



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA**

**INFLUENCIA DE LA DISPONIBILIDAD NUTRICIONAL EN LA RESPUESTA  
FISIOLÓGICA Y METABÓLICA DE LA PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*)  
AFECTADA POR LA PUDRICIÓN DE COGOLLO EN LA PROVINCIA DE  
ESMERALDAS.**

**AUTOR:** Villacrés Mesías, Sebastián Alejandro

**DIRECTORA:** PhD. Mihai, Raluca Alexandra

**SANGOLQUI**

**2018**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “ **Influencia de la disponibilidad nutricional en la respuesta fisiológica y metabólica de la palma africana (*Elaeis guineensis*) afectada por la pudrición de cogollo en la provincia de Esmeraldas.**” fue realizado por el señor **Villacrés Mesías, Sebastián Alejandro** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 de Febrero de 2018

Firma:

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Raluca Mihai".

**PhD, Raluca Alexandra Mihai**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, *Villacrés Mesías, Sebastián Alejandro*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Influencia de la disponibilidad nutricional en la respuesta fisiológica y metabólica de la palma africana (*Elaeis guineensis*) afectada por la pudrición de cogollo en la provincia de Esmeraldas** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Sangolquí, 14 de Febrero de 2018**

Firma

A handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Sebastián Villacrés Mesías', is written over a light blue circular stamp.

**Sebastián Alejandro Villacrés Mesías**

C.C.:1717397499



**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**AUTORIZACIÓN**

*Yo, Villacrés Mesías, Sebastián Alejandro autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Influencia de la disponibilidad nutricional en la respuesta fisiológica y metabólica de la palma africana (*Elaeis guineensis*) afectada por la pudrición de cogollo en la provincia de Esmeraldas en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.***

**Sangolquí, 14 de Febrero de 2018**

Firma

**Sebastián Alejandro Villacrés Mesías**

C.C.:1717397499

## **DEDICATORIA**

Dedico este arduo trabajo, las horas de desvelo, el estrés, y todo lo que he hecho a lo largo de mi vida universitaria a mi familia (Alba, José y Diego), esto es lo que soy y lo que soy es gracias a ustedes mi gran ejemplo mi familia, los amo con todo mi corazón.

**SEBASTIÁN ALEJANDRO VILLACRÉS MESÍAS**

## AGRADECIMIENTO

A mis padres (Alba y José) por ser mi gran apoyo emocional en los momentos más duros que he tenido que vivir a lo largo de mi vida, por haberme visto llorar, caer, equivocarme, necear las cosas y a pesar de todo siempre estar ahí alentándome a seguir y luchar por mis sueños, por mis locuras, por mi vida y por mi pasión.

A mi hermano (Diego) que a pesar de la distancia que nos separa siempre está a mi lado dándome el más grande de los ejemplos, que uno puede llegar a ser grande si se lo propone, el cielo no es el límite ni siquiera las estrellas lo son, gracias ñaño siempre has sido mi modelo a seguir y aunque muchas veces no llegue a lograr lo que tú has hecho, quiero que sepas que siempre doy lo mejor de mi pensando en ti.

A mi directora y profesora PhD. Raluca Mihai que no ha sido solo profesora ni solo mi directora de este proyecto de tesis, ha sido mi amiga, mi guía y un gran ejemplo, que a pesar de las adversidades y la gente envidiosa sigue adelante demostrando lo que es capaz de lograr.

Al Ingeniero Pablo Landazuri por guiarme en este trabajo con su experiencia, su conocimiento, brindarme muchas veces su tiempo y apoyo incondicional sin haberme conocido como estudiante, necesitamos más profesores como usted.

Al PhD. Luis Trujillo por haberme abierto una puerta cuando muchos me la cerraron y ayudarme con el tema de Tesis.

A los ingenieros de AGROTECHSA quienes me brindaron el apoyo logístico y profesional durante el muestreo en las diferentes fincas.

Al laboratorio de Aguas y Suelos de Agrocalidad por haberme colaborado en los diferentes análisis realizados en mi tesis.

Al Ingeniero Marco Taco por haberme abierto las puertas del laboratorio de bromatología del IASA, haciéndome sentir como en casa, brindándome su apoyo y tiempo.

Al SENCYNAT en especial a la Ing. Carina Stael, Tesistas Ambar Oñate y Geovana Arroyo, quienes me ayudaron con muchos de los reactivos, equipos y laboratorios para realizar algunas pruebas de mi tesis.

A mis grandes amigos que han estado en todo momento: Yas, Majo y Karo desde el colegio y aquellos que conocí a lo largo de mi etapa universitaria: Juanito, Santy, Michu, Mate, Javi, Sofi, Ale, Marco y mi querido Consejo Jedi (Vaquita, Carly, Chiqui, Joss, Ely, Mario).

**SEBASTIÁN ALEJANDRO VILLACRÉS MESÍAS**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICADO DEL DIRECTOR</b> .....	i
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	ii
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	vii
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	xii
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>INDICE DE ABREVIATURAS</b> .....	xvii
<b>ABSTRACT</b> .....	xix
<b>RESUMEN</b> .....	xx
<b>CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	1
<b>1.2 Justificación</b> .....	2
<b>1.3 Objetivos</b> .....	3
<b>1.3.1 Objetivo General</b> .....	3
<b>1.3.2 Objetivos Específicos</b> .....	3



<b>1.5</b>	<b>Marco Teórico</b> .....	4
1.5.1	Palma Africana ( <i>Elaeis Guineensis</i> ) .....	4
1.5.2	Pudrición del Cogollo.....	7
1.5.3	Nutrición .....	8
1.5.4	Metabolitos Secundarios.....	14
<b>CAPÍTULO 2: MATERIALES Y METODOS</b> .....		15
2.1	Participantes.....	15
2.2	Zona de estudio .....	15
2.2.1	Fase de Campo .....	15
2.2.2	Fase de laboratorio .....	15
2.3	Periodo de investigación.....	16
2.4	Diseño experimental .....	16
2.5	Procedimiento .....	17
2.5.1	Análisis del suelo.....	17
2.5.1.2.2	Materia orgánica.....	19
2.5.1.2.3	Análisis de nutrientes .....	19
2.5.1.2.3.1	Nitrógeno .....	19
2.5.1.2.3.2	Fosforo .....	20
2.5.1.2.3.3	Potasio, Calcio, Magnesio.....	21

