



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“ANÁLISIS DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO DE LA
PLANTACIÓN DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*) EN LA
PARROQUIA SAN CARLOS, CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS,
PROVINCIA DE ORELLANA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: JENNY ELIZABETH REINOSO MARTÍNEZ

TUTOR: Dr. FAUSTO MANOLO YAULEMA GARCÉS

Riobamba – Ecuador

2018

© 2018, Jenny Elizabeth Reinoso Martínez

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 DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Investigación: Tipo: Proyecto Técnico “Análisis de la calidad ambiental del suelo de la plantación de palma africana (*Elaeis guineensis*) en la parroquia San Carlos, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana”, de responsabilidad de la señorita **Jenny Elizabeth Reinoso Martínez**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Fausto Yaulema Garcés
DIRECTOR DEL TRABAJO		
DE TITULACIÓN		
Ing. Marcela Brito Mancero
MIEMBRO DEL TRIBUNAL		

Yo, **Jenny Elizabeth Reinoso Martínez** 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 referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, de 2018

.....

C.I. 060461855-3

Yo, Jenny Elizabeth Reinoso Martínez soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

Jenny Elizabeth Reinoso Martínez

C.I. 060461855-3

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a toda mi familia en especial a mi tío Carlos Reinoso Martínez y su familia que, con su apoyo moral, económico han sido fundamentales para poder culminar con éxito una etapa más en mi vida.

A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y guiándome por el buen camino para continuar. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Jenny Elizabeth Reinoso Martínez

AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios por darme la fortaleza de seguir siempre para adelante pese a los obstáculos que se han presentado en el camino, y darme sabiduría para poder culminar con éxito.

Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más. A mis familiares porque me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, para convertirme en un profesional. A mis amigos que con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. Por último, a mis compañeros de vida estudiantil que gracias a la amistad que se formó lo logramos llegar hasta el final del camino, al Dr. Fausto Yaulema Garcés y Ing. Marcela Brito, por la colaboración brindada en todo momento de la investigación.

Jenny Elizabeth Reinoso Martínez

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. PARROQUIA SAN CARLOS.....	5
1.2. LOS MONOCULTIVOS	7
1.2.1. <i>Monocultivo de palma africana</i>	8
1.3. EL SUELO	9
1.3.1. <i>Funciones del suelo</i>	10
1.3.2. <i>Relación del suelo con el medio ambiente</i>	11
1.4. LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS.....	12
1.4.1. <i>Causa de la degradación de los suelos</i>	14
1.4.2. <i>Tipos de degradación</i>	14
1.4.3. <i>Proceso de degradación de suelos</i>	17
1.4.4. <i>Degradación y productividad</i>	17
1.5. CALIDAD DEL SUELO	18
1.5.1. <i>Contradicciones presentes en los conceptos establecidos para la calidad del suelo</i>	20
1.5.2. <i>Indicadores de la calidad del suelo</i>	20
CAPÍTULO II	
2. METODOLOGÍA	26
2.1 ZONA DE ESTUDIO	26
2.1.1 <i>Lugar de la investigación</i>	26
2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	26

<i>2.2.1 Hipótesis e identificación de variables</i>	27
<i>2.2.2. Esquema del proceso</i>	28
<i>2.2.3. Marco metodológico</i>	29
CAPÍTULO III	
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
3.1. PLANTACIÓN DE PALMA AFRICANA	45
3.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL SUELO	50
<i>3.2.1. Suelo intervenido – plantación de palma africana</i>	<i>50</i>
<i>3.2.2. Suelo no intervenido – bosque natural</i>	<i>54</i>
3.3. CALIDAD DEL SUELO	58
3.4. DISCUSIÓN	63
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Aristas por considerar para alcanzar una calidad de suelo adecuada	19
Figura 1-2. Esquema del proceso.....	28
Figura 2-2. Ubicación geográfica de la plantación de palma africana	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Usos de suelo en la parroquia San Carlos.....	5
Tabla 2-1. Descripción de los usos de suelo en la parroquia San Carlos	6
Tabla 3-1. Indicadores físicos para evaluar la calidad del suelo	24
Tabla 4-1. Indicadores químicos para evaluar la calidad del suelo	25
Tabla 5-1. Indicadores biológicos para evaluar la calidad del suelo	25
Tabla 1-2. Parámetros de evaluación para la calidad del suelo.....	29
Tabla 2-2. Interpretación de los rangos de pH.....	32
Tabla 3-2. Rangos de concentración para NPK.....	32
Tabla 4-2. Categorización de la capacidad de intercambio catiónico	33
Tabla 5-2. Rangos de la conductividad eléctrica	33
Tabla 6-2. Porcentajes de materia orgánica	34
Tabla 7-2. Clases texturales y sus características	34
Tabla 8-2. Tipos de estructuras del suelo	35
Tabla 9-2. Integración cuantitativa de los indicadores de la calidad del suelo.....	36
Tabla 10-2. Índice de calidad del suelo	37
Tabla 11-2. Variación de la infiltración básica en función a la textura del suelo.	41
Tabla 1-3. Parámetros físico químicos analizados del suelo intervenido – plantación de palma	50
Tabla 2-3. Matriz de registro de lecturas in situ para la evaluación de la infiltración	52
Tabla 3-3. Cálculos logarítmicos realizados a las lecturas de infiltración	52
Tabla 4-3. Infiltración acumulada y velocidad de infiltración para el suelo intervenido	53

Tabla 5-3. Parámetros físico químicos analizados del suelo no intervenido.....	54
Tabla 6-3. Matriz de registro de lecturas in situ para la evaluación de la infiltración.....	56
Tabla 7-3. Cálculos logarítmicos realizados a las lecturas de infiltración	56
Tabla 8-3. Infiltración acumulada y velocidad de infiltración para el suelo no intervenido	57
Tabla 9-3. Calidad ambiental individual de los parámetros analizados para el suelo intervenido	59
Tabla 10-3. Calidad ambiental individual de los parámetros analizados para el suelo no intervenido	60
Tabla 11-3. Parámetros normalizados para la determinación de la calidad general del suelo intervenido	61
Tabla 12-3. Parámetros normalizados para la determinación de la calidad general del suelo no intervenido	62

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-2. Plantación de Palma Africana	46
Fotografía 2-2. Recolección de submuestras en la plantación de palma africana	30
Fotografía 3-2. Toma de muestra en el suelo no intervenido bosque natural	31
Fotografía 4-2. Cuarteo de la muestra compuesta de suelo y almacenamiento para su análisis	31
Fotografía 5-2. Implementación de los equipos in situ para evaluar la infiltración.....	39
Fotografía 6-2. Toma de lecturas para la evaluación de la infiltración del suelo.....	39
Fotografía 7-2. Pesaje de la muestra de suelo y reactivos	42
Fotografía 8-2. Análisis de las muestras de suelo	43
Fotografía 9-2. Aplicación de reactivos para la determinación del CO ₂	43
Fotografía 10-2. Determinación de CO ₂ en la solución.....	44

RESUMEN

En la presente investigación se analizó la calidad ambiental del suelo de la plantación de palma africana (*Elaeis guineensis*) en la parroquia San Carlos, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana. Para esto se realizó una línea base sobre el manejo de la plantación. Para la toma de las muestras de suelo se utilizó la metodología desarrollada por el Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria (INIAP), en total se obtuvo dos muestras compuestas una proveniente del suelo de la plantación y otra de un suelo no intervenido (bosque nativo). Se realizó un análisis fisicoquímico de las muestras, en función de los resultados obtenidos se analizó la calidad ambiental del suelo de acuerdo a la metodología para determinar parámetros físico químicos. Se determinó que las actividades implementadas en el manejo del cultivo como las labores de limpieza o fertilización han ocasionado que el suelo se encuentre en un proceso de degradación producto de la alteración de la dinámica natural del bosque que antes allí se encontraba. La calidad ambiental de los parámetros fisicoquímicos analizados varió de alta a baja entre el suelo del bosque no intervenido y de la plantación de palma africana. Los parámetros que se vieron afectados son la materia orgánica de apreciable (5.2%) a muy deficiente (0.53%), el pH de neutro (7.1) a moderadamente ácido (5.6) y la C.I.C de normal alto (15.48) a bajo (8.7). La infiltración básica del suelo intervenido (19.01 mm/hr) aumentó en relación con la registrada para el suelo no intervenido (16.05 mm/hr) debido a la disminución de la calidad de la textura y estructura. La evaluación general indicó que la calidad del suelo ha disminuido de forma notable pasando de una alta calidad (0.71) a una calidad moderada (0.43) en los doce años que lleva implementada la plantación. Esto refleja la importancia que tiene en el suelo parámetros como la materia orgánica, el pH y la capacidad de intercambio catiónico.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGIA>, <CALIDAD DE SUELO> <CALIDAD AMBIENTAL> <PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*) > < MATERIA ORGÁNICA > <POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)> <BOSQUE NATIVO> <PLANTACIÓN>.

ABSTRACT

In the present research the environmental quality of the soil of the plantation of African palm (*Elaeis guineensis*) was analyzed in the San Carlos parish, canton Joya de los Sachas, Orellana province. For this a baseline was made on the management of the plantation. The methodology developed by the National Autonomous Institute for Agricultural Research (INIAP) was used to collect the soil samples. In total, two composite samples were obtained, one from the soil of the plantation and another from a non- intervened soil (native forest). A physicochemical analysis of the samples was performed, based on the results obtain, the environmental quality of the soil was analyzed according to the methodology to determine physical and chemical parameters. It was determined that the activities implemented in the management of the crop such as cleaning or fertilization have caused the soil to be in a process of degradation, as a result of the alteration of the natural dynamic of the forest that used to be there. The environmental quality of the physicochemical parameters analyzed varied from high to low between the untouched forest floor and the African palm plantation. The parameters that were affected are the organic matter of appreciable (5.2%) to very deficient (0.53%), the pH from neutral (7.1) to moderately acid (5.6) and the CIC from a normal high rate (15.48) to low (8.7). The basic infiltration of the intervened soil (19.01 mm/hr) increased in relation to that registered for the untouched soil (16.05mm/hr) due to decrease in the quality of the texture and structure. The general evaluation showed the quality of the soil has diminished notably, going from high quality (0.71) to a moderate quality (0.43) in the last twelve years that the plantation has been implement. This reflects the importance of parameters such as organic matter, pH and cation exchange capacity in the soil.

Key Words: <BIOTECHNOLOGY>, <SOIL QUALITY>, <ENVIRONMENTAL QUALITY>, <AFRICAN PALM (*Elaeis guineensis*)>, <ORGANIC MATTER>, <HYDROGEN POTENTIAL (PH)>, <NATIVE FOREST>, <PLANTATION>.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado el interés sobre el uso optimo de los recursos naturales para la conservación de elementos básicos que forman parte de estos como el suelo, agua y vegetación. Esto debido a la sobrepoblación existente en el planeta que ha llevado a que se dé una sobreexplotación de los recursos que este posee. Lo que ha traído consigo grandes retos por cumplir, entre los cuales está la generación de los recursos para satisfacer las necesidades de los nuevos habitantes, ocasionando que con el pasar del tiempo aumente el porcentaje de áreas naturales que son transformadas en superficies destinadas para la producción agrícola, la expansión urbana y el desarrollo industrial (González V., 2006).

Dentro del sector agrícola industrial una de las practicas que más se utiliza en el mundo con el fin de satisfacer la ingente cantidad de recursos alimenticios e industriales es la implementación de los monocultivos como el de palma africana, caña de azúcar, maíz entre otros. De manera general esta práctica termina degradando la capa fértil de los suelos ocasionando graves daños al recurso suelo (Soto, 2006). Debido principalmente a un mal manejo agrícola relacionado con la sobreexplotación y perdida de los macro y micronutrientes provocando un grave impacto ambiental. Esto se ve reflejado en la degradación que se ha dado en el 40% de la zona agrícola en las últimas cinco décadas y en la acelerada desertificación que sufre el planeta la cual ronda los seis millones de hectáreas al año (García, et al., 2012).

La palma africana es un monocultivo que en el país se ha implementado de manera intensiva y generalmente con un manejo poco adecuado. Solamente en la provincia de Orellana la empresa Palmar tiene aproximadamente 10000 hectáreas de palma (Aguilar, 2016). Varias investigaciones han demostrado que las plantaciones de palma degradan las características fisicoquímicas del suelo iniciando procesos de erosión, en una plantación de palma ubicada en Malasia este proceso degradó 14 ha/año (Hartemink, 2005). De la misma forma Velázquez et al. (2013) menciona que este tipo de plantaciones generan un colapso en el suelo. El autor registró una degradación significativa en la capa superficial del suelo identificando los impactos en la estructura de este.

Los problemas que ha traído consigo la expansión agrícola en el suelo como es el caso de las plantaciones de palma africana ha conllevado que el estudio de su calidad tenga más relevancia. Tanto en el campo productivo donde se la considera como una medida de la capacidad que tiene para funcionar de manera adecuada con un uso específico. Como en el ecológico donde además se considera la capacidad de aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía destinados a la producción agrícola y a la preservación de un ambiente sano (García, et al., 2012). En la actualidad

el comité de la Soil Science Society of America determinó que la calidad del suelo se define como la capacidad que tiene el suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema nativo o intervenido, dar sostenibilidad a la producción de plantas y animales, manteniendo y mejorando la calidad del aire y del agua, conservando la salud humana y del hábitat.

Por lo tanto, la evaluación de la calidad del suelo resulta ser indispensable para poder conocer si un sistema productivo sigue siendo sustentable al corto o largo plazo. Este conocimiento permitirá comprender y revertir de ser el caso, el deterioro que puede estar dando en la funcionalidad del sistema que se produce a causa de la degradación del suelo. En este contexto resulta fundamental cuantificar cuanto se afecta la calidad del suelo con el fin de proponer, plantear y desarrollar los planes, estrategias o proyectos adecuados para satisfacer las necesidades crecientes de la población a nivel mundial. De esta forma es posible contribuir a mejorar y diversificar la productividad agrícola, ganadera o forestal, sin que esto perjudique a los recursos naturales en general (Vallejo, 2013).

Con el fin de determinar la calidad del suelo, se ha establecido varias propuestas cuyo principal objetivo es determinar variables específicas que permitan establecer las condiciones en las que se encuentra el mismo. En respuesta a esta necesidad surgen los indicadores de calidad como una herramienta de medición, los cuales ofrecen la información necesaria acerca de las propiedades, procesos y características del suelo (Astier, et al., 2002). A partir de estos es posible simplificar, cuantificar y comunicar los problemas que se estén suscitando en un área específica en varios campos de acción como el económico, de la salud o de los recursos naturales, entre otros. Los indicadores de la calidad del suelo están conformados por las propiedades físicas, químicas y biológicas, los cuales se han agrupado en metodologías que se han ajustado a distintos los escenarios (Bautista, et al., 2004).

Enmarcada en lo expuesto con anterioridad y en el creciente aumento de monocultivos en el país como el de palma africana. La presente investigación busca determinar y comparar la calidad de un suelo que ha sido intervenido y uno que no, donde la información generada será de relevancia para los propietarios de la plantación, ya que se sabrá si las técnicas de manejo que están implementado han ocasionado o no la pérdida de la calidad de sus suelos.

Justificación de la investigación

El cultivo de palma africana en la costa y oriente ecuatoriano, debido a la falta de políticas adecuadas se ha transformado en un grave problema medioambiental. Porque para su implementación se requiere deforestar extensas zonas de bosque nativo. Además, estas plantaciones una vez implementadas con el pasar del tiempo afectan a otros recursos indispensable para la vida como es el suelo y el agua por el uso indiscriminado de plaguicidas, fungicidas y fertilizantes. En el caso del suelo este provee importantes bienes y servicios ambientales entre los cuales se destacan que son el sustento de alimento para las plantas, almacenan nutrientes, son el hábitat de una infinidad de organismos y albergan a todos los ecosistemas naturales que existen en el planeta.

Esto hace que el estudio, conservación y recuperación de suelos degradados, sean actividades de suma importancia que deben ser implementadas de forma continua. Ya que este recurso ha sido uno de los más sobreexplotados tanto en el campo agrícola, ganadero, forestal o urbanístico. La ambición y consumismo del hombre ha llevado a que el suelo ingrese en un ciclo peligroso en el cual las áreas naturales son transformadas en zonas productivas, donde una vez que los suelos han perdido su fertilidad son abandonados para nuevamente buscar áreas fértiles para su transformación; sin que las áreas degradadas sean recuperadas con planes de manejo adecuados.

Evaluar los suelos de la plantación de palma africana y compararlos con los resultados obtenidos en un suelo no intervenido permite tener una idea clara de cómo la implementación de un monocultivo puede generar un impacto ambiental en el suelo. Debido a que la calidad de este se ve modificada por el excesivo desgaste de nutrientes que a la postre lo termina erosionando y por ende perdiendo funciones básicas como la producción de alimentos o ser sostén de la vegetación. El grado de afectación que se ha producido en el suelo se verá reflejado en el cambio que sufran los parámetros analizados como la textura o pH.

Además, la información generada servirá como una referencia científica para los productores de palma africana. La cual les permitirá saber si las técnicas de cultivo implementadas están ocasionando un impacto negativo o no en los suelos. De esta forma se concientizará a los mismos en post de mejorar las técnicas utilizadas y de esta forma se evitará la degradación de los suelos en busca de conservar los servicios ambientales que este provee.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

General:

- Analizar la calidad ambiental del suelo de la plantación de palma africana (*Elaeis guineensis*) en la parroquia San Carlos, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana.

Específicos:

- Determinar la línea base del suelo en estudio.
- Caracterizar el suelo intervenido en la plantación de palma.
- Evaluar la calidad ecoambiental del suelo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Parroquia San Carlos

La parroquia se encuentra ubicada en la zona sur del cantón la Joya De los Sachas, provincia de Orellana. Se ubica en las coordenadas UTM: x – 290461 / y - 9958006 a 11 kilómetros de la cabecera cantonal. Al igual que el resto de las parroquias del cantón Joya de los Sachas esta se creó en la presidencia de León Febres Cordero. Mismo que emitió el decreto ejecutivo de la Ley de Creación del cantón la Joya de Los Sachas. La cual fue publicada en el Registro Oficial # 996 del 9 de agosto, 1988.

De acuerdo con la Ordenanza del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de la Joya de los Sachas se tiene los siguientes límites:

- **Norte.** Cabecera cantonal de la Joya de los Sachas;
- **Sur.** Río Napo, Cantón Francisco de Orellana y parroquia San Sebastián del Coca
- **Este.** Cabecera cantonal de la Joya de los Sachas y parroquia Unión Milagreña.
- **Oeste.** Parroquia San Sebastián del Coca.

