad de materia orgánica y minerales existentes, su presencia produce colores oscuros como resultado el suelo rico en nutrientes, una excepción son los llamados suelos podzoles, los cuales son sometidos a procesos de lixiviación permanentemente, donde la materia orgánica se traslada a horizontes inferiores. (Navarro García, y otros, 2013)

1.2.5.4. Porosidad

Es el espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los microporos retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas. (FAO, 2017)

1.2.5.5. Densidad del suelo

Es una magnitud que se representa al peso seco en gramos de elementos sólidos dentro de un volumen específico, debido a que el suelo posee diferentes estructuras (forma y tamaño) se usan las relaciones de masa por volumen, obteniendo con ello dos definiciones que son la densidad aparente y densidad de partículas o real. (Núñez Solís, 2000)

Densidad aparente

La densidad aparente es una señal de la estabilidad del suelo y su resistencia al labrado por parte de las raíces de las plantas, asimismo esta densidad se encuentra relacionada con la porosidad total del suelo, es decir el espacio disponible para el movimiento de líquidos, gases y raíces, a mayor porcentaje de porosidad se obtiene menor densidad aparente y a menor porosidad mayor densidad. (Smith, y otros, 1994) Una densidad aparente alta indica un suelo compacto o tenor elevado de partículas granulares como la arena. Una densidad aparente baja no indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas. (FAO, 2017)

La densidad aparente (Dap) es explicada como la correlación del peso del suelo entre el volumen del mismo suelo. (Núñez Solís, 2006)

$$Dap = \frac{\text{Peso del suelo}}{\text{Volumen del suelo}} = (g)/(cm^3) \text{ Ecuación 1-1}$$

Densidad real

Nombrada también como la densidad de partículas, es la relación del peso del suelo por la unidad de volumen de sólidos excluyendo el espacio poroso, su función es calcular el porcentaje de poros. La densidad real (Dp) es calculada a través de la técnica del picnómetro. (Núñez Solís, 2006)

$$Dp = \frac{da (pps-pp)}{(pps-pp)-(ppsa-ppa)} = (g)/(cm^3) \text{ Ecuación 2-1}$$

Donde:

Dp = densidad real

da = densidad del agua

pp = peso picnómetro vacío

pps = peso picnómetro + suelo

ppsa = peso picnómetro + suelo + agua

ppa = peso picnómetro + agua

Porosidad Total

Es la relación del volumen no ocupado y el volumen total, esto abarca los macroporos, mesoporos y microporos. La densidad aparente y la densidad real permiten la obtención del porcentaje de porosidad del suelo. (Núñez Solís, 2006)

$$\text{Porosidad (\%)} = \left(1 - \frac{D_{ap}}{D_p}\right) \times 100 \text{ Ecuación 3-1}$$

Donde:

D_p= densidad real

D_{ap}= Densidad aparente

1.2.6. Propiedades químicas del suelo

1.2.6.1. Macronutrientes y Micronutrientes del suelo

Los nutrientes esenciales del suelo determinan el potencial de alimento de microorganismos existentes en la zona, estos nutrimentos ayudan al desarrollo y crecimiento de las plantas, se dividen en dos grupos:

- **Macronutrientes:**
Son nutrientes que se requieren grandes cantidades, siendo los siguientes: Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg).
- **Micronutrientes:**
Son nutrientes que se requieren en pequeñas cantidades, siendo los siguientes: Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Cobre (Cu). Su ausencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad en el suelo. (FAO, 2017)

1.2.6.2. Nutrientes esenciales para el cultivo de Palma Africana

- Nitrógeno (N)

Efecto inmediato en el incremento de proteínas, cosecha de frutos y semillas, intensificación del color de las hojas y su calidad. La distribución apropiada genera equilibrio de nutrientes y pronto crecimiento de las plantas. (Mariategui, 2012)

- Potasio (K)

El potasio es uno de los elementos principales para la producción de palma aceitera, ya que es el encargado de varias funciones como: el movimiento de sustancias digeridas a partir de las hojas y distribuyéndolas a los órganos de la planta restantes, asiste en la conversión de energía solar para su conversión por medio de la fotosíntesis.

El aumento la velocidad de conversión del nitrógeno en proteínas, realiza la aglomeración de las sustancias digeridas que no fueron de utilidad en la producción, desplazamiento de carbohidratos y finalmente utilizan la humedad del suelo adecuadamente en comparación con las plantas con poco contenido de K. El aumento o disminución del K interviene en el desarrollo del tamaño de la planta y la cantidad de racimos cosechados. (Mariategui, 2012)

- Fósforo (P)

La presencia de fosforo interviene en el desarrollo del conjunto de raíces de la palma aceitera, la floración y por último la producción. La palma se caracteriza por la eficaz distribución de este nutriente. (Mariategui, 2012)

- Magnesio (Mg)

La presencia del magnesio en el crecimiento del cultivo es cumplir con diversas labores específicas metabólicas, es decir transformaciones que se demanden energía, como es la fijación del CO₂ en el metabolismo de energía y también en la síntesis de carbohidratos, aceites y proteínas. Es un elemento primordial para el proceso de la fotosíntesis, puesto que el magnesio es el átomo principal de la molécula de clorofila, donde esta encierra la energía solar indispensable para efectuar la fotosíntesis. Una de las actividades de este nutriente es el aumento de velocidad en la movilidad de sustancias digeridas en dirección de ramilletes de frutas y hojas. (Mariategui, 2012)

1.2.6.3. Deficiencias de nutrientes esenciales para el cultivo de Palma Africana

- Nitrógeno (N)

La deficiencia del nitrógeno en el suelo puede ser causada por:

Estancamiento del agua. - Abarrotamiento de agua en el suelo o en fundas contenedoras de plantas.

Escasez de riego. - Proceso de volatilización (cambio de fase de sólido a gaseoso) del nitrógeno concentrado en urea localiza en la superficie del suelo.

Radiación solar (Aguda). - Altas temperaturas durante largos periodos de tiempo, la usencia de nubosidad debilita momentáneamente el nitrógeno.

El desabastecimiento de este nutriente se puede apreciar por la coloración amarillenta o decoloración de la hoja. (Loli Figueroa, 2012)

- Potasio (K)

La carencia del nutriente potasio se demuestra con la aparición de manchas verde olivo tornándose con el tiempo en amarillas o anaranjadas, esto se propicia cuando el suelo del cultivo es arenoso u en otro caso existe presencia de minerales arcillosos y cuando el desarrollo prematura de las plantas se ve afectado. (Loli Figueroa, 2012)

- Fósforo (P)

La insuficiencia del fósforo se presenta en el crecimiento de la planta, específicamente en el grosor y altura, esta fase inicia desde su germinación hasta el desarrollo de sus primeras hojas. (Loli Figueroa, 2012)

- Magnesio (Mg)

La deficiencia del magnesio se demuestra por el marchitamiento de las hojas tomando un color amarillento brillante, esto sucede en las hojas que no poseen recubrimiento de rayos solares por medio de otras hojas de palma aceitera. La razón de su carestía sucede por la baja presencia de materia orgánica en el suelo y que la zona de cultivo sea de textura arenosa. Otro de los motivos es el alto contenido de nutrientes como el nitrógeno y el potasio. (Loli Figueroa, 2012)

- Cobre (Cu)

Los efectos del cobre se exponen en las orillas de las hojas jóvenes, tomando una coloración amarillenta impidiendo reduciendo su desarrollo, además de que las hojas pueden secarse o finalmente marchitarse, esta acción puede ser provocada por la desmesurada presencia del nitrógeno, fosforo y magnesio y pequeñas cantidades de potasio. (Loli Figueroa, 2012)

1.2.6.4. Absorción de nutrientes esenciales en cultivo de Palma Africana

El lugar consignado a la absorción de nutrientes en el cultivo de Palma Africana se encuentra entre 20 cm a 30 cm de profundidad de la superficie del suelo, refiriéndose a la zona de las raíces en el que se ubican las raíces principales (primarias), seguidas de las secundarias, terciarias y finalmente de las raíces cuaternarias, el empapamiento de nutrientes se lleva a cabo en los límites de las raíces. (Villegas Jiménez, 2015)

1.2.6.5. pH

Es el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo ya con ello demuestra si el suelo es ácido o alcalino. Además, es el indicador principal para conocer la disponibilidad de nutrientes para las plantas, interviniendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo.

Los valores del pH en el suelo varían entre 3,5 siendo muy ácido a 9,5 que es muy alcalino. Los suelos altamente ácidos ($<5,5$) presentan cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos altamente alcalinos ($>8,5$) pueden dispersarse. El pH ideal para cultivos agrícolas es de 6,5. (FAO, 2017)

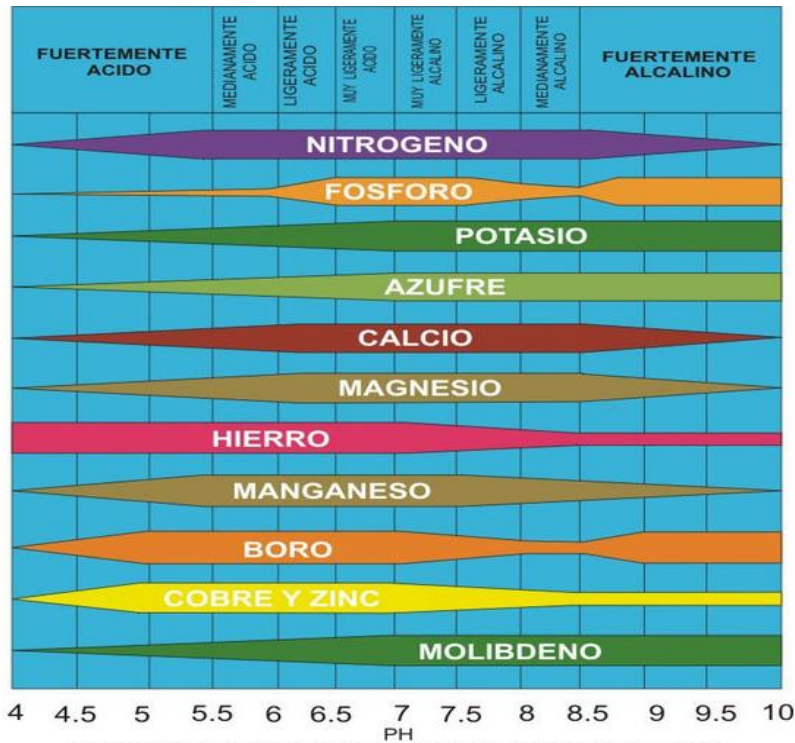


Figura 5-1: Efecto del pH del suelo en la disponibilidad de nutrientes
Fuente: (Ecotk, 2015)

1.2.7. *Materia orgánica*

La materia orgánica es una composición de residuos vegetales como animales, degradados por organismos del suelo que se encuentra en función de las propiedades físicas y químicas del tipo de suelo e influenciada por las condiciones ambientales, dando como resultado la pérdida de la estructura original.

La conversión de la materia orgánica regenera la estructura del suelo dando como consecuencia el aumento de la capacidad de retención de agua y el abastecimiento de sustancias nutritivas para la planta. La materia orgánica tiene efectos directos e indirectos en la accesibilidad de nutrientes además de usarse como fuente de Nitrógeno, Fósforo y Azufre por medio de la mineralización mediante microorganismos del suelo, es también requerida como fuente de energía para bacterias fijadoras de nitrógeno. La baja oxidación de la materia orgánica provoca la acumulación de la misma en la superficie del suelo. (Samaniego, 2012)

Existe una clasificación general de la MO las cuales representan una función significativa para el sostenimiento y mejora de la calidad del suelo, siendo las siguientes:

Organismos del suelo

La materia orgánica del suelo abarca diferentes organismos como bacterias, protozoos, microvirus y hongos, el conjunto de estos organismos se alimentan de todo tipo de residuos orgánicos presentes en el suelo, al igual que de sus cultivos. Las actividades realizadas por los organismos ayudan a disminuir las plagas, reutilizar nutrientes, elaborar sustancias necesarias para la creación de agregados del suelo y finalmente la producción de las sustancias húmicas. Estos organismos que habitan bajo suelo adquieren su energía de los tejidos de plantas verdes que han absorbido rayos solares, esta necesidad de energía produce la separación de moléculas orgánicas.

Estos entes emiten elementos tales como el N, K y Mg, entre los organismos existe distintas posiciones respecto a la cadena alimenticia como:

Consumidores primarios organismos del suelo que consumen inicialmente los cultivos y materiales energéticos.

Consumidores secundarios organismos que se nutren de los consumidores primarios.

Consumidores terciarios organismos que se sustentan de otros organismos (escarabajos, hormigas y ciempiés), por su tamaño y talento de perforación ayudan a mezclar y aflojar el suelo. (Altieri, y otros, 1999)

Materia orgánica muerta activa

La porción activa de MO es conformada por residuos en proceso de descomposición y residuos frescos, siendo estos últimos la parte más activa contando con un porcentaje de desintegración de 60% a 80% en un año. Este tipo de materia orgánica se halla en suelos vírgenes en mayor abundancia, las raíces, y diferentes materiales que se integran al suelo, además se muestra como partículas que no se encuentran estrechamente asociados con minerales inorgánicos. La MO junto a la arcilla se mineraliza rápidamente convirtiéndose en una fuente importante de nitrógeno. (Altieri, y otros, 1999)

Materiales descompuestos

Es la materia orgánica en total estado de descomposición también llamado humus, su degradación anual es del 2% al 5%, abarca gran parte del intercambio catiónico, es decir cargas negativas que realizan la detención de Ca, Mg y K, el humus se encuentra unido con fracciones de limo y arcilla creando estabilidad en su desintegración por largos periodos de tiempo en el suelo. (Altieri, y otros, 1999)

1.2.8. Fertilidad del suelo

Conjunto de factores que establece la cantidad de nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta, la riqueza de los suelos se establece por las condiciones en la que se encuentre los diferentes tipos de suelos existentes. Su análisis permite conocer la disponibilidad de nutrientes para los sembríos y la capacidad de retención del suelo sobre estos, todos estos parámetros son valorados según tablas de fertilidad. (Kass, 1996) La sostenibilidad de la fertilidad del suelo se basa en la función de la capacidad de autogeneración de biomasa del sistema productivo. (Samaniego, 2012)

1.2.8.1. Degradación de la fertilidad

Es la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo debido a la baja capacidad para mantener vida, su degradación provoca la baja producción en cosechas y el aumento de abonos en el suelo para acrecentar el rendimiento del cultivo. La degradación química es originada por el aumento de toxicidad por concentración o dispersión de elementos químicos, acidificación, sodificación, salinización y desgaste de nutrientes en el suelo.

La degradación física es conocida por el desgaste del suelo por consecuencia de la minoración de la permeabilidad y de la capacidad de retención de agua, además de la pérdida de la estructura y crecimiento de la densidad aparente del suelo. Por último, la degradación biológica es ocasionada por la baja actividad microbiana y la falta de materia orgánica en el suelo de cultivo. (Suquilanda, 2008)

1.2.9. Ciclo de nutrientes esenciales

Un alto porcentaje de materia orgánica del suelo está conformada por la degradación de animales, plantas y hojas muertas, que a su vez son combinadas con partículas inorgánicas del suelo creando un acoplamiento microorganismos que habitan la superficie del suelo. La actuación de microorganismos y animales causa la descomposición de la materia orgánica, seguido de la liberación de nutrientes inorgánicos que son reutilizados para la vida vegetal. Los micronutrientes y macronutrientes son reciclables por la actividad que son sometidos por medio de los cuerpos de animales y plantas para que finalmente sean absorbidos por el suelo, los ciclos de cada nutriente son distintos, estas diferencias van desde el papel que representan los organismos y el método enzimático. (Raven, y otros, 1992)

1.2.9.1. Ciclo del nitrógeno

La presencia del N se muestra en mayor cantidad en gases del aire, siendo esto inutilizable para el ser humano, otra fuente son los minerales del suelo donde por medio de distintos procesos biológicos se obtiene el nitrógeno. Por medio de la descomposición de la materia orgánica se adquiere los nutrientes para su almacenaje, ya que las bacterias contribuyen a los procesos de obtención del nitrógeno y son los siguientes: (Curtis, y otros, 2008)

Amonificación

Es conocido también como mineralización, es la modificación del N en amonio (NH_4^+) por medio transformaciones, donde las bacterias descomponen el nitrógeno y lo transforma en proteínas y compuestos de nitrógeno, es decir cuando existen residuos orgánicos de animales o vegetales el nitrógeno es inorgánico y por medio de bacterias, algas azules u hongos se obtiene la conversión a nitrógeno orgánico en ion amonio o amoniaco, suministrando a la planta el nutriente para su absorción. (Curtis, y otros, 2008)

Nitrificación

La nitrificación es donde las bacterias presentes en el suelo dan lugar a la transformación del ion amonio o amoniaco en nitrito (NO_2), en el cual presenta una toxicidad para la vida vegetal. De tal forma existen otras bacterias las cuales oxidan el nitrito dando como resultado nitratos (NO_3) y liberación de energía. La absorción de nitratos por parte de las plantas es la forma habitual de obtención del nitrógeno, su captación es a través de las raíces. (Curtis, y otros, 2008)

Fijación del nitrógeno

Se realiza por medio de bacterias específicas para la adherencia del nitrógeno al suelo, las bacterias son *Azobacter* que actúa en ausencia de la fuente orgánica de nitrógeno y *Rhizobia*, siendo estas últimas creadoras nódulos en las raíces de leguminosas. (Des Abbayes, y otros, 1989) Se efectúa un proceso de conversión del nitrato ha amonio por medio de células vegetales, la transformación de los iones amonio promueve el traspaso a sustancias que poseen carbono y compuestos orgánicos nitrogenados, los cuales se degradan con rapidez con la ayuda de hongos y bacterias propias del suelo. La cantidad de nitrógeno hallado en el suelo representa la porción de material orgánico descompuesto. (Curtis, y otros, 2008)

Desnitrificación

Es la pérdida de nitratos por acción de bacterias anaeróbicas una de sus consecuencias es la erosión, en donde algunas bacterias anaerobias fijadoras reducen la cantidad de nitratos liberando nitrógeno al ambiente, es decir disminuye su presencia en el suelo y apropiándose de moléculas de oxígeno para el funcionamiento de su metabolismo. (Curtis, y otros, 2008)

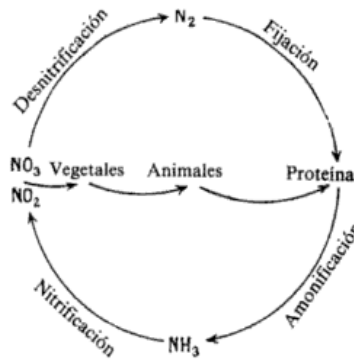


Figura 6-1: Ciclo del nitrógeno
Fuente: (Des Abbayes, y otros, 1989)

1.2.9.2. Ciclo del carbono

La presencia del carbono en la naturaleza se presenta como dióxido de carbono atmosférico, el cual es transformado a través de la fotosíntesis en las plantas, seguido por microorganismos que degradan la materia orgánica, otra forma de fijación de CO_2 es mediante bacterias autótrofas y algas, las cuales convierten el gas en sustancias orgánicas complejas y carbohidratos que se dividen por medio de la cadena trófica formando tejidos de materia viva. Otras fuentes de carbono son el CO_2 diluido en el océano, rocas de carbonatos y combustible fósil, estas últimas poseen dificultades de accesibilidad natural

Como consecuencia la extracción del dióxido de carbono se debe a su incineración, posteriormente la actividad del gas produce la degradación microbiana transformando carbonatos insolubles en bicarbonatos de fácil disolución. El ciclo de retorno del dióxido de carbono a la capa gaseosa se debe en su mayoría a la actividad de bacterias y hongos degradadores de materia orgánica muerta en el suelo, estos microorganismos realizan una oxidación a los residuos vegetales como animales en estado de putrefacción adquiriendo agua y CO_2 . El factor geológico abarca la acumulación,

descomposición lenta y la compactación de restos orgánicos vegetales y animales, otorgando de esta manera el nutriente al suelo. (Henry, y otros, 1999)

1.2.9.3. Ciclo del Fósforo

La fuente principal de fósforo se encuentra en la corteza terrestre, es decir lugares donde se ha efectuado por largos periodos de tiempo la meteorización de minerales y rocas, la presencia del fósforo en el suelo es pequeña, pero es uno de los causantes que a cortan el desarrollo de la vida vegetal.

La vía de desplazamiento de este nutriente va de plantas a animales, donde su retorno se debe a la degradación de residuos orgánicos, los cuales se transforman en fosfato inorgánico que es una forma de absorción viable para las plantas. La usencia del elemento es ocasionada por la escorrentía, erosión y contaminación dando como producto la descarga de fósforo en aguas fluviales para finalmente asentarse en el lecho marino. (Raven, y otros, 1992)

1.2.10. Calidad del suelo

Según el Comité de la Sociedad de la Ciencia del Suelo Americana la calidad del suelo es descrito como “la capacidad funcional de un tipo específico de suelo para sustentar la productividad animal o vegetal, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, y sostener el asentamiento y salud humanos, con límites ecosistématicos naturales o determinados por el manejo”.

Uno de los aspectos importantes, es el constante cuidado del suelo por medio de técnicas de remediación natural, disminuyendo en consecuencia el uso de fertilizantes químicos y pesticidas en el cultivo, el resultado de estas labores es rentable económicamente para el propietario además de mejorar la productividad de las especies vegetales.

La conservación de estos elementos contribuye a la mejora continua de la calidad del agua y aire, asimismo ayuda a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero. La valoración de la calidad del suelo sucede por la variación en alguno de sus indicadores físicos, químicos y biológicos, como la productividad del cultivo, infiltración del agua en el suelo. Estos indicadores ayudan a evaluar la calidad del suelo evidenciando las variaciones en la función y capacidad del suelo.

Existe diversidad en sus propiedades para su evaluación, por lo tanto, se propone un grupo de caracteres que dependen según los factores de formación del suelo, tipo, función, uso y el objetivo al que se quiere llegar. Los indicadores para ser considerados deben cumplir las siguientes condiciones:

Ser comprensibles

Ser sensibles a cambios en su entorno

Ser sensibles a alteraciones de temperatura

Reunir propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo.

Fácil uso en campo y accesible a beneficiario

Detallar procesos de ecosistemas (Navarro García, y otros, 2013)

Cuadro 0-1: Indicadores Físicos, Químicos y Biológicos de Calidad del Suelo

Indicadores Físicos	
Propiedad	Funciones y condiciones del suelo
Textura	Retención y transporte de nutrientes y agua. Erosión del suelo
Profundidad del suelo superficial	Estimación del potencial y de la erosión
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lixiviación, erosión y productividad
Capacidad de retención de agua	Relacionado con el contenido de humedad, transporte y erosión; humedad aprovechable, textura y materia organica
Indicadores Químicos	
Propiedad	Funciones y condiciones del suelo
Materia Orgánica (N y C Total)	Fertilidad del suelo, estabilidad y erosión. Potencial productivo
pH	Límites para la actividad química y biológica, para el crecimiento de plantas y actividad microbiología.
Conductividad Eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana
P, N y K extraíbles	Disponibilidad de nutrientes para la planta.

A continuación

Indicadores de la calidad ambiental.	
Indicadores Biológicos	
Propiedad	Funciones y condiciones del suelo
C y N de la biomasa microbiana	Potencial catalizador microbiana. Reposición de C y N
Respiración, humedad y temperatura	Medida de la actividad microbiana Estimación de la biomasa
N mineralizable	Productividad del suelo. Suministro de N.

Fuente: (Navarro García, y otros, 2013)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

1.2.11. Contaminación del Suelo

Es la aglomeración de agregados tóxicos como sustancias químicas, sales, agentes virulógicos, que causan impedimentos al desarrollo de la vida vegetal, enfermedades para los seres humanos como también para los animales, además de causar un desequilibrio al ambiente, reduciendo la productividad del suelo. Es necesario diferenciar el tipo de contaminación a la que es recurso suelo se ve afectado, como la contaminación endógena o natural que ocurre cuando la elevada concentración de metales durante el proceso de evolución del suelo. Otra forma es la contaminación antrópica que es ocasionada por acciones de seres humanos.

Los efectos de la contaminación del suelo depende de la biodisponibilidad, concentración y tipo de tóxico, en la siguiente tabla se presentan los supuestos resultados. (Jiménez Ballesta, 2017)

Cuadro 2-1: Efectos de la Contaminación del Suelo

Ambiental	Agrícola	Industrial
Degradación de medio ambiente	Disminución de fertilidad del suelo.	Desequilibrio ecológico
Desequilibrio de ciclos bioquímicos	Disminución de la calidad de cultivos.	Contaminación del agua por sustancias químicas.
Alteración de hábitad de la microbiota del suelo.	Alteración a la producción de cultivos.	Emanación de gases tóxicos.

Alteración de la fauna y
flora del suelo
Contaminación de aguas
superficiales, freáticas y
fluviales

Fuente: (Jiménez Ballesta, 2017)
Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

1.2.11.1. Toxicidad de nutrientes en cultivos

Conocida también como fitotoxicidad, donde la acumulación de sustancias tóxicas en tejidos vegetales influye en el desarrollo de la planta, los efectos se presentan como decoloraciones y marchitamiento en las hojas. La toxicidad de plantaciones provoca la reducción de la calidad y producción del cultivo. Esta actividad se ratifica cuando la planta ha sufrido los efectos por un determinado tiempo, la abundante presencia en tejidos vegetales y la reducción de la producción. Las especies vegetales pueden asimilar elementos específicos como Manganeso, Cobre, Cloro, Boro y Molibdeno, estos elementos pueden producir efectos ocasionales producto de acumulación.

Los elementos no esenciales que presentan toxicidad repetidamente como el Níquel, donde los efectos producidos son complejos de definir. La determinación de estos efectos en la planta se da por medio de su distribución en el vegetal y las interacciones con la textura, pH, materia orgánica, sales del suelo y los metales presentes en exceso. (Ramos Miras, 2002)

La toxicidad del suelo varía según las condiciones de la zona, un suelo ácido se ve afectado por la abundancia del Aluminio y Manganeso, en suelos salinos actúan el boro, sodio y cloruros, mientras que en regiones áridas o semi áridas se presenta alto contenido de sodio, cloruro y bicarbonato de calcio o boro (sales minerales), estos elementos tóxicos son absorbidos por las raíces de las plantas consecuencia de falta de drenaje. (Robinson, 2008)

1.2.11.2. Factores de enriquecimiento del suelo

Es empleado como una referencia para atribuir la fuente de contaminación de sustancias o elementos en el suelo, esto permite valorar el impacto ambiental provocado por acción antropogénica. Estos contaminantes como el Hierro (Fe), Aluminio (Al) y Silicio (Si) se almacenan en la corteza terrestre, el Fe se usa como normalizador en suelos contaminados por metales pesados.

$$FE = \frac{(X/Fe)^{muestra}}{(X/Fe)^{corteza}} \text{ Ecuación 4-1}$$

Donde:

FE = Factor de enriquecimiento

(X / Fe) muestra = Concentración del metal con el hierro

(X / Fe) corteza = Concentración del metal con la corteza terrestre

(Determinación de factores de enriquecimiento y geoacumulación de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, y Zn en suelos de la cuenca alta del río Lerma, 2005)

Se presenta una tabla donde se especifica el origen del metal pesado “X”.

Cuadro 3-1: Clases de factores de enriquecimiento de un metal pesado “X”

Clases de FE	Origen del Elemento X (Metal Pesado)
1-10	De la roca madre.
10 – 500	Moderadamente enriquecido, e indica otra fuente de enriquecimiento adicional a la roca madre.
>500	Indica un alto enriquecimiento y muestra que existe una grave contaminación de origen antropogénico.