<b>2.5.1.2.3.4</b>	<b>Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc</b> .....	22
<b>2.5.1.2.3.5</b>	<b>Boro</b> .....	23
<b>2.5.1.2.3.6</b>	<b>Azufre</b> .....	24
<b>2.5.2</b>	<b>Análisis foliar</b> .....	25
<b>2.5.2.1</b>	<b>Pretratamiento</b> .....	25
<b>2.5.2.2</b>	<b>Cenizas y Materia orgánica</b> .....	25
<b>2.5.2.3</b>	<b>Análisis de nutrientes</b> .....	26
<b>2.5.2.3.1</b>	<b>Nitrógeno</b> .....	26
<b>2.5.2.3.2</b>	<b>Calcinación y digestión con ácido clorhídrico</b> .....	26
<b>2.5.2.3.3</b>	<b>Fósforo</b> .....	27
<b>2.5.2.3.4</b>	<b>Potasio</b> .....	28
<b>2.5.2.3.5</b>	<b>Calcio</b> .....	28
<b>2.5.2.3.6</b>	<b>Magnesio</b> .....	29
<b>2.5.2.3.7</b>	<b>Hierro</b> .....	29
<b>2.5.2.3.8</b>	<b>Cobre</b> .....	30
<b>2.5.2.3.9</b>	<b>Manganeso</b> .....	30
<b>2.5.2.3.10</b>	<b>Zinc</b> .....	31
<b>2.5.2.3.11</b>	<b>Boro</b> .....	31
<b>2.5.2.3.12</b>	<b>Azufre</b> .....	32

2.5.3	Caracterización de metabolitos secundarios.....	32
2.5.3.1	Pretratamiento de las muestras .....	32
2.5.3.2	Extracción en solvente .....	32
2.5.3.3	Carácter antioxidante mediante DPPH.....	33
2.5.3.4	Azúcares reductores .....	33
2.5.3.5	Terpenos.....	33
2.5.3.6	Flavonoides .....	33
2.5.3.7	Saponinas .....	33
2.5.3.8	Taninos .....	34
2.5.3.9	Alcaloides .....	34
<b>CAPITULO 3: RESULTADOS .....</b>		<b>35</b>
3.1.	Características físicas suelo .....	35
3.1.1.	Textura.....	35
3.1.2.	Conductividad eléctrica.....	35
3.2.	Características químicas del suelo .....	37
3.2.1.	pH.....	37
3.2.2.	Porcentaje de materia orgánica.....	39
3.2.3.	Macronutrientes .....	41
3.2.4.	Micronutrientes.....	47

<b>3.3. Análisis del área foliar.....</b>	<b>51</b>
<b>3.3.1. Porcentaje de cenizas.....</b>	<b>51</b>
<b>3.3.2. Porcentaje de materia orgánica.....</b>	<b>52</b>
<b>3.3.3. Macronutrientes.....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.4. Micronutrientes.....</b>	<b>59</b>
<b>3.4. Caracterización de metabolitos secundarios.....</b>	<b>64</b>
<b>3.4.1.1. Actividad antioxidante.....</b>	<b>64</b>
<b>3.4.2. Screening fitoquímico.....</b>	<b>65</b>
<b>CAPITULO 4: DISCUSIÓN.....</b>	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>84</b>

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Condiciones de cultivo de Palma Africana</i> .....	5
<b>Tabla 2</b> <i>Clase textural de las muestras de suelo</i> .....	35
<b>Tabla 3</b> <i>Resultados conductividad eléctrica del suelo en plantaciones de Palma africana</i> .....	36
<b>Tabla 4</b> <i>Resumen de resultados del pH en suelo en plantación de palma africana</i> .....	38
<b>Tabla 5</b> <i>Análisis de materia orgánica en plantación de palma africana</i> .....	40
<b>Tabla 6</b> <i>Diagnostico macronutrientes en suelo</i> .....	42
<b>Tabla 7</b> <i>Diagnostico micronutrientes en suelo</i> .....	48
<b>Tabla 8</b> <i>Diagnostico macronutrientes en muestras foliares</i> .....	54
<b>Tabla 9</b> <i>Diagnostico micronutrientes en muestras foliares</i> .....	60
<b>Tabla 10</b> <i>Capacidad antioxidante del extracto etanolito de palma africana</i> .....	64
<b>Tabla 11</b> <i>Screening fitoquímico del extracto etanólico de hojas de palma africana</i> .....	66

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> ANOVA Conductividad eléctrica en suelo.....	37
<i>Figura 2</i> Test Tukey de conductividad eléctrica por finca.....	37
<i>Figura 3</i> Test Tukey para conductividad eléctrica por estadio de la enfermedad.....	37
<i>Figura 4</i> ANOVA pH en suelo.....	39
<i>Figura 5</i> Test Tukey de pH por finca.....	39
<i>Figura 6</i> Test Tukey de pH por estadio de la enfermedad.....	39
<i>Figura 7</i> ANOVA Materia orgánica en suelo.....	40
<i>Figura 8</i> Test Tukey de materia orgánica por finca.....	41
<i>Figura 9</i> Test Tukey de materia orgánica por estadio de la enfermedad.....	41
<i>Figura 10</i> ANOVA Nitrógeno en suelo.....	43
<i>Figura 11</i> Test de Tukey de Nitrógeno por finca.....	43
<i>Figura 12</i> Test Tukey de Nitrógeno por estadio de la enfermedad.....	43
<i>Figura 13</i> ANOVA Fósforo en suelo.....	43
<i>Figura 14</i> Test Tukey de Fósforo por finca.....	43
<i>Figura 15</i> Test Tukey de Fósforo por estadio de la enfermedad.....	44
<i>Figura 16</i> ANOVA Potasio en suelo.....	44
<i>Figura 17</i> Test Tukey de Potasio por finca.....	44
<i>Figura 18</i> Test Tukey de Potasio por estadio de la enfermedad.....	44
<i>Figura 19</i> ANOVA Calcio en suelo.....	45
<i>Figura 20</i> Test Tukey de Calcio por finca.....	45
<i>Figura 21</i> Test Tukey de Calcio por estadio de la enfermedad.....	45
<i>Figura 22</i> ANOVA Magnesio en suelo.....	45