El uso del suelo en la parroquia esta directamente relacionado con las actividades de explotación que se dan sobre los recursos naturales que posee el subsuelo. De manera particular la implementada por las industrias que se dedican a la exploración y extracción del petróleo que existe en el territorio.

La distribución de los usos de suelo en la parroquia se indica en la tabla 1-1.

Tabla 1-1. Usos de suelo en la parroquia San Carlos

Cobertura	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agrícola y pecuario	10886.8	80.69
Antrópico	35.35	0.26
Conservación y protección	1836.06	13.61

Cuerpos de Agua	702.42	5.21
Industria petrolera	31.65	0.23
Total	13492.35	100

Fuente: PDOT San Carlo, (2015)

En la tabla 2-1 se describe de forma más específica como se da el uso del suelo en la parroquia.

Tabla 2-1. Descripción de los usos de suelo en la parroquia San Carlos

Cobertura	Principales usos	Observaciones	Principales cambios
Agrícola y pecuario	Ganadería, pastizales. Agricultura, zonas productivas. Actividades Pecuarias	Grandes extensiones de terrenos utilizados para la ganadería y agricultura principalmente monocultivos	Readecuación de áreas para la práctica de monocultivos
Antrópico	Zona urbana Áreas de habitabilidad	Principales centros poblados se encuentran dentro de zonas que prestan condiciones adecuadas para su asentamiento	No se evidencia cambios notorios en los centros poblados
Conservación y protección	Áreas destinadas a la conservación de bosques primarios, secundarios y remanentes.	Existen pequeñas áreas de bosques y remanentes que buscan ser conservados por propietarios interesados en la conservación natural.	Disminución de áreas de conservación y bosques nativos
Cuerpos de agua	Abastecimiento para el consumo humano. Consumo de animales. Regadío natural	Sistema hídrico interno bien definido y abundante líquido vital. Ríos, Quebradas y demás afluentes irrigan sus aguas por la mayor parte del territorio.	Contaminación, alteración y cambios en las aguas de muchos afluentes hídricos.
Industria petrolera	Áreas destinadas para la exploración, explotación y transporte de hidrocarburos	Presencia de una gran cantidad de empresas petroleras asentadas dentro del territorio parroquial y que realizan diferentes actividades relacionadas con hidrocarburos.	Alteración al medio natural en todos los aspectos ambientales, aire, agua y suelo.

Fuente: PDOT San Carlo, (2015)

Es necesario indicar la importancia que posee cada uno de los usos del suelo en función a las principales actividades que allí se realizan. De esta manera el sector primario abarca las principales actividades que convierten los recursos naturales en productos primarios y generalmente son materia prima para la ejecución de otras actividades conformadas por el sector secundario. Cuando existe una dominancia del sector primario se tiene que la economía de un territorio se encuentra subdesarrollada, aunque este principio no siempre se cumple. El nivel de implementación indica principalmente lo productiva y rentables que pueden ser las actividades. En este contexto es el sector secundario el más débil dentro de la parroquia ya que la mayor parte de la producción del sector primario se destina a la industrialización, pero esto es externo a la parroquia.

En función a los antes mencionado y de acuerdo con la información recolectada de las diversas actividades secundarias que se dan en la parroquia. La actividad más fuerte y que más aporta en el sector primario es el cacao, luego se encuentra la industria ganadera, la palma de africana, el palmito, el maíz duro y el café. De las artesanías y la industria forestal no se tienen datos suficientes, pero se registra un gran potencial para estas actividades en especial las artesanías porque están directamente relacionadas al turismo. Estas últimas pueden darse de mejor manera si se implementara tecnologías en post de alcanzar una mejor calidad que permita alcanzar un mercado de exportación. En el caso de la madera, esta es objeto de un análisis más profundo ya que es un recurso no renovable y tiene que ser regulado. Además de cierta forma debería ser reemplazado por la implementación de plantaciones comerciales que reduzcan la presión que existe hacia la vegetación.

1.2. Los monocultivos

Son plantaciones de árboles o plantas donde predomina una única especie destinadas específicamente para su industrialización y comercialización. Estos cultivos son similares genéticamente y se implementan las mismas técnicas en el manejo de toda la plantación como es el caso del control de plagas y enfermedades, fertilización y alta producción. De esta forma se alcanza al corto tiempo el máximo de producción agrícola. Este tipo de sistema se utiliza generalmente donde existe escasez de mano de obra del hombre (Flores, 2012).

Los monocultivos son el ejemplo típico de la economía a gran escala, mediante el cual se consigue precios bajos del producto que se está cosechando. Los monocultivos más frecuentes en función a los países son: Maíz, en varias regiones del continente americano, el café en Colombia, la banana en el Ecuador, la caña de azúcar en Cuba, el eucalipto en varias regiones de España, el arroz en

China. En Guatemala existen grandes superficies de suelo destinado al cultivo de palma africana destinado a la producción de aceite y en Costa Rica el de piña entre otros (Flores, 2012).

Alrededor del mundo, quienes han vivido en carne propia las consecuencias directas de la implementación de los monocultivos son las poblaciones rurales que sufren directamente los impactos tanto económicos, sociales o ambientales entre los cuales se destacan:

- Disminución y pérdida de biodiversidad
- Modificación del ciclo hidrológico que se ve reflejado en la reducción y agotamiento de las fuentes de agua. Así como un incremento de las inundaciones y deslizamientos.
- Reducción de la producción variada de alimentos.
- Degradación de suelos.
- Pérdida de culturas indígenas y tradicionales que dependen de los ecosistemas naturales.
- Conflictos con empresas sobre la distribución de los territorios indígenas y de otras comunidades tradicionales.
- Reducción de las fuentes de empleo en zonas netamente agropecuarias.
- Migración de los pobladores rurales.
- Deterioro de la belleza paisajística en zonas con potencial turístico (Vidal, 2008).

1.2.1. Monocultivo de palma africana

La palma aceitera o africana es la denominación común de *Elaeis guineensis*. Esta es una especie proveniente del bosque tropical de África Occidental. Los pueblos autóctonos de estas áreas han usado esta especie para la alimentación, medicina e industria textil, a partir de sus hojas, frutos o fibras. A pesar de esto el uso industrial se ha dado para la extracción del aceite de los frutos, el aceite de palma de la parte carnosa y el aceite de palmiste de la semilla (Bayón, 2010).

La etapa industrial de la producción de la palma aceitera se adecuo a partir de la implementación de los monocultivos que demandan del uso de un conjunto de químicos agrotóxicos que son altamente nocivos y que requieren de amplias superficies de terreno. Los frutos se cosechan a partir de los 4-5 años desde la implementación del cultivo. La producción más alta se obtiene entre los 20 y los 30 años. Los racimos compuestos se conforman de entre 1000 y 4000 frutos con un tamaño que varía entre los 3 y 5 cm de largo. Con un peso conjunto que suma un total que fluctúa entre los 15 y 25 kilogramos (Bayón, 2010).

Los frutos de la palma son procesados generalmente para producción de estearina de palma. Este elemento tiene varios usos industriales como: el cosmético, de la jabonería, detergentes, velas,

lubricantes entre otros. Otro de los productos que se obtienen de los frutos es la oleína de palma cuyo principal uso es el alimentario. En los últimos años el surgimiento de los agrocombustibles ha establecido un nuevo uso para la palma africana que ha incrementado la implementación de esta plantación (Bayón, 2010).

A nivel del mundo los países que registran una mayor producción son Indonesia y Malasia que en conjunto abarcan más del 85% de las exportaciones de aceite de palma. En los últimos años se ha registrado un desarrollo exponencial de este cultivo en otros países, esto a pesar de que las cifras que se tienen son escasas respecto a los dos primeros países. El listado de los 10 primeros países en que registran la mayor cantidad de exportaciones de aceite de palma lo completan Nigeria, Tailandia, Colombia, Papúa Nueva Guinea, Costa de Marfil, Ecuador, Costa Rica y Congo (Bayón, 2010).

1.3. El Suelo

El suelo es considerado como un sistema estructurado, diverso y discontinuo, primordial y necesario, generado a partir de la mezcla de materia orgánica, minerales y nutrientes que tienen la capacidad de sustentar el desarrollo de los organismos y microorganismos. Se genera por medio de procesos complejos que implica cambios de la roca originaria a nivel físico, químico y biológico (Loo y Zambrano, 2016).

Los cambios físicos constituyen la disminución del tamaño de las partículas sin generar cambios en su composición y son producidos por ciclos de hielo-deshielo, lluvia y demás efectos ambientales. Los cambios químicos se generan al separar las partículas minerales presentes en las rocas; su modificación o destrucción, así como su síntesis para la producción de compuestos sólidos estables es consecuencia de su interacción con el agua, oxígeno, dióxido de carbono y compuestos orgánicos. Finalmente, en los procesos biológicos los microorganismos son los encargados de la descomposición de los residuos orgánicos de origen animal o vegetal, los productos generados posteriormente conformarán los horizontes productivos del suelo (Budhu, 2007).

1.3.1. Funciones del suelo

El suelo cumple funciones en el campo ambiental, económico, social y cultural, fundamentales para el desarrollo de la vida (Varallyay, 2006). Doran y Parkin (1994) determinan que las principales funciones del suelo en el medio ambiente son:

- Como entorno de producción biológica y vegetal.
- Como tamiz para reducir las consecuencias de los diversos contaminantes y patógenos.
- Como precursor de la salud animal, vegetal y de forma indirecta en la salud humana (Doran y Parkin, 1994).

Además, el suelo cumple las siguientes funciones en los ecosistemas:

- Reciclar material orgánico para la liberación de nutrientes y posterior generación de diferentes materiales.
- Distribuir la precipitación.
- Conservar la diversidad tanto en los poros como en las superficies de distintos tamaños, así como de las presiones relativas de gases y agua.
- Mantener estable el hábitat, al proporcionar una estructura firme y resistente a la erosión hídrica y eólica. Además, regula el hábitat frente a cambios violentos de temperatura, humedad y concentración de material considerado como tóxico.
- Reservar y liberar de forma gradual nutrientes y agua.
- Distribuir la energía presente en la superficie que será utilizada en procesos de circulación globales.

Cabe recalcar que el suelo a nivel mundial cumple con la importante función de regular las concentraciones de gases en la atmósfera. El suelo es considerado como el mayor lugar de almacenamiento terrestre de carbono (C), con un estimado de 1550 Pg y desempeña un rol primordial en el ciclo global de dicho elemento. En contraste Cruz, (2010) señala que anualmente en los ecosistemas terrestres se puede almacenar alrededor de 1 – 2 Pg de C. Adicionalmente el suelo resguarda cerca de 95 Tg de nitrógeno (N). La proporción C y N atmosférico (en forma de CO₂, NH₄ y NO_x) aumenta, entretanto su proporción en el suelo decrece (Bezdicsek et al., 1996).

Logan (2000) menciona que el suelo interviene en la regulación de los contaminantes en los ecosistemas, adicionalmente es considerado como una interfase entre el ambiente y las actividades antrópicas del ser humano. El flujo del agua y la erosión encaminan a los contaminantes terrestres hacia los ríos y ecosistemas marinos acuáticos. Los aerosoles que presentan contaminantes en su composición también se depositan en el suelo. En esta situación

los contaminantes precipitan, se absorben e inmovilizan por medio del suelo, a su vez se disminuye la toxicidad potencial de los mismos por medio de reacciones químicas y su biodisponibilidad por acción de la biota.

Además, Blum (2006) señala que el suelo proporciona servicios y bienestar al ser humano y al ambiente, como: biomasa para alimentos, forraje y energía renovable. Se lo puede considerar como un medio de filtración y amortiguación que permite limpiar el agua superficial y el aire, así como puede retener carbono. Conjuntamente es un espacio que alberga una gran cantidad de organismos que aseguran la biodiversidad.

1.3.2. Relación del suelo con el medio ambiente.

En ciertos casos se considera que el suelo actúa de forma contraproducente para el medio ambiente, como cuando libera gases traza a la atmósfera, contribuyendo así con el cambio climático; inclusive los contaminantes presentes en el suelo pueden ser acarreados por medio del agua superficial, o a su vez las partículas de su conformación pueden ser trasladadas hacia el aire por acción de los efectos erosivos del viento y agua, alterando de forma directa la salud del hombre al ser ingeridos, inhalados o al contacto con la piel (Cruz, 2010).

Várallyay (2006) establece que las funciones del suelo en relación con el medio ambiente son: la de actuar como un reactor ya que transforma e integra otros recursos naturales como la radiación solar, atmósfera, agua superficial y subterránea, entre otros. Es un medio para la producción de alimento y materia prima para la industria. Permite almacenar calor, agua y nutrientes para las plantas y en ciertas circunstancias permite almacenar los desechos generados por distintas fuentes.

Asimismo, el suelo es apreciado como un recurso natural con una gran capacidad amortiguadora, por tanto, puede evitar o frenar las secuelas perjudiciales en el medio ambiente y/o efectos desfavorables generados por el hombre. Siendo un filtro natural procediendo como desintoxicante de sistemas naturales. Es un depósito notable de genes por lo que se convierte en un factor importante para la preservación de la biodiversidad, etc. Vállaray (2006) destaca que las propiedades del suelo como su calidad, influyen directamente en su multifuncionalidad.

El suelo al ser la capa superior de la corteza terrestre ejerce como el soporte y sostén de la mayoría de las actividades antrópicas. Actúa como un sistema abierto y dinámico, en el tiempo y en espacio, mediante el cual se ocasionan y controlan los distintos flujos de materias y energías. La combinación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo conlleva al desarrollo de sus funciones básicas (Cruz, 2010).

El establecimiento de las plantas se da gracias a que el suelo es su entorno ideal, además es un cuerpo natural independiente en el que se da un continuo intercambio de materia y energía al estar conformado por sólidos (materia orgánica y minerales), líquidos y gases que operan en su superficie. La protección histórica de la que ha sido objeto el suelo ha generado indirectamente su degradación, así como una sucesión de alteraciones que confluyen en la disminución de sus propiedades y por ende la productividad de estos.

Actualmente los estudios acerca de la degradación del suelo se han enfocado en los mecanismos y diagnósticos de pérdida de fertilidad, en la contaminación por metales pesados, salinización y su acidificación, siendo este último el componente que restringe la producción de los cultivos, también afecta la movilización de aluminio en el suelo y mantos acuíferos, así como la inmovilización de fósforo y absorción de metales tóxicos por las plantas, todos los factores mencionados afectan en la calidad del suelo (Acevedo, 2001).

Un suelo de calidad es el resultado de sus atributos y/o propiedades, los mismos que se reflejan en la producción del suelo, que en parámetros cuantitativos. Los agricultores estiman la calidad del suelo de una manera descriptiva, basándose en parámetros cualitativos prácticos como es el rendimiento de los cultivos y su recuperación, mientras que la valoración y monitoreo de la calidad por parte de productores e investigadores se realiza de forma directa en el campo, la cual se basa en apreciar, describir y caracterizar los suelos de modo particular (Harris y Bezdicek, 1994).

1.4. La degradación de los suelos

El ser humano es el organismo vivo con mayor influencia en el suelo, ya que posee la capacidad de perturbar el equilibrio natural presente entre el desgaste del suelo y los procesos de edafogénesis, teniendo como resultado la transformación del suelo en un recurso no renovable a escala humana. Sin embargo, la interacción del suelo con el ser humano es considerado como un proceso de simbiosis, en cual las dos partes resultan favorecidas (Pulido, 2014).

Como ya se ha mencionado el suelo desempeña las funciones de soporte para la vegetación y de resguardar y regular los recursos hídricos. En otros términos, es la alacena y reserva del ser humano, al igual que es la base mayoritaria de sus actividades económicas. En contraste, el hombre tiene la posibilidad de optimizar las características del suelo y concederle una mayor fertilidad por medio de técnicas de fertilización e irrigación, o resguardar su biodiversidad a través de prácticas de conservación (FAO, 2000).

Cuando las condiciones ambientales no son las óptimas, el suelo, así como el agua, plantas o el aire sufren procesos de degradación, por lo que para volver a su estado inicial requieren de ciclos de recuperación que pueden variar en su extensión. Cuando el suelo presenta condiciones adecuadas se favorece el desarrollo de la vegetación, el flujo de agua superficial y su infiltración, y, en cambio cuando el suelo tiene propósito agrícola y ganadero, aumenta la producción de cultivos y pastos para el aprovechamiento humano y animal (FAO, 2000).

Eswaran et al., (2001) señala que a menudo la degradación del suelo corresponde a un proceso antrópico generado por el uso inadecuado del mismo. Asimismo, se menciona que los elementos determinantes de la degradación son: el uso del suelo y manejo del ganado concernientes a aspectos biofísicos, socioeconómicos como son la naturaleza de la propiedad de la tierra, el respaldo institucional, las ganancias o la demanda y el aspecto político como es el subsidio a la agricultura o la estabilidad política. Estos aspectos en conjunto afectan en la eficiencia de los factores y en los procesos que encaminan a la degradación.

Dentro de los procesos que desencadenan la degradación del suelo de encuentran procesos físicos, químicos y biológicos. Sin embargo, factores naturales propios del suelo, la litología, el clima, la flora y el relieve, pueden ejercer como catalizadores o amortiguadores de los procesos de degradación. Adicionalmente se debe recalcar que ciertas actividades humanas pueden conducir a la corrección de los procesos degradativos, tales como, la recuperación del suelo agotado mediante fertilizantes, el uso de cal para neutralizar la acidificación y sus efectos o edificar bancales que detener la erosión hídrica (Lal, 2002).

Condensando las ideas expuestas previamente, la degradación del suelo se puede definir como un proceso natural acelerado por la actividad del ser humano. La degradación del suelo como el rompimiento de las propiedades del suelo que restringen su productividad, fundamentalmente por un manejo inapropiado. Varios autores señalan a su vez, que dicho proceso se origina por fenómenos tanto provocados como acelerados por el hombre, disminuyendo la capacidad actual y futura del suelo como soporte para el desarrollo del ser humano (Luzio y Casanova, 2006).

Con el fin de distinguir los términos de suelo degradado, suelo potencialmente degradable, suelo no degradable y suelo con limitaciones, se presentan los siguientes conceptos:

- **Suelo degradado:** Corresponde a suelos que exhiben un declive en su capacidad intrínseca o potencial para generar flujos de bienes y servicios sustentables en el tiempo.
- **Suelo potencialmente degradable:** Hace alusión a suelos que son susceptibles a la degradación si no se operan conforme a sus capacidades, esto justificado por sus características morfológicas, químicas o biológicas.

- **Suelo no degradado:** Se refiere a suelos que, en virtud de sus características propias o su apropiado manejo, no exhiben señales del descenso de sus potencialidades.
- **Suelo con limitaciones:** Suelo que no está necesariamente degradado, pero que sus características inherentes restringen el crecimiento de la vegetación.