Fuente: (Determinación de factores de enriquecimiento y geoacumulación de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, y Zn en suelos de la cuenca alta del río Lerma, 2005)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

1.2.11.3. Índice de geoacumulación

Contribuye a la estimación del grado de contaminación del suelo por sustancias inorgánicas y orgánicas, en áreas con abundante presencia de metales pesados libre de la intervención antropogénica y en zonas con altas concentraciones de metales pesados en la corteza terrestre. El índice de geoacumulación (Igeo) cuenta con una clasificación propia, que determina a su vez su grado de contaminación. (Quevedo Cazares, 2013)

Cuadro 4-1: Clasificación del índice de geoacumulación y grado de contaminación

Valor de Igeo	Clases de Igeo	Grado de Contaminación
0	$I_{geo} < 0$	No contaminado
1	$0 < I_{geo} < 1$	No contaminado a moderadamente contaminado
2	$1 < I_{geo} < 2$	Moderadamente contaminado
3	$2 < I_{geo} < 3$	De moderado a fuertemente contaminado
4	$3 < I_{geo} < 4$	Fuertemente contaminado
5	$4 < I_{geo} < 5$	De fuertemente contaminado a extremadamente contaminado
6	$5 < I_{geo}$	Extremadamente contaminado

Fuente: (Quevedo Cazares, 2013)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

1.2.12. Erosión del suelo

Es el desgajamiento y desplazamiento de partículas finas como las arcillas, limos y arcillas son movilizadas por agua de escorrentía para luego asentarse en zonas depresionales y bajas, combinado con agentes geológicos, antrópicos, eólicos, hídricos y geomorfológicos, siendo dividida su degradación en tres fases que son: desunión, transporte y su sedimentación.

Proceso degradativo que altera de manera física y química las sustancias heterogéneas, la evolución del deterioro empieza por la debilitación de rocas y componentes rocosos que surgen y con ello se producen arenas, limos y arcillas, donde esta última fracción simboliza el estado de variación física, química y biológica de la erosión del suelo. (Núñez Solís, 2011)

Los tipos de erosión existentes son los siguientes:

1.2.12.1. Erosión eólica

Es el deterioro del suelo por parte de viento, que es considerado un agente menos potente comparado con los otros tipos de erosión, sin embargo, es causante de una alta degeneración en climas secos poseedores de régimen pluvial. (UNESCO, 2017)

Se consideran vientos erosivos cuando su velocidad se encuentra entre los 40 a 70 km/h pueden elevar las partículas del suelo y movilizarlas a distintas zonas, este fenómeno es llamado eólico dinámica consiguiendo trasladar distintas fracciones de tierra como arenas finas, gruesas y medianas. La erosión ocurre a alturas inferiores a 1 metro. Las formas de transporte para la erosión eólica son:

En suspensión: Son las partículas finas menores a 0,1mm, que se depositan en el suelo y son transportadas según la dirección del viento en forma de torbellinos, de este modo estas partículas se mantienen en la atmósfera en estado de suspensión donde se estima que puede existir hasta 15 t.

Por desplazamiento paulatino: Es el movimiento tardío de las partículas al filo de la superficie del suelo, sus dimensiones son entre 0,5mm a 2,0mm de diámetro, siendo incluidas las arenas gruesas y medianas.

Por saltación: Es el transporte en espacios reducidos de partículas finas con dimensiones entre 0,1mm a 0,5 mm de diámetro. (Núñez Solís, 2011)

1.2.12.2. Erosión geológica

Denominada también como erosión natural que sucede por el deterioro de las rocas y residuos originados de la fractura de materiales rocosos ubicados en la superficie terrestre, su origen se debe a diferentes factores que son: gradientes geotérmicos o de calor unidos a la geología interna del globo terráqueo, el viento, la lluvia, la energía obtenida por la radiación solar, tensiones gravitacionales, procesos hidrológicos y la rotación del planeta.

Este tipo de erosión actúa de manera tardía, siendo la responsable del relieve de los continentes debido a que su actuación contrarresta los efectos de la depresión del suelo por medio de la velocidad de formación de la tierra, cabe destacar que este fenómeno natural de deterioro contribuye a la fertilidad del suelo. (Núñez Solís, 2011)

1.2.12.3. Erosión antrópica

Se refiere a la erosión provocada por la actividad humana en el suelo, es decir la alteración el panorama original de forma irreversible ocasionando desequilibrios ecológicos, además una de las consecuencias directas es la pérdida de la capa superficial del suelo (horizonte A) y con ello la disminución de la fertilidad por medio de la escorrentía. (Núñez Solís, 2011)

Este proceso se estimula cuando se realizan actividades agrícolas en zonas pobres de vegetación y laderas. (UNESCO, 2017)



Figura 7-1: Erosión del suelo por actividad antrópico
Fuente: (Núñez Solís, 2011)

1.2.12.4. Erosión hídrica

Es la erosión provocada por el efecto de la lluvia depende según la intensidad y persistencia de este fenómeno, ocasionando la pérdida de la cobertura vegetal, empobrecimiento de la estructura del suelo, además este tipo de erosión es característico de zonas tropicales. (Núñez Solís, 2011)

1.2.12.5. Degradación física

El efecto erosivo del suelo en la degeneración física se evidencia en la disminución de tamaño de los residuos rocosos y transformándolos en grava y gravillas, esto provoca la expansión de la superficie y la vulnerabilidad del suelo frente alteraciones químicas. (Núñez Solís, 2011)

1.2.12.6. Degradación química

Los efectos químicos degenerativos en el suelo suceden en el momento que las partículas adquieren un tamaño menor a 2mm que son obtenidas de rocas meteorizadas, esta reacción se efectúa en la superficie de partículas menores a 0,002mm que sufren alteraciones fisicoquímicas y estructurales debido a procesos de hidrólisis donde la reacción se da en disolución acuosa de su entorno. (Núñez Solís, 2011)

1.2.12.7. Degradación biológica

El desgaste biológico se identifica cuando la vegetación altera los moldes estructurales por medio de ácidos orgánicos a través de las raíces, es decir se efectúa un cambio de cationes y aniones en residuos de distintos tamaños menores a 10mm, además de las sustancias liberadas por raíces absorbentes. Esta alteración se presenta en el momento que la flora menor a 2mm invade la zona de sustratos. La unificación de la degradación física, química y biológica a través de las distintas fases de la erosión del suelo complementado con la meteorización de rocas dando como resultado la formación del recurso suelo. (Núñez Solís, 2011)

1.2.13. Plan de manejo agrícola

El plan de manejo es una herramienta práctica y dinámica, donde se planifica los procesos de control de administración de un área determinada. (Amend, y otros, 2002)

El plan de manejo agrícola es aquel donde se estipula el adecuado manejo del cultivo, que empieza desde la elección del terreno, siembra de la planta, monitoreo de la plantación, mantenimiento y cosecha. La caracterización de la zona colabora con su implementación al conocer información detallada de la propiedad, el objetivo principal es mejorar la producción y la conservación de recursos. (Agropecuarios.net, 2011)

El plan de manejo agrícola será implantado en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, parroquia Plan Piloto, Finca “Las Palmeras” y está formado de las siguientes partes:

- **Datos generales**
Se refiere a información básica como: Nombre de la finca, localización política, coordenadas UTM, extensión de la propiedad y datos del propietario.
- **Características generales**
Es la información recaudada por medio de los propietarios de la finca como son: las actividades agrícolas productivas, clases de cultivos en el terreno, tipo de suelo, extensión de la propiedad, variabilidad climatológica, etc.
- **Inventario de la propiedad**

Observación de bienes físicos (construcciones, herramientas, etc.), existencia de un recurso hídrico cercano a la finca, tipos de plantaciones halladas en la propiedad.

- **Labores de pre-siembra**
Descripción de la preparación del terreno previa a la plantación de la planta. Se emplea una limpieza manual y mecánica en toda la superficie designada para el cultivo.
- **Manejo y mantenimiento**
Control de enfermedades y plagas en las plantas, limpieza de las plantas, caminos cercanos a la zona de cultivo.
- **Toma de muestras de suelo**
Monitoreo del estado en que encuentran la plantación como también el recurso suelo, el análisis se realiza del suelo y de las hojas de la planta.
- **Fertilización**
Necesidad nutricional del cultivo.
- **Cosecha del cultivo**
Es la recolección de los frutos de la planta y con ello transporte y distribución comercial a empresas procesadoras. (Valdez, 2010) (Carrillo, y otros, 2015)
- **Producción de cultivos**
Control de producción de todos los cultivos en la propiedad, extensión, ganancias mensuales como anuales, forma de producción, etc.
- **Diagrama de flujo de los procesos de producción de palma africana**
Son las fases del procedimiento de producción de las plantaciones de palma africana.
- **Riesgos endógenos y exógenos**
Son las actividades de riesgo relacionados con la plantación de palma (cultivo, poda, etc.) y riesgos ocasionados por fenómenos naturales.

- **Prevención y control de contaminación**
Medidas de prevención y control de las actividades en la plantación de palma aceitera, frente a la alteración ecológica de los recursos naturales.

- **Capacitación laboral y educación ambiental**
Es el entrenamiento del personal sobre el correcto uso de la maquinaria agrícola, responsabilidad ambiental en la distribución de químicos en fertilización y fumigación del cultivo de palma.

- **Seguridad y salud ocupacional**
Medidas de prevención contra un accidente laboral mientras se ejecuta una actividad. (García Carrión, 2015)

- **Cobertura vegetal**
Es el cultivo de plantas leguminosas como medidas preventivas contra la erosión del suelo, como consecuencia del cultivo de palma. (Chávez M., y otros, 2003)

- **Monitoreo y seguimiento de la plantación**
Es el control de las actividades dentro de la plantación durante un periodo establecido en el año, esto contribuye al mejoramiento operacional de la propiedad en un área establecida. (García Carrión, 2015)

CAPITULO II

2.METODOLOGIA

2.1 Fuentes de información

La principal fuente de información para este análisis técnico fue el reconocimiento de la zona de estudio, donde se pudo observar la extensión de la plantación de Palma Africana y con ello la demanda de nutrientes a la que se encuentra sometido el recurso suelo.

La obtención de información sobre las actividades realizadas que se llevan a cabo en la Finca “Las Palmeras” respecto al cultivo, corresponde a la propietaria Srta. Evelyn Andrea Espinosa Cárdenas y a los trabajadores del lugar que asisten al mantenimiento del cultivo, contribuyendo a una descripción detallada de los procesos de cultivo, fumigación, de poda, de fertilización y por ultimo de cosecha.

2.2 Tipo de estudio

La elaboración de este trabajo de titulación técnico se estableció como una investigación bibliográfica y documental, descriptiva y de campo.

La investigación bibliográfica de este estudio técnico fue elaborada por medio de libros, guías técnicas, información del Instituto de Investigación Agropecuarias (INIAP), del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), FEDAPAL, internet, contando con estudios realizados previamente sobre este tipo investigación.

La investigación descriptiva se estableció a través de los análisis de suelos realizados, además de las interacciones producidas en el área de estudio, observación del estado de las plantaciones, características climáticas y elaboraciones de mapas referentes a la zona de investigación.

El estudio de campo se efectuó por los monitores al área de análisis, recorridos de reconocimiento, realización de los muestreos de suelos y obtención de coordenadas geográficas de la Finca “Las Palmeras”.

2.3 Registro de coordenadas de la zona de estudio

La exploración de la finca se efectuó primordialmente de forma visual para conocer el estado real del terreno, junto a la colaboración de un trabajador de la propiedad que indicó las distintas áreas que posee la finca, otra de sus contribuciones fue revelar las actividades que se realizan respecto a los cultivos de palma africana y otros cultivos.

En el recorrido del área se utilizó equipos como un GPS con el sistema de coordenadas UTM WGS 84, usado para la obtención de la georreferenciación de la Finca “Las Palmeras” y para la toma de imágenes un teléfono móvil iPhone 5s.

2.4 Población y muestra

2.4.1 La zona de estudio

La población de estudio son las 20 muestras de suelo de la plantación de Palma Africana y de suelos no intervenidos con dicho cultivo en Finca “Las Palmeras”, se extrajo 10 muestras compuestas de cada tipo de suelo, ubicados en un área de 10 hectáreas que componen la finca, su establecimiento es la parroquia Plan Piloto, Cantón la Concordia, Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.

2.4.2 Selección de la muestra

2.4.2.1 Muestreo sistemático

El muestreo se fundamenta en la adquisición de muestras con similar distancia entre ellas para alcanzar una adecuada representación de la población, se elabora dependiendo de las dimensiones del área, en dado caso de tratarse de dos dimensiones es necesario delinear líneas verticales y horizontales, el cruce de líneas otorga el lugar de extracción de la muestra. El número de puntos depende del grado de representación que se desea. (UNAM, 2011)

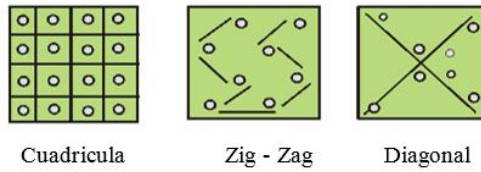


Figura 1-2: Tipo de Muestreo Sistemático
Fuente: (Sosa, 2012)

2.4.2.2 Muestreo compuesto

Es la muestra de suelo obtenida por la extracción de varias submuestras reunidas en un recipiente y mezcladas, de donde se retiran de 0,5 a 1 kg de suelo, este tipo de muestra debe ser homogénea, además que cada muestra extraída del suelo posea el mismo volumen que las demás y que represente la misma sección transversal del volumen de que se toma la muestra sea de 20 cm (igual profundidad). (Sosa, 2012)

Estas muestras son del tipo alteradas y su extracción es superficial, es usado en estudios de fertilidad y para evaluaciones de concentraciones en áreas homogéneas, el número de submuestras es indeterminado pero se recomienda extraer de 16 o más muestras. (UNAM, 2011)

2.4.2.3 Método de Cuarteo

Es un antiguo método probalístico de partición manual que es aplicado en grandes extensiones de terreno y también usado en pequeñas parcelas. (Harp Iturribarria, 2005)

El cuarteo se emplea cuando las muestras recolectadas son superficiales, con una profundidad máxima de un metro, este método es válido para muestras compuestas, ya que debido a los grandes volúmenes de muestras se aconseja realizar la partición por cuarteo a la mezcla elaborada hasta alcanzar el peso de suelo necesario para su análisis.

Se propone que el número de submuestras sea de 10 a 20 submuestras conformadoras de una muestra compuesta. (MINAM, 2014)

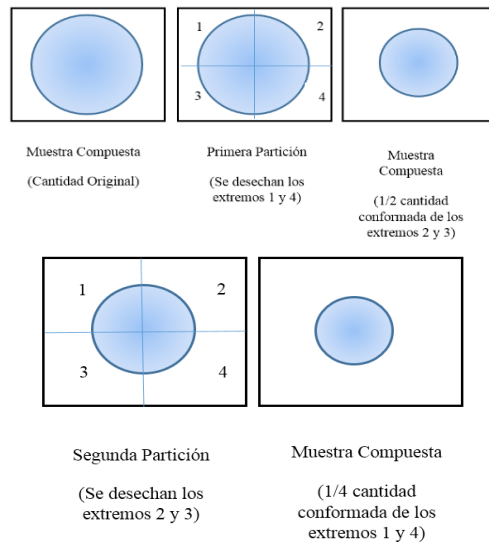


Figura 2-2: Cuarteo de Muestras de Suelo

Fuente: (MINAM, 2014)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

2.4.3 Tamaño de la muestra

Según el TULSMA Anexo 2 Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados (Anexo 1), en este trabajo de titulación se obtendrán un total 20 muestras compuestas, donde cada muestra compuesta representará una hectárea; cada muestra contendrá 16 submuestras de suelos.

Las muestras se obtendrán de dos distintos cultivos, el primero perteneciente al cultivo de 5 hectáreas de Palma Africana y el segundo correspondiendo a 5 hectáreas de suelo no intervenido por el cultivo de Palma. El peso establecido de extracción por muestra compuesta fue de 2 lb., según los requisitos presentados por el laboratorio para su análisis.

2.5 Técnicas de recolección de datos

2.5.1 Fase de campo

2.5.1.1 Localización política y geográfica de la plantación

La Finca “Las Palmeras” se encuentra localizada en el km 32 de la vía Quinindé, perteneciente a la Parroquia Plan Piloto, con una extensión de 10 hectáreas.

La Parroquia Rural de Plan Piloto se encuentra bajo la jurisdicción del cantón de La Concordia, perteneciente a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas que posee una extensión territorial de 8 152,37 hectáreas. Esta área representa el 2.18 % de la superficie total de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. La parroquia está organizada por los poblados o recintos que son: Buenos Aires, Flor del Blanquito, El Rosario, Apolo XI, Santa Cielo y San Francisco del Mache.

La cabecera parroquial de Plan Piloto está compuesta por siete barrios como La Dolorosa, Barrio Central, Las Toquillas, Barrio 16 de noviembre, Brisas del Río, Barrio El Cisne y Santa Isabel. (GAD Provincial Santo Domingo de los Tsáchilas, 2015)

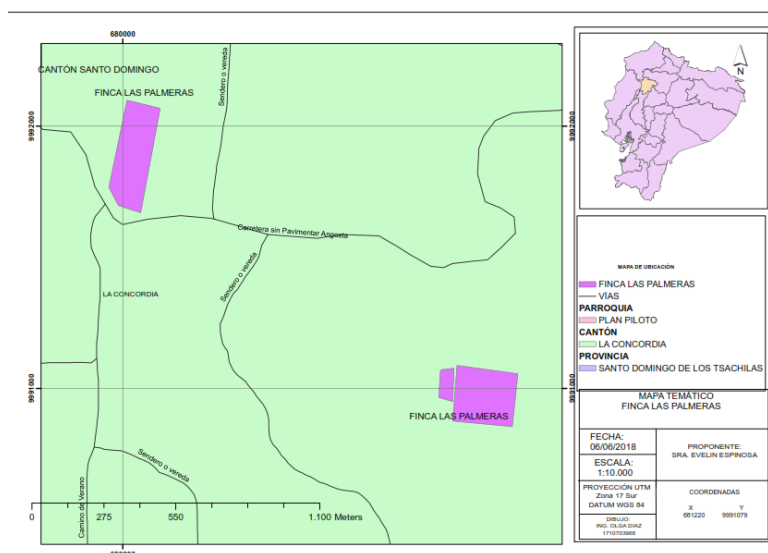


Figura 3-2: Mapa de Ubicación Finca “Las Palmeras”

Fuente: Cartografía propiedad del Ing. Jaime Pazmiño, Consultor Ambiental MAE No. 051
Realizado por: Ing. Olga Díaz

La parroquia se encuentra localizada en la parte Sur-Este del cantón La Concordia y al norte de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Al Norte: La jurisdicción de la cabecera cantonal La Concordia

Al Sur: La parroquia San Jacinto del Búa

Al Este: La parroquia Valle Hermoso.

Al Oeste: La parroquia La Villegas

Plan Piloto se encuentra a 260 msnm, a una temperatura promedio entre 23 a 25,5° C y su población es de 2573 habitantes. (GAD Parroquial Plan Piloto, 2015)

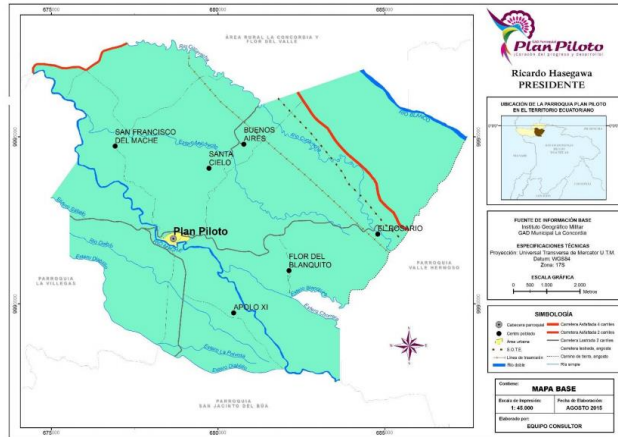


Figura 4-2: Mapa Base de la Parroquia Plan Piloto
Fuente: (GAD Parroquial Plan Piloto, 2015)

2.5.1.2 Características de la Finca Las Palmeras

La finca “Las Palmeras” cubre una extensión de 10 hectáreas de terreno, donde se encuentra conformada por una casa de planta baja, se realiza la producción avícola y porcina en pequeña escala para el consumo propio por parte de los propietarios de la finca, además de la presencia de pasto en pequeñas cantidades, el cual es consumido por el escaso ganado existente dentro de la propiedad.

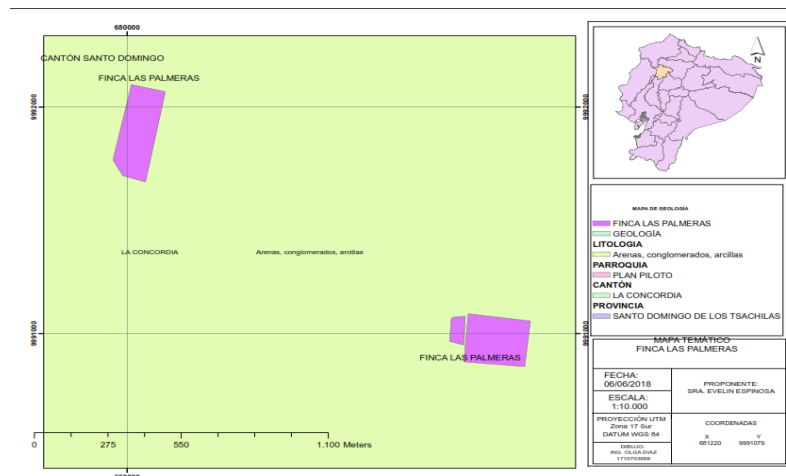


Figura 5-2: Mapa de Geología Finca “Las Palmeras”
Fuente: Cartografía propiedad del Ing. Jaime Pazmiño, Consultor Ambiental MAE No. 051
Realizado por: Ing. Olga Díaz

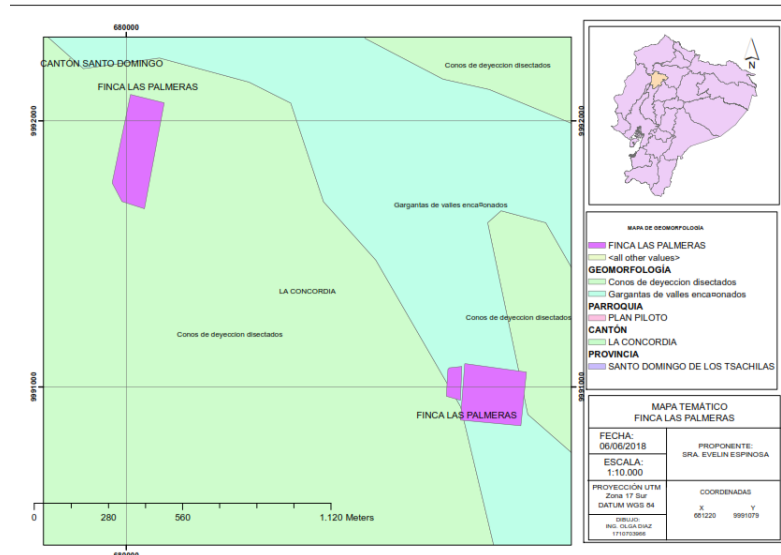


Figura 6-2: Mapa de Geomorfología Finca “Las Palmeras”

Fuente: Cartografía propiedad del Ing. Jaime Pazmiño, Consultor Ambiental MAE No. 051
Realizado por: Ing. Olga Díaz

Otro tipo de vida vegetal es la aparición de árboles de Guayacán, árboles de Laurel, Guaba, Limón, Naranja, Toronjas y de Achotillo que se encuentran distribuidos en los linderos de la propiedad, el cultivo permanente en el terreno es la plantación de Palma Africana.



Figura 7-2: Cultivo de Palma Africana, Finca “Las Palmeras”

Fuente: Martínez Carrera, K. (2018)

2.5.1.3 Climatología de la zona de estudio

La parroquia Plan Piloto cuenta con un piso climático tropical lluvioso, donde su precipitación anual estimada es de 3000 m, poseyendo una alta humedad con el 88% y variaciones de temperatura de 23 a 25,5°C. (GAD Parroquial Plan Piloto, 2015)

Las condiciones climatológicas de una zona determinada no son constantes, es por ello necesario la obtención de datos meteorológicos a través de organismos gubernamentales como el INAMHI, que es el Instituto Nacional de Meteorológica e Hidrología. La estación más cercana a la plantación es la estación meteorológica La Concordia (Cód. 0025) que se encuentra a 379 msnm.

2.5.2 Muestreo de Suelo

2.5.2.1 Requisitos generales para el recogimiento de muestras

El proceso de recolección de muestras en el suelo mantiene una serie de pasos para la correcta ejecución de la extracción del material de estudio, el volumen recogido debe ser representativo según la superficie a analizar, los requisitos son los siguientes:

- Tipo de muestreo

Cuadro 1-2: Tipo de muestras de suelo

<i>Muestra de Suelo</i>		Superficiales	Muestras recopiladas de un mismo lugar, además son empleadas para la examinación del comportamiento superficial del suelo.
		Alterada	Compuestas
		Por Horizontes	Muestras obtenidas de los distintos horizontes del perfil del suelo, se utilizan para exámenes fisicoquímicos, mineralogía y para observación de la actuación de contaminantes.
		Inalteradas	Son aquellas muestras recogidas sin alteración a su estructura, usadas para análisis de densidad aparente, micromorfológicos y en estudio de columnas de suelo.