<b>Figura 23</b> Test Tukey de Magnesio por finca .....	46
<b>Figura 24</b> Test Tukey de Magnesio por estadio de la enfermedad. ....	46
<b>Figura 25</b> ANOVA Azufre en suelo.....	46
<b>Figura 26</b> Test Tukey de Azufre por finca .....	46
<b>Figura 27</b> Teste Tukey de Azufre por estadio de la enfermedad .....	46
<b>Figura 28</b> ANOVA Hierro en suelo .....	48
<b>Figura 29</b> Test Tukey de Hierro por finca.....	49
<b>Figura 30</b> Test Tukey de Hierro por estadio de la enfermedad.....	49
<b>Figura 31</b> ANOVA Manganeseo en suelo .....	49
<b>Figura 32</b> Test Tukey de Manganeseo por finca.....	49
<b>Figura 33</b> Test Tukey de Manganeseo por estadio de la enfermedad.....	50
<b>Figura 34</b> ANOVA Cobre en el suelo .....	50
<b>Figura 35</b> Test Tukey de Cobre por finca .....	50
<b>Figura 36</b> Teste Tukey de cobre por estadio de la enfermedad.....	50
<b>Figura 37</b> ANOVA Zinc en suelo .....	51
<b>Figura 38</b> Test Tukey de Zinc por finca.....	51
<b>Figura 39</b> Test Tukey de Zinc por estadio de la enfermedad.....	51
<b>Figura 40</b> ANOVA MO foliar.....	53
<b>Figura 41</b> Test Tukey de MO por finca.....	53
<b>Figura 42</b> Test Tukey de MO por estadio de la enfermedad.....	53
<b>Figura 43</b> ANOVA Nitrógeno foliar .....	55
<b>Figura 44</b> Test Tukey de Fósforo foliar por finca .....	56
<b>Figura 45</b> Test Tukey de Fósforo foliar por estadio de la enfermedad .....	56

<b>Figura 46</b> ANOVA Potasio foliar .....	56
<b>Figura 47</b> Test Tukey de Potasio foliar por finca.....	56
<b>Figura 48</b> Test Tukey de Potasio foliar por estadio de la enfermedad.....	56
<b>Figura 49</b> ANOVA Calcio foliar.....	57
<b>Figura 50</b> Test Tukey de Calcio foliar por finca .....	57
<b>Figura 51</b> Test Tukey de Calcio foliar por estadio de la enfermedad .....	57
<b>Figura 52</b> ANOVA Magnesio foliar .....	58
<b>Figura 53</b> Test Tukey de Magnesio foliar por finca.....	58
<b>Figura 54</b> Test Tukey de Magnesio foliar por estadio de la enfermedad.....	58
<b>Figura 55</b> ANOVA Azufre foliar .....	58
<b>Figura 56</b> Test Tukey de Azufre foliar por finca .....	58
<b>Figura 57</b> Test Tukey de Azufre foliar por estadio de la enfermedad .....	59
<b>Figura 58</b> ANOVA Hierro foliar.....	61
<b>Figura 59</b> Test Tukey de Hierro foliar por finca .....	61
<b>Figura 60</b> Test Tukey de Hierro foliar por estadio de la enfermedad .....	61
<b>Figura 61</b> ANOVA Manganeseo foliar.....	61
<b>Figura 62</b> Test Tukey de Manganeseo por finca.....	61
<b>Figura 63</b> Test Tukey de Manganeseo por estadio de la enfermedad.....	62
<b>Figura 64</b> ANOVA Cobre foliar .....	62
<b>Figura 65</b> Test Tukey de Cobre por finca .....	62
<b>Figura 66</b> Test Tukey de Cobre por estadio de la enfermedad. ....	62
<b>Figura 67</b> ANOVA Zinc foliar.....	63
<b>Figura 68</b> Test Tukey de Zinc foliar por finca .....	63



<b>Figura 69</b> Test Tukey de Zinc foliar por estadio de la enfermedad .....	63
<b>Figura 70</b> ANOVA Boro foliar .....	63
<b>Figura 71</b> Test Tukey de Boro por finca .....	64
<b>Figura 72</b> Test Tukey de Boro por estadio de la enfermedad .....	64
<b>Figura 73</b> Producción de compuesto con capacidad antioxidante en el desarrollo de la PC .....	65
<b>Figura 74</b> ANOVA Porcentaje de inhibición .....	65
<b>Figura 75</b> Test Tuckey del porcentaje de inhibición de extractos etanólicos .....	65

**INDICE DE ABREVIATURAS**

PC: Pudrición de cogollo

N: Nitrógeno

P: Fósforo

K: Potasio

Mg: Magnesio

Mn: Manganeso

S: Azufre

B: Boro

Zn: Zinc

Fe: Hierro

Ca: Calcio

Cu: Cobre

°C: Grados centígrados

mm<sup>3</sup>/año: Milímetros cúbicos por año

msnm: Metros sobre el nivel del mar

ANOVA: Análisis de varianza

L: Litro

g: Gramo

ml: Mililitro

min: Minutos

pH: Potencial Hidrógeno

MO: Materia Orgánica

nm: Nanómetros

mg/L: Miligramos por litro

M: Molar

DPPH: 1.1-Difenil-2-picril-hidrazilo

## ABSTRACT

The Researches about the African palm bud rot (*Elaeis guineensis*), has initially focused on the search for the causative agent of the disease, currently there has been a turn in researches, trying to look how an adequate nutritional status of the plant prevents these are susceptible to PC. The importance of this study is the product of the large losses generated by the disease in the palm sector, causing the declaration of emergence of the crop. The objective of this investigation is to verify the relation of the nutritional availability in the physiological and metabolic response of the African palm affected by the PC in the province of Esmeraldas. Performing physical chemical, soil nutritional analysis, measuring the percentage of inhibition by the DPPH technique and characterizing the secondary metabolites present in leaves of healthy and diseased plants in 3 stages, Sampling by from 3 farms located in Quininde, the analysis of each sample were performed in triplicate, by means of statistical tests (ANOVA and Tukey test with  $\alpha = 0.05$  It was found that there are nutritional imbalances in the presence of PC for the nutrients N, K, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn and B, with a reduction for all the nutrients mentioned above except for the K. Sick plants increase their percentage of antioxidant activity that means that it increases the production of phenolic, tannins and flavonoids compounds, responsible for the defense of the plant against PC. It is advisable to carry out tests to identify the specific compounds responsible for the defense of the plant against PC disease.

### Key words

- **OIL PALM**
- **BUD ROT**
- **NUTRIENTS**

## RESUMEN

Las investigaciones sobre la Pudrición de cogollo en palma africana (*Elaeis guineensis*), se han centrado inicialmente en la búsqueda del agente causal de la enfermedad, actualmente se ha dado un giro en las investigaciones, buscando como un adecuado estado nutricional de la planta evita que estas sean susceptibles a PC. La importancia de este estudio es producto de las grandes pérdidas generadas por la enfermedad en el sector palmicultor, ocasionando la declaratoria de emergencia del cultivo. El objetivo de esta investigación es constatar la relación de la disponibilidad nutricional en la respuesta fisiológica y metabólica de la palma africana afectada por la PC en la provincia de Esmeraldas. Realizando análisis físico químicos, nutricionales de suelo, midiendo el porcentaje de inhibición mediante la técnica de DPPH y caracterizando los metabolitos secundarios presentes en hojas de plantas sanas y enfermas en 3 estadios, tomando muestras de 3 fincas ubicadas en Quininde, los análisis de cada muestra se realizaron por triplicado, mediante pruebas estadísticas (ANOVA y test de Tukey con  $\alpha=0.05$ ). Se encontró que existen desbalances nutricionales en presencia de PC para los nutrientes N, K, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn y B, con una reducción para todos los nutrientes antes mencionados a excepción del K. Las plantas enfermas incrementan su porcentaje de actividad antioxidante esto quiere decir que aumenta la producción de compuestos fenólicos, taninos y flavonoides, encargados de la defensa de la planta frente a PC. Es recomendable realizar pruebas para identificar los compuestos específicos encargados de la defensa de la planta frente a la enfermedad de PC