1.4.1. Causa de la degradación de los suelos

Domínguez, (2005) establece tres causas principales que generan la degradación del suelo:

- Cobertura inapropiada de la superficie del suelo, que exterioriza los agregados de la superficie al efecto de la lluvia; teniendo como resultado el daño estructural de dichos agregados, produciéndose costras de aproximadamente un milímetro de grosor, que disminuyen de manera drástica la infiltración del agua.
- Exceso de labranza y/o labranza sin la humedad adecuada. La demasía en la labranza superficial conlleva al rompimiento de los agregados del suelo beneficiando la generación de costras, escurrimiento y la erosión. El uso de equipos no aptos y pesados, además del recorrido de maquinaria encima de suelos que ostentan contextura plástica lleva al apareamiento de capas macizas que se caracterizan por tener resistencia a la inserción de las raíces de plantas y limita la capacidad de infiltrar agua.
- Carencia de materia orgánica producida por la manipulación incorrecta del suelo que acarrea a la disminución de la proporción de materia orgánica. Por lo tanto, se generan variaciones en su densidad, en la capacidad de contención de agua y en la estabilidad de los agregados, aspectos que cooperan en la reducción de la calidad del suelo y en la modificación de su estructura.

1.4.2. Tipos de degradación

De forma general el concepto de degradación del suelo se centra en el descenso de las propiedades físicas y químicas, a causa de factores naturales o por prácticas de manejo erróneas; según Stocking et al., (2003) en el entorno se puede observar distintas formas de degradación del suelo, las mismas que se enlistan a continuación:

- Erosión hídrica del suelo
- Erosión eólica del suelo
- Reducción de la fecundidad del suelo
- Estrés hídrico por exceso de agua
- Incremento de sales
- Sedimentación
- Depresión del nivel freático
- Carencia de cobertura vegetal
- Intensificación de la pedregosidad y rugosidad en la superficie.

El eje central del presente trabajo es evaluar la calidad del suelo, por este motivo se ha mostrado mayor interés en la reducción de la fertilidad. El autor previamente citado se refiere a este aspecto como la degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que derivan en el aminoramiento de su producción, que se exterioriza de las subsiguientes maneras:

- Decrecimiento de la materia orgánica
- Degradación de las propiedades físicas del suelo
- Alteración de la composición nutricional del suelo
- Aglomeración de sustancias tóxicas

Se puede concluir en que la actividad biológica representa uno de los aspectos y por tanto uno de los indicadores, más sensibles de la degradación del suelo ya que los procesos de deterioro son el resultado del quebranto de sus propiedades físicas, restringiendo la capacidad del suelo como sustrato para el crecimiento de microorganismos como de plantas superiores (Santibáñez y Santibáñez, 2005).

1.4.1.1. Degradación física, química y biológica

Como previamente se indicó, la degradación del suelo tiene su origen en un proceso biofísico, que se precipita e intensifica por factores políticos y socioeconómicos. A continuación, se desglosa los factores que intervienen tanto en la degradación física, química y biológica (Luzio y Casanova, 2006).

1.4.1.2. Degradación física

La degradación física del suelo se puede interpretar como la interacción de las acciones antrópicas, directas o indirectas, que posibilitan el deterioro de propiedades como: densidad aparente, estructura, estabilidad de los agregados, resistencia mecánica y porosidad. El conjunto de acciones que acarrearán el deterioro físico de las propiedades del suelo dificulta la extensión de las raíces, tornándose el suelo más susceptible a padecer procesos erosivos (González, 2009).

La degradación física origina alteraciones en las propiedades morfológicas, mecánicas e hidrológicas. En consecuencia, de lo ya mencionado los principales efectos que se pueden visibilizar son: compactación, sellamiento, encostramiento, infiltración e impedimento de drenaje, subsidencia, aireación pobre, escorrentía y erosión en exceso, pérdida de estabilidad de agregados, entre otros (González, 2009).

1.4.1.3. Degradación química

Dentro de la degradación química se contempla los procesos de desequilibrio incitados por el ser humano por medio del riego y otras actividades. De acuerdo con lo descrito por los autores previamente citados, los procesos de degradación química del suelo envuelven modificaciones en la regulación de actividad y capacidad de nutrientes en la conservación de un equilibrio propicio de nutrientes y aglomeración de componentes a concentraciones tóxicas. Las principales consecuencias de estas modificaciones en el suelo generan condiciones como: la acumulación de metales pesados en concentraciones tóxicas para la vegetación, acidificación y lixiviación, lavado de bases del complejo de intercambio, decrecimiento de la fertilidad y salinización/alcalinización (González, 2009).

1.4.1.4. Degradación biológica

La degradación biológica es un conjunto de procesos que incrementan la tasa de mineralización y pérdida de materia orgánica del suelo, considerando estos aspectos como los principales. Además, en este tipo de degradación se da el declive de carbono en la biomasa, la disminución de biodiversidad en el suelo, la perturbación de procesos biológicos con predisposición a escenarios perjudiciales. Se considera que la reducción de la materia orgánica es la consecuencia

inmediata de la degradación biológica, teniendo como resultado el incremento de la degradación física y química y por lo tanto la pérdida de nutrientes (González, 2009).

1.4.3. Proceso de degradación de suelos

La degradación del suelo es un proceso que sucede en etapas consecutivas, la que se efectúa en tres etapas:

- Primera etapa: Se produce la destrucción gradual de las características originales del suelo como resultado de la utilización de correctivos y fertilizantes.
- Segunda etapa: Acontece el descenso marcado de la materia orgánica del suelo, generando graves perjuicios en la estructura como es el encostramiento superficial y compactación sub – superficial, en consecuencia, la infiltración del agua y el desarrollo de las raíces se ve impedida.
- Tercera etapa: Debido al uso desmedido de maquinaria, el suelo se encuentra fuertemente estropeado y se ha generado un colapso del espacio poroso (Henríquez y Cabalceta, 1999).

1.4.4. Degradación y productividad

Cuando la degradación del suelo se da de forma natural, existe un equilibrio entre la velocidad de degradación y la velocidad en la que surge la restauración de los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo. Por esta razón, Stocking et al., (2003) califica a la degradación del suelo como un proceso dinámico, de modo que no se puede adjudicar el deterioro de la calidad de dicho recurso a un solo aspecto. Así pues, actividades como las silvícolas, agrarias o pecuarias no son las únicas que conducen a aumentar los procesos de degradación, sino que igualmente se debe considerar el espacio urbano, la minería, el turismo y la industria. Estas actividades en conjunto componen un origen directo o indirecto de diversas complicaciones que conllevan al deterioro del suelo y por consiguiente la reducción de su calidad.

El descenso de la calidad del suelo se vincula de forma directa al proceso de declive de la productividad que, aunque se exterioriza de forma lenta, desencadena efectos considerables a largo plazo. El desarrollo de nuevas tecnologías puede ser capaz de disimular las consecuencias de la degradación sobre los rendimientos, del mismo modo que los fertilizantes, la aplicación del

mejoramiento genético en los organismos, sistemas de cultivo y labranza perfeccionados, permiten subsanar las secuelas de la degradación del suelo (Luzio & Casanova, 2006).

La FAO (1984) por consiguiente determina que, como parte de las consecuencias más importantes, relacionadas con la degradación del suelo se encuentra la disminución natural de los cultivos que incita a una mayor necesidad, por parte del sector agropecuario, de materiales para uso agrícola como abonos y maquinaria; es decir se conlleva gradualmente a que el valor de la productividad del suelo se reduzca en el largo plazo (González, 2009).

1.5. Calidad del suelo

La calidad y salud del suelo pueden ser considerados conceptos equivalentes, más no como sinónimos. La calidad corresponde a la utilidad del suelo para una intención concreta durante un periodo de tiempo extenso, mientras que la salud del suelo se basa en el estado de las propiedades dinámicas del suelo como son el contenido de materia orgánica, variedad de organismos, o productos generados por microorganismos en un tiempo específico (Bautista et al., 2004).

Se puede considerar que la preocupación por cuidar la calidad del suelo no es un tema nuevo. Tiempo atrás, el concepto de calidad de suelo fue hermanado con el de productividad agrícola debido a la poca distinción que se concebía entre tierra y suelo. Una tierra de buena calidad era la que facilitaba el aumento de la producción y disminuía la probabilidad de erosión, para clasificarlas se crearon sistemas apoyados en esas ideas; incluyendo términos como los de tierras agrícolas de primera calidad (Bautista et al., 2004).

Los conceptos de calidad de suelo y sostenibilidad han estado relacionados, sin embargo, este último presenta diferentes significados. Por ejemplo, para Budd (1992) es el número de individuos que consiguen mantenerse en un área dada. Mientras que para Buol (1995), el uso del suelo se fundamenta en su capacidad de suministrar elementos básicos, ya que los mismos son limitados y restringen, por tanto, la productividad. El concepto de calidad del suelo ha sido discernido de varias maneras a partir de su popularización en la década pasada. Asimismo, dicho concepto ha sido vinculado con el de capacidad del suelo para su operatividad. Se han incluido aspectos como la fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental. Al mismo tiempo, la calidad del suelo es una herramienta que permite vislumbrar la utilidad y salud de dicho recurso (Karlen et al, 2004).

Pese a su relevancia, el estudio del suelo no ha evolucionado de tal forma que se precise claramente lo que es la calidad. Conforme se identificó las funciones del suelo se pudo delimitar el alcance de la calidad del suelo:

- a) Productividad biológica sostenible, es decir, impulsar la productividad del sistema sin disipar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo
- b) Mitigar los contaminantes ambientales y patógenos, o sea mejorar la calidad ambiental; y beneficiar la salud de las plantas, animales y del ser humano (Figura 1) (Karlen et al, 2004).

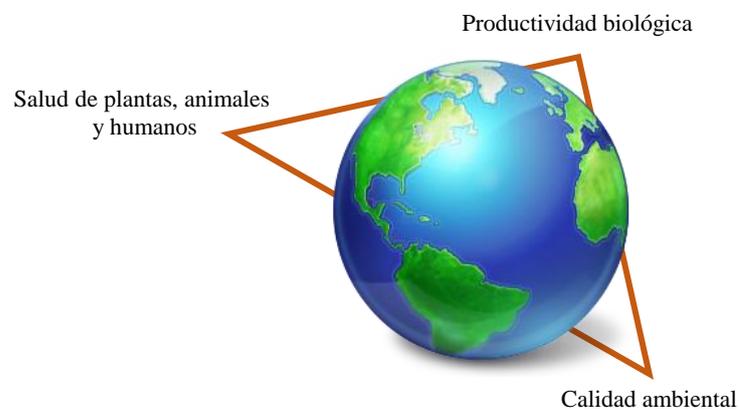


Figura 1-1. Aristas por considerar para alcanzar una calidad de suelo adecuada

Al componer este concepto, de igual forma se ha contemplado al suelo como el sustrato base para la vegetación, ya que capta, resguarda y emite agua; además de ser un filtro ambiental eficaz. Por esta razón, dicho concepto manifiesta la capacidad del suelo para operar dentro de los límites del ecosistema, del que es parte y con el que interacciona.

La calidad del suelo es catalogada como una medida de su capacidad para operar en forma adecuada con relación a una utilidad en concreto. Por otra parte, se la definió desde un punto de vista más ecológico, así a la calidad del suelo es la capacidad para admitir, reservar y reciclar agua, minerales y energía necesarios para el desarrollo de cultivos y para la preservación de un ambiente sano (Bautista et al, 2004).

El concepto de calidad del suelo se encuentra en una continua evolución, ya que las definiciones generadas recientemente no solo se basan en un uso específico, sino que abarcan la

multifuncionalidad del suelo (Singer y Ewing, 2000). Todas las definiciones expuestas por diversos autores han sido condensadas por el Comité para la Salud del Suelo de la Soil Science Society of América como “la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat” (Karlen, y otros, 2004).

1.5.1. Contradicciones presentes en los conceptos establecidos para la calidad del suelo

Las definiciones de calidad del suelo son contextuales y arbitrarias, se ha contemplado que es indispensable la integración de las apreciaciones sobre su significado; relevancia y comprobación. Su oposición se fundamenta en que ninguna valoración de la calidad edáfica contempla, de forma objetiva y concomitante, los resultados potenciales, positivos y negativos, de todos los indicadores utilizados en la valoración de los elementos de la multifuncionalidad que contempla en otros a la producción, sostenibilidad y calidad ambiental (Singer y Ewing, 2000).

Habitualmente sólo se toman en cuenta los resultados positivos de algunos indicadores, como son la cantidad de materia orgánica y el número de lombrices, o únicamente los negativos de parámetros como la salinidad o la compactación. De este modo, la materia orgánica provee de numerosos beneficios al suelo, no obstante, puede contar con impactos negativos en el ambiente y en la agricultura, pocas veces tomados en cuenta en la evaluación de la calidad edáfica. Al intensificar la materia orgánica se debe incrementar el suministro de pesticidas, lo que implica efectos negativos económicos, ambientales y en la salud (Sojka y Upchurch, 1999).

Sojka y Upchurch (1999) señalan que un efecto negativo mínimamente identificado en el ámbito de la calidad edáfica es la cantidad de lombrices. Cabe considerar que este tipo de invertebrados favorecen de forma vital la producción agrícola, a pesar de ello, promueven el flujo y movimiento acelerado de contaminantes administrados de forma superficial en dirección al subsuelo y ejercen como portadores de enfermedades vegetales.

1.5.2. Indicadores de la calidad del suelo

1.5.2.1. Definición de indicadores

Muller y Muñoz, (1998) define a un indicador como la herramienta utilizada para adicionar y sintetizar información con atributos complejos de forma útil y favorable. Regularmente un solo indicador no es suficiente para un sistema completo. Menos aún se cuenta con indicadores

universales para todos los sistemas, por el contrario, estos se precisan en función de las propiedades específicas del sistema que se requiera analizar.

De forma general un indicador es un parámetro utilizado para medir algo. Un descriptor puede estar conformado por uno o varios indicadores, los mismo que son seleccionados para medir el cambio del descriptor. Por ejemplo, la aplicación de fertilizantes es un descriptor respecto a la productividad agrícola y el indicar en este caso sería la aplicación de fertilizantes por hectárea (Trejo et al., 1999).

1.5.2.2. Características de los indicadores de calidad de suelos

Según Trejo et al. (1999) un indicador de calidad del suelo es una cualidad capaz de establecer el estado de las propiedades físicas, químicas y biológicas, que convierten a los suelos en idóneos o no para ciertas tareas de producción.

Con relación a lo expuesto Doran y Parkin (1994), citado por Bautista et al. (2004) indican que para que un indicador sea considerado como tal debe cumplir con las siguientes características:

- Detallar los procesos del ecosistema
- Contemplar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo
- Evidenciar los caracteres de sostenibilidad que se desean cuantificar
- Ser sensorial a las perturbaciones del clima y manejo
- Ser asequible para la mayoría de los usuarios y adaptable a condiciones de campo
- Ser reproducible
- De fácil entendimiento
- Ser sensitivo a las modificaciones que acontezcan en el suelo como resultado de la degradación generada por el ser humano
- Ser integrante de un base de datos preexiste del suelo

Al considerar al suelo como un sistema natural que reacciona a procesos de formación distintos de acuerdo con las circunstancias climáticas y de geomorfología, entre otras, las mismas que cooperan en su desarrollo. Se consigue una transformación espacial de las propiedades del suelo y, por tanto, se puede determinar que todavía no hay criterios universales para la evaluación de la calidad del suelo (González, 2009).

En correspondencia con lo expuesto, se enfatiza que el uso de ciertos indicadores puede cambiar en el espacio, en conformidad al tipo y uso del que sean objeto los suelos asociados a su función y factores de formación, debido a lo cual, los indicadores utilizados para medir la calidad pueden

variar. En relación con lo expuesto se establece que el reconocimiento de indicadores es complejo, a causa de la multiplicidad de factores físicos, químicos y biológicos que manejan los procesos del suelo, conjuntamente con su modificación en intensidad en el tiempo y espacio (González, 2009).

Pierzinski et al. (2005) plantean el concepto de un Conjunto Mínimo de Datos o MDS (Minimum Data Set), que representarían indicadores medibles referentes a la calidad del suelo. Dicha propuesta surge como alternativa al complejo proceso para establecer criterios para medir la calidad de dicho recurso.

El MDS puede ser empleado para proporcionar información cuantitativa concerniente con la capacidad del suelo para operar óptimamente. Se debe evaluar los indicadores que puedan ser visiblemente contemplados y correlacionados con las funciones cuantitativas del suelo. De la misma manera fijan que los indicadores deben atender a las siguientes condiciones:

- Dar respuesta a modificaciones externas sean originadas de forma natural o antropogénica.
- Encontrarse cuantificados o establecidos en bases de datos existentes para disponer de un modelo de comparación.
- Simpleza en su incorporación (Pierzinsky, 2005).

Los mismos autores expresan que los indicadores presentan una connotación para establecer de forma cuantitativa el tamaño de la degradación del suelo, por lo que se debe tener en cuenta las actividades efectuadas en el suelo en un periodo pasado y las existentes prácticas de manejo.

1.5.2.3. Tipos de indicadores de calidad del suelo

Los indicadores de calidad del suelo se clasifican en inherentes y dinámicos. Los indicadores inherentes son asociados con los factores formadores del suelo como el clima, material original, tiempo topografía y biota, en cambio los dinámicos se encuentran afectados por el uso o manejo reciente del suelo, es decir en un tiempo menor a 10 años (González V., 2006).

Se considera que un indicador es útil cuando es sensible al cambio, y cambian como repercusión al uso. Se considera que la elección final del tipo de indicadores y número de los mismo se supedita a la escala de evaluación, a las competencias del suelo de interés y el uso general del suelo, cumpliendo los siguientes criterios elementales:

- **Valor científico:** Fundamentos científicos deben ser las bases de los indicadores, por tanto, su significado será explícito e irrefutable.
- **Disponibilidad y confiabilidad de los datos:** El diseño de los indicadores debe basarse en datos de fácil acceso y que cuenten con estadísticas confiables.
- **Representatividad:** Debe existir una fuerte correspondencia en los indicadores y las propiedades que representan y argumentan.
- **Sensibilidad a cambios:** El indicador debe mostrar una reacción ante los cambios que se produzcan en el entorno, evidenciando las tendencias y permitiendo el pronóstico de circunstancias futuras.
- **Sencillez:** Los indicadores deben mostrar simplicidad en su medición y cuantificación. Al mismo tiempo, tienen que ser claros, elementales y particular, agilizando su entendimiento para su uso por personas que no especialistas.
- **Relevancia y utilidad:** La importancia de los indicadores deber ser tanto a nivel científico como a nivel político, puesto que pueden ser ventajosos en la toma de resoluciones.
- **Comparabilidad:** Los indicadores deben contribuir con información comparable a diferentes escalas territoriales y temporales.
- **Razonable relación coste/beneficio:** Debe existir una compensación entre la utilidad de la información recolectada con su costo de adquisición (González V., 2006).