Fuente: (UNAM, 2011)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

- Equipo de muestreo

La selección de las herramientas de muestreo se definen según: el acceso a la zona de estudio, la magnitud de muestra necesitada, la profundidad a la se extrae el material, la textura del suelo y la variabilidad de humedad a la que se encuentra sometida el terreno. (UNAM, 2011)

- Profundidad

La profundidad utilizada para la sustracción del suelo es dependiente del objetivo a examinar, su distancia es a partir de la superficie en centímetros. La variabilidad de profundidad ocurre según el tipo de análisis a realizar, los más recurrentes son los siguientes: Estudios de fertilidad a una profundidad de 0 a 20 cm (según largo de raíces), Actividad de contaminantes en horizontes y fijación de carbono a 5 cm de profundidad, clasificación de suelos de 0 a 20 cm de profundidad y actuación del fuego en zona agrícolas a 5 cm de profundidad. (UNAM, 2011)

- Medida de muestra requerida

Se refiere al volumen obtenido al finalizar el muestreo, la cantidad debe ser considerativa según los distintos análisis (caracterización del suelo, análisis microbiológicos, etc.) a realizar en dichas muestras, es necesario la separación de muestras sin intervención de las muestras alteradas, se aconseja recolectar el menor número de muestras para evitar la alteración de medio natural donde se realiza el estudio. (UNAM, 2011)

- Temporada de muestreo

El momento de la recolección de muestras confiere a varios requisitos como las actividades agrícolas en la zona, estación del año, plan de muestreo conforme las características de la plantación, tipo de suelo, etc. (UNAM, 2011)

2.5.2.2 Área de muestreo

Tabla 1-2:Coordenadas UTM de puntos de muestreos de suelo con cultivo de Palma Africana

SUELO CON PALMA AFRICANA			
Muestra Compuesta	Submuestra	Altitud (msl)	Coordenadas UTM
M1	SubM1	264,22	679950,6E 9991770,2N 17M
	SubM2	263,92	679963,7E 9991769,8N 17M
	SubM3	262,92	679973,1E 9991770,8N 17M
	SubM4	263,92	679966,7E 9991740,0N 17M
	SubM5	264,92	679966,2E 9991739,8N 17M
	SubM6	267,92	679961,5E 9991756,2N 17M
	SubM7	255,92	679992,5E 9991773,7N 17M
	SubM8	260,92	679996,3E 9991760,1N 17M
	SubM9	258,92	680002,4E 9991715,8N 17M
	SubM10	257,92	680023,1E 9991721,4N 17M
	SubM11	254,92	680037,7E 9991704,7N 17M
	SubM12	257,92	680058,7E 9991684,9N 17M
	SubM13	256,92	680059,3E 9991705,8N 17M
	SubM14	253,92	680057,6E 9991731,5N 17M
	SubM15	250,92	680045,9E 9991750,9N 17M
	SubM16	248,92	680023,3E 9991752,3N 17M
M2	SubM1	264,2	679956,1E 9991772,7N 17M
	SubM2	263,9	679969,2E 9991772,3N 17M
	SubM3	262,9	679978,6E 9991773,3N 17M
	SubM4	263,9	679972,2E 9991742,5N 17M
	SubM5	264,9	679971,7E 9991742,3N 17M
	SubM6	267,9	679967,5E 9991758,7N 17M
	SubM7	255,9	679998,5E 9991776,2N 17M
	SubM8	260,9	680001,8E 9991762,6N 17M
	SubM9	258,9	680007,9E 9991718,3N 17M
	SubM10	257,9	680028,6E 9991723,9N 17M
	SubM11	254,9	680043,2E 9991707,2N 17M
	SubM12	257,9	680064,2E 9991687,4N 17M
	SubM13	256,9	680064,8E 9991708,3N 17M
	SubM14	253,9	680063,1E 9991734,5N 17M
	SubM15	250,9	680051,4E 9991753,4N 17M
	SubM16	248,9	680028,8E 9991754,8N 17M
M3	SubM1	270,92	679985,4E 9991855,4N 17M
	SubM2	267,92	680006,6E 9991827,5N 17M

	SubM3	266,92	680014,6E 9991839,8N 17M
	SubM4	265,92	680023,8E 9991853,4N 17M
	SubM5	261,92	680033,2E 9991842,9N 17M
	SubM6	262,92	680035,7E 9991827,8N 17M
	SubM7	270,92	680033,6E 9991819,2N 17M
	SubM8	267,92	680044,4E 9991823,7N 17M
	SubM9	270,92	680048,0E 9991829,9N 17M
	SubM10	266,92	680054,6E 9991838,1N 17M
	SubM11	269,92	680059,7E 9991844,4N 17M
	SubM12	267,92	680070,0E 9991848,3N 17M
	SubM13	267,92	680074,2E 9991830,7N 17M
	SubM14	266,92	680073,6E 9991819,9N 17M
	SubM15	266,92	680073,1E 9991813,7N 17M
	SubM16	265,92	680078,2E 9991826,1N 17M
M4	SubM1	270,9	679990,9E 9991857,9N 17M
	SubM2	267,9	680012,1E 9991830,0N 17M
	SubM3	266,9	680020,1E 9991842,3N 17M
	SubM4	265,9	680029,3E 9991855,9N 17M
	SubM5	261,9	680038,7E 9991845,4N 17M
	SubM6	262,9	680041,2E 9991830,3N 17M
	SubM7	270,9	680039,1E 9991821,7N 17M
	SubM8	267,9	680049,9E 9991826,2N 17M
	SubM9	270,9	680053,5E 9991832,4N 17M
	SubM10	266,9	680060,1E 9991840,6N 17M
	SubM11	269,9	680065,2E 9991846,9N 17M
	SubM12	267,9	680075,5E 9991850,8N 17M
	SubM13	267,9	680079,7E 9991833,2N 17M
	SubM14	266,9	680079,1E 9991822,4N 17M
	SubM15	266,9	680078,6E 9991816,2N 17M
	SubM16	265,9	680083,7E 9991828,6N 17M
M5	SubM1	265,92	679993E 9991862N 17M
	SubM2	264,92	680003E 9991879N 17M
	SubM3	263,92	680004E 9991881N 17M
	SubM4	263,92	680016E 9991854N 17M
	SubM5	259,92	680027E 9991880N 17M
	SubM6	254,92	680028E 9991882N 17M
	SubM7	265,92	680052E 9991857N 17M
	SubM8	264,92	680065E 9991871N 17M
	SubM9	261,92	680078E 9991874N 17M
	SubM10	265,92	680080E 9991867N 17M
	SubM11	264,92	680078E 9991866N 17M

	SubM12	267,92	680088E 9991885N 17M
	SubM13	267,92	680083E 9991888N 17M
	SubM14	257,92	680058E 9991888N 17M
	SubM15	256,92	680042E 9991890N 17M
	SubM16	259,92	680025E 9991888N 17M
M6	SubM1	265,9	679998,5E 9991864,5N 17M
	SubM2	264,9	680008,5E 9991881,5N 17M
	SubM3	263,9	680009,5E 9991883,5N 17M
	SubM4	263,9	680021,5E9991856,5N 17M
	SubM5	259,9	680032,5E 9991882,5N 17M
	SubM6	254,9	680033,5E 9991884,5N 17M
	SubM7	265,9	680057,5E 9991859,5N 17M
	SubM8	264,9	680070,5E 9991873,5N 17M
	SubM9	261,9	680083,5E 9991876,5N 17M
	SubM10	265,9	680085,5E 9991869,5N 17M
	SubM11	264,9	680083,5E 9991868,5N 17M
	SubM12	267,9	680093,5E 9991887,5N 17M
	SubM13	267,9	680088,5E 9991890,5N 17M
	SubM14	257,9	680063,5E 9991890,5N 17M
	SubM15	256,9	680047,5E 9991892,5N 17M
	SubM16	259,9	680030,5E 9991890,5N 17M
M7	SubM1	263,92	679999,8E 9991939,5N 17M
	SubM2	258,92	680011,1E 9991933,9N 17M
	SubM3	257,92	680020,5E 9991931,0N 17M
	SubM4	258,92	680025,6E 9991930,0N 17M
	SubM5	258,92	680039,9E 9991924,1N 17M
	SubM6	262,92	680042,9E 9991915,6N 17M
	SubM7	262,92	680047,1E 9991906,3N 17M
	SubM8	261,92	680051,6E 9991906,6N 17M
	SubM9	259,92	680065,9E 9991918,4N 17M
	SubM10	260,92	680073,3E 9991922,7N 17M
	SubM11	262,92	680074,3E 9991912,9N 17M
	SubM12	261,92	680084,1E 9991900,6N 17M
	SubM13	259,92	680083,9E 9991894,3N 17M
	SubM14	261,92	680091,5E 9991906,4N 17M
	SubM15	264,92	680090,9E 9991908,1N 17M
	SubM16	263,92	680100,9E 9991913,5N 17M
M8	SubM1	263,9	680005,3E 9991942N 17M
	SubM2	258,9	680016,6E 9991936,4N 17M
	SubM3	257,9	680026,0E 9991933,5N 17M
	SubM4	258,9	680031,1E 9991932,5N 17M

	ubM5	258,9	680045,4E 9991926,6N 17M
	SubM6	262,9	680048,4E9991918,1N 17M
	SubM7	262,9	680052,6E 9991908,8N 17M
	SubM8	261,9	680057,1E 9991909,1N 17M
	SubM9	259,9	680071,4E 9991920,9N 17M
	SubM10	260,9	680078,8E 9991925,2N 17M
	SubM11	262,9	680079,8E 9991915,4N 17M
	SubM12	261,9	680089,6E 9991903,1N 17M
	SubM13	259,9	680089,4E 9991896,8N 17M
	SubM14	261,9	680097,0E 9991908,9N 17M
	SubM15	264,9	680096,4E 9991910,6N 17M
	SubM16	263,9	680106,4E 9991916,0N 17M
M9	SubM1	264,92	679994E 9991966N 17M
	SubM2	260,92	680006E 9991997N 17M
	SubM3	257,92	680006E 9991996N 17M
	SubM4	262,92	679999E 9991966N 17M
	SubM5	261,92	680006E 9991966N 17M
	SubM6	258,92	680026E 9991971N 17M
	SubM7	256,92	680044E 9991958N 17M
	SubM8	253,92	680080E 9991978N 17M
	SubM9	258,92	680087E 9991930N 17M
	SubM10	257,92	680084E 9991947N 17M
	SubM11	250,92	680085E 9991967N 17M
	SubM12	246,92	680098E 9991964N 17M
	SubM13	253,92	680099E 9991954N 17M
	SubM14	255,92	680110E 9991942N 17M
	SubM15	255,92	680101E 9991937N 17M
	SubM16	253,92	680112E 9991963N 17M
M10	SubM1	264,9	679999,5E 9991968,5N 17M
	SubM2	260,9	680011,5E9991999,5N 17M
	SubM3	257,9	680013,5E 9991998,5N 17M
	SubM4	262,9	680004,5E 9991968,5N 17M
	SubM5	261,9	680012,5E 9991968,5N 17M
	SubM6	258,9	680031,5E 9991973,5N 17M
	SubM7	256,9	680049,5E 9991960,5N 17M
	SubM8	253,9	680085,5E 9991980,5N 17M
	SubM9	258,9	680092,5E 9991932,5N 17M
	SubM10	257,9	680089,5E 9991949,5N 17M
	SubM11	250,9	680090,5E 9991969,5N 17M
	SubM12	246,9	680103,5E 9991966,5N 17M
	SubM13	253,9	680104,5E 9991956,5N 17M

	SubM14	255,9	680115,5E 9991944,5N 17M
	SubM15	255,9	680106,5E 9991939,5N 17M
	SubM16	253,9	680117,5E 9991965,5N 17M

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Tabla 2-2:Coordenadas UTM de puntos de muestreos de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

SUELO NO INTERVENIDO CON CULTIVO DE PALMA AFRICANA			
Muestra Compuesta	Submuestra	Altitud	Coordenadas UTM
M1	SubM1	261,92	681245,3E 9990956,3N 17M
	SubM2	255,92	681236,4E 9990954,7N 17M
	SubM3	255,92	681229,8E 9990962,0N 17M
	SubM4	259,92	681239,5E 9990962,8N 17M
	SubM5	262,92	681234,1E 9990970,8N 17M
	SubM6	259,92	681245,4E 9990978,4N 17M
	SubM7	260,92	681234,1E 9990981,5N 17M
	SubM8	266,92	681243,2E 9990989,9N 17M
	SubM9	263,92	681254,7E 9991000,3N 17M
	SubM10	268,92	681247,4E 9991006,0N 17M
	SubM11	266,92	681242,2E 9991016,2N 17M
	SubM12	268,92	681237,9E 9991024,1N 17M
	SubM13	267,92	681250,4E 9991036,2N 17M
	SubM14	268,92	681239,0E 9991045,1N 17M
	SubM15	260,92	681251,9E 9991059,7N 17M
	SubM16	265,92	681226,9E 9991075,0N 17M
M2	SubM1	262,9	681250,8E 9990958,8N 17M
	SubM2	256,9	681241,9E 9990957,2N 17M
	SubM3	256,9	681235,3E 9990964,5N 17M
	SubM4	260,9	681245,0E 9990965,3N 17M
	SubM5	263,9	681239,6E 9990973,3N 17M
	SubM6	260,9	681250,9E 9990980,9N 17M
	SubM7	261,9	681239,6E 9990984,0N 17M
	SubM8	267,9	681248,7E 9990992,4N 17M
	SubM9	264,9	681260,2E 9991002,8N 17M
	SubM10	269,9	681252,9E 9991008,5N 17M
	SubM11	267,9	681247,7E 9991018,7N 17M
	SubM12	269,9	681243,4E 9991026,6N 17M
	SubM13	268,9	681255,9E 9991038,7N 17M

	SubM14	269,9	681244,5E 9991047,6N 17M
	SubM15	261,9	681257,4E 9991062,2N 17M
	SubM16	266,9	681232,4E 9991077,5N 17M
M3	SubM1	266,92	681485,2E 9990900,6N 17M
	SubM2	260,92	681475,2E 9990882,3N 17M
	SubM3	257,92	681457,2E 9990899,1N 17M
	SubM4	261,92	681444,1E 9990883,3N 17M
	SubM5	262,92	681427,0E 9990887,0N 17M
	SubM6	266,92	681405,4E 9990883,7N 17M
	SubM7	264,92	681386,3E 9990878,1N 17M
	SubM8	261,92	681366,5E 9990885,4N 17M
	SubM9	259,92	681345,3E 9990884,4N 17M
	SubM10	263,92	681319,7E 9990899,2N 17M
	SubM11	268,92	681305,8E 9990880,1N 17M
	SubM12	266,92	681292,9E 9990891,2N 17M
	SubM13	272,92	681277,5E 9990886,9N 17M
	SubM14	273,92	681262,2E 9990880,4N 17M
	SubM15	270,92	681259,1E 9990895,2N 17M
	SubM16	269,92	681253,2E 9990880,4N 17M
M4	SubM1	267,9	681490,7E 9990903,1N 17M
	SubM2	261,9	681480,7E 9990884,8N 17M
	SubM3	258,9	681462,7E 9990901,6N 17M
	SubM4	262,9	681449,6E 9990885,8N 17M
	SubM5	263,9	681432,5E 9990889,5N 17M
	SubM6	267,9	681410,9E 9990886,2N 17M
	SubM7	265,9	681391,8E 9990880,6N 17M
	SubM8	262,9	681372E 9990887,9N 17M
	SubM9	260,9	681350,8E 9990886,9N 17M
	SubM10	264,9	681325,2E 9990901,7N 17M
	SubM11	269,9	681311,3E9990882,6N 17M
	SubM12	267,9	681298,4E 9990893,7N 17M
	SubM13	273,9	681283E 9990889,4N 17M
	SubM14	274,9	681267,7E 9990882,9N 17M
	SubM15	271,9	681264,6E 9990897,7N 17M
	SubM16	270,9	681258,7E 9990882,9N 17M
M5	SubM1	267,92	681275,1E 9991009,0N 17M
	SubM2	265,92	681279,8E 9990985,0N 17M
	SubM3	270,92	681296,5E 9990983,5N 17M
	SubM4	270,92	681312,2E 9990967,9N 17M
	SubM5	269,92	681328,6E 9990963,7N 17M
	SubM6	269,92	681345,1E 9990945,9N 17M

	SubM7	271,92	681356,7E 9990954,9N 17M
	SubM8	271,92	681366,7E 9990948,4N 17M
	SubM9	269,92	681377,5E 9990938,0N 17M
	SubM10	268,92	681396,4E 9990939,9N 17M
	SubM11	266,92	681410,8E 9990936,0N 17M
	SubM12	267,92	681430,3E 9990945,4N 17M
	SubM13	266,92	681453,7E 9990944,8N 17M
	SubM14	267,92	681459,2E 9990930,3N 17M
	SubM15	271,92	681476,8E 9990935,8N 17M
	SubM16	270,92	681484,5E 9990919,1N 17M
M6	SubM1	268,9	681280,6E 9991011,5N 17M
	SubM2	266,9	681285,3E 9990987,5N 17M
	SubM3	271,9	681302E 9990986N 17M
	SubM4	271,9	681317,7E 9990970,4N 17M
	SubM5	270,9	681334,1E 9990966,2N 17M
	SubM6	270,9	681350,6E 9990948,4N 17M
	SubM7	272,9	681362,2E 9990957,4N 17M
	SubM8	272,9	681372,2E 9990950,9N 17M
	SubM9	270,9	681383E 9990940,5N 17M
	SubM10	269,9	681401,9E 9990942,4N 17M
	SubM11	267,9	681416,3E 9990938,5N 17M
	SubM12	268,9	681435,8E 9990947,9N 17M
	SubM13	267,9	681459,2E 9990947,3N 17M
	SubM14	268,9	681464,7E 9990932,8N 17M
	SubM15	272,9	681482,3E 9990938,3N 17M
	SubM16	271,9	681490E 9990921,6N 17M
M7	SubM1	268,92	681273,1E 9991033,4N 17M
	SubM2	265,92	681267,3E 9991026,5N 17M
	SubM3	266,92	681285,8E 9991026,2N 17M
	SubM4	270,92	681302,5E 9991021,6N 17M
	SubM5	269,92	681311,3E 9991012,7N 17M
	SubM6	269,92	681316,0E 9991001,7N 17M
	SubM7	268,92	681328,4E 9991000,4N 17M
	SubM8	270,92	681337,5E 9990985,9N 17M
	SubM9	268,92	681358,2E 9990994,7N 17M
	SubM10	270,92	681378,1E 9990977,6N 17M
	SubM11	266,92	681397,8E 9990989,6N 17M
	SubM12	267,92	681420,5E 9990976,8N 17M
	SubM13	266,92	681443,0E 9990987,2N 17M
	SubM14	267,92	681456,6E 9990975,0N 17M
	SubM15	270,92	681468,3E 9990980,7N 17M

	SubM16	271,92	681490,5E 9990979,7N 17M
M8	SubM1	269,9	681278,6E 9991035,9N 17M
	SubM2	266,9	681272,8E 9991029,0N 17M
	SubM3	267,9	681291,3E 9991028,7N 17M
	SubM4	271,9	681308E 9991024,1N 17M
	SubM5	270,9	681316,8E 9991015,2N 17M
	SubM6	270,9	681321,5E 9991004,2N 17M
	SubM7	269,9	681333,9E 9991002,9N 17M
	SubM8	271,9	681343E 9990988,4N 17M
	SubM9	269,9	681363,7E 9990997,2N 17M
	SubM10	271,9	681383,6E 9990980,1N 17M
	SubM11	267,9	681403,3E 9990992,1N 17M
	SubM12	268,9	681426E 9990979,3N 17M
	SubM13	267,9	681448,5E 9990989,7N 17M
	SubM14	268,9	681462,1E 9990977,5N 17M
	SubM15	271,9	681473,8E 9990983,2N 17M
	SubM16	272,9	681496E 9990982,2N 17M
M9	SubM1	268,92	681277,6E 9991043,5N 17M
	SubM2	266,92	681287,1E 9991052,2N 17M
	SubM3	268,92	681306,5E 9991051,0N 17M
	SubM4	266,92	681307,2E 9991044,6N 17M
	SubM5	267,92	681299,2E 9991035,3N 17M
	SubM6	269,92	681305,7E 9991032,3N 17M
	SubM7	271,92	681313,1E 9991031,3N 17M
	SubM8	271,92	681329,5E 9991028,5N 17M
	SubM9	272,92	681327,9E 9991019,9N 17M
	SubM10	269,92	681325,1E 9991012,1N 17M
	SubM11	268,92	681335,1E 9991011,3N 17M
	SubM12	267,92	681348,3E 9991009,9N 17M
	SubM13	267,92	681362,0E 9991018,5N 17M
	SubM14	266,92	681368,4E 9991009,0N 17M
	SubM15	267,92	681377,1E 9990998,0N 17M
	SubM16	267,92	681384,9E 9991006,6N 17M
M10	SubM1	269,9	681283,1E 9991046N 17M
	SubM2	267,9	681292,6E 9991054,7N 17M
	SubM3	269,9	681312E 9991053,5N 17M
	SubM4	267,9	681312,7E 9991047,1N 17M
	SubM5	268,9	681304,7E 9991037,8N 17M
	SubM6	270,9	681311,2E 9991034,8N 17M
	SubM7	272,9	681318,6E 9991033,8N 17M
	SubM8	272,9	681335E 9991031N 17M

	SubM9	273,9	681333,4E 9991022,4N 17M
	SubM10	270,9	681330,6E 9991014,6N 17M
	SubM11	269,9	681340,6E 9991013,8N 17M
	SubM12	268,9	681353,8E 9991012,4N 17M
	SubM13	268,9	681367,5E 9991021N 17M
	SubM14	267,9	681373,9E 9991011,5N 17M
	SubM15	268,9	681382,6E 9991000,5N 17M
	SubM16	268,9	681390,4E 9991009,1N 17M

Elaborado por: Martínez Carrera, K.(2018)

2.5.2.3 Instrumentos de muestreo

Los materiales usados para la extracción de muestras de suelo de la plantación de palma aceitera y muestras de suelos no cultivados con palma son los siguientes:

Materiales de uso de campo

- Pala
- Barreno
- Balde
- Machete
- Cuchillo
- Flexómetro
- Bolsas plásticas (Ziploc)
- Bolsas plásticas
- Balanza
- Guantes
- Cámara fotográfica
- GPS
- Contenedor de muestras (Cooler)

Materiales de oficina

- Marcadores
- Cuaderno de notas
- Etiquetas de identificación de muestras
- Tijera

2.5.2.4 Procedimiento de recolección de muestras de suelo

Tomando algunos criterios del MINAN (2014) y Sosa (2012) referente al adecuado procedimiento técnico de muestreo de suelos, se efectuó la recolección de dos submuestras por cada hectárea de la finca “Las Palmeras”, la extracción de una muestra compuesta de una hectárea es conformada por 16 submuestras en total, el muestreo compuesto se realizó por triplicado.

1. Se realizó la georreferenciación de las 10 hectáreas de la finca “Las Palmeras”
2. Se determinó los puntos de muestreo en las parcelas con ayuda de un GPS.
3. Se efectuó la limpieza de la zona donde se va extraer las muestras de suelos de la plantación de Palma Africana y de la zona de suelo no intervenido con dicho cultivo, el tamaño del área de sea fue de 40 x 40 cm.
4. Una muestra compuesta está formada por 16 submuestras por hectárea.
5. Se utilizó una pala o barreno, el cual fue introducido en el suelo de la plantación de palma y de suelo no intervenido en diferentes tiempos, se obtuvo una forma de “V” a la profundidad de 20 cm.
6. La extracción con la pala o barreno de una de las paredes del suelo, donde se obtuvo una porción de suelo equivalente a 2 libras, pesadas por una balanza, posteriormente fueron colocadas en un balde limpio, esta acción se repitió 15 veces más en el muestreo de palma aceitera por hectárea y 16 veces en la zona de suelo no intervenido por hectárea.

El resultado fue de 10 muestras compuestas de la plantación de palma aceitera y 10 muestras compuestas de suelo no intervenido por palma.

Una vez completado la recolección de 1 muestra compuesta, se colocó las porciones de suelo sobre una lona o funda plástica limpia, donde se realizó el proceso de cuarteo de las submuestras.

(MINAM, 2014) (Sosa, 2012) (INIA, 1999) (Bolsa de Comercio de Rosario)



Figura 8-2: Proceso de Recolección de muestras de suelo de Palma Africana
Realizado por: Martínez Carrera, K. (2018)



Figura 9-2: Proceso de Recolección de muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

Realizado por: Martínez Carrera, K. (2018)

2.5.2.5 Procedimiento de cuarteo de muestras

La técnica del cuarteo de muestras de suelos, se ejecutó según la apreciación del INIA (1999) y MINAN (2014), en las cuales se detalla el proceso de división de muestras hasta obtener el volumen definido, proceso por el cual se llevó a cabo el cuarteo de muestras, en el cual cada volumen de muestra fue compuesto por 16 submuestras. Se realizó un total de 20 cuarteos, donde 10 corresponden a suelo de Palma Africana y 10 a Suelo No Intervenido con Cultivo de Palma Africana.

1. Se utilizó una lona o una funda de plástico de 2 metros sobre una superficie plana, que contuvo el volumen de las submuestras de suelos obtenidas previamente.

2. Procedimos a pesar las submuestras de suelo colocadas en un cooler, sea de la muestra compuesta de palma aceitera o del suelo no intervenido (esta acción se realiza por separado) en el centro de la lona, donde se creó una forma de cono.
3. Donde se efectuó la acción de volteo, es decir se manipulo las esquinas de la lona hasta mezclar dichas submuestras, la acción se realizó durante unos minutos hasta obtener su completa homogenización.
4. Se ejecutó la nivelación del montículo de suelo, para posteriormente dividir en cuatro cuadrantes iguales.
5. Subsiguientemente se procedió a separar dos cuadrantes opuestos para la conformación de la muestra compuesta, los dos cuadrantes restantes se desechan.
6. El proceso se repite con los dos cuadrantes conservados, que a su vez son mezclados de forma homogénea para proceder a dividirlos nuevamente en cuatro cuadrantes y repetir el proceso hasta obtener el peso deseado de la muestra compuesta.
7. Finalmente, las muestras compuestas son colocadas en fundas Ziplocs respectivamente.
8. Se realizó el etiquetado de las fundas con su respectiva información.
9. Posteriormente se colocaron todas las muestras compuestas en un contenedor de espuma Flex, el cual fue sellado para su envío al laboratorio elegido para su respectivo análisis.
10. Esta acción se realizó para todas las muestras que fueron un total 20 muestras compuestas, correspondiente a 10 muestras de suelo de palma aceitera y 10 muestras de suelo no intervenido con dicho cultivo. (MINAM, 2014) (Sosa, 2012) (LAAI) (INIA, 1999)



Figura 10-2: Proceso de cuarteo de muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana y de suelo Palma Africana

Realizado por: Martínez Carrera, K. (2018)

2.5.3 Análisis Físico-Químicos del Suelo

Los análisis físico-químicos se realizaron en la empresa ALS, del Grupo Corplab. Estos se basan en marcos referenciales tales como:

Cuadro 2-2: Métodos Referenciales

Parámetros Acreditados		
Parámetro	Método de Referencia	Método de Referencia ALS
Cobre (Cu)	EPA 3050 B, Rev. 02, 1996; EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 y EPA 7210, Rev. 0, 1986	PA 25.00 Cobre
Nitrógeno Total Kjeldahl	SM 4500-Norg- C, Ed. 22, 2012	PA 72.00 Nitrógeno Total Kjeldahl
Hierro (Fe)	EPA 3050 B, Rev. 02, 1996 y EPA 3010 A, Rev. 01, 1992	PA 20.00 Hierro
Manganeso (Mn)	EPA 3050 B, Rev. 02, 1996 y EPA 7460, Rev. 01, 1992	PA 56.00 Manganeso
Potasio (K)	EPA 3050 B, Rev. 02, 1996 y EPA 7610, Rev. 0, 1986	PA 26.00 Potasio
Zinc (Zn)	EPA 3050 B, Rev. 02, 1996 y EPA 3010 A, Rev. 01, 1992	PA 19.00 Zinc
Potencial de Hidrógeno	EPA 9045 D, Rev. 04, 2004	PA 05.00 Potencial Hidrógeno

Fuente: Laboratorio ALS

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Cuadro 3-2: Métodos Referenciales

Parámetros No Acreditados		
Parámetro	Método de Referencia	Método de Referencia ALS
Fósforo*	SM 4500-P B y 4500-P C, Ed. 22, 2012	PA 49.00 Fosfatos y Fósforo Total
Materia Orgánica*	Walkley Black 1934	PA 35.00 Carbono Orgánico
Textura*	EPA 160.3, 1971	PA 85.00 Humedad
% Arcilla*	Walkley Black 1934	PA 86.00 Textura
% Limo*	Walkley Black 1934	PA 86.00 Textura
% Arena*	Walkley Black 1934	PA 86.00 Textura

Fuente: Laboratorio ALS

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Cuadro 4-2: Métodos Referenciales

Parámetros Tercerizados con Cobertura de Acreditación		
Parámetro	Método de Referencia	Método de Referencia ALS
Calcio (Ca)**	EPA 7140	Tercerizado Acreditado
Magnesio (Mg)**	EPA 7450	Tercerizado Acreditado

Fuente: Laboratorio ALS

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

CAPITULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

3.1 Variaciones climatológicas de la zona de estudio

- Precipitación

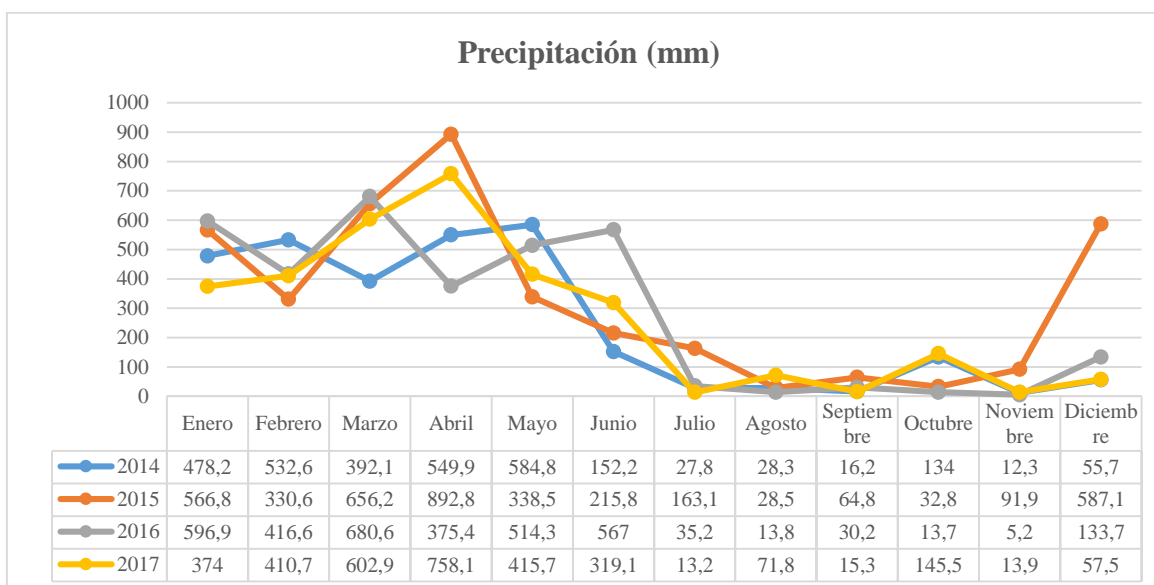


Gráfico 1-3: Precipitación en la Prov. de Sto. Dgo. de los Tsáchilas, año 2014 - 2017

Fuente: ESTACIÓN METEOROLÓGICA LA CONCORDIA (Cód. 0025)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Los registros de precipitación con referencia al 2014 hasta el año 2017 evidencian una elevada precipitación correspondiente a los meses de Enero a Junio y se ve reducido en los próximos meses. Los datos de los meses de Julio hasta Diciembre presentan una disminución en las lluvias, exceptuando en los últimos dos meses donde existe un leve crecimiento en la precipitación. El valor máximo promedio de precipitación de estos años es 729,08 mm y el valor mínimo promedio fue de 14,8 mm.