### Palabras Clave

- **PALMA AFRICANA**
- **PUDRICIÓN DE COGOLLO**

- **NUTRIENTES.**

## **CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

La palma africana es originaria del golfo de guinea en África occidental. Gracias a indicios fósiles y documentos históricos, tales pruebas de su origen son a partir de polen fósil encontrado en el Delta del río Níger, de igual manera los archivos históricos describen la existencia de un árbol productor de nueces pequeñas de color rojo en el siglo 15 (Vallejo, 2012).

En el Ecuador alrededor de los años cincuenta se inició el cultivo de palma, en Santo Domingo, Quinindé con plantas traídas desde Honduras, en 1970 se fundó el gremio ANCUPA, buscando organizarse y promover el cultivo de palma. En el año de 1994 Ecuador realizó su primera exportación de aceite de palma, en la actualidad Ecuador se encuentra dentro de los 10 mayores productores y exportadores de palma a nivel mundial (ANCUPA, 2015).

El aceite de palma es el principal producto de la palma africana, el aceite está constituido por ácidos grasos saturados, mono insaturados y poli insaturados, gran cantidad de antioxidantes como es el betacaroteno, vitamina E. Presenta cualidades nutricionales y benéficas a la salud, convirtiéndose en parte fundamental en la dieta de los ecuatorianos (Rincón, 2009).

La palma de aceite es afectada por diferentes enfermedades dentro de estas se encuentran: pudrición del cogollo, secamiento de las hojas, anillo marrón, marchites sorpresiva, moteado de las hojas jóvenes. Enfermedades producidas por la presencia de hongos, bacterias e insectos, estas afecciones vienen dadas principalmente por tres factores, el patógeno, el susceptible y el medio ambiente (Sánchez, 1990).

El Ecuador se declaró en Emergencia al cultivo de Palma Africana por encontrarse afectado por las enfermedades denominadas: Pudrición del Cogollo (PC), Marchites Sorpresiva, Marchites Letal, Anillo rojo entre otras (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, 2016). Solamente la PC ha afectado en la parroquia de Viche cerca de 8.000 hectáreas representando el 60% de la producción de esa parroquia, generando una reducción en la producción de aceite de palma del 5% de la producción nacional. Este perjuicio afectaría a pequeños y grandes productores requiriendo aproximadamente entre \$ 4.000 y \$ 5.000 dólares por hectárea (El UNIVERSO, 2015).

### **1.2 Justificación**

En el país la industria del aceite de palma está presente con el 14,1 % del PIB agrícola, exportando la cantidad de 260.000 toneladas métricas, que equivalen a 250 millones de dólares (FEDEPAL, 2015). El rendimiento que se tiene en la palma africana es de 12,75 toneladas métricas por hectárea, viéndose este rendimiento afectado por la presencia de la PC (ESPAC, 2014).

A nivel nacional el cultivo de palma aceitera ha sido declarado en emergencia, al estar afectado por diferentes enfermedades, dentro de estas la de mayor importancia es la PC, dentro de la provincia de Esmeraldas, Sucumbíos y Francisco de Orellana por un periodo de 12 meses desde el año 2016 (MAGAP, 2016).

La enfermedad PC ha generado pérdidas económicas fuertes para el sector agroindustrial. En Ecuador los primeros reportes aparecieron en la década de los 70, en la plantación Palmeras de los Andes en cultivos de 3-4 años de edad. Para finales de esta década en 1979 esta enfermedad aparece, en cultivos de 2 años en el Oriente Ecuatoriano. En los años 90 se encontró que más de 5.000 hectáreas fueron afectadas, generando un 85% en pérdidas. En el año 2015 se cuantificó que



el área afectada por PC en Quinindé es de 15.000 hectáreas con una representación del 5% de la superficie total de los cultivos de palma en el Ecuador (ANCUPA, 2015).

Mediante diversos estudios realizados en el Centro de Investigación de Palma de aceite (Cenipalma) ubicado en Colombia, se ha encontrado que *Phytophthora palmivora* es el causante de la enfermedad de PC produciendo las lesiones iniciales de esta, posteriormente un consorcio de patógenos oportunistas es el encargado del proceso de pudrición, afectando y extendiéndose a tejidos inmaduros (CropLife, 2017).

La gran mayoría de estudios se han centrado en la identificación del patógeno, sin embargo es de vital importancia entender la reacción que presenta la planta frente al ataque, conociendo los compuestos que esta produce. Permitiendo relacionar la presencia de la afección a la falta o exceso de macro y micro elementos en el suelo.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Constatar la relación de la disponibilidad nutricional en la respuesta fisiológica y metabólica de la palma africana afectada por la PC en la provincia de esmeraldas.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar características físico químicas del suelo en plantaciones afectadas por la enfermedad de PC en tres fincas de la provincia de Esmeraldas.
- Comprobar cuantitativa y cualitativamente la asimilación de nutrientes en el área foliar de plantas sanas y enfermas.

- Caracterizar metabolitos secundarios relacionados con la presencia de la enfermedad de PC en palma africana.

## **1.4 Hipótesis**

Existe una relación directa entre la nutrición y la enfermedad de PC.

## **1.5 Marco Teórico**

### **1.5.1 Palma Africana (*Elaeis Guineensis*)**

#### ***1.5.1.1 Generalidades***

La palma africana es originaria del continente Africano, exportado a otros continentes como el americano, asiático. Es un cultivo perenne, pertenece a la familia Palmaceae, en la clasificación del reino vegetal, es una planta monocotiledónea (Corley R, 2009), es un cultivo oleaginoso que presenta la mayor eficiencia en producción de aceite por unidad de superficie en comparación a otros cultivos (Fidel Mingorance, 2004).

Cada planta crece aproximadamente de 25 a 45 cm por año su tronco, inicia su fase productiva a los 3 años de edad, teniendo una duración de hasta 50 años (Fidel Mingorance, 2004), si se cultiva con fines comerciales el promedio de vida útil va a estar entre 24 y 28 años. Durante este periodo la palma puede llegar a producir 4.2 toneladas con un producción por cosecha entre 80 y 230 kilogramos de racimos (Ronquillo M. , 2012). Pudiendo alcanzar una producción por hectárea de racimos con un peso aproximado a 600 toneladas acumuladas, bajo condiciones óptimas del suelo.