Seguidamente, se muestra diferentes indicadores asociados por tipos de parámetros de evaluación de la calidad del suelo.

1.5.2.3.1. Indicadores físicos

Singer y Ewing (2000) determinan que las características físicas de suelo son una parte primordial durante la evaluación de su calidad puesto que no se pueden optimizar de forma sencilla. Las propiedades físicas que son consideradas como indicadores de la calidad del suelo son aquellas que manifiestan la forma en que este recurso recoge, almacena y trasfiere agua a la vegetación, al

igual que las restricciones que se pueden detectar en el desarrollo de las raíces, en surgimiento de las plántulas, la infiltración y transporte del agua dentro del perfil y que adicionalmente se encuentran vinculadas en la organización de las partículas y poros.

Las características físicas que se han postulado como indicadores de la calidad del suelo son: estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada (Tabla 1-1).

Tabla 3-1. Indicadores físicos para evaluar la calidad del suelo

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades que son ecológicamente relevantes
Textura	Retención y transporte de agua. Retención y transporte de los elementos químicos Procesos de erosión en el suelo	% de arena, limo y arcilla Perdida del sitio o posición del paisaje
Profundidad del suelo Suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial Estima el potencial de erosión	cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado	g/cm ³
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte y erosividad Humedad aprovechable Textura Materia orgánica	% (cm ³ /cm ³) cm de humedad aprovechable intensidad de precipitación

Fuente: Singer y Ewing (2000)

1.5.2.3.2. Indicadores químicos

La selección de los atributos del suelo a ser evaluados dependerá de las funciones que serán contempladas. Se considera como atributos químicos al pH, salinidad, estatus de aireación, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, condiciones de los nutrientes, concentraciones de elementos tóxicos (Tabla 2-1), tomando en cuenta que el atributo virtualmente más relevante: la capacidad amortiguadora del suelo en contra de una perturbación (Bautista et al., 2004).

La Royal Commission for Environmental Pollution (1996) determina que la materia orgánica es utilizada como el indicador fundamental de la calidad, concretamente en suelos destinados a la agricultura. No obstante, no se reporta un acuerdo acerca de cuál es el nivel crítico que deberían tener los suelos agrícolas y cómo se modifica el nivel entre suelos de distintas clases de texturas y en distintas condiciones ambientales (Bautista et al., 2004).

Tabla 4-1. Indicadores químicos para evaluar la calidad del suelo

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades que son ecológicamente relevantes
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad y la estabilidad del suelo	kg de C o N ha ⁻¹
pH	Define la actividad química y biológica	Comparación entre los límites superiores e inferiores para establecer cuál es la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Define la actividad la actividad vegetal y microbiana	dSm ⁻¹
P, N y K extraíbles	Nutrientes disponibles para la planta Perdida potencial del nitrógeno	Kg ha ⁻¹

Fuente: Bautista et al. (2004)

1.5.2.3.3. Indicadores biológicos

La Tabla 3-1 presenta los indicadores biológicos que comprenden gran cantidad de factores que alteran la calidad del suelo como la abundancia y productos secundarios de micro y macroorganismos, constituidos por bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos. Además, se contempla funciones como la tasa de respiración, ergosterol y otros productos secundarios de los hongos, tasas de descomposición de los residuos vegetales, N y C de la biomasa microbiana. Al ser la biomasa microbiana mucho más sensible a las perturbaciones que el C total se ha planteado la relación *C microbiano: C orgánico del suelo* para revelar cambios prematuros en la dinámica de la materia orgánica (Sparling, 1997).

Tabla 5-1. Indicadores biológicos para evaluar la calidad del suelo

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades que son ecológicamente relevantes
C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y depósito para el carbono y nitrógeno Variación en el contenido de materia orgánica	Kg de nitrógeno y carbono en una hectárea de suelo CO ₂ producido.
Respiración, contenido de humedad y temperatura	Determinación de la actividad microbiana Estimación de la biomasa microbiana	Kg de carbono en una hectárea de suelo en función a la biomasa microbiana.
N potencialmente mineralizable	Productividad del suelo Suministro de nitrógeno	Kg de nitrógeno en una hectárea de suelo.

Fuente: Bautista et al. (2004)

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Zona de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la parroquia San Carlos, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana.

2.1.1 Lugar de la investigación

La recolección de las muestras se realizó en dos lugares dentro de la parroquia. El primero fue en el suelo de la plantación de palma africana (*Elaeis guineensis*) en la finca San José y el segundo lugar fue un suelo no intervenido de un bosque ubicado en la vía bella Unión de Napo.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos se realizó en los laboratorios “AqLAB” en la ciudad Francisco de Orellana. Las pruebas de infiltración se ejecutaron in situ en cada uno de los lugares antes mencionados. Mientras que los procedimientos para determinar la respiración inducida por sustrato se realizaron en los laboratorios “Labsu”.

2.2 Tipo de investigación

El presente trabajo investigativo es de tipo técnico-explicativo.

Técnico ya que se implementan metodologías de campo y analíticas para la recolección de las muestras de suelo y la posterior determinación de su calidad. Explicativo ya que se generará la información necesaria para saber si existe variación en la calidad de los dos tipos de suelo en estudio.

2.2.1 Hipótesis e identificación de variables

2.2.1.1 Variables

2.2.1.1.1 Variable dependientes

Calidad del suelo: parámetros físicos, químicos y biológicos.

2.2.1.1.2 Variable independiente

Actividades agrícolas implementadas en la plantación de palma

2.2.1.2 Hipótesis generales

2.2.1.2.1 Hipótesis Alternante

La calidad ambiental del suelo de la plantación de palma africana es inferior a la de un suelo no intervenido.

2.2.1.2.2 Hipótesis Nula

La calidad ambiental del suelo de la plantación de palma africana no es inferior a la de un suelo no intervenido.

2.2.2. Esquema del proceso

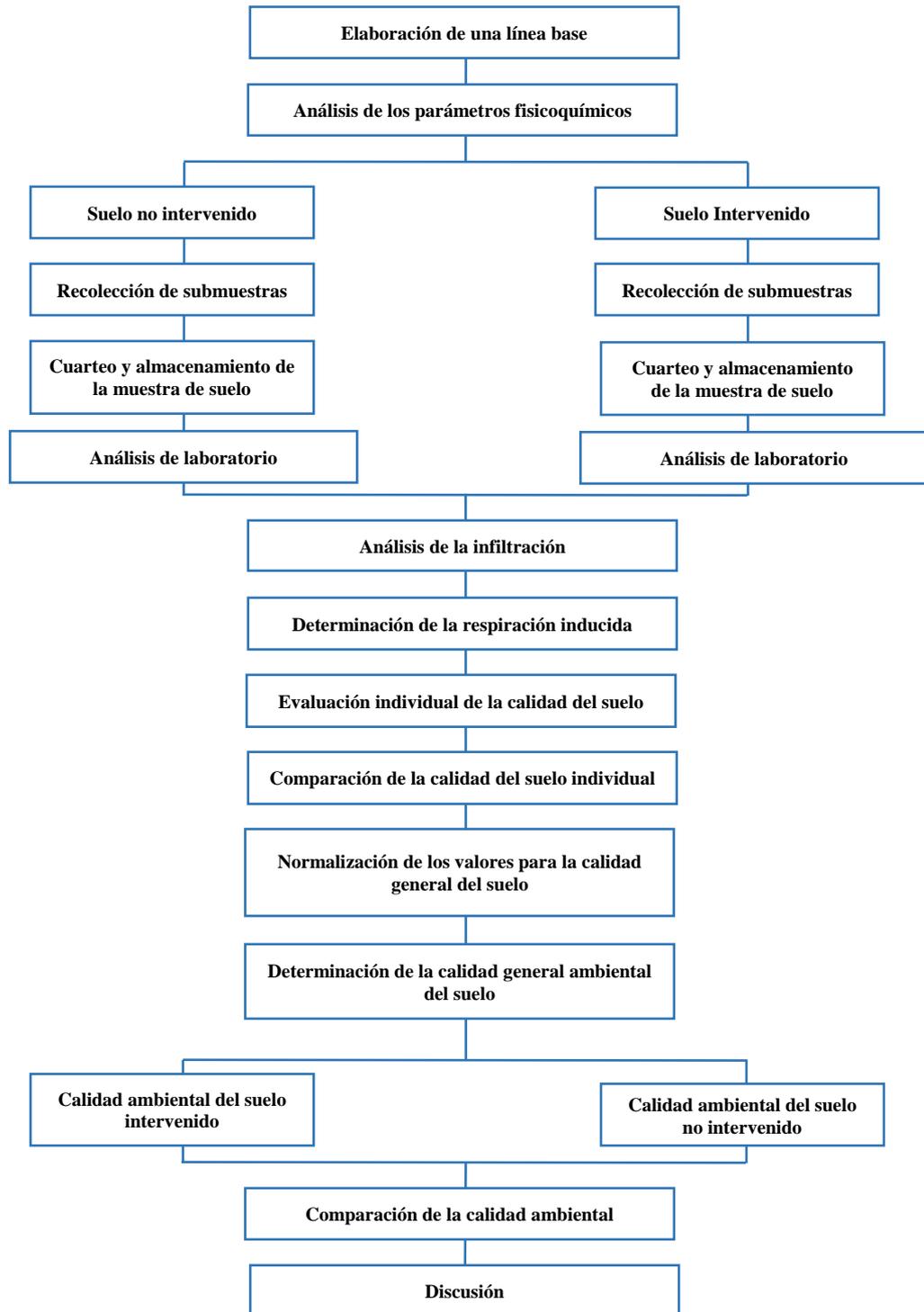


Figura 1-2. Esquema del proceso

Elaborado por: Reinoso J (2018)

2.2.3. Marco metodológico

2.2.3.1. Elaboración de una línea base

Se recolectó toda la información referente al manejo de la plantación de palma africana para esto se preguntó directamente al encargado de la plantación y sus propietarios sobre el funcionamiento de esta. También se consideró la climatología de la zona y en el caso de la vegetación se describió el bosque de donde se tomó las muestras de suelo no intervenido.

La plantación de palma se delimitó con un GPS Garmin 64s. La información se procesó con el software Arc Gis 10.3 y se calculó área y perímetro. En base a esta información se delimitó un área de igual superficie en el suelo del bosque no intervenido para su análisis.

2.2.3.2. Evaluación de la calidad del suelo.

Para la evaluación se aplicó la metodología propuesta por Pierzinsky, et al., (2005), citada por González J., (2009), en cual se usa como Indicadores de Calidad del Suelo un Conjunto Mínimo de Datos MDS en función de las propiedades físicas y químicas (Tabla 3-2). Los parámetros se evaluaron de manera individual y luego en forma conjunta para determinar la calidad de los suelos en estudio.

Tabla 1-2. Parámetros de evaluación para la calidad del suelo

Índice de calidad de suelos	Parámetros	Unidades
Físicas	Textura	-
	Estructura	-
Químicas	pH	-
	C.I.C	meq/100 gr
	N, P, K	mg/kg
	Materia Orgánica	%
	C.E	Us/cm

Fuente: González J., (2009)

2.2.3.2.1. Muestreo del suelo

Se recolectaron dos muestras compuestas. Una proveniente de la plantación de palma y otra del suelo sin intervención. Cada muestra compuesta se generó a partir de la recolección de submuestras de suelo como lo recomienda el Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria (INIAP). Se recolectaron un total de 20 submuestras ya que el área de la plantación

no es superior a 5 hectáreas. Para esto se utilizó el método zigzag buscando recorrer toda el área de estudio.

El proceso implementado se describe a continuación:

Cada submuestra se recolectó con una pala a una profundidad de 20 cm de acuerdo con lo recomendado por Lutens, et al., (2000) para la evaluación de las propiedades físicas y químicas de la capa productiva del suelo. Primero se eliminó la vegetación superficial y luego se extrajo el suelo realizando un hueco en forma de V. Esta porción de suelo se almacenó en un balde y el procedimiento se repitió para las submuestras restantes (Fotografía 2-2, 3-2).



Fotografía 1-2. Recolección de submuestras en la plantación de palma africana

Elaborado por: Reinoso J (2018)



Fotografía 2-2. Toma de muestra en el suelo no intervenido bosque natural

Elaborado por: Reinoso J (2018)

Finalizada la recolección de las submuestras se procedió a mezclar las mismas con el objetivo de homogenizarlas. Para extraer la muestra a ser analizada se realizó un proceso de cuarteo del total, para reducirla y obtener una muestra compuesta representativa (MAE, 2014). Como se muestra en la fotografía 4-2 de la partición se tomó aproximadamente 2 kg de suelo para ser analizado.



Fotografía 3-2. Cuarteo de la muestra compuesta de suelo y almacenamiento para su análisis

Elaborado por: Reinoso J (2018)

Las muestras de suelo se analizaron en el laboratorio AqLab ubicado en la ciudad Francisco de Orellana, provincia de Orellana (Anexo A).

2.2.3.2.2. Evaluación individual de los indicadores de la calidad del suelo.

- **pH**

Los niveles de acidez y alcalinidad de las muestras se analizaron en función a la categorización realizada por La Sociedad de Ciencias del Suelo de América, la organización propone 11 rangos de clasificación que va desde un nivel ultra ácido a un muy fuertemente alcalino como se muestra en la tabla 4-2.

Tabla 2-2. Interpretación de los rangos de pH

Término descriptivo	Rango
Ultra ácido	< 3.5
Extremadamente ácido	3.6 – 4.4
Muy fuertemente ácido	4.5 – 5.0
Fuertemente ácido	5.1 – 5.5
Moderadamente ácido	5.6 – 6.0
Débilmente ácido	6.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Débilmente alcalino	7.4 – 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 – 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 – 9.0
Muy fuertemente alcalino	> 9.0

Fuente: González J., (2009)

- **NPK**

Los macronutrientes básicos: nitrógeno, fósforo y potasio se analizaron de acuerdo con las concentraciones establecidas para la capa arable del suelo a una profundidad de 0 a 20 cm (González J., 2009), mismas que se agruparon en tres categorías como se muestra en la tabla 5-2.

Tabla 3-2. Rangos de concentración para NPK

Concentración	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
Alta	40 y más	12 y más	160 y más
Media	20 – 39	6 - 11	80 - 159

Baja	0 – 19	0 – 5	0 - 79
-------------	--------	-------	--------

Fuente: González J., (2009)

- **Capacidad de intercambio catiónico**

Este indicador se analizó tomando en consideración los criterios propuestos por Thomson (1988) citado en González J. (2009), quien clasifica este parámetro en seis categorías (Tabla 6-2).

Tabla 4-2. Categorización de la capacidad de intercambio catiónico

C.I.C (meq/100 gr)	Categorización
< 5 Pobre	Pobre
5 - 10 Bajo	Bajo
10 - 15 Normal bajo	Normal bajo
15 - 25 Normal alto	Normal alto
25 - 40 Alto	Alto
> 40 Muy alto	Muy alto

Fuente: González J. (2009)

- **Conductividad eléctrica**

Los valores registrados para este indicador se interpretaron en función a lo propuesto por la Junta de Extremadura (1992), ya que las categorías establecidas se generaron en función a la fertilidad de los suelos (Tabla 7-2).

Tabla 5-2. Rangos de la conductividad eléctrica

Grado de salinidad	C.E (Us/cm)
No salino	0.0 - 2.0
Ligeramente salino	2.1 - 4.0
Moderadamente salino	4.1 - 8.0
Fuertemente salino	8.1 - 16.0
Muy fuertemente salino	> 16.0

Fuente: Junta de Extremadura, (1992)

- **Materia orgánica**

La clasificación que se utilizó para este indicador es la establecida por el Soil Survey Staff en Aguiló (2000), para una profundidad de 0 a 20 cm (Tabla 8-2)

Tabla 6-2. Porcentajes de materia orgánica

Rangos de Materia orgánica (%)	Interpretación
0 - 1.75	Muy deficiente
1.76 - 2.5	Deficiente
2.6 - 4	Algo deficiente
4.1 - 5	Normal
5 - 8	Apreciable
8.1 - 10	Humífero
> 10	Muy humífero

Fuente: Aguiló, (2000)

- **Textura**

El tipo de textura del suelo se interpretó en función a la “Guía para clasificar suelos en clases de capacidad de uso” de la División de Protección de los Recursos Naturales Renovables del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) (González J., 2009) como se muestra en la tabla 9-2.

Tabla 7-2. Clases texturales y sus características

Textura superficial	Características
Fa – FAI – F	Suelo profundo con 2 % o menos de pendiente; permeabilidad moderada; buen drenaje; buena adaptabilidad a los cultivos; muy intenso grado de uso agrícola
aF - A	Suelo profundo a moderadamente profundo con 4% o menos de pendiente; permeabilidad moderada; drenaje bueno a moderado; buena adaptabilidad a los cultivos; intenso grado de uso agrícola
a - A	Suelo profundo a profundidad media con 8% o menos de pendiente; permeabilidad lenta a rápida; drenaje bueno a imperfecto; buena adaptabilidad a los cultivos; moderado grado de uso agrícola
ag - A	Suelo profundo a delgado con 15% o menos de pendiente; permeabilidad lenta a rápida; drenaje bueno a imperfecto; buena adaptabilidad a los cultivos; limitado grado de uso agrícola
ag - A	Suelo de profundidad media a delgado con 6% o menos de pendiente; permeabilidad lenta a rápida; drenaje bueno a muy pobre; muy limitado grado de uso agrícola
ag - A	Suelo profundo a delgado con 30% o menos de pendiente; permeabilidad lenta a rápida; drenaje bueno a muy pobre; moderado grado de uso agrícola
ag – A	Suelo profundo a muy delgado con 50% o menos de pendiente; drenaje bueno a muy pobre; limitado grado de uso agrícola

ag - A	Suelo profundo a muy delgado con 50% o menos de pendiente; drenaje bueno a muy pobre; limitado grado de uso agrícola
--------	--

Fuente: González J., (2009)

Donde:

- **F** = Franca
- **Fa** = Franco arenosa
- **FAI** = Franco arcillo limosa
- **aF** = Areno francoso
- **A** = Arcilloso
- **a** = Arenoso
- **ag** = arena gruesa

- **Estructura**

Este indicador se evaluó de acuerdo con la categorización establecida por Luzio y Casanova (2006), en función de la capacidad de absorber, retener agua, nutrientes y minerales del suelo (Tabla 10-2).