- Nubosidad

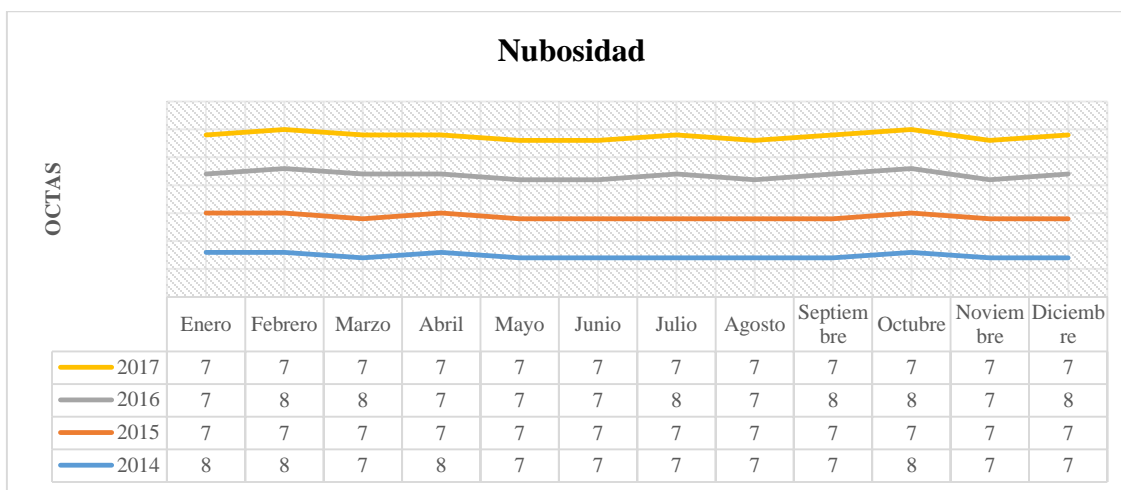


Gráfico 2-3: Nubosidad en la Prov. de Sto. Dgo. de los Tsáchilas, año 2014 - 2017

Fuente: ESTACIÓN METEOROLÓGICA LA CONCORDIA (Cód. 0025)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Los datos de nubosidad con mención en los años desde 2014 hasta el año 2017 presentan una constante nubosidad, teniendo una variación de 7 a 8 Octas lo que representa un cielo parcialmente nublado y en consecuencia la irradiación solar es mínima en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

- Temperatura promedio

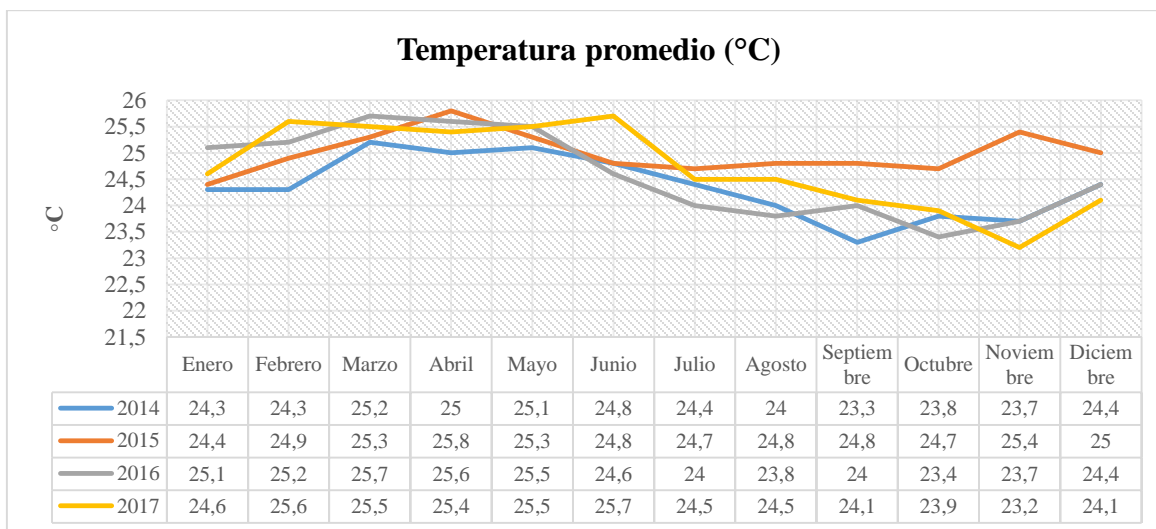


Gráfico 3-3: Temperatura Promedio en la Prov. de Sto. Dgo. de los Tsáchilas, año 2014 - 2017

Fuente: ESTACIÓN METEOROLÓGICA LA CONCORDIA (Cód. 0025)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Los anuarios con respecto a la temperatura referente a los años 2014 al 2017 demuestran una constante temperatura en el primer semestre del año, correspondiente a los meses de Enero a Junio posteriormente este disminuye. Los registros del segundo semestre anual, concerniente a Julio hasta Diciembre presentan irregularidades. El valor máximo promedio de la temperatura de año 2014 hasta 2017 es 25,55 °C y el valor mínimo promedio fue 23,68 °C.

3.2 Resultados de análisis

Tabla 1-3: Resultados de análisis físico- químicos de muestras de suelo con cultivo de Palma Africana y suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

Muestras	pH (Valor Promedio)	Porosidad (%) (Valor Promedio)	Textura
SPA	6,333	52,31	Franco Arenoso
SNP	6,7248	56,573	Franco Arenoso

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

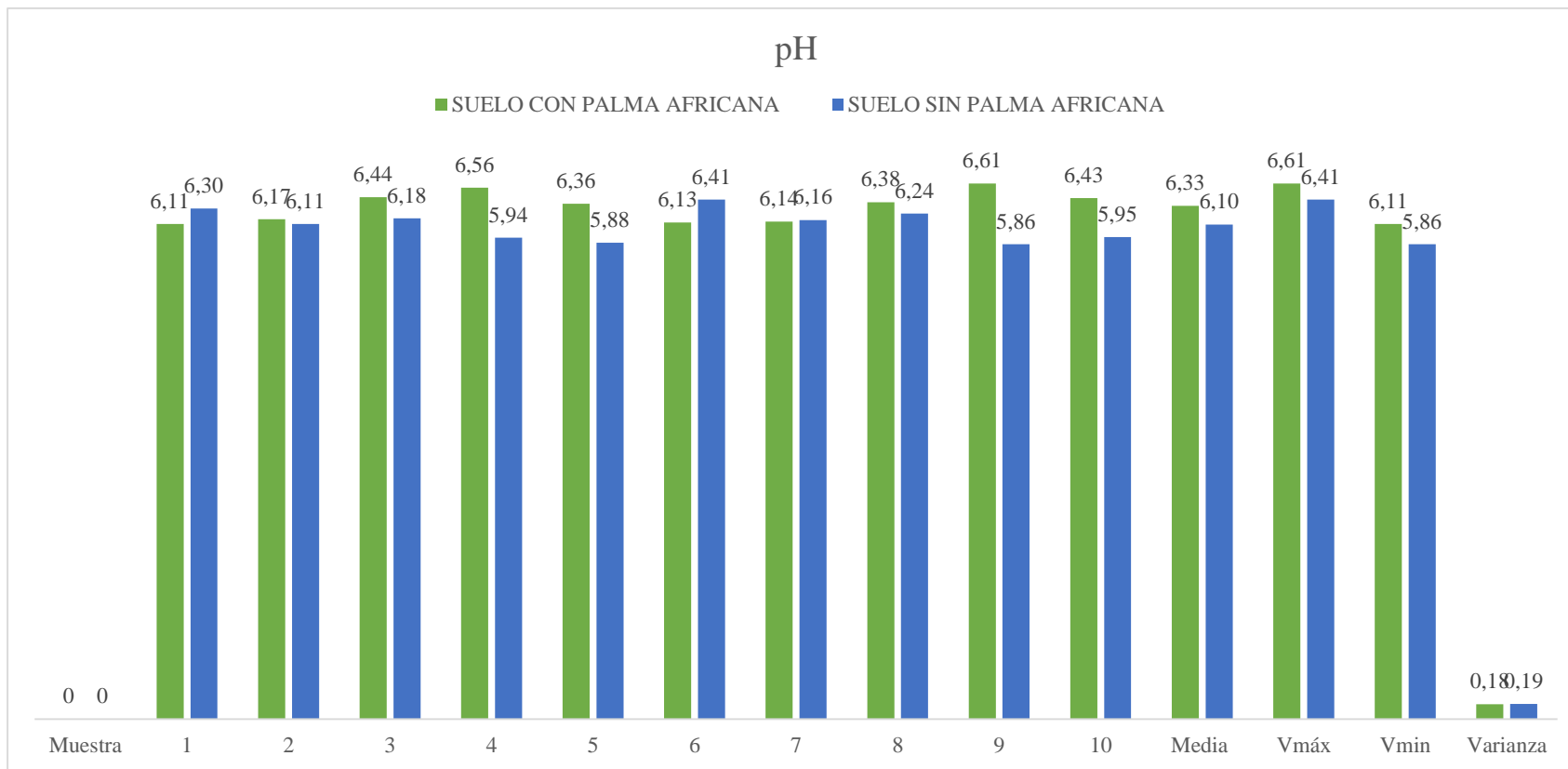


Gráfico 4-3: Valores de pH de suelos con cultivo de palma africana y suelos no intervenidos con cultivo de palma.

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

- Valor promedio de pH

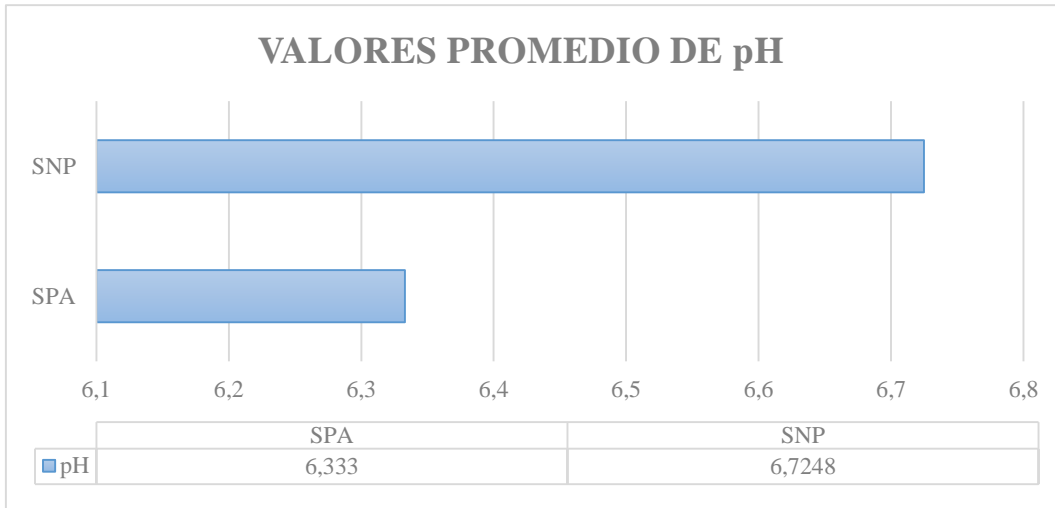


Gráfico 5-3: Valores Promedio de pH de suelos con cultivo de palma africana y suelos no intervenidos con cultivo de palma.

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Se muestrearon 20 muestras compuestas, 10 de las cuales corresponde a suelos con cultivo de Palma y 10 a suelos no intervenidos con cultivo de palma, se realizó una media aritmética para los dos tipos de suelos, donde mediante la gráfica se observa que el suelo no intervenido con cultivo de palma (SNP) presenta un valor de 6,72 en su rango de pH cercano a la neutralidad (6,5 – 7,5), el pH del suelo con cultivo de palma africana (SPA) es de 6,33 que es ligeramente ácido y se encuentra dentro de las condiciones recomendables para el desarrollo de palma aceitera (5 - 6,5) (Chávez M., y otros, 2003). Los valores alcanzados de pH cumplen con los límites permisibles señalados en el TULSMA Anexo 2 Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados de 6 a 8 en el ANEXO A.

- Tipo de textura del suelo

Cuadro 1-3: Tipo de textura de muestras de suelo con cultivo de Palma Africana y suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

Muestras de Suelo	Textura
SPA	Franco Arenoso
SNP	Franco Arenoso

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Los dos tipos de suelos muestreados comparten la misma clase de textura, las características del Suelo Franco – Arenoso, es la abundante presencia de la arena respecto a las otras fracciones; Lacasta et al. (2006) mencionan que los suelos arenosos tienen un alto porcentaje de aireación pero una baja retención de líquidos, una consecuencia de ellos es la poca retención de nutrientes. Esta propiedad se encuentra ligada a la porosidad del suelo.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del GAD Cantonal de La Concordia (2011), la geología del lugar presenta un relieve empinado bajo propias de la formación Balzar (Plioceno), el material litológico de la zona está conformado por piroclastos, cenizas volcánicas y arenas de distintos tamaños. La ubicación de la finca “Las Palmeras” se encuentra sobre un tipo de suelo llamado Inceptisol, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria de Costa Rica (INTA) (2015) expone que su origen es la degradación de rocas y minerales sobre el relieve terrestre de residuos transportados por deslizamientos o por inundaciones, es decir suelos jóvenes.

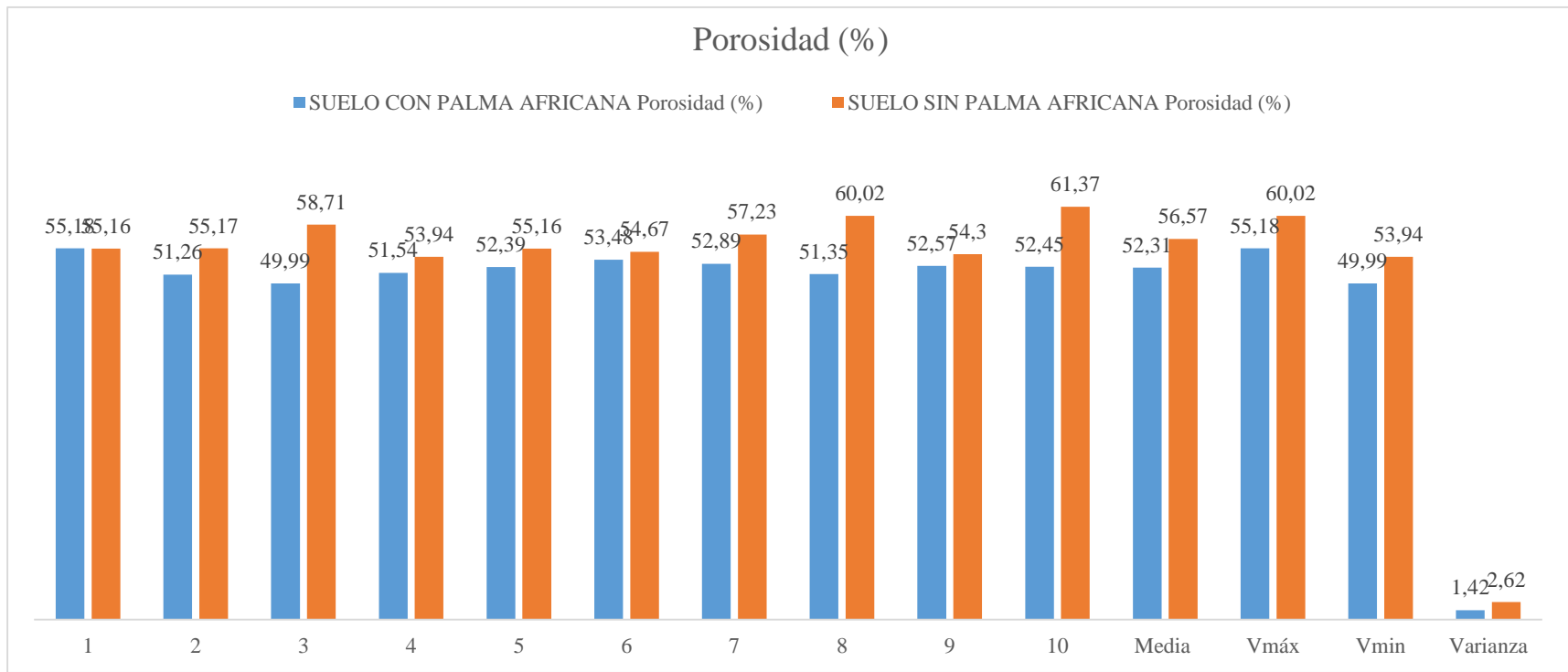


Gráfico 6-3: Valores de Porosidad de suelos con cultivo de palma africana y suelos no intervenidos con cultivo de palma.
 Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

- Valores promedio de porosidad

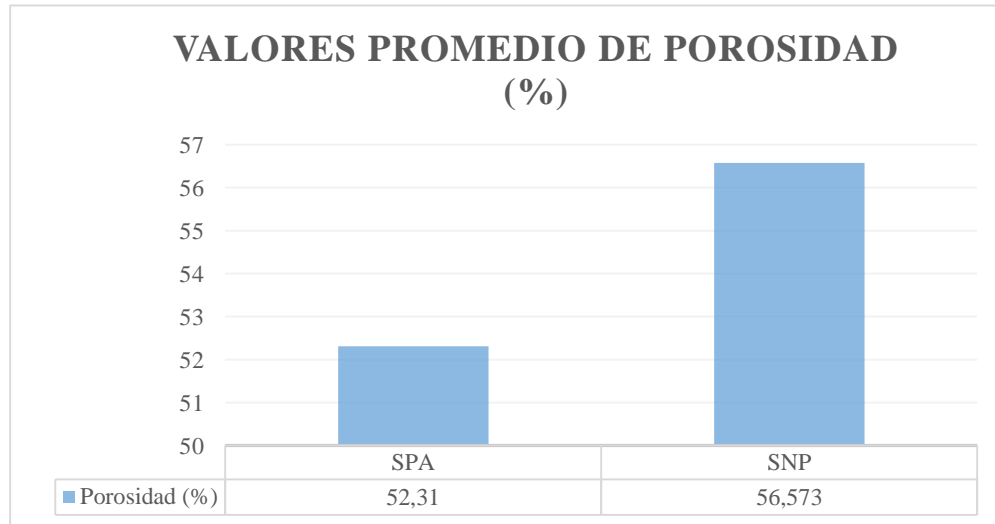


Gráfico 7-3: Valores Promedio de porosidad de suelos con cultivo de palma y suelos no intervenidos con cultivo de palma

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Se observó en el muestreo que el suelo no intervenido de palma africana tiene una alta porosidad del 56,573% junto al suelo de cultivo de palma con 52,31%, la FAO (2009) presenta una guía para la descripción de suelos, donde la porosidad obtenida en este estudio se encuentra en un rango mayor a 40 % que es considerada como muy alta,

Estos valores indican que los dos tipos de suelo poseen una alta permeabilidad del agua además de una buena aireación al recurso suelo, además que influye en la erosión hídrica. (Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas, 2012)

Tabla 2-3: Resultados de análisis de muestras de suelo con cultivo de Palma Africana

Suelo de Palma Africana														
Muestras N°	mg/kg									MO (%)	pH	Porosidad (%)	Textura	Edad (años)
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu					
SPA1	3158,5	225,5	305,0	8	207,0	6824,2	209,7	24,8	14,5	6,95	6,11	55,18	Franco Arenoso	24
SPA2	2296,4	245,9	339,2	5,25	64,0	6274,9	182,3	17,0	11,9	6,48	6,17	51,26	Franco Arenoso	24
SPA3	3122	158,9	2070,9	5,25	485,0	5674,3	145,0	14,5	12,8	4,91	6,44	49,99	Franco Arenoso	24
SPA4	2624	231,9	251,2	5,25	404,0	6613,6	192,5	15,9	15,9	9,75	6,56	51,54	Franco Arenoso	24
SPA5	2521,8	228,3	265,00	5,25	271,0	6587,9	177,9	17,0	13,3	4,84	6,36	52,39	Franco Arenoso	24
SPA6	3146,2	219,7	297,8	5,25	213,1	6816,4	214,6	16,8	14,9	6,87	6,13	53,48	Franco Arenoso	24
SPA7	2289,2	251,3	345,8	5,25	69,0	6281,1	189,4	16,93	11,4	6,54	6,14	52,89	Franco Arenoso	24
SPA8	3134	167,3	2079,4	5,25	492,0	5682,4	154,7	13,7	12,2	4,83	6,38	51,35	Franco Arenoso	24
SPA9	2631,3	243,2	263,7	5,25	411,0	6621,2	202,6	15,1	14,9	9,64	6,61	52,57	Franco Arenoso	24
SPA10	2528,7	236,1	277,3	5,25	279,0	6595,8	186,3	16,9	12,8	4,92	6,43	52,45	Franco Arenoso	24

Fuente: Laboratorio ALS

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

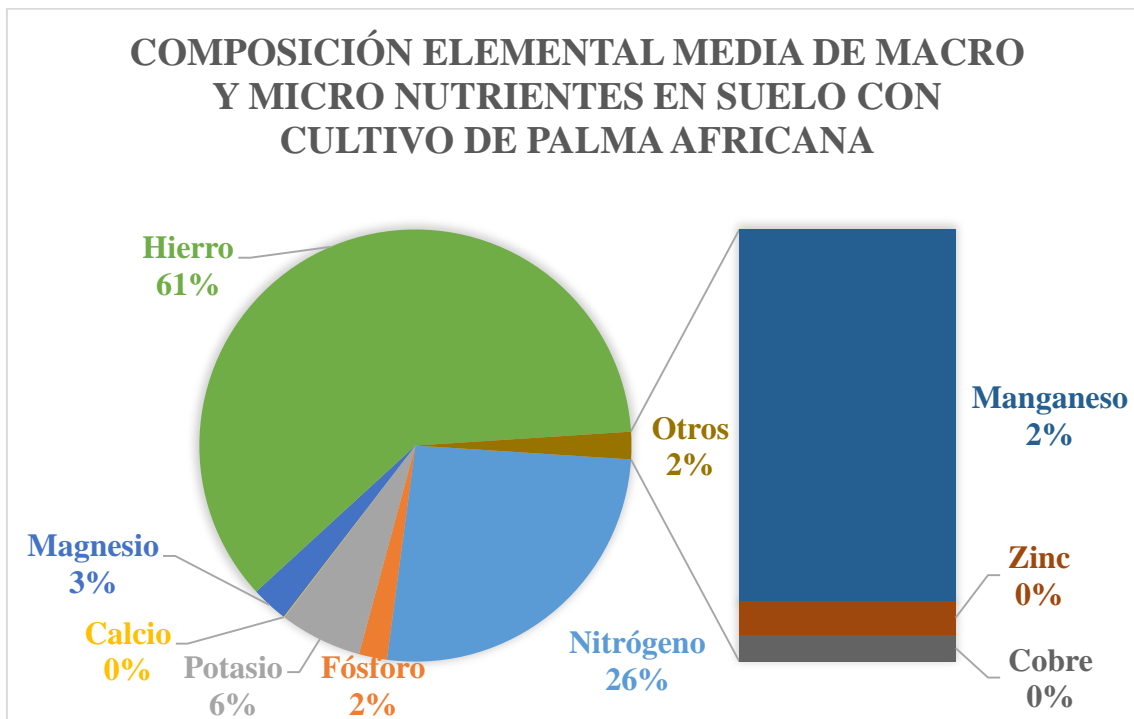


Gráfico 8-3: Composición elemental media de Macronutrientes y Micronutrientes en el suelo con cultivo de Palma Africana

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

La gráfica muestra la composición nutricional del suelo con cultivo de Palma Africana, conteniendo una alta concentración de Hierro con el 61%, consecutivamente el Nitrógeno 26% y en bajas concentraciones el Potasio 6%, Magnesio 3%, Fósforo 2% y Manganeseo con el 2% y por último la presencia de Calcio, Zinc y Cobre no representan valores significativos en el suelo.

Carlos Sierra (2017) expone la presencia y disponibilidad del Fe en altas cantidades se debe a los bajos valores de pH, además se encuentra vinculado en proceso de coloración de las hojas (clorofila), la materia orgánica disponible permite mineralizar el hierro en el suelo.

Tabla 3-3:Resultados de análisis de muestras de suelo no intervenidos con cultivo de Palma Africana

Suelo No Intervenido con Cultivo de Palma Africana													
Muestras N°	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	MO (%)	pH	Porosidad (%)	Textura
SNP1	3612,1	265,8	288,9	12,0	393,0	6274,3	161,00	17,70	12,0	6,82	6,30	55,16	Franco Arenoso
SNP2	3669,7	299,8	224,8	15,0	382,0	6338,8	175,3	20,5	12,1	7,50	6,11	55,17	Franco Arenoso
SNP3	3927,1	279,2	263,0	18,0	421,0	6092,2	170,9	21,5	12,7	9,73	6,18	58,71	Franco Arenoso
SNP4	4078,6	266,4	312,1	12,0	369,0	5707,2	165,0	18,7	13,4	10,82	5,94	53,94	Franco Arenoso
SNP5	4220,4	209,7	331,3	11,0	317,0	6584,4	190,5	29,0	14,1	8,01	5,88	55,16	Franco Arenoso
SNP6	3621,2	272,3	296,7	11,8	405,0	6286,1	170,3	22,83	11,9	6,95	6,41	54,67	Franco Arenoso
SNP7	3667,0	307,4	236,7	15,3	395,0	6349,3	188,1	26,8	12,3	7,61	6,16	57,23	Franco Arenoso
SNP8	3938,3	287,4	279,2	18,3	433,0	6101,1	182,1	28,1	12,5	9,85	6,24	60,02	Franco Arenoso
SNP9	4091,2	275,2	321,5	12,2	377,3	5716,3	174,4	20,3	13,6	10,95	5,86	54,3	Franco Arenoso
SNP10	4229,7	217,3	342,4	11,2	329,0	6593,2	202,2	34,6	13,9	8,12	5,95	61,37	Franco Arenoso

Fuente: Laboratorio ALS

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

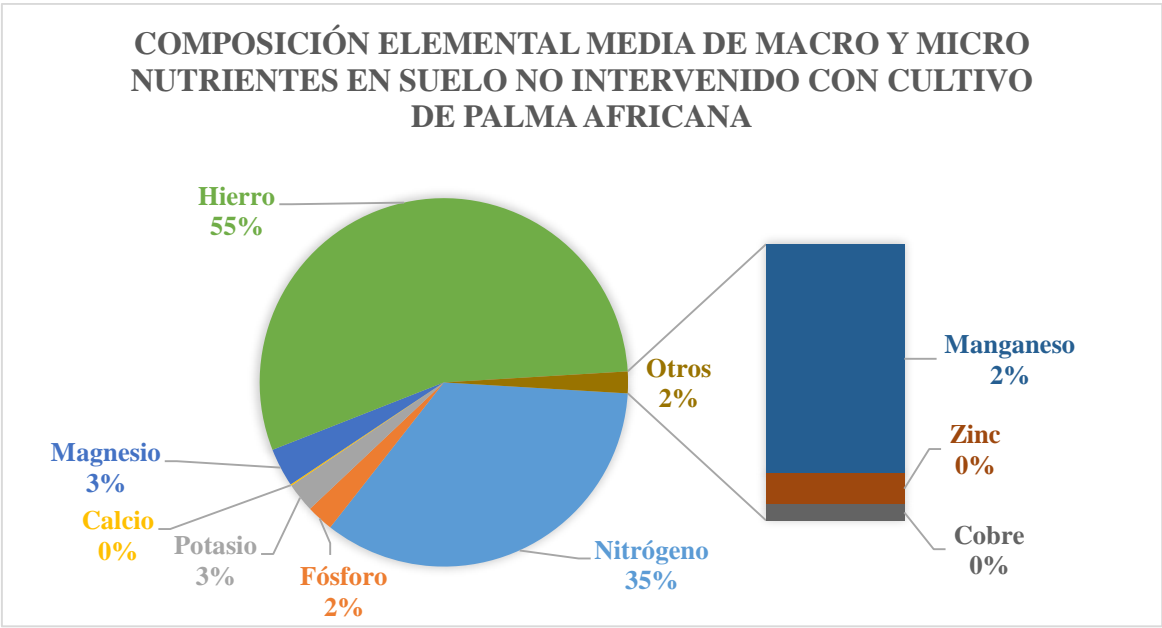


Gráfico 9-3: Composición elemental media de Macro y Micro nutrientes en el suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.
Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

El contenido nutricional se asemeja en los rangos de concentración con el suelo de Palma Africana, conteniendo Hierro con el 55% influenciado por el pH ácido del suelo, seguido del Nitrógeno 35% y en bajas concentraciones el Potasio 3%, Magnesio 3%, Fósforo 2% y Manganeso con el 2% y por último la presencia de Calcio, Zinc y Cobre no representan valores significativos en el suelo.