### 1.5.1.2 Clasificación taxonómica

Según la lista roja de (IUCN, 2016), la clasificación Botánica de la palma africana es la siguiente:

- **Reino:** Vegetal
- **Phylum:** Tracheophyta
- **Clase:** Liliopsida
- **Orden:** Arecales
- **Familia:** Palmae
- **Género:** *Ealeis*
- **Especie:** *guineensis*

### 1.5.1.3 Condiciones climáticas

Las condiciones adecuadas para el cultivo de palma africana de acuerdo con (Chávez & Rivadeneira, 2003):

**Tabla 1**

*Condiciones de cultivo de Palma Africana*

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>Precipitación</b>	De 1.500 a 1.800 mm <sup>3</sup> año entre 120 a 150 mm/mes
<b>Luz solar</b>	1.400 horas/año, 115 horas/mes
<b>Temperatura</b>	Diaria anual entre 24 a 26 °C
<b>Humedad ambiental</b>	Promedio diario mensual 75-80%
<b>Altitud</b>	Por debajo de 500 msnm
<b>Evaporación</b>	1.100 mm <sup>3</sup> /año

#### ***1.5.1.4 Condiciones de suelo***

La planta de palma africana a pesar de ser capaz de crecer en una diversa variedad de suelos, los más óptimos para su crecimiento, desarrollo y alto rendimiento son aquellos con textura franco/limosa, franco/arcilloso, con pH neutro ligeramente ácido con un valor mínimo de 6 (Chávez & Rivadeneira, 2003). Adecuados niveles de aireación y nutrición están relacionados de forma directa con el desarrollo de un sistema radical vigoroso, estratos gruesos afectan el desarrollo radical por su baja capacidad de retención de humedad (Duran, Salas, Chichilla, & Peralta, 1999). En las etapas iniciales de desarrollo de la planta al presentar raíces sensibles a suelos compactados y de gran dureza, es preferible que este tenga un elevado porcentaje de porosidad (Chávez & Rivadeneira, 2003).

#### ***1.5.1.5 Principales Enfermedades***

En un principio no se conocían reportes de enfermedades que afecten a la palma, conforme se incrementó el cultivo se hizo extensivo alrededor de todo el mundo, se ha dado la aparición de enfermedades muy severas y devastadoras (Ronquillo M. , 2012). En los diferentes continentes han existido enfermedades que han prevalecido como la marchitez causada por *Fusarium* al igual que la pudrición seca basal también conocida como *Ceratocystis* en África, en Asia el mayor problema es la infección por el patógeno *Ganoderma* (Tan, Yeoh, Wong, & Ho, 2013).

Las principales enfermedades en las plantaciones de palma en Centro y Sur América son la Pudrición del Cogollo, la marchitez letal y el anillo rojo, estas enfermedades generan una gran pérdida en el sector palmicultor, limitando la producción y desarrollo del mismo. (Sánchez, 1990)

## 1.5.2 Pudrición del Cogollo

### 1.5.2.1 Generalidades

La Pudrición del cogollo es una enfermedad de la palma aceitera que apareció en el año 1960 en Uraba cerca de Panamá, en 1976 se reportaron los primeros casos en el Ecuador (Martinez G. , et al., 2013), es una enfermedad letal que afecta directamente al cogollo y a las flechas jóvenes de la planta, generando la pudrición de estos tejidos, hasta llegar al meristemo. (ANCUPA, 2015).

El agente causante de la enfermedad de PC ha sido identificado mediante el aislamiento por la técnica de trapeo descrita por Drenth y Sendall, este patógeno es *P. palmivora*, esto lo confirma (CropLife, 2017), siendo este patógeno clasificado como uno de los más destructivos (Martinez G. , et al., 2013) esto es corroborado en la investigación realizada por CENIPALMA (CENIPALMA, 2009). Mientras tanto en un estudio realizado por la Universidad de Puerto Rico en conjunto con ANCUPA han definido que el patógeno causante de la PC son los hongos *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* (Ronquillo M. , 2012).

La enfermedad de PC en algunos estudios ha sido catalogada como un complejo, ya que el factor que inicia el complejo es el patógeno *P. palmivora*, esto gracias a las pruebas de inoculación que se realizaron, ya que solamente este patógeno fue capaz de recrear los síntomas de la PC en palmas de aceite sanas (De Franqueville, 2003). Posterior al ataque realizado por *P. palmivora* actúan patógenos oportunistas como hongos representados por *Fusarium spp.*, *Colletotrichum sp.*, *Thielaviopsis sp.*, y *Rhizoctonia sp* bacterias como *Pseudomonas sp.* *Erwinia sp.* E insectos que actúan como vectores y promueven el proceso de pudrición de los tejidos inmaduros (CropLife, 2017), existen factores que tiene relación con la presencia de la enfermedad como son: palmas

susceptibles, presencia de patógeno virulento, presencia de diseminadores, condiciones ambientales favorables y sinergias del proceso de desarrollo de la enfermedad (CENIPALMA, 2009).

### ***1.5.2.2 Síntomas***

El inicio de la afección por PC está dado por la infección en la base de tejidos inmaduros, ocasionando lesiones, pudiendo ser visibles como pequeñas lesiones necróticas húmedas, las mismas que van a ir incrementando hasta terminar con la destrucción de la flecha emergente (Martinez G. , et al., 2013). En estados avanzados de la enfermedad se puede observar clorosis en las hojas jóvenes, esto debido al daño que sufrió el peciolo, el cual ocasionara una caída de las hojas jóvenes y así se da inicio a la colonización por los patógenos oportunistas (ANCUPA, 2015). Esto es posible cuando las condiciones son favorables y se permite que continúe la enfermedad terminando en el proceso de pudrición, destruyendo todos los nuevos tejidos que se estén formando y por ultimo afecta la zona meristemática la cual presenta una licuefacción de este tejido junto a un olor fétido (Martinez G. , et al., 2010)

### **1.5.3 Nutrición**

Es el proceso más importante mediante el cual las plantas absorben y adquieren los elementos indispensables transformándolos en energía necesaria para la formación de tejidos y cumplir con las funciones vitales (Margulis & Dorion, 2015). De la totalidad de elementos químicos existentes solo 16 elementos son considerados necesarios para el desarrollo de las plantas, mismo que en su mayoría provienen del suelo (Duran, Salas, Chichilla, & Peralta, 1999).