Tabla 8-2. Tipos de estructuras del suelo

Estructura	Capacidad del suelo
Granular	Alta
Bloques	Alta
Prismática	Media
Laminar	Baja

Fuente: Luzio y Casanova, (2006)

2.2.3.2.3. Integración cualitativa de los indicadores de la calidad del suelo

Los indicadores utilizados para este estudio se integraron en tres categorías finales en función a las condiciones de calidad de estos (Tabla 11-2) (Domínguez, 2005):

- Suelo de calidad alta
- Suelo de calidad media
- Suelo de calidad baja
-

Tabla 91-2. Integración cuantitativa de los indicadores de la calidad del suelo

Indicador	Calidad alta	Calidad media	Calidad baja
Materia orgánica	Normal Apreciable	Algo deficiente Humífero	Deficiente Muy deficiente Muy humífero
pH	Neutro	Débilmente ácido Débilmente alcalino	Moderadamente ácido Fuertemente ácido Muy fuertemente ácido Extremadamente ácido Ultra ácido Moderadamente alcalino Fuertemente alcalino Muy fuertemente alcalino
C.I.C	Alto Muy Alto	Normal bajo Normal alto	Bajo Pobre
NPK	Alta	Media	Baja
C.E	No salino	Ligeramente salino	Moderadamente salino Fuertemente salino Muy fuertemente salino
Textura	Fa - FAI - F	aF - A - a	ag - A
Estructura	Granular Bloques	Prismática	Laminar

Fuente: González J., (2009)

2.2.3.2.4. Integración cuantitativa de los indicadores de la calidad del suelo

Cada uno de los parámetros fueron integrarlos de forma cuantitativa en función a lo establecido por Cantu et al. (2007). Para esto se utilizó el valor máximo y mínimo de cada parámetro escogido. Con estos valores se normalizó cada indicador a una escala de 0 a 1. Los cálculos se realizaron en función a dos posibles situaciones que pueden presentarse:

Cuando el valor máximo del parámetro (I_{max}) representa la mejor situación de calidad de suelo ($V_n = 1$)

$$V_n = \frac{I_m - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

(Ecuación 1)

Donde:

- Vn = Valor normalizado
- Im = Medida del indicador
- Imin = Valor mínimo
- Imax = Valor máximo

Cuando el valor mínimo del parámetro representa la mejor situación de calidad de suelo (Vn = 0)

$$Vn = 1 - \frac{Im - Imin}{Imax - Imin}$$

(Ecuación 2)

Donde:

- Vn = Valor normalizado
- Im = Medida del indicador
- Imin = Valor mínimo
- Imax = Valor máximo

Establecidos los valores de cada uno de los indicadores se calculó el promedio de estos. El índice de calidad del suelo (ICS) se estableció a partir de la tabla 12-2, la cual está conformada por las clases de calidad de suelo para interpretar el valor final obtenido.

Tabla 10-2. Índice de calidad del suelo

Índice de calidad del suelo	Escala	Clases
Muy alta calidad	0.80 – 1	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 – 0.19	5

Fuente: Cantu, et al., (2007)

2.2.3.2.5. Determinación de la infiltración y la respiración inducida por sustrato

- **Infiltración**

La determinación de la tasa de infiltración se realizó a través de infiltrómetro de doble anillo donde se evaluó el flujo vertical del agua a través del suelo. Los materiales que se utilizaron son:

- 1 juego de cilindros de acero:
 - 1 cilindro de 51 cm de diámetro y 40 cm de altura
 - 1 cilindro de 61 cm de diámetro y 51 cm de altura.
- 1 tabla reforzada en un lado con un latón de acero.
- Baldes para transportar agua
- Martillo
- 1 cronómetro
- Regla de 50 cm
- Ficha de tasa de infiltración

El procedimiento implementado para realizar las mediciones se detalla a continuación:

Se seleccionó el sitio para evaluar la tasa de infiltración, el cual se ubicó en la parte central de las áreas de estudios establecidas. En el primer paso se limpió el área para el ensayo procurando quitar vegetación sin modificar la capa superficial del suelo. Se identificó y llenó la ficha de campo con la información referente al tipo de terreno, topografía, vegetación, descripción del suelo, historia del terreno, etc.

Se colocó los cilindros de forma que queden introducidos en el suelo aproximadamente 10 cm, el pequeño exactamente en el centro del grande. Con la ayuda de la tabla y el nivel se niveló los cilindros con la superficie del suelo (Fotografía 5-2).



Fotografía 4-2. Implementación de los equipos in situ para evaluar la infiltración

Elaborado por: Reinoso J (2018)

Se llenaron los cilindros con agua hasta que el nivel del agua se encuentre sobre los 41 cm tomando como referencia el nivel del suelo. El nivel del agua se marcó en el cilindro inferior con la regla de tal manera que el cero coincida con el nivel del agua y se empezó a registrar los tiempos con un cronómetro. La medición consistió en registrar las lecturas del nivel de agua en los intervalos establecidos en la matriz para la tasa de infiltración (Fotografía 6-2).



Fotografía 5-2. Toma de lecturas para la evaluación de la infiltración del suelo

Elaborado por: Reinoso J (2018)

Con los datos registrados en campo se realizaron los siguientes cálculos:

Cálculo de la infiltración acumulada

La ecuación que permite determinar la infiltración acumulada es:

$$d = Kt^m$$

(Ecuación 3)

Donde:

d= infiltración acumulada en el tiempo t

K= constante que depende de la estructura inicial del suelo

m= constante que depende de la estabilidad de la estructura del suelo frente al agua ($0 > m < 1$)

Para obtener **m** se aplicó la siguiente ecuación

$$m = \frac{\frac{\sum(\log t * \log d)}{n} - \frac{\sum(\log t)}{n} * \frac{\sum(\log d)}{n}}{\frac{\sum \log t^2}{n} - \left(\frac{\sum \log t}{n}\right)^2}$$

(Ecuación 4)

Para obtener **K** se aplicó la siguiente ecuación

$$\log K = \frac{\log d}{n} - \left(m * \frac{\log t}{n}\right)$$

(Ecuación 5)

Cálculo de la velocidad de infiltración

La ecuación que permite determinar la velocidad de infiltración es:

$$Vi = Kt^{-n}$$

(Ecuación 6)

Donde:

Vi= velocidad de infiltración

k= $K * m$

$$n = m - 1$$

Velocidad de infiltración básica

La infiltración básica se da cuando la velocidad de infiltración tiende a hacerse constante en el tiempo. La ecuación que permite determinar la infiltración básica es:

$$I_b = k * \left(\frac{n * k}{0.1}\right)^{\frac{-n}{n+1}}$$

Donde:

Vi= velocidad de infiltración

k= $K * m * 60$

-n= $m - 1$

En la tabla 13-2 se muestra los rangos de variación de la infiltración básica en función a la textura del suelo.

Tabla 11-2. Variación de la infiltración básica en función a la textura del suelo.

Textura del suelo	Velocidad de infiltración básica (mm/hr)
Arena	25 - 50
Franco – arenoso	13 – 75
Franco	7.5 – 20
Franco – limoso	2 – 15
Arcilloso – limoso	0.2 – 5
Arcilla	0.1 – 1

Fuente: Prosap (2018)

- **Respiración inducida por sustrato**

Mediante el método de respiración inducida por sustrato se evaluó la actividad de los microorganismos. En el caso de los organismos heterotróficos esta actividad se ve reflejada en la producción de energía proveniente de la transformación de la materia orgánica donde el producto

final de este proceso es el CO₂. Para medir la respiración se cuantifica el CO₂ liberado desde una muestra de suelo mezclada con glucosa. El método utilizado permite determinar la respiración de suelos para fines comparativos. Los materiales utilizados se detallan a continuación:

- Botellas SCHOTT de 250 ml
- Organza de imprenta
- Incubadora (30°C)
- Bureta de titulación.
- Agua destilada libre de CO₂ Hervir el agua destilada por 2 min y enfriar.
- Glucosa (substrato)
- NaOH 1 M - 40 g NaOH en 1000 ml a.d.
- HCl 0,5 M - Solución valorada.
- BaCl₂ 1 M - 24,42 g BaCl₂ en 100 ml a.d.
- Fenolftaleína (indicador)

El procedimiento que se implementó es el siguiente

Calibración y blancos. Se preparó tres blancos sin muestras de suelo en la funda de organza.

Pesaje de las muestras. Se pesó 20 g de la muestra de suelo y 0,2 g glucosa en papel de aluminio (Fotografía 7-2).



Fotografía 6-2. Pesaje de la muestra de suelo y reactivos

Elaborado por: Reinoso J (2018)

Preparación de las muestras. Se mezcló cuidadosamente el suelo con la glucosa y se colocó en la mezcla en una funda de organza. En las botellas SCHOTT se adicionó 10 ml de NaOH y se

colocó la funda de organza dentro de las botellas sellándolas herméticamente (Fotografía 8-2).



Fotografía 7-2. Análisis de las muestras de suelo

Elaborado por: Reinoso J (2018)

Incubación. Las botellas se incubaron por 4 horas a 30°C, posteriormente se retiró cuidadosamente las fundas de las botellas y se añadió 2 ml de BaCl₂ a la solución que queda en las botellas y unas gotas de fenolftaleína (Fotografía 9-2).



Fotografía 8-2. Aplicación de reactivos para la determinación del CO₂

Elaborado por: Reinoso J (2018)

Calculo del CO₂. El NaOH que no ha reaccionado con el CO₂ se titula con HCl hasta que desaparezca el color del indicador (Fotografía 10-2).

- 1 ml HCl M equivale a 2,2 mg CO₂
- 1 ml HCl 0,5 M equivale a 1,1 mg CO₂



Fotografía 9-2. Determinación de CO₂ en la solución

Elaborado por: Reinoso J (2018)

A partir de la siguiente ecuación de determinó el CO₂ generado por la muestra de suelo.

$$g \text{ CO}_2 = (\text{mmol NaOH} - \text{mmol HCl}) * \left(\frac{\text{PM CO}_2}{1000 \text{ ml}} \right)$$

(Ecuación 7)

Donde:

PM = Peso molecular

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Plantación de palma africana

1) Ubicación geográfica

La plantación de palma africana tiene una extensión de 5 hectáreas. Se encuentra ubicada en la “Finca San José” en la comunidad Moran Valverde “23 de Julio”, parroquia San Carlos, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana (Figura 2-2). Su propietario es el Sr. José Juan Zumbana de la Cruz.

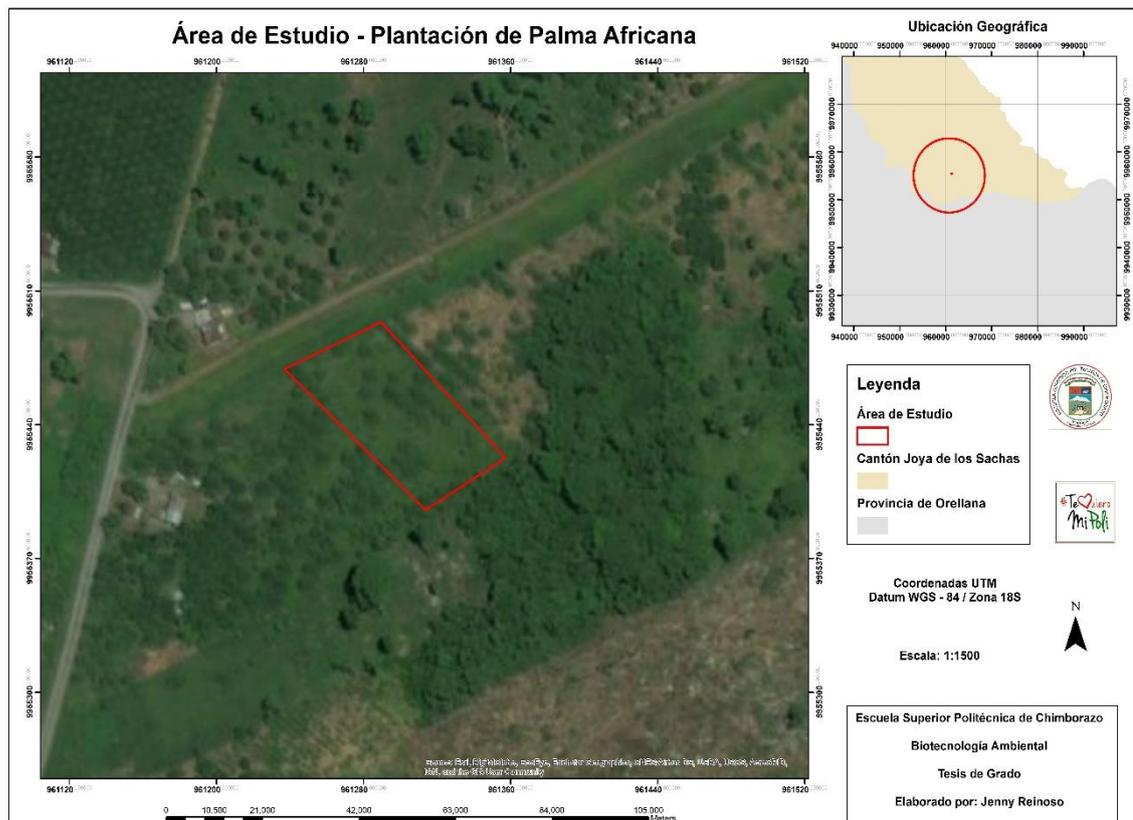


Figura 1-3. Ubicación geográfica de la plantación de palma africana

Elaborado por: Reinoso J (2018)

2) Implementación y manejo

La plantación de palma africana se implementó en el año 2006 es de tipo cuadrática con un distanciamiento entre planta de 9 m (Fotografía 1-2). Por lo tanto, se tiene un total de 123 plantas por hectárea.



Fotografía 10-3. Plantación de Palma Africana

Elaborado por: Reinoso J (2018)

El propietario menciona que el manejo de la plantación consta de cuatro actividades: limpieza, poda, fertilización y control de plagas y enfermedades.

Limpieza

En los primeros 5 años cuando la plantación es considerada joven se realiza esta actividad cada 45 días, ya que los primeros años son los más críticos. Las gramíneas debido a su sistema radicular activo superficial compiten directamente con las palmas. Su distribución, densidad y frecuencia estarán directamente relacionadas con las condiciones climáticas del año, por lo que su control se debe realizar tomando en cuenta cada caso específico. Las plantas jóvenes sufren más por la competitividad existente de nutrientes, lo que a la postre puede retardar el normal desarrollo de las palmas y afectar la productividad de estas por el resto de su ciclo de vida.

En la actualidad las labores de limpieza se las realizan 2 veces al año. Esto debido a que la sombra que generan las palmas controla el crecimiento de las malezas. Los trabajos realizados constan de un desbroce general de la maleza existente en la plantación y para cada una de las plantas se

realiza una corona a su alrededor. Para su ejecución se utilizan métodos manuales (azadas, machetes o desbrozadoras) y químicos (Crisuron 500 F).

Poda

Consiste en el corte o eliminación de forma periódica de las hojas que se encuentren en estado de descomposición, maduras o secas. El número de hojas que se eliminan en la plantación ha variado de acuerdo con la edad de cada planta. Se ha registrado un máximo de 39 hojas por año para las palmas jóvenes número que ha descendido a un número de entre 32 a 35 hojas cuando estas han alcanzado una edad adulta.

El objetivo principal de la poda es la eliminación del material vegetativo que no aporte en la producción de racimos. Además, facilita la ubicación de los racimos que ya estén maduros, disminuye la retención de los frutos que se hayan desprendido en las axilas de las hojas, beneficia a la polinización y disminuye el crecimiento de vegetación epífita.

Dentro de la finca se realiza dos tipos de podas: Sanitaria y Mantenimiento.

La primera se ejecuta previo a la primera cosecha de racimos entre el primer y tercer años. Consiste en la eliminación de las hojas al ras del piso e inflorescencias masculinas viejas. La segunda se realiza en periodos de 12 meses y de existir un excedente de hojas los periodos se pueden reducir de 8 meses a 5 meses. En esta poda se procura eliminar las hojas que se encuentren secas y con una coloración amarillenta, procurando dejar dos espirales de hojas por debajo del racimo más longevo.

Fertilización

La palma africana tiene un gran potencial productivo por esta razón se genera altos volúmenes de biomasa. Dentro de esta biomasa se tiene las hojas, inflorescencias, sistema radicular, racimos y estipe. Debido a esto el uso y extracción de elementos nutritivos es elevado, donde el suelo es la principal fuente de estos recursos. El objetivo principal de la fertilización en este contexto es la de suministrar los nutrientes necesarios que permitan promover el normal desarrollo vegetativo e incrementa la resistencia a plagas y enfermedades

Por cada planta se coloca al año de 3 a 5 kg de una formulación química completa (NPKMg), generalmente la dosis elegida se divide en dos aplicaciones donde un 75% se aplica al final de la época lluviosa en el primer semestre del año y el restante 25% al finalizar el mismos. Esto se complementa con el aporte de materia orgánica la cual está constituida por los residuos del desbroce y podas que se colocan alrededor de la planta.

Control de plagas y enfermedades.

Una de las principales enfermedades que se combaten en las plantaciones de palma africana es la pudrición de la flecha, esta destruye y pudre una gran cantidad de foliolos ocasionando su muerte total o parcial. Los tejidos que no alcanzan a recuperarse se secan y tiempo después se desprenden de la planta.

La pudrición basal es una enfermedad que generalmente afecta a más del 3% de la plantación por lo que ha sido catalogada como de importancia. Dentro de los principales síntomas se tiene el amarillamiento de las hojas bajas, mismo que avanza hasta afectar las hojas superiores. Al final todo el follaje se ve afectado produciendo la muerte de la planta en un tiempo aproximado de 3 a 4 meses.

La marchitez repentina se evidencia en plantas de dos años en adelante. Se caracteriza por presentar una coloración marrón rojiza en las puntas de las hojas bajas y asciende hasta las hojas medias. Al final la mayor parte de las hojas se necrosan tomando una coloración grisácea. Además, las inflorescencias se pierden y los frutos se terminan secando.

La pudrición de los racimos es una enfermedad que afecta directamente a los frutos, se da en plantas con una edad que va de los 3 a 9 años. Se manifiesta en mayor medida en las épocas lluviosas afectando a un 10% de la plantación. Los tejidos que se ven afectados se tornan duros y toman una coloración parda.

La pudrición del cogollo es una enfermedad clásica de las plantaciones de palma. Esta se presenta con el amarillamiento de las hojas de la parte central de la palma (Clorosis). Continúa con la presencia de lesiones necróticas que llevan a la pudrición de los tejidos. Esto se manifiesta como una licuefacción que emite un olor fétido.