3.3 Análisis estadísticos

Tabla 4-3: Estadístico descriptivos, muestras de suelo de Palma Africana.

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desviación típica	N del análisis
Nitrógeno	2745,2100	358,78831	10
Fosforo	220,8100	31,95957	10
Potasio	649,5300	752,01526	10
Calcio	5,5250	,86963	10
Magnesio	289,5100	156,22818	10
Hierro	6397,1800	420,69136	10
Manganeso	185,5000	22,22761	10
Zinc	16,8630	3,03072	10
Cobre	13,4600	1,50348	10
MO	6,5730	1,86426	10
pH	6,3330	,18463	10
Porosidad	52,3100	1,41560	10

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Los datos arrojados por el análisis del SPSS en la tabla de estadísticos descriptivos para suelos con cultivo de palma (SPA), muestran los altos valores correspondientes a los elementos como Nitrógeno (N) y Hierro (Fe) en la desviación típica y la media, este es un comportamiento inusual frente a los elementos restantes, pueden causar alteraciones en los resultados.

Tabla 5-3: Estadístico de correlaciones, muestras de suelo de Palma Africana

Matriz De Correlaciones^{a,b}

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Zinc	Cobre	Mo	Ph	Porosidad
Nitrógeno	1,000	-,743	,554	,405	,531	-,173	-,100	,135	,335	-,160	-,067	,138
Fósforo	-,743	1,000	-,945	,052	-,711	,742	,734	,355	,133	,485	-,179	,488
Potasio	,554	-,945	1,000	-,161	,641	-,910	-,845	-,471	-,365	-,493	,186	-,605
Calcio	,405	,052	-,161	1,000	-,186	,357	,383	,920	,243	,071	-,424	,712
Magnesio	,531	-,711	,641	-,186	1,000	-,429	-,496	-,499	,327	,031	,777	-,465
Hierro	-,173	,742	-,910	,357	-,429	1,000	,925	,587	,623	,491	-,162	,760
Manganeso	-,100	,734	-,845	,383	-,496	,925	1,000	,570	,572	,605	-,301	,816
Zinc	,135	,355	-,471	,920	-,499	,587	,570	1,000	,205	,072	-,575	,814
Cobre	,335	,133	-,365	,243	,327	,623	,572	,205	1,000	,708	,353	,326
MO	-,160	,485	-,493	,071	,031	,491	,605	,072	,708	1,000	,317	,211
pH	-,067	-,179	,186	-,424	,777	-,162	-,301	-,575	,353	,317	1,000	-,510
Porosidad	,138	,488	-,605	,712	-,465	,760	,816	,814	,326	,211	-,510	1,000

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

La matriz de correlaciones indica el grado de correlación que poseen los elementos entre sí, las correlaciones fuertes que se encuentran entre el rango de 0,8 – 1 como es el caso del Manganeso (Mn) y Hierro (Fe) con una relación de 0,925 demostrando que se hallan íntimamente correlacionadas, existen casos de nutrientes que no se relación entre si mostrando valores negativos. También existen correlaciones representativas que son mayores a 0,632, siendo una de ellas el Fósforo (P) – Hierro (Fe); Fósforo (P) – Manganeso (Mn); Cobre (Cu) – Materia orgánica (MO) entre otras.

Tabla 6-3: Comunalidades, muestras de suelo de Palma Africana

Método De Extracción: Análisis De Componentes Principales

Comunalidades

	Inicial	Extracción
Nitrógeno	1,000	,914
Fósforo	1,000	,983
Potasio	1,000	,972
Calcio	1,000	,843
Magnesio	1,000	,955
Hierro	1,000	,916
Manganeso	1,000	,927
Zinc	1,000	,897
Cobre	1,000	,943
MO	1,000	,759
pH	1,000	,845
Porosidad	1,000	,889

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Las comunalidades demuestran que todos los elementos establecidos en la tabla son capaces de analizarse junto con otros elementos formando componentes.

Tabla 7-3: Varianza total explicada, muestras de suelo de Palma Africana

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	5,836	48,631	48,631	5,836	48,631	48,631	3,980	33,165	33,165
2	2,548	21,234	69,865	2,548	21,234	69,865	3,746	31,217	64,382
3	2,458	20,483	90,348	2,458	20,483	90,348	3,116	25,966	90,348
4	,526	4,386	94,733						
5	,414	3,451	98,184						
6	,192	1,597	99,781						
7	,023	,195	99,976						
8	,002	,018	99,995						
9	,001	,005	100,000						
10	1,493E-16	1,244E-15	100,000						
11	-2,488E-16	-2,073E-15	100,000						
12	-3,007E-16	-2,506E-15	100,000						

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

La tabla de varianza total explicada indica que los elementos analizados pueden formar tres componentes, estos grupos explican el 90,34% del comportamiento de los nutrientes y propiedades fisicoquímicas en el suelo de cultivo de palma africana.

Tabla 8-3: Matriz de componentes rotados, muestras de suelo de Palma Africana

Matriz de componentes rotados^a

	Componente		
	1	2	3
Zinc	,930	-,152	
Calcio	,889	,196	,118
Porosidad	,860	-,255	,291
pH	-,719	,267	,507
Fosforo	,175	-,928	,304
Nitrógeno	,369	,875	,108
Potasio	-,313	,816	-,457
Magnesio	-,460	,802	,315
Cobre	,163	,167	,943
MO		-,248	,833
Hierro	,501	-,516	,631
Manganeso	,557	-,506	,600

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

La tabla de la matriz de componentes indica la formación de tres componentes en los distribuyeron los elementos, MO y pH. El primer componente es conformado por Zinc (Zn), Calcio (Ca) y Porosidad (%), el segundo componente son: Nitrógeno (N), Potasio (K) y Magnesio (Mg) y por último el tercer componente está compuesto por Cobre (Cu), Materia Orgánica (MO), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Fósforo (P) y pH.

Tabla 9-3: Análisis de Componentes Principales, muestras de suelo de Palma Africana

Análisis de Componentes Principales			
Componente	Eigenvalor	Porcentaje de	Porcentaje
Número		Varianza	Acumulado
1	5,8357	48,631	48,631
2	2,5481	21,234	69,865
3	2,45791	20,483	90,348
4	0,526266	4,386	94,733
5	0,414108	3,451	98,184
6	0,191666	1,597	99,781
7	0,0234224	0,195	99,976
8	0,00217203	0,018	99,995
9	0,00065091	0,005	100
10	2,16E-16	0	100
11	0	0	100
12	0	0	100

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Tabla 10-3: Tabla de Componentes Principales, muestras de suelo de Palma Africana

Tabla de Componentes Principales				
Fila	Etiqueta	Componente	Componente	Componente
		1	2	3
1	SPA1	-3,55972	-3,0276	1,61343
2	SPA2	-0,426896	0,189693	-2,45771
3	SPA3	4,41288	-0,861837	0,704722
4	SPA4	-0,511682	2,37355	1,59691
5	SPA5	-0,145569	0,202796	-0,770915
6	SPA6	-1,67413	-0,415311	0,781677
7	SPA7	-0,979519	-0,116239	-2,53771
8	SPA8	3,93097	-1,13469	0,508635
9	SPA9	-0,795954	2,38184	1,36897

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

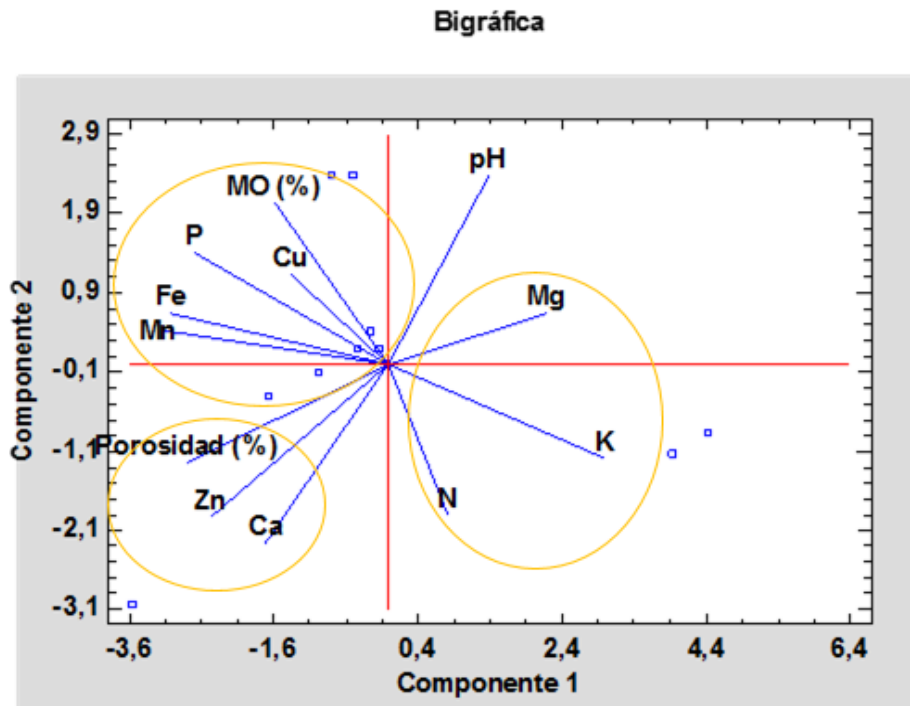


Gráfico 10-3: Componentes Principales, muestras de suelo de Palma Africana
 Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

En la figura 28-3 se observa los 12 elementos y propiedades físicas, se determinó 3 componentes principales que son Nitrógeno, Fósforo y Potasio los cuales explican el 90,34% del comportamiento del suelo con cultivo de palma.

Los tres componentes presentados en la gráfica corresponden a:

- Zinc (Zn), Calcio (Ca) y Porosidad (%)
- Nitrógeno (N), Potasio (K) y Magnesio (Mg)
- Cobre (Cu), Materia Orgánica (MO), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn) y Fósforo (P).

Donde la variable dependiente es el pH, afectado la disponibilidad de los nutrientes en el suelo con un valor promedio de 6,33 siendo un suelo ácido., mientras las líneas diagonales paralelas en la figura demuestran el acercamiento de los elementos que se encuentran estrechamente relacionados.

El comportamiento de los elementos frente la tabla de pH (ANEXO 3) es el siguiente:

Los elementos Zinc y Calcio no presentan ninguna alteración en su disponibilidad en el suelo. La porosidad del suelo es determinada con 52,31%, es decir normal. La disponibilidad del nitrógeno y el magnesio es normal, el potasio se ve ligeramente afectado pero no es una disminución significativa.

El comportamiento del fósforo se ve afectado en su disponibilidad, es decir se encuentra escaso con un pH de 6,33. La insuficiencia de P en el suelo causa la coloración púrpura en las hojas y retraso en su crecimiento, causando la precipitación del hierro y con ello manchas color cobre en el suelo. La disponibilidad de Hierro, Manganeso y Cobre es normal, mientras más bajo sea el pH aumenta la disponibilidad y solubilidad. (Martínez Villar, y otros, 2014)

La materia orgánica se encuentra en bajas cantidades con 6,57%, puesto que el pH es ácido, este parámetro actúa como un estabilizador de pH en el suelo generando protección al recurso, cuanto más MO posee el suelo mayor es la estabilidad de potencial Hidrógeno en el mismo. (Agriculturers Red de Especialistas en Agricultura, 2014)

Tabla 11-3: Estadísticos descriptivos, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

Estadísticos descriptivos			
	Media	Desviación típica	N del análisis
Nitrógeno	3905,5300	247,128415	10
Fósforo	268,0500	31,81978	10
Potasio	289,6600	39,32009	10
Calcio	13,6800	2,77040	10
Magnesio	382,1300	36,76641	10
Hierro	6204,2900	308,20173	10
Manganeso	177,9800	12,68707	10
Zinc	24,0030	5,40934	10
Cobre	12,8500	,82765	10
MO	8,6360	1,56123	10
pH	6,1030	,18851	10
Porosidad	56,5730	2,61563	10

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

La tabla de datos de estadísticos descriptivos muestra valores altos en Nitrógeno (N) y Hierro (Fe), al igual que los datos de los elementos correspondientes a SPA (Suelo de Palma Africana) en la desviación típica y la media, los valores representan el comportamiento de dichos elementos presentes en el suelo no intervenido con cultivo de palma, pueden ocasionar variaciones en los resultados.

Tabla 12-3: Estadísticos descriptivos, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

Matriz de correlaciones^{a,b}

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Zinc	Cobre	Mo	pH	Porosidad
Correlación Nitrógeno	1,000	-,547	,589	-,243	-,246	-,165	-,146	-,061	,419	,335	-,274	-,024
Fósforo	-,547	1,000	-,846	,647	,805	-,427	-,453	-,508	-,750	,071	,484	-,141
Potasio	,589	-,846	1,000	-,688	-,619	-,020	,253	,329	,762	,263	-,505	,015
Calcio	-,243	,647	-,688	1,000	,761	-,162	-,070	-,033	-,432	,238	,377	,460
Magnesio	-,246	,805	-,619	,761	1,000	-,409	-,526	-,418	-,765	,119	,735	,105
Hierro	-,165	-,427	-,020	-,162	-,409	1,000	,626	,648	-,009	-,801	,154	,386
Manganeso	-,146	-,453	,253	-,070	-,526	,626	1,000	,955	,519	-,131	-,401	,632
Zinc	-,061	-,508	,329	-,033	-,418	,648	,955	1,000	,451	-,158	-,226	,729
Cobre	,419	-,750	,762	-,432	-,765	-,009	,519	,451	1,000	,480	-,902	,118
MO	,335	,071	,263	,238	,119	-,801	-,131	-,158	,480	1,000	-,525	,017
pH	-,274	,484	-,505	,377	,735	,154	-,401	-,226	-,902	-,525	1,000	,082
Porosidad	-,024	-,141	,015	,460	,105	,386	,632	,729	,118	,017	,082	1,000

Elaborado por: Martínez Carrera, K.(2018)

La matriz de correlaciones indica el grado de correlación que tienen los elementos de estudio entre sí, como es el caso del Manganeso (Mn) junto con Zinc (Zn) que cuentan con una relación de 0,955, que es considerado un correlación fuerte en la datos estadísticos. Los valores negativos indican la no existencia de una correlación. También existen correlaciones representativas que son mayores a 0,632, siendo una de ellas el Fósforo (P) – Calcio (Ca); Calcio (Ca) – Magnesio (Mg), entre otras.

Tabla 13-3: Comunalidades, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

Comunalidades		
	Inicial	Extracción
Nitrógeno	1,000	,869
Fósforo	1,000	,962
Potasio	1,000	,875
Calcio	1,000	,916
Magnesio	1,000	,964
Hierro	1,000	,949
Manganeso	1,000	,972
Zinc	1,000	,953
Cobre	1,000	,985
MO	1,000	,992
pH	1,000	,947
Porosidad	1,000	,932

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Las comunalidades demuestran que todos los elementos establecidos en la tabla son capaces de analizarse junto con otros elementos formando componentes

Tabla 14-3: Varianza total explicada, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

Varianza total explicada									
Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	5,209	43,411	43,411	5,209	43,411	43,411	3,916	32,636	32,636
2	3,066	25,547	68,958	3,066	25,547	68,958	3,079	25,655	58,291
3	1,962	16,354	85,311	1,962	16,354	85,311	2,314	19,282	77,573
4	1,078	8,979	94,291	1,078	8,979	94,291	2,006	16,718	94,291
5	,426	3,553	97,844						
6	,129	1,075	98,919						
7	,110	,916	99,835						
8	,016	,137	99,973						
9	,003	,027	100,000						
10	7,842E-16	6,535E-15	100,000						
11	2,930E-16	2,442E-15	100,000						
12	1,053E-17	8,777E-17	100,000						

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

La tabla de varianza total explicada revela que los elementos analizados pueden formar cuatro componentes, estos grupos explican el 94,29% del comportamiento de los nutrientes y propiedades fisicoquímicas en el suelo no intervenido con cultivo de palma africana.

Tabla 15-3: Matriz de componentes rotados, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

Matriz de componentes rotados^a

	Componente			
	1	2	3	4
Magnesio	,932	-,157	,202	-,174
pH	,827	-,137	-,493	
Cobre	-,789	,325	,387	,326
Calcio	,765	,320	,367	-,305
Fosforo	,646	-,293	,222	-,640
Zinc	-,275	,917	-,184	
Porosidad	,288	,913		,112
Manganeso	-,426	,872	-,124	-,123
MO			,980	,164
Hierro	-,151	,538	-,797	
Nitrógeno	-,100		,204	,900
Potasio	-,601			,704

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

La tabla de la matriz de componentes indica la formación de cuatro componentes en los distribuyeron los elementos, MO y pH. El primer componente es conformado por Magnesio (Mg), pH, Calcio (Ca) y Fósforo (P), el segundo componente son: Zinc (Zn), Porosidad (%), Manganeso (Mn) y Hierro (Fe), el tercer componente está compuesto por Materia Orgánica (MO), la cual representa un solo componente y el cuarto componente es Nitrógeno (N), Potasio (K), Cobre (Cu) y Materia Orgánica (MO).

Tabla 16-3: Análisis de componentes principales rotados, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

Análisis de Componentes Principales			
Componente	Eigenvalor	Porcentaje de	Porcentaje
Número		Varianza	Acumulado
1	5,20927	43,411	43,411
2	3,06564	25,547	68,958
3	1,96246	16,354	85,311
4	1,07752	8,979	94,291
5	0,426379	3,553	97,844
6	0,129033	1,075	98,919
7	0,10993	0,916	99,835
8	0,0164642	0,137	99,973
9	0,00329241	0,027	100
10	3,03E-16	0	100
11	1,92E-16	0	100
12	0	0	100

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Tabla 17-3: Tabla de componentes principales rotados, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

Tabla de Componentes Principales					
Fila	Etiqueta	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
1	SNP1	-1,42588	-0,314711	-2,07119	0,836985
2	SNP2	-1,72288	0,469026	-0,680252	-0,568362
3	SNP3	-1,6155	-0,0818178	1,55311	0,780412
4	SNP4	0,307884	-3,04398	0,235834	-0,459909
5	SNP5	3,81607	0,211351	-0,958836	-0,30234
6	SNP6	-1,31062	0,34182	-1,84539	0,998959
7	SNP7	-1,70852	2,35815	0,176105	-2,18364
8	SNP8	-1,28246	0,938832	2,27769	1,08675
9	SNP9	0,721333	-2,78555	0,790983	-0,725748
10	SNP10	4,22057	1,90687	0,521948	0,536892

Elaborado por: Martínez Carrera, K.(2018)

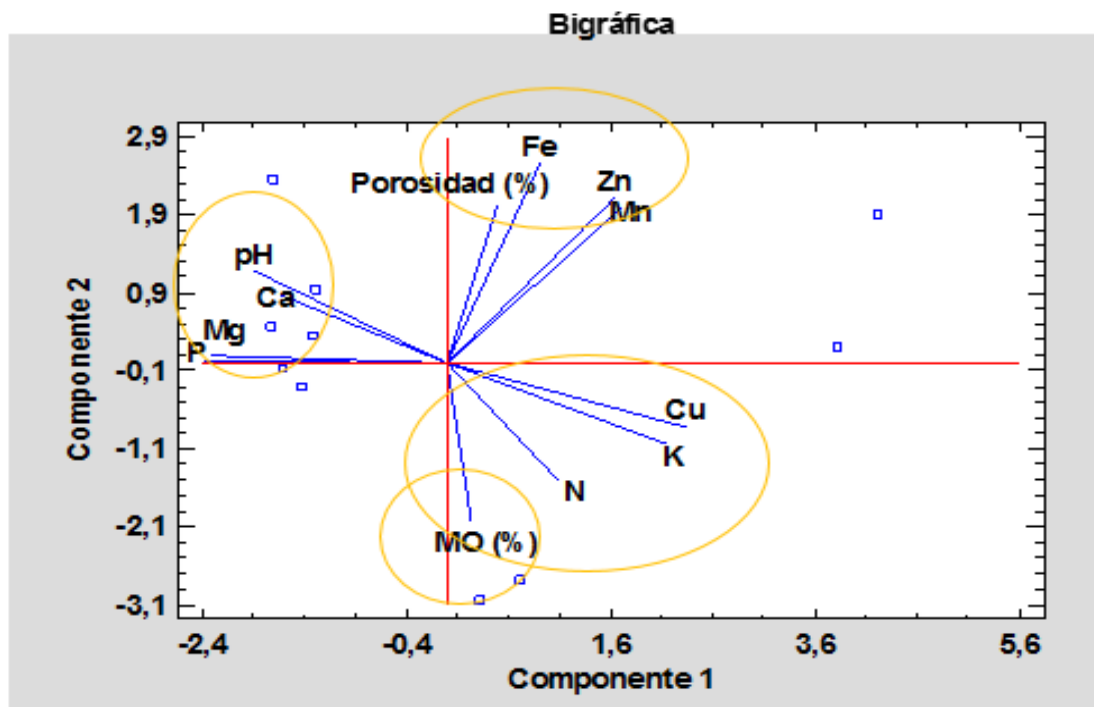


Gráfico 11-3: Análisis de componentes principales, muestras de suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

En la figura 29-3 se observa los 12 elementos y propiedades físicas, se determinó 4 componentes principales que son Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio los cuales explican el 90,29% del comportamiento del suelo no intervenido con cultivo de palma africana.

Los cuatro componentes presentados en la gráfica corresponden a:

- Magnesio (Mg), pH, Calcio (Ca) y Fósforo (P)
- Zinc (Zn), Porosidad (%), Manganeseo (Mn) y Hierro (Fe)
- Materia Orgánica (MO)
- Nitrógeno (N), Potasio (K), Cobre (Cu) y Materia Orgánica (MO).

Donde la variable dependiente es la materia orgánica (MO), que presenta un valor promedio de 8,63% en el suelo, la presencia de la materia orgánica se ve condicionada por el tipo de textura que se halla en el suelo no intervenido por cultivo de palma, que corresponde a Franco Arenoso, que posee un alto porcentaje de arenas.

Lacasta et al. (2006) mencionan que los franco arenosos tienen mayor aireación en el suelo, produciendo con ello una alta cantidad de nitrógeno mineral (nitrato y amonio) procedente de la materia orgánica existente, que permite mantener un sistema equilibrado con la producción de biomasa vegetal, este tipo de textura se ve afectado por baja retención de líquidos y nutrientes al encontrarse en un constante lavado. La baja capacidad de MO en este tipo de suelo afecta a la concentración y disponibilidad de los nutrientes, ya que las características físicas del suelo limitan la acción de los microorganismos en la producción de los minerales.

Tabla 18-3: Análisis de Componentes Principales, muestras de suelo de Palma Africana y suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.

Análisis de Componentes Principales			
Componente	Eigenvalor	Porcentaje de	Porcentaje
Número		Varianza	Acumulado
1	4,19947	34,996	34,996
2	3,02229	25,186	60,181
3	1,60485	13,374	73,555
4	1,27829	10,652	84,207
5	0,979714	8,164	92,372
6	0,493935	4,116	96,488
7	0,186537	1,554	98,042
8	0,111348	0,928	98,97
9	0,0574797	0,479	99,449
10	0,0425061	0,354	99,803
11	0,0172628	0,144	99,947
12	0,0063325	0,053	100

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Tabla 19-3: Componentes Principales, muestras de suelo de Palma Africana y suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana.

Tabla de Componentes Principales					
Fila	Etiqueta	Componente	Componente	Componente	Componente
		1	2	3	4
1	SNP1	0,0120824	1,25229	0,821247	0,385065
2	SNP2	-1,3273	1,01236	0,995096	0,260682
3	SNP3	-2,18071	1,87536	0,0108482	0,663141
4	SNP4	-1,06162	1,85287	-0,583529	0,247183
5	SNP5	-1,52723	-0,56393	-1,48387	-1,68732
6	SNP6	-0,277233	1,0039	0,756342	0,474124
7	SNP7	-1,63745	-0,0829629	2,33114	1,02618
8	SNP8	-2,96358	1,7101	-0,0231388	0,479093
9	SNP9	-1,5526	1,62793	-0,722711	0,105634
10	SNP10	-2,91826	-0,612315	-1,54258	-1,98785
11	SPA1	-0,733053	-2,43529	-0,684571	-0,989288
12	SPA2	1,27638	-1,22489	1,97542	-0,907646
13	SPA3	4,50341	2,55764	-1,04466	-0,576422
14	SPA4	0,987614	-1,8361	-1,73766	2,34312
15	SPA5	1,6373	-1,31469	0,65706	-0,051588
16	SPA6	0,322015	-2,89611	-0,913765	-0,467892
17	SPA7	0,896429	-1,22209	2,2071	-1,06032
18	SPA8	4,14201	2,52131	-0,733543	-0,769646
19	SPA9	0,817435	-1,82043	-1,18569	2,38172
20	SPA10	1,58437	-1,40493	0,901456	0,132028

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Bigráfica

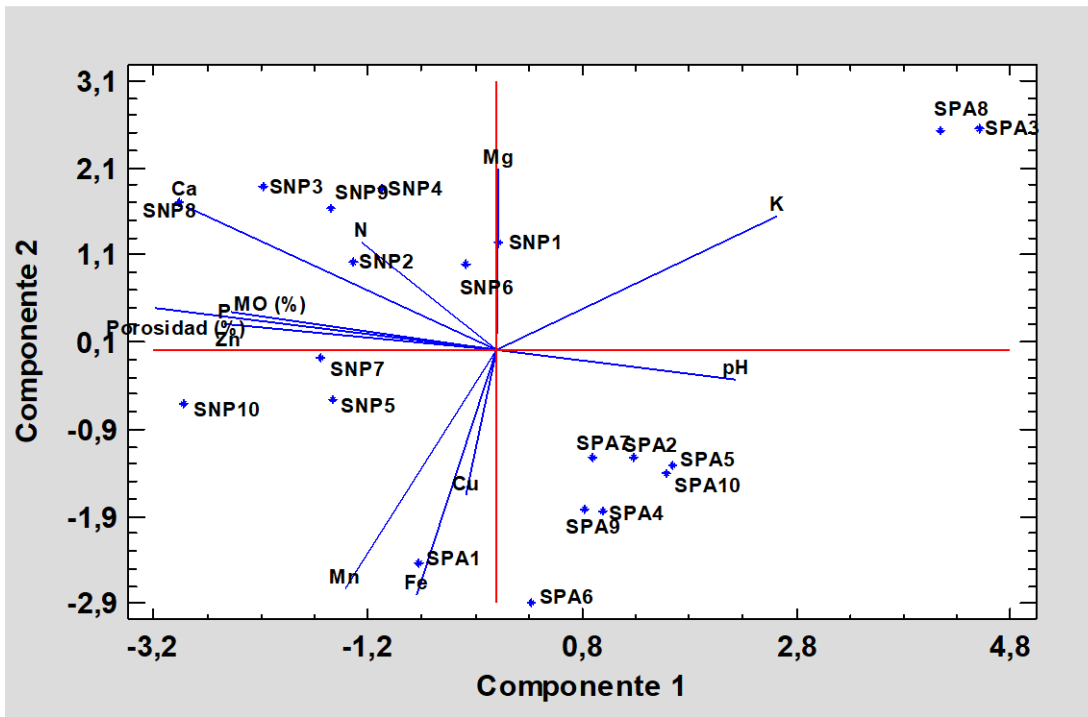


Gráfico 12-3: Análisis de componentes principales de muestras de suelo con cultivo de Palma Africana y sin cultivo de Palma Africana.

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

En la figura 30-3 se observa los 12 elementos y propiedades físicas junto a las 20 muestras compuestas extraídas correspondientes a SPA Y SNP manifiesta el comportamiento de los elementos antes mencionados por medio de cuatro componentes que explican el 84,21 %. Un alto porcentaje de muestras SPA se encuentra bajo la influencia del variante pH, ubicado en el cuadrante cuatro, mientras las muestras de SNP se encuentran relaciones con la concentración de MO, porosidad, N, Ca, Mg, P y Zn. Las muestras distantes del eje demuestran una correlación negativa.

Tabla 20-3:Indicadores de las propiedades físicas del suelo.