Del 90-95% del peso seco de los tejidos se encuentra conformado por materia orgánica, como principales elementos el carbono, oxígeno e hidrogeno, la diferencia del porcentaje está constituida por los elementos restantes conocidos también como nutrientes minerales (Muñoz, 2016). Presentes en los diferentes tejidos de las plantas producto del proceso de absorción, siendo considerados macronutrientes (nitrógeno, fosforo, potasio, magnesio, calcio y azufre), micronutrientes (hierro, cobre, zinc, molibdeno, manganeso, boro y cloro), los primeros son aquellos que se requieren en cantidades cercanas al 0.05% del peso seco, mientras que los segundos son requeridos en muy bajas cantidades (Margulis & Dorion, 2015).

Los requisitos nutricionales en el cultivo de palma aceitera se basan fundamentalmente en el tipo de suelo, el clima, el manejo del cultivo, etc. De forma general en un cultivo de 1 hectárea conformada por 143 plantas son absorbidos entre 300 a 600 kg de nutrientes, pudiendo ser restituidos en una parte mediante hojas viejas, inflorescencias, renovación del sistema radical, racimos vacíos y desechos orgánicos producto de la extracción del aceite de palma, otra parte se puede restituir mediante la aplicación de fertilizantes que enriquezcan el suelo con los elementos que se han perdido (Duran, Salas, Chichilla, & Peralta, 1999).

### ***1.5.3.1 Macronutrientes***

#### **1.5.3.1.1 Nitrógeno**

Elemento absorbido desde el suelo por medio de la raíz en forma de nitrato o amonio. La absorción de este nutriente va a depender de la especie, tipo de planta, intensidad de luz, disponibilidad de nitrógeno en el suelo y la cantidad de nitrógeno que se encuentre almacenado en las vacuolas. Estudios han encontrado que altas concentraciones de amonio absorbido desfavorece la absorción de calcio (Muñoz, 2016).

La función principal es el incremento de la masa seca, favoreciendo así el desarrollo del tallo, mayor follaje y producción de frutos. La deficiencia de este desencadena en clorosis de las hojas inferiores e inclusive la caída de estas (Duran, Salas, Chichilla, & Peralta, 1999).

#### **1.5.3.1.2 Fosforo**

Elemento absorbido del suelo por medio de la raíz en forma de anión monovalente fosfato presente en suelos con pH 4.5-7 y anión divalente fosfato presente en suelo con pH básico, la prevalencia de una u otra forma en el suelo va a depender del pH (Muñoz, 2016).

El fosforo desempeña un rol importante en el metabolismo energético ya que es componente de los ácidos nucleicos presente en el ADN y ARN, en moléculas energéticas como el ATP, ADP y AMP. Actuando en el proceso de respiración, fotosíntesis, etc. La deficiencia de este elemento afecta directamente en el crecimiento de la planta (hojas, tallo), problemas en la síntesis de proteínas (Duran, Salas, Chichilla, & Peralta, 1999).

#### **1.5.3.1.3 Potasio**

Este elemento es absorbido en grandes cantidades, su absorción va a estar en función de las difusión de este elemento y de forma antagónica va a depender de las concentraciones de calcio y magnesio en la planta, juega un papel importante en el metabolismo de proteínas y carbohidratos (Muñoz, 2016).

La función que está relacionada con los niveles de potasio es la apertura y cierre de estomas, afectando así el control del agua presente en los tejidos, absorción de dióxido de carbono y la transpiración. El déficit de este elemento está asociado con el moteado confluyente anaranjado, que se caracteriza por la aparición de manchas traslucidas que cambian a una coloración naranja



en hojas viejas, el otro indicio presenta un amarillamiento de la corona el mismo que inicia en el ápice de las hojas, secándose prematuramente las hojas, mientras que las jóvenes no presentan mayor crecimiento (Duran, Salas, Chichilla, & Peralta, 1999).

#### **1.5.3.1.4 Azufre**

La planta absorbe este nutriente en forma de aniones de sulfato, este elemento es componente de proteínas, vitaminas y de enzimas, se encuentra formando sulfolípidos presentes en membrana celular encargados de regular el transporte de iones (Muñoz, 2016).

Déficit de azufre está involucrado en la inhibición de la síntesis de proteínas, en el cultivo de palma no se conoce efectos visibles, afectando solo en estado jóvenes (Duran, Salas, Chichilla, & Peralta, 1999).

#### **1.5.3.1.5 Calcio**

Sustancia absorbida en forma de cation calcio, un factor relevante para la absorción de este tiene que ver con el antagonismo entre el calcio y el magnesio, bajas concentraciones de calcio permiten la absorción de grandes cantidades de magnesio, generando así fitotoxicidad. Está relacionada con estabilidad de membrana plasmática, forma parte de la pared celular, dándole rigidez y regulando el paso de sustancias, es encargado de la protección de los tejidos frente al ataque de hongos (Muñoz, 2016).

#### **1.5.3.1.6 Magnesio**

Elemento absorbido como catión divalente, su absorción está limitada por una alta relación entre el calcio y el magnesio, en este escenario se presenta una deficiencia de magnesio, afectada también con altas concentraciones de potasio. Esta sustancia es constituyente principal de la

molécula de clorofila que está relacionada en la síntesis de proteínas, respiración celular, etc (Muñoz, 2016).

La deficiencia de magnesio produce una clorosis en los folíolos que están expuestos a la luz solar, mientras las que se encuentran cubiertas del sol se las puede ver con mayor o menor verdor, siendo más evidente estos indicadores en las hojas inferiores (Duran, Salas, Chichilla, & Peralta, 1999).

### ***1.5.3.2 Micronutrientes***

#### **1.5.3.2.1 Boro**

Absorbido en forma de anión bórico, el boro es un elemento poco móvil, es transportado por el xilema y su distribución en la planta está relacionada con la transpiración. La baja cantidad de boro está involucrada en deformaciones de hojas jóvenes, folíolos en forma de gancho, pérdida de la lámina foliar etc (Duran, Salas, Chichilla, & Peralta, 1999).

#### **1.5.3.2.2 Cloro**

Elemento absorbido en su forma inorgánica con gran movilidad, involucrado en la fotosíntesis mediante el proceso de fotólisis del agua en el fotosistema II, regula los estomas, involucrado en la osmosis y balance de cargas (Muñoz, 2016).