Dentro de la plantación enfermedades con la pudrición del cogollo se han presentado en plantas aisladas, esto se ha controlado con la extracción total de las plantas afectadas. Y se ha complementado con fumigaciones preventivas, donde los agroquímicos utilizados son benfurol (pesticida) y palmarol (fungicida). El primero se aplica 4 veces al año cuando la plantación tiene menos de cinco años y 3 veces cuando está a superado la edad mencionada. En el caso del segundo químico la aplicación es dos veces al año. En ambos casos los dos se aplican en la corona de las palmas.

3) Climatología

De acuerdo con el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (INAMHI) el clima de la zona es tropical cálido húmedo. De manera general se puede establecer que el territorio del cantón presenta amplios matices climáticos. Esto se ve reflejado por las frecuentes lluvias torrenciales, temperaturas altas y variaciones en la humedad.

Precipitación

La precipitación media anual se encuentra entre los 2500 y 3800 mm/año, en los sectores bajos esta es constante. Se registran dos periodos húmedos entre los meses de febrero a julio y de septiembre a diciembre. Los picos máximos se registran en los meses de abril y mayo mientras que los mínimos en los meses de enero y agosto

Temperatura

La temperatura media anual es de 26.19 °C. Los valores máximos (27.6 °C) se registraron entre los meses de septiembre a enero, en cambio los valores mínimos (25.1 °C) se reportaron en el mes de julio.

Humedad Relativa

Debido a las altas temperaturas e intensas precipitaciones este valor generalmente se mantiene alto con un promedio anual del 81%.

4) Vegetación

El área donde se encuentra la plantación de palma africana se encuentra intervenida en su totalidad por lo que en sus alrededores no se registran bosques naturales. Este tipo de bosques forman parte de áreas protegidas y territorios de nacionalidades indígenas. Además, de los flancos andinos donde no existe carreteras o la presencia de actividades antrópicas.

Este tipo de vegetación en lo que corresponde al cantón Joya de los Sachas forma parte del ecosistema de bosque siempre verde de tierras bajas que abarca el 80% de la superficie cantonal en distintos estados de conservación. Una de las características principales de este tipo de ecosistemas es que son multiestratificados, no inundados o bien drenados sobre terrenos planos de las terrazas altas. Posee un dosel de tipo cerrado de 25 a 35 m, en el caso de la vegetación arbórea esta presenta troncos rectos con DAP (diámetro a la altura del pecho) entre 0.8 y 1.2 m. Las raíces superficiales de tipo tablares son muy frecuentes. En las zonas cuyas pendientes son fuertes el sotobosque generalmente es abierto.

Dentro de las especies que conforman la vegetación de los bosques siempre verdes está el pambil (*Iriartea cornata*), chontaduro (*Guillema gassipaes*), laurel (*Cordia alliodora*), copal (*Dacryodes sp.*), uva de monte (*Pourouma cecropiifolia*) y guarumbo (*Cecropia sp.*).

Los suelos de este tipo de ecosistemas son principalmente limosos o arcillosos, con una gran presencia de humus lo que les confiere un buen drenaje y los hace fértiles. Están constituidos por sedimentos finos, son de color negro a nivel superficial y cambia a pardo oscuro en profundidad. Tienen un pH de 6 a 7 es decir son ligeramente ácidos o neutros.

De acuerdo con la información que generó el SIGTIERRAS para el año 2016. El 82% de la superficie que conforma el cantón está cubierta por formaciones boscosas que están en distintos estados de conservación. El restante 18% lo conforman las áreas de intervención antrópica, donde las parroquias de San Carlos, San José de Guayusa y Nuevo Paraíso se destacan por la producción de Palma Africana.

3.2. Caracterización fisicoquímica del suelo

3.2.1. Suelo intervenido – plantación de palma africana

En la tabla 1-3 se presentan los resultados obtenidos para los parámetros analizados en el suelo del bosque no intervenido (Anexo B).

Tabla 1-3. Parámetros físico químicos analizados del suelo intervenido – plantación de palma

Parámetro	Unidad	Resultados
Capacidad de intercambio catiónico	meq/100 gr	8.7
Conductividad eléctrica	Us/cm	13.82
Nitrógeno	%	0.03
Fósforo	mg/kg	43.64
Potasio	mg/kg	588.3
Materia orgánica	%	0.53
pH	-	5.6
Textura	-	Franco
Estructura	-	Granular Laminar
Respiración inducida por sustrato	gCO ₂	2.75

Elaborado por: Reinoso J (2018)

Los resultados obtenidos concuerdan con lo establecido Owen y León (1993) para suelos con cultivos de palma donde se tiene un porcentaje de materia orgánica baja debido a los constantes

desbroces que se realiza en el terreno y en edades avanzadas de la plantación, la sombra que genera las hojas de las palmas hace que el desarrollo de la vegetación herbácea y arbustiva sea lento. Esto ocasiona que la presencia de hojarasca en el suelo sea baja y por ende la restitución del material orgánico es mínima.

En el caso del pH los autores mencionados indican que un rango óptimo para el desarrollo del cultivo es de 5 a 7. Los resultados obtenidos indican que el suelo tiene un pH de 5.6 – moderadamente ácido. En el caso del nitrógeno Owen (2000) indica que el contenido del mismo va a estar en dependencia de la materia orgánica, si esta disminuye el nitrógeno también lo hará. Para plantaciones de palma el contenido de N debe estar entre el 0.1% y 0.4% (Ollagnier et al., 1999). El suelo analizado registró un porcentaje por debajo y cercano a este rango. De acuerdo con la información suministrada por el propietario de la hacienda al cultivo aún no se le realizaba la fertilización correspondiente para ese periodo. Por lo que se puede asumir que la deficiencia registrada se debe a este factor.

Por su parte los valores obtenidos para el fósforo y potasio se encontraron dentro de los rangos registrados por Arias y Munévar (2004) para suelos con cultivos de palma de 5 a 15 años. Además de acuerdo con lo establecido por Owen y León (1993) los valores registrados son los idóneos para el correcto desarrollo de una plantación de palma de aceite.

En el caso de la conductividad eléctrica el valor de 13.82 uS/cm es igual a 0.01382 dS/cm. De acuerdo con Castellanos, (2000) la plantación de palma tiene un suelo libre de sales por lo tanto en el mismo se puede desarrollar cualquier tipo de cultivo. En lo referente al cultivo de palma como tal el valor registrado está acorde con lo reportado por Munevar (2004) y Owen (1995). Los autores mencionan valores menores a 1 dS/cm como favorables para el desarrollo del cultivo.

Con lo que respecta a la textura del suelo esta es de tipo franco. De acuerdo Rivadeneira (2014) este tipo de suelos son aptos para el desarrollo del cultivo de palma. Debido a que en su conformación estos tienen menos del 25% de arcilla lo que en términos generales los hacen idóneos para la agricultura. La estructura granular laminar registrada está en concordancia con los parámetros antes mencionados. Esta es granular debido a su estructura franca pero debido al porcentaje de materia orgánica reducido le da características de tipo laminar.

3.2.1.1. Análisis de la infiltración

En la tabla 2-3 se muestra las lecturas registradas en el suelo de la plantación de palma africana.

Tabla 2-3. Matriz de registro de lecturas in situ para la evaluación de la infiltración

Tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Enrase (cm)	Infiltración (cm/min)	Infiltración Parcial (cm/min)	Infiltración Acumulada (cm/min)
0	0	46	46			
1	1	44.8		44.80	1.2	
1	2	42.7		21.35	2.1	3.3
1	3	41.5		13.83	1.2	4.5
1	4	40.2		10.05	1.3	5.8
1	5	39		7.80	1.2	7
5	10	36.1		3.61	2.9	9.9
5	15	33.5		2.23	2.6	12.5
5	20	29.9		1.50	3.6	16.1
10	30	25.3		0.84	4.6	20.7
10	40	21.1		0.53	4.2	24.9
10	50	16.3		0.33	4.8	29.7
10	60	12.1		0.20	4.2	33.9
10	70	7.2		0.10	4.9	38.8
10	80	4.7		0.06	2.5	41.3
30	90	40.1	46	0.45	5.9	47.2
30	120	34.5		0.29	5.6	52.8
30	150	28.3		0.19	6.2	59
30	180	24.3		0.14	4	63
30	210	20.9		0.10	3.4	66.4
30	240	15.91		0.07	4.99	71.39
30	270	10.2		0.04	5.71	77.1

Elaborado por: Reinoso J (2018)

En la tabla 3-3 se presentan los cálculos logarítmicos realizados con las lecturas obtenidas previo a los cálculos de infiltración.

Tabla 3-3. Cálculos logarítmicos realizados a las lecturas de infiltración

Tiempo (min)	Log (t)	Log (d)	Log (t) * Log (d)	Log (t)^2
2	0.301029996	0.51851394	0.156088249	0.090619058
3	0.477121255	0.653212514	0.311661574	0.227644692
4	0.602059991	0.763427994	0.459629451	0.362476233
5	0.698970004	0.84509804	0.590698181	0.488559067

10	1	0.995635195	0.995635195	1
15	1.176091259	1.096910013	1.290066278	1.38319065
20	1.301029996	1.206825876	1.570116664	1.69267905
30	1.477121255	1.315970345	1.943847768	2.181887201
40	1.602059991	1.396199347	2.236795114	2.566596216
50	1.698970004	1.472756449	2.502169031	2.886499076
60	1.77815125	1.530199698	2.720926507	3.161821869
70	1.84509804	1.588831726	2.931550303	3.404386777
80	1.903089987	1.615950052	3.075298363	3.621751499
90	1.954242509	1.673941999	3.271288612	3.819063786
120	2.079181246	1.722633923	3.581668146	4.322994654
150	2.176091259	1.770852012	3.853535584	4.735373168
180	2.255272505	1.799340549	4.058003269	5.086254072
210	2.322219295	1.822168079	4.231473872	5.392702453
240	2.380211242	1.853637382	4.412048535	5.665405555
270	2.431363764	1.887054378	4.588115636	5.911529754
Sumatoria	31.46	27.53	48.78	58.00

Elaborado por: Reinoso J (2018)

La constante **m** que representa la estabilidad estructural del suelo frente al agua fue de 0.64. Este valor indica que el suelo analizado presenta una estructura estable en relación con la acción del agua. Por su parte la constante **k** que representa la estructura inicial del suelo frente al agua fue de 2.32. Este valor representa suelos francos con presencia de materia orgánica, por lo que la velocidad de infiltración del suelo es normal/moderada.

Estos valores se validaron al ser remplazados en la ecuación para calcular la infiltración básica la cual es de 19.01 mm/hr según Prosap (2018) este valor corresponde a un suelo franco.

En la tabla 4-3 se muestra la infiltración acumulada y velocidad de infiltración para los tiempos en los que se realizó las lecturas.

Tabla 4-3. Infiltración acumulada y velocidad de infiltración para el suelo intervenido

Tiempo (min)	Infiltración acumulada (cm)	Velocidad infiltración (cm/min)
2	3.599740358	69.11501487
3	4.666266976	59.72821729
4	5.609580366	53.85197151
5	6.47072261	49.69514964
10	10.08351572	38.72070038
15	13.07104728	33.46188105
20	15.71343658	30.16979824
30	20.36899412	26.07231248

40	24.48670642	23.50723816
50	28.24572865	21.6927196
60	31.74159749	20.31462239
70	35.03278998	19.21798765
80	38.15834863	18.31600734
90	41.14595871	17.55560905
120	49.46385693	15.82843422
150	57.05719083	14.60664085
180	64.11894725	13.67870875
210	70.7672515	12.94029742
240	77.08097059	12.33295529
270	83.11602958	11.82094643

Elaborado por: Reinoso J (2018)

3.2.2. Suelo no intervenido – bosque natural

En la tabla se presentan los resultados obtenidos para los parámetros analizados en el suelo del bosque no intervenido (Anexo C).

Tabla 5-3. Parámetros físico químicos analizados del suelo no intervenido

Parámetro	Unidad	Resultados
Capacidad de intercambio catiónico	meq/100 gr	15.48
Conductividad eléctrica	Us/cm	75.4
Nitrógeno	%	0.35
Fósforo	mg/kg	23.01
Potasio	mg/kg	497.4
Materia orgánica	%	5.2
pH	-	7.1
Textura	-	Franco Limoso
Estructura	-	Granular
Respiración inducida por sustrato	gCO ₂	3.696

Elaborado por: Reinoso J (2018)

El suelo no intervenido proviene de un remanente de bosque natural que no ha sido intervenido y se encuentra ubicado dentro de la misma zona donde se encuentra ubicada la plantación de palma africana. De acuerdo con el propietario de la plantación son estos suelos los que generalmente son utilizados para la implementación del cultivo por su gran contenido nutricional.

Se debe recalcar que a diferencia de una plantación adulta donde los requerimientos de nitrógeno y de materia orgánica son menores. Una plantación joven que se ha recuperado del shock

vegetativo producto del proceso de trasplante se caracteriza por tener un incremento importante en la absorción de nitrógeno y potasio que dura un periodo de dos a tres años hasta que la demanda se estabiliza (Donough, 2008). Y es en este periodo de tiempo donde el alto contenido nutricional de este tipo de suelos ayuda al normal desarrollo de la plantación.

El contenido de materia orgánica es apreciable. Esta es una de las principales características de este tipo de suelo ya que su formación y descomposición permite que se den procesos relevantes como es la fijación, transformación, almacenamiento y liberación de macronutrientes como el nitrógeno y el calcio. Elementos importantes para el normal mantenimiento y desarrollo de los ecosistemas. De forma complementaria la presencia de la materia orgánica facilita la capacidad de intercambio de cationes, reduce la fijación del fósforo y mejora la estructura del suelo (Amazonia Forestal, 2011).

La presencia de materia orgánica en el suelo repercute directamente en el contenido de macronutrientes en el suelo. Al realizar una comparación con el suelo de la plantación de palma se observa como un mayor porcentaje hace que el contenido de fósforo disminuya mientras que el nitrógeno aumenta. Este comportamiento pone de manifiesto lo sensible que es la dinámica de los elementos dentro de un bosque y porque cuando se busca recuperar ecosistemas alterados este proceso es largo y complejo.

El pH del suelo por su parte se encuentra dentro del rango que lo califica como neutro. De acuerdo con Louman et al., (2001) este nivel de pH permite que en el suelo exista una correcta disponibilidad de los nutrientes para las plantas, lo que repercute en el normal desarrollo de la vegetación tanto herbácea, arbustiva y arbórea. La conductividad eléctrica (75.4 uS/cm) obtenida concuerda con lo reportado Heredia (2016) quien reportó una conductividad de 80.2 uS/cm en un bosque húmedo tropical. Este valor indica que el suelo es no salino por lo que el desarrollo de los distintos tipos de cobertura puede darse con normalidad

Con lo que respecta a la textura y estructura como ya ocurrió con los parámetros antes mencionados la materia orgánica influyó de forma positiva en estos. En el caso de la textura esta fue franco limoso, la mayor presencia de materia orgánica hace que el porcentaje de limo lo sea. Esto le da características de fertilidad natural media-alta, de buena capacidad de retención hídrica y su pH se encuentra dentro del rango de la neutralidad (OAS, 2009). La estructura fue granular ya que está en la mano se disgrega con facilidad. Esta es una característica de los suelos ricos en materia orgánica donde existe una correcta y adecuada movilización del aire y agua (Fundesyam, 2000).

3.2.2.1. Análisis de la infiltración

En la tabla 6-3 se muestra las lecturas registradas en el suelo del bosque sin intervención.

Tabla 6-3. Matriz de registro de lecturas in situ para la evaluación de la infiltración

Tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Enrase (cm)	Infiltración (min/cm)	Infiltración Parcial (min/cm)	Infiltración Acumulada (min/cm)
0	0	46	46			
1	1	44.9		44.90	1.1	
1	2	43.2		21.60	1.7	2.8
1	3	42.4		14.13	0.8	3.6
1	4	41.3		10.33	1.1	4.7
1	5	40.1		8.02	1.2	5.9
5	10	38.2		3.82	1.9	7.8
5	15	36.6		2.44	1.6	9.4
5	20	34.2		1.71	2.4	11.8
10	30	31.1		1.04	3.1	14.9
10	40	28.3		0.71	2.8	17.7
10	50	25.2		0.50	3.1	20.8
10	60	22.3		0.37	2.9	23.7
10	70	19.6		0.28	2.7	26.4
10	80	16.5		0.21	3.1	29.5
30	90	10.2		0.11	6.3	35.8
30	120	5.4		0.05	4.8	40.6
30	150	40.8	46	0.27	5.2	45.8
30	180	35.2		0.20	5.6	51.4
30	210	30.1		0.14	5.1	56.5
30	240	23.6		0.10	6.5	63
30	270	17.2		0.06	6.4	69.4

Elaborado por: Reinoso J (2018)

En la tabla 7-3 se presentan los cálculos logarítmicos realizados con las lecturas obtenidas previo a los cálculos de infiltración.

Tabla 7-3. Cálculos logarítmicos realizados a las lecturas de infiltración

Tiempo (min)	Log (t)	Log (d)	Log (t) * Log (d)	Log (t)^2
2	0.301029996	0.44715803	0.13460798	0.09061906
3	0.477121255	0.5563025	0.26542375	0.22764469
4	0.602059991	0.67209786	0.40464323	0.36247623
5	0.698970004	0.77085201	0.53880243	0.48855907

10	1	0.8920946	0.8920946	1
15	1.176091259	0.97312785	1.14448716	1.38319065
20	1.301029996	1.07188201	1.39455064	1.69267905
30	1.477121255	1.17318627	1.73293837	2.1818872
40	1.602059991	1.24797327	1.99932804	2.56659622
50	1.698970004	1.31806333	2.23935007	2.88649908
60	1.77815125	1.37474835	2.44451049	3.16182187
70	1.84509804	1.42160393	2.62299862	3.40438678
80	1.903089987	1.46982202	2.79720356	3.6217515
90	1.954242509	1.55388303	3.03666427	3.81906379
120	2.079181246	1.60852603	3.34441716	4.32299465
150	2.176091259	1.66086548	3.61419485	4.73537317
180	2.255272505	1.71096312	3.85868808	5.08625407
210	2.322219295	1.75204845	4.06864071	5.39270245
240	2.380211242	1.79934055	4.2828106	5.66540556
270	2.431363764	1.84135947	4.47701469	5.91152975
Sumatoria	31.46	25.32	45.29	58.00

Elaborado por: Reinoso J (2018)

La constante **m** que representa la estabilidad estructural del suelo frente al agua fue de 0.64. Este valor indica que el suelo analizado presenta una estructura estable con relación a la acción del agua. Por su parte la constante **k** que representa la estructura inicial del suelo frente al agua fue de 1.79. Este valor representa suelos francos con presencia de materia orgánica, por lo que la velocidad de infiltración del suelo es normal/moderada.