Calidad de propiedades físicas del suelo				
Indicadores	Promedios	Baja	Medio	Alta
Porosidad SPA	52,31	2 - 5	5 - 15	> 40
Densidad Aparente SPA	535,32	> 1,5	1,4 - 1,5	< 1,4 - > 1,2
Textura SPA	Franco Arenoso			
Porosidad SNP	56,573	2 - 5	5 - 15	> 40
Densidad Aparente SNP	515,5	> 1,5	1,4 - 1,5	< 1,4 - > 1,2
Textura SNP	Franco Arenoso			

Fuente: (Jamioy Orozco, 2011) (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2015) (University of Arkansas System , 2013) (FAO, 2017)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Tabla 21-3:Indicadores de las propiedades químicas del suelo.

Indicadores	Promedios SPA (ppm)	Promedios SPA (%)	Promedios SNP (ppm)	Promedios SNP (%)	Baja	Medio	Alta
N	2745,21	0,2745	3905,53	0,3906	0,10 - 0,15 (%)	0,15 - 0,25 (%)	0,25 - 0,30 (%)
P	220,81	0,0221	268,05	0,0268	< 12 (%)	12 - 30 (%)	> 30 (%)
K	649,53	0,0650	289,66	0,0290	< 0,12 (%)	0,12 - 0,30 (%)	> 0,30 (%)
Ca	5,525	0,0006	13,68	0,0014	< 2,51 (%)	2,51 - 6,0 (%)	> 6,0 (%)
Mg	289,51	0,0290	382,13	0,0382	< 0,4 (%)	0,40 - 0,80 (%)	> 0,80 (%)
Fe	6397,18	0,6397	6204,29	0,6204	< 50 ppm	50 - 100 ppm	100 - 182 ppm
Mn	185,5	0,0186	177,98	0,0178	< 50 ppm	50 - 100 ppm	> 155 ppm
Zn	16,863	0,0017	24,003	0,0024	1,6 - 3,0 ppm	3,1 - 4,0 ppm	4,0 - 8,0 ppm
Cu	13,46	0,0013	12,85	0,0013	< 1 ppm	1,0 - 1,4 ppm	> 1,4 ppm
MO	6,573	0,0007	8,636	0,0009	< 1,2 (%)	1,2 - 2,8 (%)	> 2,8 (%)
pH	6,333	0,0006	6,103	0,0006	< 4,5	4,5 - 5	> 5

Fuente: (Jamioy Orozco, 2011) (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2015) (University of Arkansas System , 2013) (FAO, 2017)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

- **Índice de calidad del suelo**

Esta ecuación es empleada cuando se considera que el suelo presenta una situación estable, es decir $V_n = 1$. (Prieto Méndez, y otros, 2018)

$$V_n = \frac{(I_m - I_{\min})}{(I_{\max} - I_{\min})} \text{ Ecuación 4-3}$$

Esta ecuación es empleada cuando se considera que el suelo presenta inestabilidad, es decir $V_n = 0$. (Prieto Méndez, y otros, 2018)

$$V_n = 1 - \frac{(I_m - I_{\min})}{(I_{\max} - I_{\min})} \text{ Ecuación 5-3}$$

Donde:

V_n = Valor normalizado

I_m = Media del indicador

$I_{mín}$ = Valor mínimo del indicador

$I_{máx}$ = Valor máximo del indicador

Tabla 22-3: Indicadores Físicos, Químicos y Biológicos de Calidad del Suelo

Índice de calidad de suelos	Escala	Clase
Muy alta calidad	0,80 – 1,00	1
Alta calidad	0,60 – 0,79	2
Moderada calidad	0,40 – 0,59	3
Baja calidad	0,20 – 0,39	4
Muy baja calidad	0,00 – 0,19	5

Fuente: (Prieto Méndez, y otros, 2018)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Aplicando las ecuaciones 4-3 y 5-3 se obtuvo el índice de calidad del suelo de Clase 3 perteneciente a Moderada Calidad correspondiente un rango de 0,40 – 0,59.

CAPITULO IV

4 PLAN DE MANEJO AGRÍCOLA

4.1 Datos Generales

Cuadro 1-4: Ficha técnica

Nombre de la Finca:	“Las Palmeras”																																
Ubicación:	Parroquia Plan Piloto, km 32 Vía Quinindé, Prov. Sto. Dgo. de los Tsáchilas																																
Coordenadas UTM:	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>681263</td><td>9991079</td></tr> <tr><td>681218</td><td>9991076</td></tr> <tr><td>681212</td><td>9990959</td></tr> <tr><td>681254</td><td>9990953</td></tr> <tr><td>681263</td><td>9991079</td></tr> <tr><td>680145</td><td>9992060</td></tr> <tr><td>680061</td><td>9991670</td></tr> <tr><td>679991</td><td>9991698</td></tr> <tr><td>679945</td><td>9991770</td></tr> <tr><td>680020</td><td>9992098</td></tr> <tr><td>680145</td><td>9992060</td></tr> <tr><td>681482</td><td>9990854</td></tr> <tr><td>681253</td><td>9990873</td></tr> <tr><td>681271</td><td>9991082</td></tr> <tr><td>681507</td><td>9991056</td></tr> <tr><td>681482</td><td>9990854</td></tr> </table>	681263	9991079	681218	9991076	681212	9990959	681254	9990953	681263	9991079	680145	9992060	680061	9991670	679991	9991698	679945	9991770	680020	9992098	680145	9992060	681482	9990854	681253	9990873	681271	9991082	681507	9991056	681482	9990854
681263	9991079																																
681218	9991076																																
681212	9990959																																
681254	9990953																																
681263	9991079																																
680145	9992060																																
680061	9991670																																
679991	9991698																																
679945	9991770																																
680020	9992098																																
680145	9992060																																
681482	9990854																																
681253	9990873																																
681271	9991082																																
681507	9991056																																
681482	9990854																																
Nombre del Propietario:	Evelyn Espinoza Cárdenas																																
Tamaño de la Finca:	10 Hectáreas																																

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

4.2 Características Generales

La finca “Las Palmeras” se encuentra localizada en la parroquia Plan Piloto que esta asentada sobre la Llanura Litoral, el terreno se encuentra en zonas con pendientes de 25 a 50 % correspondiente al tipo fuerte, la textura del suelo corresponde a franco arenoso con un pH promedio 6,33 en las plantaciones de palma aceitera y un ph promedio 6,08 en la zona de cultivo de cacao y pimienta. La extensión de la propiedad es de 10 hectáreas delimitada por fincas productoras de palma africana y otros tipos de siembras. El clima del sector se presenta como tropical lluvioso, donde el primer semestre del año se presenta con altas precipitaciones.

La familia Pazmiño propietaria de la finca reside hace 36 años en la parroquia, donde la producción agrícola de las plantaciones de palma africana, cacao y pimienta son el principal ingreso monetario de la familia, la mercancía es vendida a intermediarios de parroquias cercanas y los frutos de palma aceitera son enviados a la Extractora Teobroma ubicada en una zona cercana al terreno.

4.3 Inventario de la Propiedad

Cuadro 2-4: Inventario Finca “Las Palmeras”

Inventario	
Construcciones, maquinaria, equipos y herramientas:	<p>La Finca “Las Palmeras” cuenta con:</p> <ul style="list-style-type: none">• Vivienda de Planta Baja.• Granero pequeño perteneciente a las gallinas criollas.• Porqueriza pequeña perteneciente a los cerdos.• Corral pequeño ocupado por el ganado vacuno.• Corral pequeño correspondiente a molares.• Bombas de Fumigación (2)• Guadañas (6)• Motoguadaña (2)

A continuación

	<ul style="list-style-type: none"> • Carretilla (2) • Carreta mediana • Machetes (10) • Palas (10) • Hachas (5) • Motosierra (2) • Canastillas medianas (10) • Rastrillos (6) • Cincel con agarradera (5)
Especies Animales	<ul style="list-style-type: none"> • Gallinas criollas (12) • Cerdos (4) • Ganado vacuno (5) • Molares (2) • Perros (6)
Plantaciones :	<p>Cultivo permanente: La plantación de Palma Africana, contando con 5 hectáreas.</p> <p>Las 5 hectáreas restantes pertenecen a los suelos no intervenidos con cultivo de palma.</p>
Cercado de la propiedad:	Se encuentra delimitado por cercas de alambres de púas.
Arboles:	<p>La arboleda en su mayoría se encuentra en los linderos de la propiedad, son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limoneros (8) • Naranjales (1) • Guayacanes (2) • Laureles (2) • Achotillo (1) • Toronjas (1) • Mandarina (2)

A continuación

	Los árboles frutales son del consumo de los propietarios.
Recursos Hídricos:	La fuente hídrica más cercana a la propiedad es el Estero Machecito, este recurso hídrico se encuentra fuera de los límites de la finca. El abastecimiento de agua para los cultivos depende de las condiciones climáticas y las estaciones del año, la finca no posee un sistema de riego.
Tipo de Suelo:	Franco Arenoso

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

4.4 Labores de pre siembra

Reconocimiento de la extensión de terreno donde se va establecer la plantación de Palma Africana, es importante elegir sectores que no posean un alto porcentaje de pendientes. La limpieza será mecánica y manual según la presencia de vegetación, es necesario conocer el clima de la zona, ya que el cultivo es altamente dependiente de los rayos solares.

4.4.1 Limpieza del terreno

Son las labores de limpieza manual o mecánico de follaje y pastizales, que se determina por el estado real que se encuentra la zona específica para el cultivo de palma africana.

a. Áreas nuevas de siembra

El saneamiento de una superficie nueva es compleja, ya que depende de la densidad de vegetación existente y del relieve de la zona, la limpieza del sector esta sujeta al tipo de cultivo a sembrar y se encuentra bajo la responsabilidad del delegado a cargo de la obra.

b. Cortadura de arbustos y arboledas

La actividad de cercenar arbustos es propiciada para que el agricultor puede tener mayor acceso a la zona de cultivo. La poda de árboles se realiza para facilitar el acceso al área (caminos) y puntos de siembra de las plantas. El corte de árboles es realizado por motosierras de forma paralela, evitando obstrucciones de paso y caudales de agua.

c. Zona de pastizales y diferentes cultivos

La preparación de un área contenedora de pastizales genera la limpieza manual, donde se emplea machetes o limpieza mecánica en la cual se usa motosierras, las herramientas son usadas dependiendo del grado de dificultad, consecutivamente es necesario utilizar Glifosato (herbicida) de 10 a 15 días en dosis de 2,50 l/ha.

Si se cuenta con la presencia de cultivos como la palma aceitera, cacao y café, el proceso de saneamiento se limita al corte de árboles, limpieza de residuos y finalmente la fumigación de la zona de cultivo como prevención de plagas de la anterior plantación.

d. Zona de renovación de palmas africanas

La renovación de cultivos de palma aceitera en áreas donde existe un cultivo antiguo, se procede al derrumbamiento de las antiguas palmas de forma paralela, una vez tumbados las palmas es necesario cortar el tallo en distintos pedazos, el tamaño debe ser pequeño para poder incrementar su degradación y además evitar acumulación de tallos y plagas. (Carrillo, y otros, 2015)

4.4.2 Construcción de estructuras

a. Casa/Bodega

La distribución de construcciones cercanas a las plantaciones deben estar separadas, por estatutos de seguridad y salud. No existe una legislación de construcción definida hacia los propietarios de fincas y haciendas, el tipo de inmueble depende absolutamente de la capacidad económica de los dueños del terreno, se debe edificar una bodega específica para el almacenamiento de agroquímicos. Además la ubicación de cada obra tiene relación con la posición del recurso hídrico más cercano, en caso de no existir una de agua (esteros y ríos) dentro de la propiedad.

b. Guardarrayas

Se recomienda que la ubicación de guardarrayas sea en el centro de la propiedad y que esta se divida en pequeñas diagonales al sendero principal, el ancho y longitud se realiza según el espacio a cultivar. Cabe mencionar que dependiendo de la extensión del terreno es necesario crear un camino principal seguido de los secundarios, un ejemplo de esto sería una propiedad que ocupa un área de 450 hectáreas. El dimensionamiento del camino tiene por objetivo primordial facilitar el acceso a las plantaciones y transportar los frutos con mayor agilidad en época de cosecha.

c. Drenaje

La implementación de drenajes o zanjas en la zona de cultivo es necesaria para evitar la acumulación del agua, preferentemente en la época lluviosa, el sistema de drenaje del suelo es dependiente de la textura y topografía donde se encuentra asentado el cultivo. Se sugiere la importancia de su elaboración al tratarse de superficies planas o también en caso de poseer un alto grado de arcilla o ser un suelo franco arenoso, consecuentemente la infiltración del agua de forma natural se ve obstruida por capas de grava que se establecen en los horizontes del suelo, por esta razón es requerido el análisis de suelo. (Carrillo, y otros, 2015)

4.4.3 *Materiales de uso*

Las herramientas utilizadas para el cultivo y mantenimiento de las plantaciones de palma africana son los siguientes:

- Guadañas
- Hachas
- Motosierra
- Motoguadaña
- Carretilla
- Machetes
- Palas
- Rastrillos
- Cíncel con agarradera (5)
- Malayos y Malayeros
- Bomba de Fumigación (Carrillo, y otros, 2015)

4.4.4 Establecimiento de la zona de plantación

Se define como la superficie determinada para la colocación de plantas de palma africana.

a. Alineación y estacado

El método de alineación utilizado es conocido como Tres Bolillos, en el cual se obtiene una triangulación de lados iguales, obteniendo 143 puntos de cultivos por hectárea. Determinación de la posición de los puntos donde se sembrará las plantas, la orientación de Norte a Sur dentro del área de cultivo donde se usa el método del Teorema de Pitágoras, donde:

$a = 4,0\text{m}$; $b = 3,0\text{m}$; $c = 5,0\text{m}$ (hipotenusa)

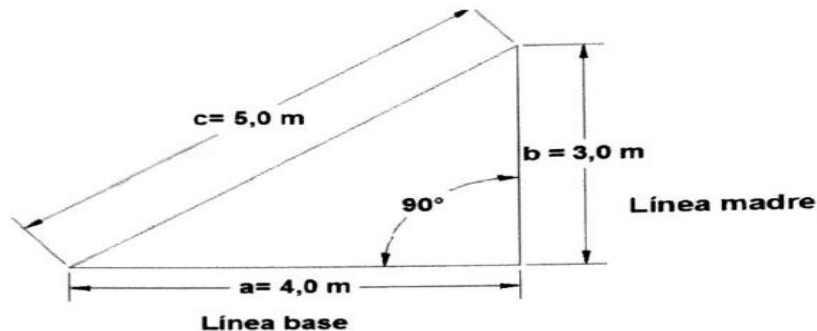


Figura 1-4: Elaboración de la Línea Madre por Teorema de Pitágoras
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

La línea perpendicular o madre es utilizada como un punto de referencia, el cual cada 9 m de forma diagonal se establece un punto de cultivo, es decir la posición de la estaca, la distancia de separación entre puntos es de 4,5 m, posteriormente se establece una nueva línea horizontal (A) de 7,80 de largo y por medio de dos líneas de 9m colocadas previamente se forma un triángulo de equilátero, este proceso se repite en el otro extremo de la línea madre.

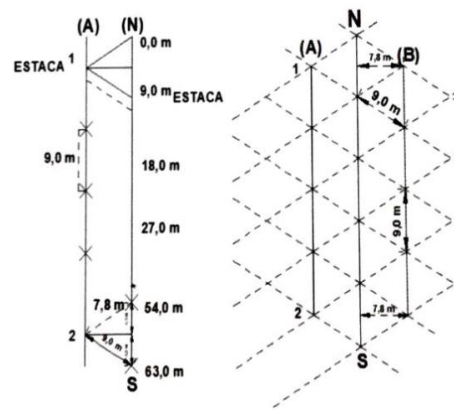


Figura 2-4: Sistema de Tres Bolillos
 Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

La segunda línea principal (B) es formada y dividida por líneas de 9 m, dando como resultado la línea secundaria base y con ello los puntos específicos de implantación del cultivo, como consecuencia se logra obtener 3 líneas principales que direccionaran la ubicación de estocado en la extensión del terreno. (Carrillo, y otros, 2015)

4.4.5 Apertura de agujeros, coronas y terrazas

La elaboración de coronas o círculos de un diámetro de 1 m, radica en la limpieza de malezas y residuos al contorno del punto donde se ubica la planta, en ocasiones es necesario realizar coronas de hachas que es tala de troncos, en caso que el terreno presente pendientes es necesario realizar terrazas de 4 m de diámetro en superficies planas. Consecuentemente se realiza la creación de agujeros de 0,40 m por 0,40 m (diámetro y profundidad), en caso de realizar la apertura en zonas de terrazas el socavón es de 0,80 m por 0,80 m.

Los beneficios de la creación de terrazas son: El aprovechamiento de superficies, buena distribución del agua que contribuye a mejorar el desarrollo de la planta, favorece la colocación de fertilizantes y en la limpieza de residuos vegetales, reduce la erosión. La tierra extraída previamente sirve como relleno en los agujeros hasta el nivel de deseado para iniciar la plantación.

a. Fertilización inicial

Una de las actividades previas a la colocación de la planta es la fertilización de la base del agujero, donde se aplica fósforo entre 80 a 100 g, que es cubierto por una franja de tierra extraída al realizar el hoyo. La utilización de este nutriente contribuye como un acelerador de desarrollo de hojas y mayor rendimiento en la producción del fruto de palma africana. (Carrillo, y otros, 2015)

4.4.6 Transporte de plantas

El implante de palmas aceiteras jóvenes (6 a 12 meses) en áreas de cultivo se lleva a cabo en temporadas de menor precipitación, es decir al inicio y final de la temporada de lluvias, esta medida puede variar según las condiciones climáticas donde se encuentre los puntos de cultivo, elaborados previamente. El transporte de las plantas se realizará por medio de vehículos que puedan contener altos números de plantas, la velocidad de su traslado dependerá de la elaboración previa de guardarrayas (camino) o en caso de no poseerlo se utilizará a los obreros de la propiedad para la movilización de las plantas.

Otra solución de transferencia es el uso de molares, se considera que su transporte no sea mayor a 500 m de distancia, evitando el maltrato de las palmas jóvenes. Las plantas deben ser hidratadas previamente a su traslado, además que deben ser colocadas en la superficie del suelo. (Carrillo, y otros, 2015)

4.5 Manejo y mantenimiento

Es el mantenimiento y control de la plantación, refiriéndose a las actividades de limpieza del área donde se encuentre el cultivo y la poda de las palmas aceiteras, eliminación de hojas marchitas, etc.

4.5.1 Malezas

El mantenimiento de una plantación de palma es dependiente de la estación del año, en estación lluviosa la proliferación de malezas se incrementa por consiguiente la secuencia de poda varía según el desarrollo de los matorrales, normalmente se realiza una limpieza cada 6 meses para evitar competitividades del agua y nutrientes con plantas.

a. Follaje en interlíneas

La poda de arbustos interlineales en plantaciones jóvenes de palma se realiza de forma manual cada 60 días en el verano y cada 30 días en el invierno, en plantaciones de palma aceitera mayores a los cinco años su limpieza es menor, pues las plantaciones ya establecidas obstaculizan el crecimiento de malezas provocado por la falta de sol y desarrollo de cobertura vegetal.

Las especies vegetales que se desarrollan en las interlineas son las gramíneas y leguminosas, la fumigación de estas plantas se da por el empleo de herbicidas del tipo Haloxyfo-R en cantidades de 1,50 ml/ L de Agua y en caso de ser plantas de hojas anchas es necesario realizar una poda manual hasta la superficie del suelo.

b. Follaje con corona

La limpieza en la corona en plantaciones de palma africana varía según la edad de los cultivos, en caso de poseer palmas aceiteras jóvenes entre uno a cuatro años, el corte de malezas será cada cuarenta y cinco días en el periodo de verano, mientras en el invierno será cada treinta días. Cuando se posee un cultivo mayor a los cinco años se puede realizar la limpieza manual o mecánica y utilizar químicos agrícolas (herbicidas).

Los suelos de la zona productora de Palma Africana de Santo Domingo de los Tsáchilas dispone de suelos de cenizas volcánicas actuales junto a antiguas cenizas, una característica del tipo de suelo es que tiene un alto grado de lavado y elevada concentración de azufre y fósforo. Los herbicidas recomendados para su fumigación son: Paraquat y Glifosato 480 EC, con dosis aconsejadas de 2,0 ml. El intervalo de tiempo estimado para la limpieza manual (machete) es de 30 a 45 días, mientras para el uso de químicas es de 60 a 120 días.

c. Follaje en el estípite

El corte en el tallo de la palma se efectúa anualmente en plantas cultivadas en un rango de seis años, su poda se realiza de forma manual y también por uso de herbicidas como Paraquat en cantidades de 1ml/ L de Agua. Los efectos del desarrollo del estípite son el estancamiento de racimos desgajados y la obstrucción de visibilidad de los frutos.

d. Rutas de cosecha

El mantenimiento de las vías de acceso a las plantaciones es variante, según el porcentaje de pendiente que posea el terreno, en caso de extensiones de suelos irregulares la limpieza se estableciera como manual o mecánica, el tiempo de poda depende de las estaciones climáticas y la edad de los cultivos, en cultivos jóvenes en temporada lluviosa la limpieza es realizada cada mes y período seco cada dos meses, en cultivos maduros la poda se ejecuta de 2 a 3 meses en temporada seca y en la lluviosa cada 45 días, la fumigación con herbicidas de 1 a 2 veces al año contribuye a evitar la ploriferación de plagas.

Otra forma es la siembra de leguminosas como cobertura vegetal al ser plantas fijadoras de nitrógeno, nutriente importante para el desarrollo de la palma aceitera. La finalidad del cuidado de las rutas de acceso a la zona de cultivos es acelerar la actividad de la cosecha y el envío de racimos para su procesamiento. (Carrillo, y otros, 2015)

4.5.2 Cobertura vegetal para cultivo de palma africana

El empleo de plantas leguminosas en las plantaciones de palma, consiste en detener el desarrollo de malezas en los alrededores de las plantaciones, además de disminuir el porcentaje de enfermedades. La cobertura que proporciona al suelo disminuye la posibilidad de erosión. Las leguminosas normalmente usadas para el cultivo de palma son las siguientes:

- Macuna (*Macuna bracteata*)
- Kudzú (*Pueraria phaseoloides*)
- Maquenque (*Desmodium heterocarpon*)
- Cratilia (*Cratilia argentea*)
- Flemingia (*Flemingia macrophila*)

Las leguminosas son plantas perennes utilizadas en este tipo de plantación, que cumplen los siguientes requisitos: Profundidad de raíces garantiza la permanencia en temporadas secas, desarrollo de la planta en ausencia parcial de luz solar, fijadora de nitrógeno, producción de materia orgánica, acelerado crecimiento y resistencia al desarrollo de plagas en los alrededores. (Carrillo, y otros, 2015)

4.5.3 *Limpieza de las plantas*

La extirpación de flores femeninas y masculinas de palma aceitera joven produce el incremento de producción en cuestión del tamaño del racimo, el tiempo designado para la castración es cuando las primeras inflorescencias brotan y abarcan la mitad de la plantación hasta un semestre después, se recomienda realizar la limpieza periódicamente y el uso de guantes para la protección del encargado. Una de las ventajas de la eliminación de flores es la prevención de plagas e incrementa el crecimiento del fruto en la palma.



Figura 3-4: Extirpación de flores en palma africana joven
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

La poda de hojas marchitas del cultivo es continua, es necesario mantener el número de hojas jóvenes en un rango 35 a 40 hojas, esta limpieza se realiza anualmente en periodos de baja precipitación, los residuos obtenidos son utilizados como abono orgánico para el suelo de la plantación una vez extraídas las espinas de las hojas, el corte realizado se efectúa en la base mas cercana al tallo de la palma, evitando cortes innecesarios en el tallo y hojas cercanas a los frutos que puedan perjudicar a la planta y provocar plagas en la misma. Las herramientas usadas el proceso son machetes y palas para palmas pequeñas y cuchillo de malayo empleadas para palmas de mayor altura. (Carrillo, y otros, 2015)

4.5.4 *Registro de plagas y enfermedades de la plantación*

- a. Afección en la palma africana

Provocada por hongos

La pudrición del Cogollo es producida por el hongo *Phytophthora palmivora*, es una de las enfermedades mas comunes de las plantaciones de palma africana, sus afecciones se presentan en la decoloración inicial por el raquis de la hoja y el envejecimiento de hojas jóvenes causando malos olores, finalmente la pudrición del cogollo causando la muerte de la planta de palma finalmente. Una vez identificado la enfermedad es necesario eliminar las plantas contaminadas inmediatamente y proceder a la fumigación con Carboxim junto con Captan en cantidades de 4 g/L y 2 g/L de Benduracarb.



Figura 4-4: Infección de Cogollo en palma aceitera
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

La pudrición basal es producida por un hongo llamado *Thielaviopsis paradoxa*, inicia con el coloramiento amarillento de las hojas bajas hasta extenderse a las hojas superiores de la palma, produce la deshidratación de la planta orillándola a la muerte en un rango de tiempo de cuatro meses, esta enfermedad causa la pudrición de racimos y flores, además de la caída de los foliolos. El control de esta infección se basa en la destrucción de la planta contaminada.

Provocada por nematodos

El anillo rojo es una enfermedad ocasionada por el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* que acaba con la planta de palma en un periodo de tiempo de 2 a 3 meses. Los signos de esta enfermedad se presentan como la aparición de un anillo marrón en la parte interna del tronco; marchitamiento de hojas maduras que provocan su partición; decoloración de hojas medianamente jóvenes y maduras a tonos amarillentos, las hojas jóvenes poseen un color verde pálido y forman penachos. Se recomienda

una vez identificada esta enfermedad, extraer la planta de palma en su totalidad del lugar, en caso de no movilizar la planta es necesario aplicar insecticidas para su eliminación. (Carrillo, y otros, 2015)



Figura 5-4: Anillo rojo en el tallo de palma africana
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

Provocada por fitoplasmas

La marchitez letal (ML) es una enfermedad causada por un parásito que se efectúa de forma rápida o lenta la muerte de la planta, la primera sucede en el periodo de 2 a 5 semanas, mientras la segunda ocurre de cuatro a siete semanas.

La manifestación de esta enfermedad aparece como deshidratación de folíolos de la hoja (línea divisoria de hojas) y su variación de color de verde ha amarillo y por último a marrón; pudrición de raíces secundarias y terciarias; marchitamiento de la parte interna del tallo; pérdida de coloración y pudrición en frutos; envejecimiento de flores en la palma. Se aconseja eliminar la planta en caso de infección y poda de arbustos en la zona de la plantación. (Carrillo, y otros, 2015)



Figura 6-4: Extirpación de flores en palma africana joven
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

Provocada por protozoarios

La Marchitez Sorpresiva (MS) se origina en las hojas inferiores de la palma, tomando una coloración marrón rojiza en la punta de los foliolos hasta llegar a las hojas más jóvenes desembocando en la pérdida de coloración de las hojas hasta llegar a un tono gris cenizo, se produce el marchitamiento de los racimos y carencia de flores en la palma, el tiempo estimado de muerte de la planta es de dos meses. La acción a realizar frente a este contagio es la eliminación de plantas contaminadas y efectuar fumigaciones con Benfuracarb (4 mL / L agua) y Clorpirifos en dosis de 2,50 mL / L agua. (Carrillo, y otros, 2015)



Figura 7-4: Efectos de Marchitez Sorpresiva en palma africana
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

Afecciones de menor impacto

La enfermedad del Arco defolio se presenta en cultivos de palma a temprana edad produciendo la pérdida de un mínimo del 10% de plantas, sus síntomas se hacen presentes en la línea divisoria de las hojas como pequeñas manchas acuosas de coloración marrón o rojizo, las hojas de palma forman un arco, una vez ya infectada la planta esta seguirá produciendo hojas contaminadas, es por ello necesario la fumigación con cogollo Carboxim junto con Captan en cantidades de 1 g/L y 4 g/L de Benduracarb, esta acción se debe realizar en dos ocasiones cada 15 días cada una.