#### **1.5.3.2.3 Cobre**

Es absorbido como catión divalente en suelos aireados y como ion cuproso en suelos que presentan baja cantidad de oxígeno, es un elemento importante por encontrarse en proteínas y enzimas como plastocianina, citocromo oxidasa y polifenol oxidasas las mismas que están involucradas en diferentes procesos de oxidación/reducción (Azcón Bieto & Talón, 2000)

#### **1.5.3.2.4 Hierro**

Micronutriente requerido en mayor cantidad, es absorbido como ion férrico y con mayor facilidad de absorción el ion ferroso, la solubilidad de este elemento es baja en suelo con pH básicos, se almacena en su mayoría en los cloroplastos, cerca del 80% del hierro total presente en las hojas. Interviene en el proceso de fotosíntesis, reducción del nitrógeno (Azcón Bieto & Talón, 2000).

#### **1.5.3.2.5 Manganeso**

Es absorbido en su forma de catión divalente, es más soluble en suelos con pHs ácidos, viéndose reducida en condiciones básicas y en suelos ácidos que contiene gran cantidad de materia orgánica. Es importante en el proceso de fotólisis del agua y en el proceso de fotofosforilación, está presente en dos enzimas una de ellas es el complejo manganeso-proteína (Azcón Bieto & Talón, 2000).

#### **1.5.3.2.6 Molibdeno**

Está disponible en forma de oxianion molibdato, es el único que aumenta su solubilidad con el pH, es constituyente de sistemas enzimáticos involucrados en la asimilación de nitrato y forma parte de la enzima nitrogenasa, necesaria para la fijación del nitrógeno (Azcón Bieto & Talón, 2000).

#### **1.5.3.2.7 Zinc**

Se encuentra en el suelo y es absorbido como catión divalente, presentando una mayor disponibilidad en suelos con un pH bajo, este elemento presenta una relación con la concentración de auxinas, debido a que se encuentra involucrado en la síntesis de triptófano, el mismo que es el aminoácido precursor de las auxinas (Azcón Bieto & Talón, 2000).

#### **1.5.4 Metabolitos Secundarios**

Las plantas vasculares contienen una enorme variedad de compuestos químicos, distintos de los productos intermedios y del metabolismo primario, que varían según la familia y la especie. La distribución restringida de muchos de estos compuestos permite utilizarlos como marcadores taxonómicos y los denominados metabolitos secundarios contribuyen de manera importante a los olores, sabores y colores específicos de las plantas. Los metabolitos secundarios son componentes claves, activos y potentes en el mecanismo de defensa de las plantas frente a patógenos (Bennett & Wallsgrove, 1994).

## **CAPÍTULO 2: MATERIALES Y METODOS**

### **2.1 Participantes**

Para el desarrollo del presente proyecto se realizó bajo la dirección de la PhD. Raluca Mihai en colaboración del Dr. Luis E. Trujillo PhD.

### **2.2 Zona de estudio**

Los estudios se realizaron en dos fases la primera de campo y la segunda en laboratorio:

#### **2.2.1 Fase de Campo**

La muestra de suelo se recolectó en la Provincia de Esmeraldas en las fincas: Amore y de la Asociación Unión y Progreso, cuyos propietarios son Cabrera Carranza Galo Florencio, Luzuriaga Briones Erquien Leoburdo en la provincia de Esmeraldas.

#### **2.2.2 Fase de laboratorio**

Posteriormente el trabajo de investigación se realizó en Centro de Nanociencia y Nanotecnología (CENCINAT) de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, que se encuentra ubicado en el cantón Rumiñahui: Av. Gral. Rumiñahui s/n y Paseo Escénico Santa Clara.

Laboratorio de Bioquímica y nutrición Vegetal, Hacienda el Prado (IASA I) Selva Alegre, Sangolquí.

Laboratorio de Petroquímica de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” sede Latacunga, ubicado en el cantón Latacunga: General Guillermo Rodríguez Lara, Belisario Quevedo.

### **2.3 Periodo de investigación**

El periodo en el que se realizó la investigación duro cerca de ocho meses a partir del mes de abril del 2017 hasta el mes de noviembre del 2017

### **2.4 Diseño experimental**

Se hizo el análisis de los nutrientes en el suelo como indicador de la relación de estos con la enfermedad de la PC. Para ello se diferenció dos tipos de zonas: los suelos de plantas sanas y los suelos de plantas enfermas en tres fincas la Provincia de Esmeraldas.

Formulación de Hipótesis:

Ho: No es posible que exista relación directa entre la concentración de nutrientes en los suelos y la enfermedad de PC en plantaciones sanas y enfermas.

Ha: Es posible que exista relación directa entre la concentración de nutrientes en los suelos y la enfermedad de PC en plantaciones sanas y enfermas.

#### **Datos:**

- Tamaño de muestra: Tres muestras del suelo y muestras foliares por cada estadio de la enfermedad y tres de suelo y foliares de plantas sanas por cada finca, dando un total de 36 muestras de suelo y 36 foliares.
- Nivel de significación:  $\alpha=0.05$
- Variables:

**Cuantitativa:** Concentración de nutrientes en cada suelo.

**Independiente:** Plantas enfermas/Plantas sanas

## **Análisis de varianza ANOVA**

Este análisis utiliza cocientes de las varianzas buscando demostrar la hipótesis de igualdad de medias. De forma general el ANOVA es aplicado para hacer de lado la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento. Para el diseño completamente al azar (DCA) se separan la variabilidad debido a los tratamientos y debido al error. Cuando los tratamientos predominan sobre el error se tiene de indicio que los tratamientos presentan efectos o que sus medias difieren. En cambio si los tratamientos contribuyen de igual o menor forma que el error, se concluye que las medias son iguales (Gutiérrez & de la Vara, 2012)

### **2.5 Procedimiento**

#### **2.5.1 Análisis del suelo**

##### ***2.5.1.1 Físicos***

###### **2.5.1.1.1 Textura**

Para determinar la textura del suelo se realizó mediante la técnica de Bouyoucos, detallada a continuación:

1. Pesar 50 g suelo seco y transferir la muestra a un Erlenmeyer.
2. Agregar 10 ml de solución dispersante dejando reposar por varios minutos.
3. Agitar por un periodo de 2 horas.
4. Verter la suspensión del suelo en cilindro de 1 L.
5. Agregar agua destilada hasta enrasar a la marca inferior del cilindro.
6. Colocar el hidrómetro y agitar.
7. Sumergir el hidrómetro después de 40 segundos, tomar la lectura y temperatura.

8. Reposar por 2 horas y tomar nuevamente las lecturas.

(Ibáñez, Moreno, & Gisbert, 2015)

#### **2.5.1.1.2 Conductividad Eléctrica**

Para poder medir la conductividad eléctrica del suelo aplicando conductímetro es necesario seguir el siguiente procedimiento:

1. Pesar 100 g de suelo seco en un recipiente.
2. Mezclar el suelo seco con 100 mL de agua y agitar por 10 min.
3. Introducir el electrodo del conductímetro, tomando la lectura de la conductividad.

(García A. , 2016).