Estos valores se validaron al ser reemplazados en la ecuación para calcular la infiltración básica la cual es de 16.05 mm/hr según Prosap (2018) este valor corresponde a un suelo franco/franco limoso.

En la tabla 8-3 se muestra la infiltración acumulada y velocidad de infiltración para los tiempos en los que se realizó las lecturas.

Tabla 8-3. Infiltración acumulada y velocidad de infiltración para el suelo no intervenido

Tiempo (min)	Infiltración acumulada (cm)	Velocidad infiltración (cm/min)
2	2.803901656	53.55665655
3	3.634638169	46.28290431
4	4.369401711	41.72944979
5	5.040160689	38.50836271
10	7.854229369	30.00435224
15	10.18127073	25.92933639

20	12.23947465	23.3783285
30	15.86577105	20.20322049
40	19.07313024	18.2155655
50	22.00109938	16.80951
60	24.72409366	15.7416338
70	27.28766191	14.89186056
80	29.72221502	14.19292344
90	32.04931754	13.60369706
120	38.5282761	12.26532349
150	44.44285864	11.31856586
180	49.94338605	10.5995189
210	55.12186823	10.02733003
240	60.0397361	9.556705618
270	64.74055066	9.159954159

Elaborado por: Reinoso J (2018)

3.3. Calidad del suelo

En la tabla 9-3 se muestra la calidad individual de cada uno de los parámetros analizados. Se debe recalcar que el análisis realizado de los parámetros está en función a la calidad ambiental del suelo más no a su calidad agronómica. Por esta razón, parámetros que en el suelo de la plantación son calificados como de calidad baja para la misma resultan ser los adecuados para el normal desarrollo de la palma africana.

En el caso de la materia orgánica esta es calificada como de calidad baja, ya que el manejo propio de la plantación hace que la reposición del material vegetal al suelo se reduzca de manera considerable. Este es uno de los parámetros más importantes para tener en cuenta al momento de realizar el análisis del comportamiento de los otros parámetros. En el caso de la capacidad de intercambio catiónico, pH y estructura, estos parámetros reducen su calidad ya que los niveles que se registran en el suelo están directamente relacionados con el porcentaje de materia orgánica existente.

Por su parte el nitrógeno, fósforo, potasio, conductividad eléctrica y textura se calificaron con una calidad alta. Estos parámetros a nivel del manejo de la plantación se controlan de manera más estricta sobre todo el NPK con la aplicación de fertilizantes. Ya que para un correcto desarrollo de la palma africana el contenido de estos parámetros en el suelo debe ser idóneo. En lo referente a la textura a pesar de tener una calidad alta esta resulta ser solo franca debido a la disminución de la materia orgánica.

Tabla 9-3. Calidad ambiental individual de los parámetros analizados para el suelo intervenido

Indicador	Calidad alta	Calidad media	Calidad baja
Materia orgánica			Muy deficiente
pH			Moderadamente ácido
C.I.C			Bajo
NPK	Alta		
C.E	No salino		
Textura	F		
Estructura		Granular Laminar	

Elaborado por: Reinoso J (2018)

En el caso del suelo no intervenido en la tabla 10-3 se observa una clara diferencia con respecto al suelo de la plantación de palma africana. Todos los parámetros analizados son calificados con una calidad alta. En este caso el parámetro más relevante es la materia orgánica y como ya se mencionó en apartados anteriores su presencia es importante al momento de mantener una correcta calidad ambiental en los suelos.

Dentro de los múltiples procesos que se dan en los bosques se encuentra el de restitución de la materia orgánica. Esta es restituida de manera constante al suelo a través de la hojarasca que se acumula y se va descomponiendo de a poco para reintegrarse. Este proceso en el suelo de una plantación es prácticamente eliminado ya que tanto la vegetación herbácea, arbustiva y arbórea es suprimida a favor del cultivo. Quedando los aportes de materia orgánica al suelo limitada por el manejo que se le dé al cultivo.

El mayor porcentaje de materia orgánica se ve reflejado en parámetros como la textura que es franco limoso o la estructura que es totalmente granular. Por su parte el contenido de NPK es alto a diferencia del suelo de la plantación estos valores se mantienen de forma natural. La alta fertilidad de estos suelos los hace óptimos cuando se trata de plantaciones ya que ese gran colchón de nutrientes ayuda en el desarrollo inicial del cultivo. Además, desde la parte económica es beneficioso para el agricultor ya que la inversión en los primeros estadios de la plantación es baja. Generalmente los procesos de fertilización se inician cuando la planta muestra síntomas de deficiencia, en otras palabras, cuando las reservas del suelo están por agotarse.

Tabla 10-3. Calidad ambiental individual de los parámetros analizados para el suelo no intervenido

Indicador	Calidad alta	Calidad media	Calidad baja
Materia orgánica	Apreciable		
pH	Neutro		
C.I.C	Normal Alto		
NPK	Alta		
C.E	No salino		
Textura	FAI		
Estructura	Granular		

Elaborado por: Reinoso J (2018)

En la tabla 11-3 se compara los valores de infiltración obtenidos para los dos suelos analizados.

Tabla 1-3. Comparación de variables analizadas para la infiltración del suelo

Parámetro	Suelo intervenido	Suelo no intervenido
Velocidad de infiltración	11.82 cm/min	9.15 cm/min
Infiltración acumulada	83.11 cm/min	64.74 cm/min
Infiltración básica	19.01 mm/hr	16.05 mm/hr

Elaborado por: Reinoso J (2018)

Finalizados los tiempos establecidos para la evaluación de la infiltración se observa como la velocidad final es mayor para el suelo intervenido, así como la acumulación. Dicha diferencia está directamente relacionada con los porcentajes de materia orgánica registrados. Como lo menciona la Serpol (2012) un porcentaje de materia orgánica adecuado permite mantener la porosidad del suelo, lo que impide que la velocidad de infiltración aumente. Otro de los problemas que pueden influenciar en la infiltración del suelo es la compactación.

En la plantación las labores de manejo hacen que de manera más recurrente el suelo sea pisoteado ya sea por los trabajadores o la maquinaria utilizada lo que ocasiona que se forme una capa impermeable denominada pie de arado (Delgado y Pérez, 2016). Este fenómeno se pudo evidenciar en las primeras lecturas registradas durante la fase experimental donde el suelo no intervenido registra una menor infiltración acumulada. Esto en el bosque no sucede ya que el suelo se mantiene siempre suelto conservando su estructura natural hasta que las actividades antrópicas la alteren.

En lo referente a la infiltración básica al analizar de forma más minuciosa la tabla interpretativa del apartado. Se observa como los valores registrados se enmarcan en el rango para un suelo con textura franca. Pero en el caso del suelo no intervenido este valor esta cercano al rango establecido para suelos franco/limosos lo que concuerda con los parámetros anteriormente analizados.

Con lo que respecta a la respiración inducida por sustrato esta fue mayor en el suelo no intervenido con 3.69 gCO₂, a diferencia de los 2.75 gCO₂ registrados para el suelo intervenido. Esta mayor producción de CO₂ indica que en el ecosistema natural existe una mayor actividad microbiana concordando con lo dicho por Durango et al. (2015). Los autores registraron una menor actividad microbiana en suelos intervenidos con la implementación de pastizales, sistemas agroforestales y cultivos de café al comparar la producción de CO₂ generada por estos sistemas con la de un bosque natural, donde los registros de CO₂ siempre fueron menores

En la tabla 12-3 se muestra los valores normalizados para cada uno de los parámetros analizados en el suelo intervenido – palma africana. El promedio de estos valores es de 0.67 que indica que el suelo tiene una calidad ambiental general de alta.

Tabla 2-3. Parámetros normalizados para la determinación de la calidad general del suelo intervenido

Indicador	C.I.C	C.E	N	P	K	M.O	pH
Unidades	meq/100 gr	ds/cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	-
I max Alto Valor	40	16	40	12	160	10	7
I min Bajo Valor	5	0	19	5	79	0	3.5
Im Parámetro Establecido	8.7	0.01382	300	43.64	588.3	0.53	5.6
Valor normalizado	0.10	0.99	1	1	1	0.053	0.6

Elaborado por: Reinoso J (2018)

En la tabla 13-3 se muestra los valores normalizados para cada uno de los parámetros analizados en el suelo no intervenido – bosque húmedo tropical. El promedio de estos valores es de 0.83 que indica que el suelo tiene una calidad ambiental general de muy alta.

Tabla 11-3. Parámetros normalizados para la determinación de la calidad general del suelo no intervenido

Indicador	C.I.C	C.E	N	P	K	M.O	pH
Unidades	meq/100 gr	ds/cm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	-
I max Alto Valor	40	16	40	12	160	10	7
I min Bajo Valor	5	0	19	5	79	0	3.5
Im Parámetro Establecido	15.48	0.0754	0.35	23.01	497.4	5.2	7.1
Valor normalizado	0.29	0.99	1	1	1	0.52	1

Elaborado por: Reinoso J (2018)

Un primer análisis de los valores obtenidos indicaría que la implementación de la plantación no ha afectado de manera intensiva al suelo ya que la reducción de la calidad ha pasado de muy alta a alta. Por lo que en una primera instancia se podría establecer que el suelo en líneas generales no se ha visto afectado. Esta aseveración no es del todo cierta ya que es necesario tomar en cuenta tres parámetros que en ambas muestras de suelo registraron una calidad alta estos son nitrógeno fósforo y potasio. La principal diferencia entre estos valores radica en que el NPK en el suelo de la plantación es suministrado por los procesos de fertilización que realiza el propietario mientras que en el bosque se dan de manera natural.

Por esta razón se realizó un segundo cálculo de la calidad ambiental general del suelo excluyendo los valores normalizados de los parámetros antes mencionados. En esta segunda iteración se obtuvo para el suelo de la plantación un valor de 0.43 – moderada calidad, mientras que para el suelo del bosque el valor fue de 0.71 – alta calidad. Como era de esperarse al suprimir estos valores el promedio general también lo hizo, pero con cierto matiz. En el caso de la plantación la disminución fue mayor por lo que la diferencia entre las dos calidades es más notoria.

Esto indica que el suelo en el periodo de tiempo que lleva la plantación si ha sufrido un proceso de degradación. Siempre teniendo en cuenta que se está hablando de la calidad ambiental, ya que si se tratase de la calidad agronómica el suelo como tal presenta las condiciones necesarias para el normal desarrollo del cultivo de palma.

3.4. Discusión

Los resultados obtenidos en el presente trabajo investigativo son concluyentes ya que en líneas generales se puede decir que la implementación del cultivo de palma africana afecta con el pasar del tiempo a la calidad del suelo. Pudiéndose considerar esta afectación como un impacto ambiental final del área donde se implementó el cultivo. Ya que en una primera instancia se pierde los bosques tropicales y la biodiversidad que allí habita.

Los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos con otros trabajos investigativos que han analizado la degradación de los suelos por la implementación de monocultivos. Donde los efectos registrados varían en función de los cultivos y del manejo aplicado para cada uno de ellos. Siendo la pérdida de la fertilidad del suelo y su posterior erosión los principales problemas que en todos ellos se presentan con el pasar del tiempo.

En este contexto y refiriéndose en específico al cultivo de palma el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt acotó lo siguiente “Las plantaciones de palma como tales no son bosques. Son formaciones arbóreas uniformes que remplazan a los ecosistemas nativos y a la biodiversidad que allí habita. Esto ocasiona un decrecimiento de la producción hídrica, se cambia la estructura y composición de los suelos, se modifique la abundancia y composición de las especies de flora y fauna y se elimina el sustento alimenticio de las poblaciones nativas” (Biosíntesis, 2010).

Como lo menciona el Instituto Humboldt son varios los recursos afectados por la implementación de un monocultivo de palma. En el caso del suelo esto queda corroborado por los resultados obtenidos en el presente trabajo investigativo donde es la materia orgánica el principal factor que se ve afectado, la cual ve reducida su porcentaje de presencia en el suelo a diferencia de un bosque natural. Esto se debe al manejo propio que recibe una plantación de palma que hace que los suelos tengan una presencia escasa de vegetación herbácea y arbustiva. Debido principalmente al trabajo de desbroce realizado y la sombra que generan las hojas de las palmas lo que disminuye significativamente el desarrollo de la vegetación.

Esta disminución de la materia orgánica además influye directamente en el resto de los parámetros físicos químicos de la muestra de suelo analizada como es el caso de la capacidad de intercambio catiónico, textura, pH, estructura, actividad microbiana e infiltración. Lo antes expuesto concuerda con los datos registrados por González et al. (2011) los cuales indicaron que el monocultivo de palma africana afectaba el suelo ocasionando una disminución del contenido de materia orgánica que a su vez afectó los valores de pH y conductividad eléctrica registrados.

Esta importancia de la materia orgánica también la menciona Potthast, et al. (2010) quienes indican que la pérdida de la materia orgánica influye en el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En el caso de las biológicas esta relación se observó al comparar los datos obtenidos para la respiración inducida por sustrato donde se registró una mayor actividad microbiana en el suelo de bosque natural en el cual se determinó un mayor porcentaje de materia orgánica. Lo antes expuesto también lo menciona Velázquez et al. (2013) quienes indican que la disminución de la materia orgánica influye de manera negativa en la actividad biológica y estructura del suelo.

La pérdida de la calidad de la estructura y la textura del suelo también se vio reflejada en los resultados obtenidos al comparar el suelo no intervenido y el intervenido pasando de granular a granular laminar y de franco limoso a franco respectivamente. Esto ratifica la importancia de la materia orgánica en el suelo y como su disminución está asociada con la pérdida de la calidad del suelo que se registró en el presente trabajo. Además, se debe considerar que la plantación aún es joven y a pesar de esto su presencia de a poco ya está afectando a las características naturales que el suelo debería tener.

Tomando en consideración lo antes mencionado se puede establecer que la interrupción de la dinámica natural de un bosque produce un efecto en cadena que afecta al resto de procesos que se producen en un suelo no intervenido. En este caso el suprimir la reposición natural del material vegetativo en el suelo hace que todo el ciclo del bosque se altere siendo el suelo el principal afectado ya que una vez implementado el monocultivo este va dejando de ser fértil y por ende en un futuro le será imposible ser el sostén para el crecimiento de cualquier tipo de vegetación incluyendo los propios cultivos.

CONCLUSIONES

- La limpieza es la actividad de manejo del cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*) que más daño causa al suelo, ya que para el normal desarrollo de las plántulas de palma se elimina toda la vegetación herbácea, arbustiva y arbórea. Esto ocasiona que la dinámica natural del suelo se vea afectada debido a que el ciclo de los nutrientes y la materia orgánica es interrumpido iniciando un proceso de degradación.
- La calidad ambiental individual de los parámetros fisicoquímicos analizados varió de alta a baja entre el suelo del bosque no intervenido y de la plantación de palma africana. Los parámetros que se vieron más afectados son la materia orgánica de apreciable (5.2%) a muy deficiente (0.53%), el pH de neutro (7.1) a moderadamente ácido (5.6) y la C.I.C de normal alto (15.48) a bajo (8.7). La infiltración básica del suelo intervenido (19.01 mm/hr) y del suelo no intervenido (16.05 mm/hr) correspondieron a las texturas registradas para cada muestra de suelo analizado.
- Los resultados obtenidos en la investigación indican que la calidad eco ambiental del suelo ha disminuido de forma notable pasando de una alta calidad (0.71) a una calidad moderada (0.43) en los doce años que lleva implementada la plantación. Esto refleja la importancia que tiene en el suelo parámetros como la materia orgánica, el pH y la capacidad de intercambio catiónico.

RECOMENDACIONES

- Implementar la metodología aquí expuesta para analizar cómo afecta en el suelo la implementación de otros tipos de monocultivos como el café, caña de azúcar o cacao.
- Evaluar otros parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo con el fin de generar una idea global de como la implementación de los monocultivos afecta a la calidad del suelo.
- Determinar la calidad del suelo de un cultivo de palma con una edad mayor con el fin de determinar hasta qué punto este monocultivo puede afectar al suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACEVEDO, O.** Suelos ácidos. [En línea] (Informe). *XIX Curso Internacional de Edafología*. 2001. [Consulta: 12 de junio de 2018.] Disponible en: http://www.icgc.cat/igcweb/files/igc_lic_llibre17.pdf.
2. **AGUILAR, Daniela.** Palma africana: una amenaza para la Amazonía de Ecuador. [En línea] (Informe). *Mongabay*. 2016. [Consulta: 01 de junio de 2018.] Disponible en: <https://es.mongabay.com/2016/11/bosques-deforestacion-amazonia-palma-ecuador/>.
3. **AGUILÓ, P.** *Guía para el Estudio del medio Físico. Ministerio del Medio Ambiente.* Madrid: s.n., 2000.
4. **AMAZONIA Forestal.** Influencia de los suelos en los bosques tropicales. [En línea] (Reporte). *Bosque Natural*. 2011. [Consulta: 14 de julio de 2018.] Disponible en: <http://amazoniaforestal.blogspot.com/2011/09/influencia-de-los-suelos-en-los-bosques.html>.
5. **ARIAS, Nolver y MUNÉVAR, Fernando.** *Caracterización de la fertilidad de los suelos de la Zona Central palmera de Colombia.* 2004, Revista Palmas, págs. 137-145.
6. **ASTIER, Marta, MAASS, Manuel y ETCHEVERS, Jorge.** *Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable.* 2002, Agrociencia, págs. 605-620.
7. **BAUTISTA, A, et al.,** *La calidad del suelo y sus indicadores.* 2004, Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente, págs. 90-97.
8. **BAYÓN, Manuel.** Los monocultivos industriales de palma africana y sus impactos territoriales, sociales y ambientales. [En línea] (Reporte). *Biodiversidad en America Latina y el Caribe*. 2010. [Consulta: 12 de junio de 2018.] Disponible en: <http://cdn.biodiversidadla.org/>.
9. **BEZDICEK, D, PAPENDICK, R y LAL, R.** Introducción: importance of soil quality to health and sustainable land management. [aut. libro] J Doran y A Jones. *Methods for assessing soil quality.* Madison WI : Society of America, 1996, págs. 1-8.