El Mal de hilachas es causado por el hongo *Corticium koleroga*, los efectos de esta enfermedad se presentan en los folíolos de las hojas una apariencia blanquecina que se expande por todas las hojas para finalmente tomar un color café claro, la textura de las hojas de palma toma el aspecto de hojas calcinadas. El control de esta infección se debe a la poda de las hojas infectadas seguido de la fumigación por 100 gramos de Mancozeb diluidos en veinte litros de agua. (Carrillo, y otros, 2015)







Figura 8-4: Mal de hilachas en las hojas de palma africana
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)




b. Propagación de plagas

Cuadro 3-4: Plagas que atacan al cultivo de Palma Africana

Nombre Común	Imagen	Efectos Negativos	Control de Plagas
<p>Escama roja de las raíces</p>	<p>Escama roja de las raíces</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Produce decoloración de follaje. -Extrae sustancias de las raíces. -Prolifera su población es periodo de sequía. 	<ul style="list-style-type: none"> -Fumigar las plantaciones con Benfuracab 200 EC, con dosis de 1,50 L/ha e el sector de la corona.
<p>Polilla del Fruto</p>	<p>Polilla del Fruto</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las larvas se almacenan entre la base de las flores y los frutos de la palma, al no realizar extracción de cosecha regularmente. -Cuando existe ploriferación en altas cantidades, las larvas se trasladan a la base de la hoja de palma,provocando la descomposición de hojas y cogollo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Limpieza de flores masculinas y femeninas regularmente. -Realizar la cosecha de frutos periódicamente para evitar la reproducción de larvas.
<p>Sagalassa</p>	<p>Sagalassa</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Las larvas se introducen en el suelo y se alimentan de las raíces, provocan la destrucción de la planta en viveros. -Las plantaciones maduras se ven afectadas por el decrecimiento, marchitamiento y reducción en el tamaño de racimos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar el muestreo de raíces para verificación de presencia de Sagalassa. -Los residuos de podas ayudan a mejorar el estado de raíces afectadas. -Los químicos recomendados son; Clorpirifos (1,50L/ha) Benfuracarb 200 EC (1,50 L/ha)
<p>Gusano Cogollero o Chato</p>	<p>Gusano Cogollero</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Se administra Clorpirifos

	 <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	-Se alimentan de las hojas jóvenes en todas las etapas de crecimiento del gusano.	(1,50L/ha) en las hojas, dirigido a 100 - 200 cc/planta.
Gusano Morado del Cogollo	<p>Gusano Morado del Cogollo</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	-Las larvas se ubican en foliolos de las hojas y se alimentan de tejidos jóvenes.	-Se utiliza el insecticida Clorpirifos (1,50L/ha) por fumigación, aplicando en las hojas.
Monturita o Gusano Babosa	<p>Gusano Babosa</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	- Los gusanos atacan los foliolos de plantas maduras, consumiendo todo excepto la parte central de la hoja, su alimentación es de 1,50 foliolos durante corto periodo de vida.	- Efectuar monitores en la hoja número 25 de plantas al azar en la zona de cultivo, emplear Cipermetrina al 20% en cantidades de 250 a 300 mL/ha.
Strategus	<p>Strategus</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	-Los insectos escavan un túnel para alimentarse del troco de palmas jóvenes, menores a 2 años.	-Se aplica una fumigación con insecticida Benfuracarb de 250 - 300 mL diluido en 100 mL de agua, es colocado en los agujeros creados por los insectos. -Es necesario talar los árboles afectados.
Gusano Telarañero		-Los efectos son significativos (80 a 100) una vez que existe una alta	-Se aplica una asperción de Bacillus

	<p>Gusano Telarañero</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	<p>población de larvas, perturbando a las hojas de palma que se origina desde hojas medias hasta las inferiores.</p>	<p>thuringiensis de 0,50 a 1 Kg/ha.</p>
<p>Gusano de Cápsula</p>	<p>Gusano de Cápsula</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	<p>-Los gusanos jóvenes consumen la parte posterior de los folíolos, menos la ranura central provocando el marchitamiento de la hojas, su dieta se expande de 32 a 60 cm de hoja de palma. Se ubican en la parte inicial de las hojas.</p>	<p>-Realizar extracciones de larvas manualmente, además usar <i>Bacillus thuringiensis</i> en una medida de 1,50 a 2 Kg/ha.</p>
<p>Gualpa o Cucarrón</p>	<p>Cucarrón</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	<p>-La larva se alimenta de tejidos jóvenes esenciales en el desarrollo de la planta, provocan la muerte de la especie vegetal. -El insecto conduce al nematodo productor de la enfermedad del anillo rojo.</p>	<p>-Si se renuevan cultivos es necesario aplicar Benfuracarb de 250 – 300 mL diluido en 100 mL de agua, cada 15 días por el periodo de tiempo de tres meses.</p>
<p>Gusano de Raquis de Racimo</p>	<p>Gusano de Raquis de Racimo</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	<p>- Los gusanos atacan desde los raquis del racimo, flores y el tallo de la palma ocasionando el pudrimiento y separación de los racimos.</p>	<p>- Se aconseja ejecutar la cosecha de los racimos periódicamente y la limpieza de frutos y flores afectadas en mal estado, en algunos casos se emplea Benfuracarb 200 EC a dosis de 1,50 L/ha.</p>
<p>Gusano de Cesto</p>	<p>Gusano de Cesto</p>	<p>-Los gusanos se alimentan de la superficie de la hoja</p>	<p>- Realizar la poda de nidos en las</p>

	 <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	causando orificios en ella, inicialmente provocan rapaduras.	hojas de la planta periodicamente, si el crecimiento de la población es elevado se aplica Bacillus thuringiensis de 0,50 a 3 Kg/ha.
Raspador de Fruto	<p>Raspador de Fruto</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	- Los insectos y larvas se alimentan del raquis de hojas jóvenes de palma y de la zona tierna del fruto, provoca deshidratación y coloración gris ceniza en el fruto.	- Se recomienda fumigar los racimos contaminados con Benfuracarb en dosis de 2 mL/ L de agua, esta acción debe realizarse en un intervalo de 15 días, seguida de la verificación de nuevos racimos libres de infección.
Gusano de Bolsa	<p>Gusano de Bolsa</p>  <p>Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)</p>	-Las larvas habitan en colonias (50 a 250) y se alimentan de hasta de 3 foliolos de palma individualmente, generando la destrucción de hojas completas de palma aceitera.	-Monitoreo y corte regular de nidos de larvas en las plantaciones.

Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

4.6 Muestreo de la zona de estudio

- Muestreo de suelo y hojas

Para iniciar los muestreos de suelo es necesario dividir la extensión de la plantación de 20 a 25 ha, anticipadamente se debe identificar las características topográficas y especies vegetales en superficies similares. El número submuestras recogidas se encuentra entre 25 a 30, que son extraídas

a una profundidad de 0 a 0,40 cm, muestreo se realizara en forma de zig-zag para que exista una recolección completa del área. Posteriormente las submuestras sustraídas son colocadas en recipiente donde son mezcladas y para finalmente tomar un 1 Kg de muestra compuesta de suelo y enviarla a laboratorios para su análisis, la funda conteniente de muestra debe poseer información precisa del muestreo.

Los muestreo vegetales se realizan en plantas jóvenes ya plantadas en la zona de cultivo, el examen se realiza extrayendo la hoja N° 9, donde se sustrae 3 foliolos del tercio de la hoja completa, el numero de muestras representativas es de 15 plantas de palma por terreno, la misma acción se ejecuta para la hojas maduras, donde la hoja seleccionada es la N° 17. Para un mejor control del análisis se recomienda colocar una marca en cada árbol de palma. (Carrillo, y otros, 2015)



Figura 9-4: Extracción de foliolos para análisis vegetal
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

4.7 Fertilización de la plantación

- Identificación de síntomas

Nitrógeno

La deficiencia de nitrógeno genera la decoloración de las hojas de verde a amarillo (Clorosis), baja cantidad de materia orgánica, mal drenaje del líquidos y tipo de textura arenosa en el suelo.



Figura 10-4: Carenza de Nitrógeno en palma africana joven
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

Fósforo

La insuficiencia de este elemento produce la reducción del grosor del tallo y el tamaño de los racimos de palma africana, crecimiento enfermizo y coloración verde oscura. Las palmas consumen grandes cantidades de fósforo provocando la pérdida constante del nutriente, su alto porcentaje de pérdida se origina en suelos volcánicos ricos en arcillas y pH de mayores a 7 y menores a 5.



Figura 11-4: Alteración del tallo por carencia de Fósforo en palma africana
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

Potasio

Los síntomas provocados por las bajas concentraciones de potasio es la reducción de peso en los racimos de palma, los bordes de las hojas se tornan anaranjadas para finalmente morir. Dentro de las hojas hacen aparición puntos amarillentos, estas deficiencias se presentan en suelos arenosos y con baja capacidad de intercambio iónico.



Figura 12-4: Deficiencia de Potasio en palma africana
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

Magnesio

Los suelos pobres en magnesio evidencian clorosis en los folíolos de las hojas más antiguas de la palma, una característica importante es que las hojas expuestas a rayos solares toman un color amarillento, mientras las hojas que se encuentran en sombra mantienen la coloración verde, con frecuencia se encuentra en suelos arenosos con baja capacidad de intercambio iónico.



Figura 13-4: Hojas de Palma en carencia de Magnesio
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

Azufre

El aspecto de las hojas jóvenes es amarillento, además que presentan pequeñas manchas oscuras en caso de que la deficiencia sea extrema. Su baja concentración provoca baja cantidad de materia orgánica, mal drenaje de agua y su textura es gruesa o suelo arenoso.



Figura 14-4: Foliolos curvados por ausencia de Azufre
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

Boro

La carencia de Boro se muestra en los meristemas o tejido embrionario esencial para el crecimiento de la planta, generando foliolos pequeños de aspecto curvos y arrugados. Suelos con altos o bajos contenidos de materia orgánica, arcilla y desequilibrios por altas cantidades de potasio, calcio y nitrógeno presentan ausencia del nutriente. La aplicación de boro en el recurso suelo debe ser meticuloso, ya que puede suscitar en calcinaciones a los tejidos foliares. (Carrillo, y otros, 2015)



Figura 15-4: Foliolos curvados por ausencia de Boro
Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

- Requerimientos nutricionales

La fertilización de una zona de cultivo de palma africana es muy compleja, ya que las interacciones de nutrientes al no ser correctas pueden causar un desequilibrio nutricional; las relaciones de elementos mas fructíferas para plantaciones de palma son: Nitrógeno – Potasio, Nitrógeno – Fósforo, Calcio – Magnesio – Potasio, y por último Potasio – Boro. La fertilización de los cultivos debe ser

ejecutada por un técnico, que previamente realizara un análisis de suelo para conocer las necesidades nutricionales de plantíos. (Carrillo, y otros, 2015)

4.8 Cosecha

La cosecha óptima de frutos de palma africana depende de su tiempo de florecimiento, las características a analizar es la coloración que va desde rojizo anaranjado hasta rojo opaco y la separación de los racimos de la palma africana, la periodicidad de extracción de frutos de palmas mayores a 3 años es semanal, la producción es dependiente de la estación de año, puesto que en el periodo de lluvias la cantidad obtenida es mucho mayor a la temporada de sequía.

Cuadro 4-4: Tiempo de cosecha según la edad del cultivo.

Edad del Cultivo (años)	Temporada (Producción de cosecha)	
	Seca	Lluviosa
3-4	7 días	5 días
5-8	10 días	7 días
9-15	13 días	9 días
>15	20 días	15 días

Fuente: (Carrillo, y otros, 2015)

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

Las herramientas usadas para el mantenimiento de las plantaciones de palma africana, son elegidas según la edad de la planta, al ser palmas jóvenes (menores a los 3 años) se usa podón y machetes, mientras los cultivos mayores de 3 años emplean palillas y machetes, finalmente se utilizan cuchillos malayos (altura reajutable) para plantas de más de 5 metros de altura.

El mantenimiento constante de la plantación facilita la recolección de frutos y racimos, la recopilación de la cosecha se produce por la gestión de los trabajadores de la propiedad empleando las herramientas antes mencionadas, seguido de la utilización de mulares con carretas para de esa forma trasladar la cosecha que tiene un peso estimado de 150 a 200 Kg de fruta, y se aproxima un valor de recaudación de 1,5 t/día por una extensión de 10 hectáreas. La entrega de la cosecha a la extractora se procede hasta máximo 24 horas después de la extracción del racimo, evitando el aumento de acidez del aceite y disminución en el peso del racimo. (Carrillo, y otros, 2015)

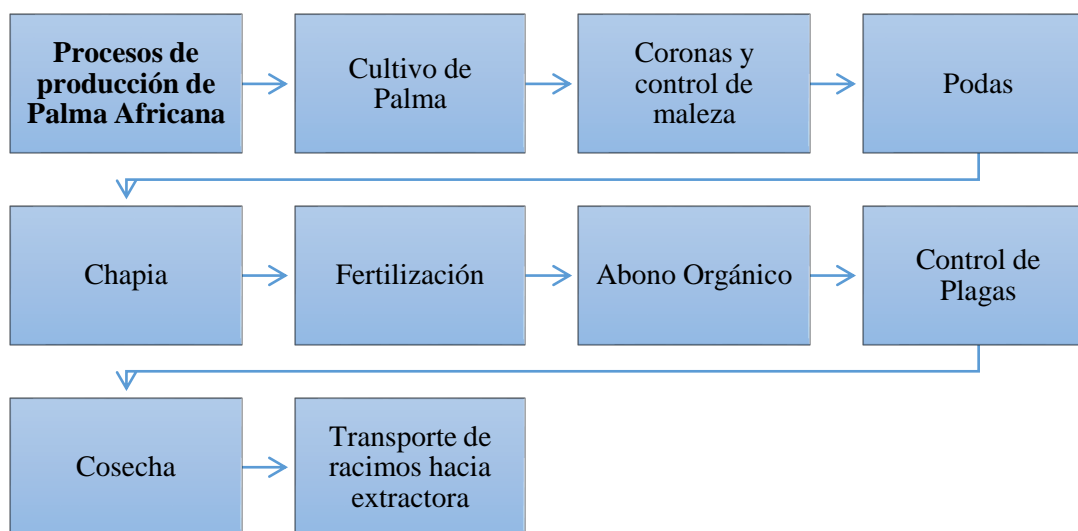
4.9 Producción de cultivos

Cuadro 5-4: Producción de plantaciones, Finca “Las Palmeras”

Cultivo	Extensión	Producción Mensual	Producción Anual	Lugar de Venta	Ganancia Mensual	Ganancia Anual	Método de Producción
Palma Africana	5 ha.	6 t	72 t	Extractora Teobroma	\$ 660,00 USD	\$ 7920,00 USD	Cultivo de Tradicional

Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

4.10 Diagrama de flujo de los procesos de producción de la palma africana



Realizado por: Martínez Carrera, K.(2018)

4.11 Riesgos endógenos y exógenos

Los riesgos endógenos son producidos durante las actividades ejecutadas en los cultivos de palma aceitera, estas eventualidades afectan a los trabajadores y ambiente, las inseguridades registradas son tres: Derramamiento de agroquímicos, Incidentes laborales e incendios (gas natural).

- El derramamiento de agroquímicos se ocasiona por el manejo inadecuado de los químicos en situaciones de fumigación, fertilización, etc.; por parte de los trabajadores de la plantación.

- Los incidentes laborales son originados por mal empleo de herramientas y maquinaria en las actividades como la poda de malezas, cosecha de frutos y movilización de racimos a distintas zonas del área de cultivo provocando cortes en la piel, caídas leves o fracturas mayores.
- Los incendios pueden ser producidos por la explosión del cilindro de gas natural que se encuentra en malas condiciones o existe una fuga.

Los riesgos exógenos hacen referencia a los fenómenos naturales como: inundaciones, sequías y mordeduras de animales (serpientes).

- Las inundaciones es un evento que no se puede predecir cantidad de precipitación en un area determinada, este fenómeno se puede efectuar a traves del desbordamiento de caudales de ríos. En el caso de la plantación de palma aceitera de la finca “Las Palmeras”, este riesgo tiene baja probabilidad de sucitarse puesto que no existe rios cercanos a la propiedad.
- Las sequías es un fenómeno natural de ausencia de lluvia en un lugar o región determinado, la escases de agua provoca el marchitamiento de cultivos.
- Las mordeduras de animales en la extención de la plantación se propician por el ecosistema oportuno para su crecimiento y desarrollo, un ejemplo de ello son las serpientes. (García Carrión, 2015)

4.12 Prevención y control de la contaminación

4.12.1 Prevención de riesgo de contaminación del agua

Es la prevención anticipada de contaminación del recurso agua en la plantación de Palma Africana, a traves de medidas provisorias que son:

- Limpieza regular de malezas alrededor de la ubicación de la fosa séptica perteneciente a la vivienda de la finca.
- Control y mantenimiento regular añadiendo cal viva en la fosa séptica de la vivienda.
- Extracción de lodos de fosa séptica semestralmente para evitar su acumulación e infiltración a suelos más profundos. (García Carrión, 2015)

4.12.2 Prevención de riesgo de contaminación del suelo

Es la prevención de contaminación del suelo producidas por las actividades diarias en la plantación de Palma Africana , se sugiere las siguientes medidas provisorias.

- Mantenimiento periódico para los caminos que se encuentran dentro y fuera del área de cultivo.
- Evitar la incineración de residuos orgánicos o basura común proveniente de la vivienda o de las plantaciones de palma.
- Control de derrames de agroquímicos en bodegas.
- Evitar la siembra de plantas de palma en zonas propensas a derrumbes de suelo o zonas a desnivel.
- Los agroquímicos utilizados en fertilización y fumigaciones deberán contar con un registro ambiental. (García Carrión, 2015)

4.13 Capacitación laboral y educación ambiental

Otorgar capacitaciones que contribuyan a fortalecer las habilidades, conocimientos de empleo de agroquímicos y maquinarias para salvaguardar la integridad y la seguridad de los trabajadores de la finca “Las Palmeras”, además dar a conocer prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente, la medidas de protección a continuación:

- Adiestramiento del uso y manejo de químicos en la plantación de palma.
- Capacitación de manejo de residuos peligrosos (Empaques de insecticidas, herbicidas, etc.)
- Curso de primeros auxilios (Básico).
- Simulacros en caso de emergencia.
- Capacitación de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Charla de buenas prácticas agrícolas amigables con el ambiente. (García Carrión, 2015)

4.14 Seguridad y salud ocupacional

4.14.1 Prevención y riesgos de accidentes

Proponer medidas de protección y mitigación para los trabajadores en base actividades que expongan la integridad física en la plantación del palma africana, se formula lo siguiente:

- Incorporar un botiquín de primeros auxilios en la propiedad y ubicarlo en una zona accesible a los trabajadores.

- Conocer la localización del dispensario mas cercana a la propiedad para poder trasladar personas delicadas de salud por accidentes dentro de la plantación.
- Control de medicamentos y extintores en caso de un incendio o enfermedad.

El contenido básico de un botiquín es: Termometro, gasas estériles, pastillas contra dolores musculares, fiebreas, guantes quirurgicos, algodón, alcohol antiséptico, agua oxigenada y destilada. (García Carrión, 2015)

4.14.2 Equipo de protección Laboral

La implementación de equipos de protección a los trabajadores de la plantación, garantiza la disminución de accidentes y alto rendimiento en la producción de palma. Se recomienda:

- La entrega de equipos de protección personal a cada trabajador de la propiedad.
- Capacitación de uso del equipo de protección según el tipo de actividad a realizarse.
- Control y monitoreo en cuanto a la calidad de equipos de protección personal.
- Disponer de una bodega donde se pueda almacenar los equipos de protección personal.
- Renovar los equipos de protección personal anualmente.
- El equipo de protección está conformado por:
Gafas antipolvo, Guantes de cuero, Botas de agua antideslizantes, Ropa impermeable, casco protector, mascarillas con filtro para agroquímicos y uniforme de trabajo (Pantalón y camiseta manga larga). (García Carrión, 2015)

4.14.3 Manejo de residuos sólidos no peligrosos

Prevenir la contaminación dentro de la plantación por la acumulación y mala distribución final de los residuos sólidos no peligrosos. Las medidas propuestas para evitar estos riesgos son las siguientes:

- Incorporar recipientes para la correcta colocación de residuos orgánicos, vidrios, plásticos y cartón. Estos tachos deben estar ubicados en zonas libres de lluvia y humedad.
- Colocar una etiqueta de información en cada recipiente.
- Los desechos líquidos y sólidos agroquímicos no se depositan en este tipo de recipientes.
- Evitar la incineración de residuos sólidos generados por las actividades en la plantación.
- Disponer de los residuos sólidos producidos por la poda de malezas y limpieza (hojas) de la palma africana como un abono orgánico para el suelo.

- Utilizar los residuos orgánicos de los animales (Cerdos, gallinas y vacas) producidos en la finca a modo de abono natural, como un medio de enriquecimiento de nutrientes para el suelo. (García Carrión, 2015)

4.14.4 Manejo de residuos sólidos peligrosos

Prevenir la contaminación de residuos sólidos peligrosos dentro de la plantación por la inadecuada distribución de elementos tóxicos para el medio ambiente, adoptar las siguientes gestiones:

- Crear un espacio designado exclusivamente para el almacenamiento de agroquímicos empleados en las distintas actividades que se producen en la propiedad y los residuos de los mismos.
- Agregar un contenedor exclusivo para desechos peligrosos.
- Colocar una etiqueta de información de desechos peligroso.
- En caso de suscitarse un derrame de agroquímicos, se recomienda utilizar papel absorbente rápidamente y colocarlo en el recipiente designado para desechos peligrosos.
- Concretar un acuerdo con la empresa de venta de agroquímicos para dar una disposición final de los residuos sólidos (empaques plásticos, botellas, etc.) y llevar un listado del mismo.
- Inserción de control de agroquímicos que son utilizados en la plantación. (García Carrión, 2015)

4.15 Cobertura vegetal

Como medida preventiva contra la erosión de los suelos (impacto ambiental) en zonas donde se establece las plantaciones de palma africana se recomienda el cultivo de plantas leguminosas como cobertura para el suelo, sus funciones son impedir el desarrollo de plagas en el cultivo, almacenar la humedad y aumento del enriquecimiento del suelo.

El uso de *Pueraria phaseoloides* es recomendada para el cultivo de palma, se usa de dos a tres kilos de semillas por hectárea, es necesario sembrarlas posteriormente a la plantación de las palmas a 2 m de cada planta, su técnico de sembrado es al voleo y es indispensable sumergir las semillas durante un periodo de tiempo de tres horas. (Chávez M., y otros, 2003)

4.16 Monitoreo y seguimiento de la plantación

Es la comprobación y seguimiento de las actividades realizadas dentro de la plantación, es una medida precautelar para garantizar el cumplimiento de las propuestas anteriormente mencionadas.

- Limpieza periódica de la plantación de palma aceitera y sus alrededores.
- Mantenimiento de la fosa séptica ubicada cerca de la vivienda.
- Mantenimiento de los caminos se encuentran dentro y fuera del área de cultivo.
- Verificación de lugar de plantación de palmas jóvenes, distantes a zonas propensas a deslizamientos.
- Confirmación de realización de capacitaciones otorgadas a trabajadores de la propiedad.
- Verificación del botiquín de primeros auxilios y extintores en caso de incendios.
- Confirmación de compra de equipos de seguridad y protección personal para los trabajadores.
- Identificación de recipientes para almacenamiento de desechos no peligrosos y peligrosos, con su respectiva etiqueta de información.
- Implementación de una bodega exclusiva para almacenamiento de agroquímicos y residuos peligrosos.
- Comprobación de uso de desechos orgánicos (vegetaciones obtenidas de la poda, residuos orgánicos de cerdo, gallinas y vacas) como abono orgánico para el suelo.
- Validación de disposición final de residuos peligrosos de la finca con la empresa ofertante de los productos agroquímicos. (García Carrión, 2015)

CONCLUSIONES

- Se determinó las características físicas del suelo de la finca “Las Palmeras” por medio de 20 muestras compuestas de suelo conformadas por 16 submuestras cada una, la cuales corresponden 5 ha de cultivo de palma africana y 5 ha de suelo no intervenido con dicho cultivo; el análisis de porosidad, textura del suelo y pH con el método referencial (PA 85.00 Humedad y PA 05.00 Potencial Hidrógeno) estableció los resultados que fueron: La porosidad media de SPA (Suelo con cultivo de Palma Africana) fue de 52,31 % y de SNP (Suelo no intervenido con cultivo de Palma Africana) 56,57 % y el tipo de textura fue franco arenoso para los dos tipos de suelos y un pH promedio de 6,33 para SPA y 6,72 de SNP respectivamente.

Los datos obtenidos de porosidad de los dos tipos de suelos no presentan una diferencia significativa, la FAO (2009) explica que el porcentaje de porosidad es muy alto, siendo beneficioso para el suelo al otorgar buena aireación e infiltración de agua en el suelo. La textura del suelo analizada posee las mismas características que es franco arenoso, presentando una mayor presencia de arenas en el suelo, esto establece la baja retención de nutrientes y líquidos, además del lavado continuo del recurso y finalmente el pH de los tipos de muestras revelan valores moderadamente ácidos que contienen elevadas cantidades de Hierro (Fe) afectando a la retención de macronutrientes (Fósforo, Magnesio y Calcio), este tipo de suelo se encuentra entre el rango estimado para la producción de palma aceitera y pH cercano a la neutralidad presentan abundante contenido de nutrientes, por lo cual es considerado un condición óptima para el crecimiento de cualquier cultivo agrícola. Los pH de los suelos estudiados cumplen con los límites de calidad de suelo establecidos en la legislación ecuatoriana (TULSMA).

La influencia climatológica de la zona tiene influencia sobre las propiedades físico químicas analizadas por presentar una elevada precipitación los primeros seis meses del año, la media de precipitación fue de 729, 08 mm de los últimos cuatro años, este factor junto a los indicadores ya mencionados produce el constante lavado del recurso suelo y con ello el bajo almacenamiento de nutrientes en el mismo.

- La evaluación de concentraciones de los nutrientes a través de promedios de valores presento que los elementos con mayor presencia en las clases de suelo analizado revelan igualdades en proporción a sus componentes, la composición nutricional de las muestras de suelo con cultivo de palma africana es la siguiente:

$$Fe (61\%) > N (26\%) > K (6\%) > Mg (3\%) > P (2\%) > Mn (2\%)$$

Mientras la presencia de los nutrientes en las muestras de suelo no intervenido con cultivo de palma africana es la siguiente:

$$Fe (55\%) > N (35\%) > K (3\%) > Mg (3\%) > P (2\%) > Mn (2\%)$$

La presencia de los elementos Calcio, Zinc y Cobre no representan valores significativos en los dos tipos de muestras de suelo observados, su presencia es escasa.

El Hierro se presenta como el elemento más abundante en los suelos como consecuencia de la acidificación registrada en las muestras, limita la acción degradante de la microbiota para la generación de materia orgánica. La presencia de Nitrógeno contribuye al desarrollo óptimo de las plantas, además que es esencial para producir la clorofila e influencia en la absorción del Ca, K y Mg. La escasez de Potasio provocada por la textura franco arenosa del suelo produce marchitamiento en las hojas, asimismo de retardar el crecimiento y productividad de las plantas cultivadas.

El Magnesio es el principal elemento para que se efectúe la fotosíntesis, su carencia origina la coloración pálida en la vegetación, la relación con el calcio contribuye a una adecuada aireación del suelo además de otorgar permeabilidad del suelo, en el caso de las dos clases de suelos al poseer valores bajos estas propiedades se verán medianamente afectadas.

El Fósforo evidencia una baja presencia en los tipos de suelo analizados, la deficiencia de este nutriente ocasiona alteraciones en el proceso de la fotosíntesis, además de limitar el crecimiento de raíces y flores en la planta, este elemento está estrechamente relacionado con el magnesio por lo cual si uno de ellos es bajo el otro elemento se presentará en pequeñas cantidades. La mayoría de fosforo se encuentra de forma insoluble en el suelo, dificultando su absorción.

El contenido de Manganeso se ve alterado por el pH de suelo al ser ligeramente ácido, el mayor contenido de Mn se efectúa en suelos cercanos a la basicidad. La carestía del Calcio genera deficiencias en el desarrollo de raíces y hojas; la disponibilidad del Zinc inicia desde un pH neutro, este nutriente es escaso en presencia de suelos ácidos y arenosos como es en los dos casos analizados. El Cobre se almacena en la materia orgánica del suelo, los datos obtenidos de los exámenes indican una baja proporción de MO en los dos tipos de suelos, es por eso el bajo contenido de cobre en los diferentes casos.

- La comparación por medio de un análisis estadístico demostró la gran influencia de las variables establecidas como el pH (ligeramente ácido) para SPA y la materia orgánica para SNP, cada una explica las reacciones de la disponibilidad de nutrientes, además de las relaciones establecidas por los elementos.

Por medio de indicadores físicos- químicos con sus rangos establecidos de presencia en el suelo, se pudo calcular el índice de calidad del suelo extraída de Prieto Méndez et al. (2018) para los dos tipos de suelos donde el resultado fue que cada suelo se encuentra en una escala de moderada calidad (0,40 – 0,59), con este análisis se concluye que los monocultivos de palma africana no representan una alarmante alteración al recurso suelo, ya que se ha obtenido valores cercanos entre los dos tipos de suelo correspondientes a suelo con cultivo de palma aceitera y al suelo no intervenido con cultivo de palma, la diferencia entre elementos no es significativa.

Sin embargo la constante expansión de las plantaciones de palma supone un riesgo para la frontera agrícola, ya que el mantenimiento (fertilización, fumigación, etc.) de los cultivos genera elevados gastos económicos en donde existen casos que los propietarios deciden comprar más terrenos para cultivar palma aceitera, los suelos estudiados poseen características franco arenosas en el cual la retención de líquidos y nutrientes es bajo añadiendo la continua de precipitación en la zona, el recurso suelo se perjudicado constantemente por el lavado en sus horizontes, dando como resultado un suelo con escasa presencia de nutrientes naturales.

- Se propuso un plan de manejo de uso agrícola adecuado para el tipo de cultivo producido en la finca “Las Palmeras”, respondiendo como una guía para el agricultor junto a las buenas prácticas ambientales para establecer un cultivo basado en condiciones amigables para el suelo y contribuyendo a la mejora continua del proceso de producción de palma aceitera.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de cultivo de palma africana en el segundo semestre del año para evidenciar si existe una diferencia en las concentraciones de nutrientes y una variación en la calidad del suelo.
- Comprobar el empleo del plan de manejo de uso agrícola propuesto en la finca “Las Palmeras”.
- Efectuar el cultivo de plantas de Palma Africana a una mayor distancia entre sí mismas, para disminuir el área de sombra creada en el suelo y aumentar la proliferación de la fauna silvestre de la zona donde se realiza el cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACEPALMA.** [En línea] ACEPALMA, 2009. [Citado el: 23 de Octubre de 2017.] <http://www.acepalma.com/Productos.php>.
2. **Agricultores red de especialistas en agricultura.** La importancia de la materia orgánica en el suelo. [En línea] Agriculturers Red de Especialistas en Agricultura, 19 de Noviembre de 2014. [Citado el: 06 de Julio de 2018.] <http://agriculturers.com/la-importancia-de-la-materia-organica-en-el-suelo/>.
3. **Agropecuarios.net.** MANEJO INTEGRAL DE TIERRAS. [En línea] 09 de Abril de 2011. [Citado el: 08 de Junio de 2018.] <http://agropecuarios.net/manejo-integral-de-tierras.html>.
4. **Altieri, Miguel. et al.** *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable.* Montevideo : Editorial Nordan-Comunidad, 1999. págs. 293-297. 9974-42-052-0.
5. **AMEND, Stephan. et al.** *Planes de manejo, Conceptos y Propuestas.* s.l. : Parques Nacionales y Conservación Ambiental, 2002. pág. 35. 9962-8806-1-0.
6. **Bolsa de comercio de rosario.** Etapas de la Toma de Muestra para Análisis de Suelo. [En línea] 02, Bolsa de Comercio de Rosario. [Citado el: 07 de Mayo de 2018.] <https://www.bcr.com.ar/Laboratorio%20Varios/Instructivo%20toma%20de%20muestras%20de%20suelo.pdf>.
7. **Carrillo, Manuel. et al.** *Manual del Cultivo de la Palma Aceitera.* [ed.] Juan Domínguez, y otros. Manual Técnico no. 102. Santo Domingo : INIAP, Estación Experimental Santo Domingo, 2015. págs. 24-74. Vol. 102.
8. **Casanova, Eduardo.** *Introducción a la Ciencia del Suelo.* Segunda. Caracas : Consejo de Desarrollo Científico Humanístico Universidad Central de Venezuela, 2005. págs. 17-18. 980-00-2314-3.
9. **Curtis, Helena. et al.** *Curtis Biología.* Séptima. Buenos Aires : Editorial Médica Panamericana S.A., 2008. pág. 957. 978-950-06-0334-8.
10. **Chávez M., Francisco y Rivadeneira, Julio.** *Manual del Cultivo de Palma Africana (Elaeis guineensis jacq.): para la zona noroccidental del Ecuador.* [ed.] INIAP Archivo Historico. Quito : Ancupa e INIAP , 2003. págs. 09-101.
11. **Des Abbayes, H. et al.** *Botanica: Vegetales Inferiores.* [trad.] Julio Bueno. Segunda. Barcelona : Editorial Reverté S.A., 1989. págs. 44-46. 84-291-1813-6.
12. **Del Aguila Juárez, Pedro, Lugo De La Fuente, Jorge y Vaca Paulín, Rocío.** *Determinación de factores de enriquecimiento y geoacumulación de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb,*

y Zn en suelos de la cuenca alta del río Lerma 2, Toluca : CIENCIA ergo sum, 2005, Vol. XII, págs. 155-161. 1405-0269.

13. **ECOTK.** DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN RELACIÓN CON EL PH DEL SUELO. [En línea] Ecotk, 01 de Septiembre de 2015. [Citado el: 30 de Mayo de 2018.] <https://www.ecotk.com.mx/2015/09/11/disponibilidad-de-nutrientes-en-relaci%C3%B3n-con-el-ph-del-suelo/>.
14. **Castro Soto, Gustavo.** *Efectos de la Palma Africana.* México : Suecia:FIAN Internacional; HIC.AL; SAL, 10 de Diciembre de 2009, Azúcar Roja, Desiertos Verdes: Informe Latinoamericano sobre monocultivos y violaciones al derecho a la alimentación y vivienda adecuadas, el agua, la tierra y el territorio., págs. 219-228. 978-607-95101-2-1.
15. **Espinosa, Ruth Pilar.** DÍA MUNDIAL LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN. *Diario ABC.* ABC Natural, 18 de Junio de 2013.
16. **FAO.** El Manejo del Suelo en la Producción de Hortalizas con Buenas Prácticas Agrícolas. [En línea] FAO, 27 de Noviembre de 2017. [Citado el: 14 de Julio de 2018.] <http://www.fao.org/3/a-i3361s.pdf>. 978-92-5-307784-7.
17. **FAO.** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [En línea] FAO, 2017. [Citado el: 12 de Octubre de 2017.] <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>.
18. **FEDAPAL.** FEDAPAL. [En línea] FEDAPAL, 2017. [Citado el: 17 de Octubre de 2017.] <http://fedapal.org/web2017/index.php/estadisticas/ficha-tecnica-palma-2017>.
19. **GAD Parroquial Plan Piloto.** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural Plan Piloto 2015- 2019. [En línea] GAD Parroquial Plan Piloto, 31 de Octubre de 2015. [Citado el: 23 de Abril de 2018.] http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/2360007020001_PLAN%20PILOTO%20DIAGNOSTICO_31-10-2015_00-39-39.pdf.
20. **GAD Provincial Santo Domingo De Los Tsáchilas.** La Provincia por dentro. *La Provincia por dentro.* Santo Domingo de los Colorados : s.n., 2015.
21. **GAD Provincial Santo Domingo De Los Tsáchilas.** GAD Santo Domingo de los Tsáchilas. [En línea] s.f.
22. **García Carrión, Alfredo Xavier.** REALIZACIÓN DE LA AUDITORIA AMBIENTAL INICIAL DE LA PLANTACIÓN DE PALMA ACEITERA EL PLACER UBICADA EN LA PARROQUIA LA CONCORDIA, CANTÓN LA CONCORDIA PARA EL PLANTEAMIENTO DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL. [En línea] ESPOCH, 2015. [Citado el: 08 de Junio de 2018.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4078/1/236T0133%20UDCTFCI.pdf>.
23. **Harp Iturribarria, Flor de María.** Métodos y Dispositivos de Muestreo. [En línea] AIMMG XXVI CONVENCION INTERNACIONAL DE MINERÍA, 12 de Octubre

de 2005. [Citado el: 27 de Abril de 2018.]
http://mapserver.sgm.gob.mx/aimmgm_arc/STMC02605041.PDF.

24. **Henry, J.Glynn y Heinke, Gary W.** *Ingeniería Ambiental*. [trad.] Hector Escalona y José Pantoja. Segunda. México : Prentice Hall, 1999. págs. 313-314. 970-17-0266-2.
25. **IICA.** Cultivo de la Palma Africana Guía Técnica. [En línea] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Octubre de 2006. [Citado el: 23 de Marzo de 2018.] <http://www.galeon.com/subproductospalma/guiapalma.pdf>.
26. **INEC.** INEC. [En línea] 2017. [Citado el: 13 de Abril de 2018.] http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf.
27. **INIA.** *Curso de Capacitación para operadores del Programa de Recuperación de Suelos Degradados INDAP, Décima Región*. [ed.] Rene Berneir. Segunda. Osorno : Centro Regional de Investigación Remehue, 1999. págs. 02-11. 0717-4810.
28. **Instituto Geográfico Militar.** GEO PORTAL IGM. [En línea] Instituto Geográfico Militar, 2012. [Citado el: 24 de Abril de 2018.] <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descargas/geoinformacion/mapas-tematicos-provinciales/>.
29. **Instituto Nacional De Tecnología Agropecuaria.** Disponibilidad de micronutrientes en los suelos después de 50 años de producción agrícola. [En línea] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 18 de Septiembre de 2015. [Citado el: 14 de Julio de 2018.] https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inf_resul_extenii.pdf.
30. **Jamiyo Orozco, Diego David.** PROPUESTA DE INDICADORES DE CALIDAD EDAFOLÓGICOS PARA VALORAR LA INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN SUELOS OXISOLES DEL PIEDEMONTE LLANERO COLOMBIANO. [En línea] Universidad Nacional de Colombia, 2011. [Citado el: 14 de Julio de 2018.] <http://bdigital.unal.edu.co/7169/1/7009004.2011.pdf>.
31. **Jiménez Ballesta, Raimundo.** *Introducción a la Contaminación de Suelos*. [ed.] Isabel Hernández Úbeda. Madrid : Ediciones Mundi-Prensa, 2017. págs. 7-16. 978-84-8476-789-3.
32. **Kass, Donald.** *Fertilidad de suelo*. [ed.] Jorge Nuñez. San José : Editorial EUNED, 1996. págs. 185-186. 978-9977-64-889-7.
33. **L, Rucks. et al.** Biblioteca Fagro. [En línea] 2004. [Citado el: 26 de Enero de 2018.] <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>.
34. **LAAI.** Procedimiento para la toma de muestras de suelos. [En línea] [Citado el: 06 de Mayo de 2018.] http://www.laai.com.uy/htm_empresa/muestra_de_suelo.htm.

35. **Lacasta, Carlos. et al.** EFECTO DE LA TEXTURA DEL SUELO SOBRE DIFERENTES PARÁMETROS BIOQUÍMICOS. [En línea] VII Congreso SEAE: Agricultura y Alimentación Ecológica Trabajo 110, 2006. [Citado el: 12 de Julio de 2018.] <https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2006/CD%20Congreso%20Zaragoza/Ponencias/110%20Lacasta%20Com%20-%20Efecto.pdf>.
36. **Loli Figueroa, Oscar.** Manual Técnica: Producción de Palma Aceitera. [En línea] Universidad Nacional Agraria La Molina, 2012. [Citado el: 11 de Abril de 2018.] <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/30-d-palma-aceitera.pdf>.
37. **MAE.** FAOLEX. [En línea] 2018. [Citado el: 08 de 03 de 2018.] <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112181.pdf>.
38. **Mariategui, José Carlos.** Guía Técnica: Análisis de Suelos y Fertilización en el Cultivo de Palma Aceitera. [En línea] Universidad Nacional Agraria La Molina, 2012. [Citado el: 11 de Abril de 2018.] <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/30-c-palma-aceitera.pdf>.
39. **Martínez Villar, Elena y Andrades Rodríguez, María Soledad.** Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. [En línea] 2014. [Citado el: 06 de Julio de 2018.] <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>. 978-84-695-9286-1.
40. **MINAM.** Guía para el Muestreo de Suelos. [En línea] Noviembre de 2014. [Citado el: 27 de Abril de 2018.] <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>. 624.1517.
41. **Movimiento mundial de bosques tropicales.** *El Amargo Fruto de la Palma Aceitera: Despojo y Deforestación.* [ed.] Ricardo CARRERE. Montevideo : MOVIMIENTO MUNDIAL DE BOSQUES TROPICALES, 2011. págs. 9-26. 9974-7608-3-6.
42. **Munévar M, Fernando.** Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos. [En línea] 01 de Enero de 2001. [Citado el: 09 de Septiembre de 2017.] <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/888/888>.
43. **Navarro García, Ginés y Navarro García, Simón.** *Química Agrícola: Química del Suelo y de los Nutrientes Esenciales para las Plantas.* Tercera. Madrid : Ediciones Mundi-Prensa, 2013. págs. 45-77. 978-84-8476-656-8.
44. **Núñez Solís, Jorge.** *Fundamentos de Edafología.* Uno. San José : Esditorial Universal Estatal a Distancia, 2000. pág. 67. 978-9977-64-148-5.
45. **Núñez Solís, Jorge** *Manejo y Conservación de Suelos.* Primera. San José : Editorial EUNED, 2011. págs. 105-111. 9968-31-154-5.
46. **Núñez Solís, Jorge** *Manual de Laboratorio de Edafología.* Uno. San José : Editorial Universidad Estatal a Distancia, 2006. págs. 33-40. 9977-64-887-5.

47. **Pinedo Dávila, Alex.** EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CUATRO DOSIS DE N, P, K y Mg, EN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq), REALIZADO EN EL VIVERO DE LA EMPRESA PALMAS DEL SHANUSI S.A. [En línea] UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO, 2013. [Citado el: 15 de Septiembre de 2017.] <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/1213/ITEM%4011458-466.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
48. **Plan de ordenamiento territorial.** La Concordia. [En línea] 08 de Noviembre de 2016. <http://www.laconcordia.gob.ec/>.
49. **González Barrios, José Luis, González Cervantes, Guillermo y Chávez Ramírez, Eduardo.** *Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas*. 1, Jiutepec : Tecnología y ciencias del agua, 2012, Vol. III. 2007-2422.
50. **Porta, Jaume, López, Marta y Poch, Rosa.** *Edafología uso y protección de suelos*. Tercera . Madrid : Ediciones Mundi - Prensa, 2013. págs. 22-23. 978-84-8476-661-2.
51. **Gutiérrez, Joan S, Cardova, William A y Monsalve, Oscar I.** *Potencial en el uso de las propiedades químicas como indicadores de calidad de suelo. Una revisión*. . 02, Bogotá : REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS, 2017, REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS, Vol. XI, págs. 450-458. 2011-2173.
52. **Prieto Méndez, Judith. et al.** INDICADORES E ÍNDICES DE CALIDAD DE LOS SUELOS (ICS) CEBADEROS DEL SUR DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO. [En línea] Universidad de Costa Rica, 13 de Marzo de 2018. [Citado el: 14 de Julio de 2018.] http://www.mag.go.cr/rev_meso/v24n01_083.pdf. 1021-7444.
53. **Quesada Herrera, German.** Cultivo e Industria de la Palma. *Cultivo e Industria de la Palma*. [En línea] Ministerio de Agricultura y Ganadería, 06 de Febrero de 2004. [Citado el: 22 de Abril de 2018.] http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_palma.pdf.
54. **Quevedo Cazares, José Luis.** Determinación de factores de enriquecimiento e índices de geoacumulación de plomo, cadmio y níquel en suelos agrícolas del sector San Alfonso en Machachi. [En línea] PUCE, 2013. [Citado el: 07 de Junio de 2018.] <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7115/4.7.000340.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
55. **Ramos Miras, José Joaquín.** ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS Y OTROS PROCESOS DE DEGRADACIÓN QUÍMICA EN LOS SUELOS DE INVERNADERO DEL PONIENTE ALMERIENSE. [En línea] Universidad de Almería, 2002. [Citado el: 06 de Junio de 2018.] <https://books.google.com.ec/books?id=EaxMAQAAQBAJ&pg=PA23&dq=toxicidad+de+nutrientes&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjlgvT9stbbAhXCzVMKHW4KASYQ6AEIKjAB#v=onepage&q&f=false>.

56. **Raven, Peter H., Evert, Ray F. y Eichhorn, Susan.** *Biología de las Plantas 1*. Barcelona : Editorial Reverté, S.A., 1992. págs. 535-536. Vol. II. 84-291-1843-8.
57. **Raven, Peter, Evert, Ray y Eichhorn, Susan.** *Biología de las Plantas*. [trad.] Sergi Santamaría. Barcelona : Editorial Reverte S.A., 1992. págs. 525-536. 84-291-1843-8.
58. **Robinson, Jim.** Exceso de Nutrientes. [En línea] 03 de Noviembre de 2008. [Citado el: 06 de Junio de 2018.] <http://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/exceso-de-nutrientes/>.
59. **Samaniego, Doris.** Universidad de Cuenca. [En línea] 2012. [Citado el: 13 de Diciembre de 2017.] <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3244/1/Tesis.pdf>.
60. **Smith, D.W., Sims, B.G. y O'neil, D.H.** *Principios y Prácticas de Prueba y Evaluación de Máquinas y Equipos Agrícolas*. Roma : Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1994. pág. 30. 92-5-303458-0.
61. **Sosa, Domingo Alberto.** Técnicas de Toma y Remisión de Muestras de Suelos. [En línea] Ediciones INTA, 2012. [Citado el: 26 de Abril de 2018.] https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-tnicas_de_toma_y_remisin_de_muestras_de_suelos.pdf.
62. **Stocking, Michael y Murnaghan, Niamh.** *Manual para la Evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra*. [ed.] Carolina Padilla y Juan Albaladejo. [trad.] Carolina Padilla y Juan Albaladejo. Murcia : Ediciones Mundi-Prensa, 2003. pág. 80. 84-8476-114-2.
63. **Suquilanda, Manuel.** SecSuelo. [En línea] 31 de Octubre de 2008. [Citado el: 23 de Febrero de 2018.] <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.-Suelos.pdf>.
64. **UAB.** Las plantaciones de palma aceitera provocan la infertilidad de los suelos tropicales. [En línea] Universidad Autónoma de Barcelona, 15 de Julio de 2017. [Citado el: 30 de Mayo de 2018.] <http://www.uab.cat/web/sala-de-prensa/detalle-noticia/las-plantaciones-de-palma-aceitera-provocan-la-infertilidad-de-los-suelos-tropicales-1345667994339.html?noticiaid=1345727879056>.
65. **UNAM.** *Técnicas de Muestreo para Manejadores de Recursos Naturales*. [ed.] Franciso Bautista Zúñiga. Segunda. México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2011. 978-607-02-2127-9.
66. **UNESCO.** *Procesos de erosión: Sedimentación en cauces y cuencas*. Montevideo : UNESCO, 2017. pág. 87. Vol. III. 978-92-3-300071-1.
67. **Universidad De Los Andes.** Datos Mundiales del Cultivo de Palma de Aceite. [En línea] Universidad de los Andes, 10 de Marzo de 2014. [Citado el: 11 de Abril de 2018.] <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2014/03/10/datos-mundiales-del-cultivo-de-palma-de-aceite/>.

68. **University Of Arkansas System.** Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos. [En línea] 28 de Octubre de 2013. [Citado el: 14 de Julio de 2018.] <https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-2118SP.pdf>. FSA2118.
69. **Valdez, Fabriciano.** Plan de Manejo de Finca. [En línea] 2010. [Citado el: 20 de Abril de 2018.] <http://pymeparquechagres.org/planf/33.pdf>.
70. **Villegas Jiménez, Diego Mauricio.** EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN DE LIBERACIÓN CONTROLADA PARA EL PRIMER AÑO EN PALMA ACEITERA HÍBRIDA (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*). [En línea] Universidad Central del Ecuador, 04 de Mayo de 2015. [Citado el: 11 de Abril de 2018.] <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4803/1/T-UCE-0004-34.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A TULSMA ANEXO 2 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS.

Registro Oficial – Edición Especial N° 387 - Miércoles 4 de noviembre de 2015 – 33

5.- Análisis de muestras

Los análisis de muestras de suelo contaminados, se realizarán siguiendo lo especificado en los numerales 4.6.1, 4.6.2 y 4.6.3 de la presente norma

6.- Reparación del área y suelo contaminado

Se debe evaluar y adoptar el método más idóneo de remediación, actividad que dependerá del tipo de sustancia contaminante presente, conforme a lo estipulado en el numeral 4.7.1 de la presente norma.

7.- Plan de monitoreo

Describir el plan de monitoreo hasta cumplir con los límites establecidos en la presente norma.

4.4 CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN

4.4.1 Caracterización inicial del suelo.- La calidad inicial del suelo presentado por el proponente, como parte del Estudio de Impacto Ambiental, constituirá el valor referencial respecto al cual se evaluará una posible contaminación del suelo, en función de los parámetros señalados en la Tabla 1.

En caso de evidenciar valores superiores a los establecidos en la Tabla 1, de origen natural, estos se considerarán como línea base inicial antes de la implementación del proyecto.

Si por origen antropogénico los valores son superiores a los establecidos en la Tabla 1, la Autoridad Ambiental Competente exigirá al causante y/o responsable aplicar un programa de remediación, sin perjuicio de las acciones administrativas y legales que esto implique. Los valores de los parámetros deberán cumplir con los criterios de remediación de la Tabla 2, según el uso de suelo que corresponde.

4.4.2 Criterios de calidad del suelo.- Los criterios de calidad del suelo son valores de fondo aproximados o límites analíticos de detección para un contaminante presente en el suelo. Los valores de fondo se refieren a los niveles ambientales representativos para un contaminante en el suelo. Estos valores pueden ser el resultado de la evolución natural del área, a partir de sus características geológicas, sin influencia de actividades antropogénicas. Los criterios de calidad del suelo constan en la Tabla 1.

4.4.3 Toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que desarrolle actividades que tengan el potencial de afectar al recurso suelo, presentará periódicamente a la Autoridad Ambiental Competente un informe de monitoreo de la calidad del suelo, reportando los parámetros aplicables para el uso respectivo, según consta en la Tabla 1 y los que la Autoridad Ambiental disponga. La periodicidad y el plan de monitoreo deben ser establecidos en el Plan de Manejo Ambiental del proyecto, obra o actividad o conforme la Autoridad Ambiental Competente lo disponga.

4.4.4 Criterios de remediación del suelo.- Los criterios de remediación se establecen de acuerdo al uso del suelo,

tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes en un suelo luego de un proceso de remediación, y son presentados en la Tabla 2.

4.5 MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELOS

4.5.1 De la toma de muestras para caracterización de suelos

4.5.1.1 Se tomará una muestra compuesta por cada 100 hectáreas, formada por 15 a 20 submuestras georeferenciadas, cada una con un peso no inferior a 0.5 kg tomadas a una profundidad entre 0 a 30 cm. Las submuestras serán mezcladas y homogenizadas para obtener una muestra compuesta representativa del suelo, de la cual se tomará un peso de entre 0.5 y 1.0 kg, que servirá para realizar los análisis requeridos.

Para los proyectos, obras o actividades menores a 100 hectáreas, se tomará una muestra compuesta bajo las condiciones detalladas en el párrafo que antecede.

Para ejecutar el muestreo, se trazará una cuadrícula sobre el área del proyecto, y dentro de ella se tomarán las submuestras de forma aleatoria hasta completar el número señalado.

En caso de existir diversidad de tipos de suelo, se tomará una muestra compuesta para cada uno de los tipos presentes en el área, de acuerdo a las condiciones antes señaladas.

La toma de muestras será efectuada por un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano o el que lo reemplace.

4.5.1.2 Para los proyectos lineales (vialidad, sistemas de riego, conducciones de agua potable) se tomará una muestra de suelos por cada 5 km. Para proyectos de saneamiento (red de alcantarillado sanitario), se tomará una muestra compuesta de suelo por cada 3 km, en tanto que para plantas de tratamiento se tomarán al menos dos muestras compuestas en el área de la planta.

4.5.1.3 Para el control y seguimiento, el sujeto de control realizará un muestreo de suelo bajo las condiciones establecidas en el Plan de Monitoreo del Plan de Manejo Ambiental aprobado.

4.5.2 De la toma de muestras en caso de suelos contaminados

4.5.2.1 Para establecer la presencia de contaminación el muestreo se realiza en dos fases; en la primera, se toman muestras de suelo superficial y en la segunda, se toman muestras en perfiles de suelo (muestreo vertical).

a. Muestreo superficial tomadas a una profundidad entre 0 a 30 cm.

- Tipo de muestras: Simple, en cada punto de muestreo.
- Número mínimo de puntos de muestreo: el indicado en la Tabla 3 en función de la superficie del sitio que está contaminado.


Parámetros inorgánicos		
Arsénico	mg/kg	12
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo Total	mg/kg	54
Cromo VI	mg/kg	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9
Estaño	mg/kg	5
Fluoruros	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	5
Níquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	76
Zinc	mg/kg	60

Parámetros orgánicos		
Benceno	mg/kg	0.03
Clorobenceno	mg/kg	0.1
Etilbenceno	mg/kg	0.1
Estireno	mg/kg	0.1
Tolueno	mg/kg	0.1
Xileno	mg/kg	0.1
PCBs	mg/kg	0.1
Clorinados Alifáticos (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorobencenos (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hexaclorobenceno	mg/kg	0.05
Hexaclorociclohexano	mg/kg	0.01
Fenólicos no clorinados (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorofenoles (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/kg	<150
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg/kg	0.1

TABLA 2: CRITERIOS DE REMEDIACIÓN (VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES)

Parámetro	Unidades*	USO DEL SUELO			
		Residencial	Comercial	Industrial	Agrícola
Parámetros Generales					
Conductividad	uS/cm	200	400	400	200
pH	-	6 a 8	6 a 8	6 a 8	6 a 8
Relación de adsorción de Sodio (Índice SAR)	-	5	12	12	5
Parámetros inorgánicos					
Arsénico	mg/kg	12	12	12	12
Sulfuro	mg/kg	-	-	-	500
Bario	mg/kg	500	2000	2000	750
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	-	-	-	2
Cadmio	mg/kg	4	10	10	2
Cobalto	mg/kg	50	300	300	40
Cobre	mg/kg	63	91	91	63
Cromo Total	mg/kg	64	87	87	65
Cromo VI	mg/kg	0.4	1.4	1.4	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9	8	8	0.9
Estaño	mg/kg	50	300	300	5
Fluoruros	mg/kg	400	2000	2000	200
Mercurio	mg/kg	1	10	10	0.8
Molibdeno	mg/kg	5	40	40	5
Níquel	mg/kg	100	100	50	50
Plomo	mg/kg	140	150	150	60
Selenio	mg/kg	5	10	10	2
Talio	mg/kg	1	1	1	1
Vanadio	mg/kg	130	130	130	130
Zinc	mg/kg	200	380	360	200
Parámetros orgánicos					
Aceites y grasas	mg/kg	500	<2500	<4000	<4000
Benceno	mg/kg	0.08	5	5	0.03
Etilbenceno	mg/kg	0.1	20	20	0.1
Estireno	mg/kg	5	50	50	0.1
Tolueno	mg/kg	0.37	0.8	0.8	0.08
Xileno	mg/kg	2.4	11	20	0.1
PCBs	mg/kg	1.3	33	33	0.5

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con Imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

ANEXO B CERTIFICADO DE REALIZACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Santo Domingo de los Colorados, 02 de Abril del 2018

CERTIFICACIÓN

Yo, EVELYN ANDREA ESPINOSA CÁRDENAS, con cédula de ciudadanía 171602001-9, propietaria de la Finca "LAS PALMERAS", ubicada en la vía Quininde km 32, Parroquia Plan Piloto, a petición de la señorita KARLA ESTEFANÍA MARTÍNEZ CARRERA portadora de la cédula 172377645-4, certifico:

Que la mencionada señorita realizó el proyecto de titulación "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE LA FINCA PALMICULTORA LAS PALMERAS, CANTÓN LA CONCORDIA", en la finca de mi propiedad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente



Evelyn Andrea Espinosa Cárdenas
C.I. 171602001-9
**PROPIETARIA DE LA FINCA
"LAS PALMERAS"**

ANEXO C TABLA DE pH EN LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN EL SUELO.