10. **BIOSINTESIS.** Incentivos económicos perversos para la conservación de los cultivos de palma. [En línea] (Reporte). *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt*. 2010. [Consulta: 01 de julio de 2018.] Disponible en: <http://stophuiledepalme.doomby.com/medias/files/instituto-alexander-von-humboldt.pdf>.
11. **BLUM, W.** The future of soil science. [aut. libro] Alfred Hartemink. *The future of soils science*. The Netherlands : International Union of Soil Sciences, 2006, págs. 16-18.
12. **BUDHU, M.** *Soil mechanics and foundations*. Segunda. New Jersey : John Wiley & Sons Inc, 2007.
13. **CASTELLANOS, R.** *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. México D:F : Ed. Intagri, 2000.
14. **CRUZ, Enrique.** Indicadores de calidad ambiental en suelos ácidos. [En línea] (Tesis). (Maestría). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. *Estado de Hidalgo. México*. 2010. [Consulta: 15 de junio de 2018.] Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/1936/AT15043.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
15. **DELGADILLO, Oscar y PÉREZ, Luís.** Medición de la infiltración del agua en el suelo. [En línea] (Investigación). *Centro andino para la gestión y uso de agua*. 2016. [Consulta: 02 de julio de 2018.] Disponible en: http://www.centro-agua.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2017/05/2016_Medicion_infiltracion_doble_anilla.pdf.
16. **DOMÍNGUEZ, Martín.** Evaluación de la calidad de los suelos de ladera de Nandaime, a través de la identificación y uso de indicadores técnicos y locales. [En línea] (Tesis). (Titulación). Universidad Nacional Agraria. *Managua. Nicaragua*. 2005. [Consulta: 09 de junio de 2018.] Disponible en: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp33d671.pdf>
17. **DONOUGH, C.** *Manejo de la nutrición y fertilización de la palma aceitera*. 2008, Informaciones Agronómicas, págs. 1-5.
18. **DORAN, J y PARKIN, T.** Defining and assessing soil quality. [aut. libro] J Doran, y otros. *Defining soil quality for a sustainable enviroment*. Madison, WI : Soil science society of america, 1994, págs. 3-21.

19. **DURANGO, Wuellis, et al.**, *Respiración, biomasa microbiana y actividad fosfatasa del suelo en dos agroecosistemas y un bosque en Turrialba, Costa Rica*. 2015, Agronomía Costarricense, págs. 37-46.
20. **ESWARAN, H, LAL, R y REICH, P.** Land degradation: An overview. [aut. libro] I Hannam y L Oldemann. *Responses to land degradation. Proc. 2nd international conference on land degradati3n and desertificaci3n*. Nueva Delhi : Oxford Press, 2001, págs. 20-35.
21. **FLORES**. Monocultivo. [En línea] (Reporte). 2012. [Consulta: 20 de junio de 2018.] Disponible en: <https://www.flores.ninja/monocultivo/>.
22. **FUNDESYRAM**. Tipos de estructuras del suelo. [En línea] (Informe). *Biblioteca Agroecol3gica*. 2000. [Consulta: 02 de junio de 2018.] Disponible en: <http://www.fundesyam.info/biblioteca.php?id=4695>.
23. **GARCÍA, Y, RAMÍREZ, Wendy y SÁNCHEZ, Saray**. *Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso*. 2012, Pastos y Forrajes, págs. 125-138.
24. **GONZÁLEZ, A, ATENCIO, J y GARCÍA, A.** *Efecto del cultivo de palma aceitera y pastizales sobre algunas propiedades de los suelos*. 2011, Revista de la Facultad de Agronomía, págs. 478-491.
25. **GONZÁLEZ, Juan**. Evaluaci3n de la calidad del suelo en la comuna de Buin mediante análisis de indicadores morfol3gicos y químicos en el marco de la expansi3n urbana de la ciudad compacta de Santiago. [En línea] (Tesis). (Maestría). Universidad de Chile. *Santiago de Chile. Chile*. 2009. [Consulta: 19 de junio de 2018.] Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/aq-gonzalez_ju/pdfAmont/aq-gonzalez_ju.pdf.
26. **GONZÁLEZ, Vanesa**. Metodología, formulaci3n y aplicaci3n de un índice de calidad de suelos con fines agrícolos para Castilla - La Mancha. [En línea] (Tesis). (Maestría). Universidad Autónoma de Madrid. *Madrid. España*. 2006. [Consulta: 15 de junio de 2018.] Disponible en: <https://repositorio.uam.es/handle/10486/1691>.
27. **HARRIS, R y BEZDICEK, D.** Descriptive aspects of soils quality/health. [aut. libro] J Doran, y otros. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Madiso WI : Soil Science, 1994, págs. 23-36.

28. **HENRÍQUEZ, H y CABALCETA, G.** *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola.* San Jose : ACC, 1999.
29. **KARLEN, D, et al.,** *Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation.* 2004, Soil Science Society of America, págs. 4-10.
30. **LAL, R.** *Soil carbon dynamics in cropland and rangeland.* 2002, Environmental Pollution 116, págs. 353-362.
31. **LOGAN, T.** *Soils and environmental quality.* 2000, Handbook Soil Science, págs. 155-169.
32. **LOOR, Roney y ZAMBRANO, Paúl.** El cultivo de plátano (*Mussa balbisiana*) y la calidad ambiental del suelo, caso hacienda San Rafael. [En línea] (Tesis). (Titulación). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. *Manabí. Ecuador.* 2016. [Consulta: 10 de julio de 2018.] Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/282/1/TMA83.pdf>.
33. **LOUMAN, Bastiaan, QUIROS, David y NILSSON, Margarita.** *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central.* Costa Rica : Catie, 2001.
34. **LUTERS, A, et al.,** *Libro de campaña para descripción y muestreo de suelos.* USA : Natural Resources Conservation Service, Departament of Agriculture., 2000.
35. **LUZIO, W y CASANOVA, M.** Avances en el conocimiento de los suelos de Chile. [En línea] (Libro). Universidad de Chile. *Santiago de Chile. Chile.* 2006 [Consulta: 20 de junio de 2018.] Disponible en: <http://www.uchile.cl/publicaciones/59077/avances-en-el-conocimiento-de-los-suelos-de-chile>.
36. **MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE).** *Guía para el muestreo de suelos.* Lima : Mavet Impresiones E.I.R.L, 2014.
37. **MULLER, S y MUÑOZ, L.** *Indicadores para el uso de la tierra: el caso de la cuenca del Río Reventado, Costa Rica.* Costa Rica : Editorial IICA/O/BMZ/GTZ, 1998.
38. **MUNEVAR, Fernando.** *Criterios agroecológicos útiles en la selección de tierras para nuevas siembras de palma de aceite en Colombia.* 2004, Revista Palmas, págs. 149-155.

39. **ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS (OAS). 2009.** Suelos. [En línea] (Informe). 2009. [Consulta: 01 de julio de 2018.] Disponible en: <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea05s/ch09.htm>.
40. **OLLAGNIER, M, et al.,** *Evolution des sols sous palmeraie après défrichement de la forêt.* 1999, Oleagineux, págs. 537-543.
41. **ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN (FAO).** Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. [En línea] (Informe). *Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar.* 2000. [Consulta: 15 de junio de 2018.] Disponible en: <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/329722/>.
42. **OWEN, Eric.** *Fertilización de la palma africana (Elaeis Guineensis Jacq.) en Colombia.* 2000, Palma, págs. 39-42.
43. **OWEN, Eric.** *Estado de las principales características fisicoquímicas de los suelos palmeros de la región de la Orinoquia.* 1995, Revista Palmas, págs. 25-28.
44. **OWEN, Eric y LEON, Pedro.** *Estudio de las principales características fisicoquímicas de los suelos palmeros de la región Valles Interandinos.* 1993, Palmas, págs. 27-29.
45. **PIERZINSKY, G, SIMS, J y VANCE, G.** *Soil and Environmental Quality.* United States : Lewis publishers, 2005.
46. **POTTHAST, K, HAMER, U y MAKESCHIN, F.** *Impact of litter quality on mineralization processes in managed and abandoned pasture soils in Southern Ecuador.* 2010, Soil Biology and Biochemistry , págs. 56-64.
47. **PROGRAMA DE SERVICIOS AGRÍCOLAS PROVINCIALES (PROSAP).** Medición de la infiltración en el suelo mediante infiltrómetro de doble anillo. [En línea] (Informe). 2018. [Consulta: 05 de junio de 2018.] Disponible en: http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R014_%20infiltrometro%20doble%20anillo.pdf.
48. **PULIDO, Manuel.** Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo. [En línea] (Tesis). (Titulación). Universidad de Extremadura. *Mérida. España.* 2014. [Consulta: 09 de julio de 2018.] Disponible en: http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/1621/TDUEX_2014_Pulido_Fernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

49. **RIVADENEIRA, Julio.** Nutrición y fertilización mineral de palma aceitera en la Concordia - Ecuador. [En línea] (Informe). *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. 2014. [Consulta: 01 de julio de 2018.] Disponible en: <http://www.iniap.gob.ec/web/wp-content/uploads/2017/05/10.-EXPOSICION-Y-FERTILIZACION-MINERAL-DE-PALMA-ACEITERA.pdf>.
50. **SANTIBÁÑEZ, F y SANTIBÁÑEZ, P.** Aplicación del modelo presión – estado – impacto al estudio de la degradación de los suelos. *Congreso nacional de la ciencia del suelo, boletín N° 21*. Santiago de Chile: Sociedad chilena de la ciencia del suelo, 2005.
51. **SERPOL.** Infiltración del agua en el suelo. Importancia y métodos para medirla. [En línea] (Informe). *Ciencia y tecnología aplicadas a la agricultura y alimentación*. 2012. [Consulta: 08 de junio de 2018.] Disponible en: http://www.agroalimentando.com/nota.php?id_nota=8185.
52. **SINGER, M y EWING, S.** *Soil Quality. En Handbook of Soil Science*. Boca Ratón : CRC Press, 2000.
53. **SOJKA, R y UPCHURCH, D.** *Reservations Regarding the Soil Quality Concept*. 1999, Soil Science Society of America, págs. 1039-1054.
54. **SOTO, Gabriela.** Calidad de los suelos: una nueva visión del suelo. *Congreso Latinoamericano de Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica*. Managua : s.n., 2006.
55. **SPARLING, G.** Soil Microbial Biomass, Activity and Nutrient Cycling, as Indicators of Soil Health. [aut. libro] C Pankhursts, B Doube y V Gupta. *Biological Indicators of Soil Health*. Oxon, UK : Cab International, 1997, págs. 97-105.
56. **STOCKING, MURNAGHAN y NIAMH.** *Manual para la evaluación de campo de la degradación de la tierra*. Madrid-Barcelona-Ciudad de México : Ediciones Mundi, 2003.
57. **TREJO, M, et al.,** Método participativo para identificar y clasificar indicadores locales de suelos al nivel de microcuencia. Guía 1. [En línea] (Informe). *Instrumento para la toma de decisión en el manejo de los recursos naturales*. 1999. [Consulta: 20 de junio de 2018.] Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=QT20010009984>.
58. **VALLEJO, Victoria.** *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles* . 2013, Colombia Forestal, págs. 83-99.

59. **VARALLYAY, G.** Ideas on the future of soil science. [aut. libro] Alfred Hartemink. *The future of soil science*. The Netherlands : Internacional union of soil sciences, 2006, págs. 145-146.
60. **VELÁZQUEZ, Isai, et al.,** *Impacto del cultivo de palma de aceite (Elaeis Guineensis Jacq) sobre las propiedades físicas y químicas del suelo en la localidad de la Alianza, Mapastepec, Chiapas*. 2013, Revista Forestal Baracoa, págs. 85 - 91.
61. **VIDAL, Carmen.** El monocultivo y sus consecuencias. [En línea] (Informe). *Eco climático*. 2008. [Consulta: 05 de julio de 2018.] Disponible en: <http://www.ecoclimatico.com/archives/el-monocultivo-y-sus-consecuencias-822>.

ANEXOS

ANEXO A. Parámetros analizados en el suelo de la plantación de palma y el no intervenido.



FACTURA
001-001-000001489

RUC: 2290324907001
 FECHA Y HORA DE AUTORIZACION: 2018-06-08T17:38:56-05:00
 AMBIENTE: PRODUCCIÓN
 EMISION: EMISIÓN NORMAL
 CLAVE DE ACCESO



0806201801229032490700120010010000014897157354313
 NUMERO DE AUTORIZACION
 0806201801229032490700120010010000014897157354313

AQLAB LABORATORIOS ACOSTA Y COMPAÑIA
 DIRECCION MATRIZ
 EL COCA
 CONTRIBUYENTE ESPECIAL Nro:
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI

Razón Social / Nombres Apellidos: REINOSO MARTINEZ JENNY RUC / CI 0604618553
 Fecha Emisión: 08/06/2018

COD PRINCIPAL	COD AUXILIAR	CANT	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	DESCUENTO	PRECIO TOTAL
666	666	2.00	Suelos - Cat.Int.(Ca, Mg, K, Na)	\$ 50.00	\$ 25.00	\$ 75.00
657	657	2.00	Suelos - CE en suelos	\$ 5.00	\$ 2.50	\$ 7.50
662	662	2.00	Suelos - Materia Orgánica	\$ 5.00	\$ 2.50	\$ 7.50
663	663	2.00	Suelos - Nitrógeno Total	\$ 15.00	\$ 7.50	\$ 22.50
669	669	2.00	Suelos - Fósforo disponible	\$ 10.00	\$ 5.00	\$ 15.00
886	886	2.00	Suelos - Potasio.	\$ 13.00	\$ 6.50	\$ 19.50
656	656	2.00	Suelos - pH en suelos	\$ 6.00	\$ 3.00	\$ 9.00
887	887	2.00	Suelos - Textura.	\$ 10.00	\$ 5.00	\$ 15.00
888	888	2.00	Suelos - Estructura (insitu)	\$ 10.00	\$ 5.00	\$ 15.00
737	737	1.00	Servicio de toma de muestra por día por persona.	\$ 50.00	\$ 12.50	\$ 37.50

SUBTOTAL 12%	\$ 223.50
SUBTOTAL 0%	\$ 0.00
SUBTOTAL No objeto de IVA	\$ 0.00
SUBTOTAL Exento de IVA	\$ 0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$ 223.50
TOTAL Descuento	\$ 74.50
ICE	\$ 0.00
IVA 12%	\$ 26.82
IRBPNR	\$ 0.00
PROPINA	\$ 0.00
VALOR TOTAL	\$ 250.32

Información Adicional

Observaciones: OFERTA N° 2018-064 INFORMES 10083 10084

Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo
OTROS CON UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO	\$ 250.32	1	días

VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO	0.00
AHORRO POR SUBSIDIO (Incluye IVA cuando corresponda)	0.00

ANEXO B. Resultados de los análisis fisicoquímicos del suelo de palma africana.



INFORME DE ENSAYO N°: 10084

ESPOCH.

SAS: 18-019

Solicitado por: Srta. Jenny Reinozo.
Dirección: Pre Cooperativa Moran Valverde.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2018/05/11 18:52	Fecha final de Análisis	2018/06/07	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Técnico Laboratorio AqLab ITO-AQLAB-01 SM1060.	Fecha y Hora	2018/05/11 18:00	

Código de Muestra: S 698.

Identificación: Suelo, Área de Cultivo de Palma.

Coordenadas	X 0293284
UTM 18M	Y 9955580

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	S 698	Incertidumbre (K = 2)
Calcio*	ITE-AQLAB-04	SM 3030 B, 3111B	mg/Kg	64,42	~
Magnesio*	ITE-AQLAB-04	SM 3030 B, 3111B	mg/Kg	647,6	~
Potasio*	ITE-AQLAB-04	SM 3030 B, 3111B	mg/Kg	588,3	~
Sodio*	ITE-AQLAB-04	SM 3030 B, 3111B	mg/Kg	347,2	~
Conductividad eléctrica*	ITE-AQLAB-53	EPA 9050A	uS/cm	13,82	~
Fósforo disponible*	ITE-AQLAB-51	Booker Tropical Soil Manual	mg/Kg	43,64	~
Materia Orgánica*	ITE-AQLAB-58	Gravimétrico	%	0,53	~
Nitrógeno Total*	ITE-AQLAB-59	KJELDAHL, EPA 351.2	%	0,03	~
Potencial de hidrógeno*	ITE-AQLAB-52	EPA 9045 D	~	5,60	~
Textura*	ITE-AQLAB-62	Booker Tropical Soil Manual	~	Franco	~
Estructura (in situ)*	ITO-AQLAB-01	Booker Tropical Soil Manual, SM	~	Granular Laminar	~



Francisco de Orellana, 07 de junio de 2018

Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE. El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Aluminia, detrás de Concesionario Mazda. Barrio Con Hogar.
e-mail: laboratorio@aqlabec.com · web: www.aqlabec.com Teléfono.: (593) 6 2881715 Celular: 0991666858

ANEXO C. Resultados de los análisis fisicoquímicos del suelo no intervenido.



INFORME DE ENSAYO N°: 10083

ESPOCH.

SAS: 18-019

Solicitado por: Srta. Jenny Reinozo.
Dirección: Pre Cooperativa Moran Valverde.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2018/05/11 18:52	Fecha final de Análisis	2018/06/07	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Técnico Laboratorio Aqlab ITO-AQLAB-01 SM1060.	Fecha y Hora	2018/05/11	17:30

Código de Muestra: S 697

Identificación: Suelo, Fuera del Área de Cultivo de Palma.

Coordenadas	X 0293256
UTM 18M	Y 9955486

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	S 697	Incertidumbre (K = 2)
Calcio*	ITE-AQLAB-04	SM 3030 B, 3111B	mg/Kg	37,7	~
Magnesio*	ITE-AQLAB-04	SM 3030 B, 3111B	mg/Kg	1442,5	~
Potasio*	ITE-AQLAB-04	SM 3030 B, 3111B	mg/Kg	497,4	~
Sodio*	ITE-AQLAB-04	SM 3030 B, 3111B	mg/Kg	472,9	~
Conductividad eléctrica*	ITE-AQLAB-53	EPA 9050A	uS/cm	75,4	~
Fósforo disponible*	ITE-AQLAB-51	Booker Tropical Soil Manual	mg/Kg	23,01	~
Materia Orgánica*	ITE-AQLAB-58	Gravimétrico	%	5,20	~
Nitrógeno Total*	ITE-AQLAB-59	KJELDAHL, EPA 351.2	%	0,35	~
Potencial de hidrógeno*	ITE-AQLAB-52	EPA 9045 D	~	7,10	~
Textura*	ITE-AQLAB-62	Booker Tropical Soil Manual	~	Franco Limoso	~
Estructura (in situ)*	ITO-AQLAB-01	Booker Tropical Soil Manual, SM	~	Granular	~



Ing. Armando Meléndrez
DIRECTOR TÉCNICO

Francisco de Orellana, 07 de junio de 2018

Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Aluminia, detrás de Concesionario Mazda, Barrio Con Hogar.
e-mail: laboratorio@aqlabec.com · web: www.aqlabec.com Teléfono.: (593) 6 2881715 Celular: 0991666858