#### **2.5.1.2 Químicos**

##### **2.5.1.2.1 pH por electrometría**

Para determinar el pH del suelo se realizó aplicando el método potenciométrico, detallado a continuación:

1. Pesar 50 g de suelo seco en un recipiente.
2. Agregar agua des ionizada en proporción 1:25.
3. Agitar por un tiempo de 10 min.
4. Calibrar el pH-metro con buffer de pH 4.00, 7.00 y 10.00.
5. Introducir el electrodo en la muestra, realizando la lectura.

(CIA/UCR, 2017).



### **2.5.1.2.2 Materia orgánica**

Para poder medir la materia orgánica mediante el método volumétrico se requiere seguir los pasos descritos a continuación:

1. Pesar 0.5 g de suelo seco y tamizado a través de tamiz con diámetro 0,5mm.
2. En un matraz Erlenmeyer de 500 ml agregar el suelo preparado previamente y adicionar 10 ml de dicromato de potasio en concentración 1N.
3. Verter 20 ml ácido sulfúrico concentrado y agitar constantemente durante 1 minuto.
4. Dejar en reposo por media hora.
5. Agregar 200 ml de agua destilada.
6. Colocar 5 ml de ácido fosfórico.
7. Adicionar de 5 a 10 gotas de difenilamina.
8. Titular la preparación usando la disolución de sulfato ferroso 1 M hasta que cambie la coloración a verde claro.

### **2.5.1.2.3 Análisis de nutrientes**

#### **2.5.1.2.3.1 Nitrógeno**

El análisis de nitrógeno se realizó mediante la técnica de digestión de Kjendahl descrita a continuación

1. Pesar 1 g de muestra de suelo seca en los tubos de digestión.
2. Disolver 5g de ácido salicílico en 200 ml de ácido sulfúrico de 96% de pureza.
3. Colocar en los tubos con muestra 4 ml del preparado anterior y agitar vigorosamente.
4. Dejar reposar hasta el siguiente día.
5. A las muestras en reposo agregar 0.5 g de tiosulfato de sodio.

6. Calentar con mucho cuidado hasta lograr que la espuma producida deje de formarse.
7. Mezclar 100 g de sulfato de potasio con 3 g de sulfato de cobre y 3 g de dióxido de titanio.
8. Tomar 1.1 g de la mezcla preparada anteriormente a los tubos de digestión.
9. Hacer hervir hasta que la coloración de la mezcla se aclare, verificar cada 30 minutos el proceso pudiendo demorar un total de 3 horas y dejar enfriar.
10. Verter con mucho cuidado y despacio 20 ml de agua destilada.
11. En un balón de 100 ml añadir 0.02 g de rojo de metilo y 0.1g de verde bromocresol y enrasar con etanol 96%.
12. Preparar solución de indicadora de ácido bórico agregando: 5 g de ácido bórico, 225 ml de agua destilada, 5 ml de solución preparada anteriormente, solución de hidróxido de sodio al 0.1 mol/L hasta que la coloración del preparado tome un color púrpura rojizo y agregar agua hasta enrasar el balón de 250 ml.
13. En un matraz Erlenmeyer agregar 5 ml de solución indicadora.
14. Colocar el matraz bajo el condensador del destilador.
15. A la muestra digerida adicionar 20 ml de solución de hidróxido de sodio 10 mol/L.
16. Conectar el tubo de digestión en el destilador.
17. Iniciar el proceso de destilación por arrastre de vapor.
18. Terminada la destilación, proceder a titular el destilado usando solución de ácido sulfúrico al 0.005 mol/L.

(Sadzawka, et al., 2016)

#### **2.5.1.2.3.2 Fosforo**

1. Pesar 2.5 g de suelo seco de cada muestra, agregar 0.3 g de carbón activado.

2. Adicionar 50 ml de bicarbonato de sodio a una concentración de 0.5 mol/L.
3. Agitar por 30 minutos y posterior a esto filtrar.
4. Preparar la serie de soluciones estándares en las concentraciones de 0.0-0.1-0.2-0.5-1.0-2.5-5.0 mg/L de fosforo.
5. Tomar 5 ml de cada concentración de estándar de fosforo, de los blancos y de los extractos de las muestras a frascos de vidrio.
6. Preparar 1 L de ácido sulfúrico a 2.5 mol/L
7. Disolver 12 g de heptamolibdato de amonio tetra hidratado en 250 ml de agua destilada.
8. Disolver 0.30 g de tartrato de potasio y antimonio hemihidratado en 100 ml de agua destilada.
9. Mezclar en un balón de 2 L de capacidad 1 L de ácido sulfúrico 2.5 mol/L, 250 ml de la solución preparada anteriormente de molibdato de amonio heptahidratado y 100 ml de solución de tartrato de potasio y antimonio, enrasar con agua destilada.
10. Mezclar 250 ml del reactivo preparado en el punto anterior con 1.25 g de ácido ascórbico y agua destilada hasta enrasar a 1 L.
11. A los frascos con muestra, estándares y blanco adicionar lentamente 20 ml del reactivo preparado en el punto 10, agitar con cuidado y dejar reposar por 60 minutos.
12. Leer en el espectrofotómetro frente a agua a 880 nm.

(Sadzawka, et al., 2016)

#### **2.5.1.2.3.3 Potasio, Calcio, Magnesio**

1. Pesar 5 g de suelo seco de cada muestra.
2. Preparar solución de acetato de amonio 1 mol/L a pH 7.

3. Agregar 50 ml de solución de acetato de amonio.
4. Agitar por un periodo de 30 minutos y filtrar.
5. Preparar solución de lantano a una concentración de 10g/L, a partir de disolver 31.2 g de nitrato de lantano hexahidratado en agua destilada y agregando 83 ml de ácido clorhídrico al 37% y enrasando a 1 L.
6. Disminuir la concentración de la solución de lantano preparada anteriormente tomando 110 ml y agregar agua destilada hasta llegar a la línea de aforo de 1 L.
7. Preparar la serie de estándares para potasio, calcio y magnesio en las siguientes concentraciones
  - a. Potasio: 0.0-2-4-6-8-10 mg/L
  - b. Calcio: 0.0-5-10-15-20-25 mg/L
  - c. Magnesio: 0.0-1-2-3-4-5 mg/L
8. Por cada muestra en tubo de ensayo adicionar 9 ml de solución de lantano preparada en el punto 6 junto con 1 ml del filtrado.
9. En el equipo de absorción atómica con llama de aire acetileno y calibrado con los estándares para: potasio a 766.5 nm, calcio a 422.7 nm y magnesio a 285.2 nm.

(Sadzawka, et al., 2016)

#### **2.5.1.2.3.4 Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc**

1. Preparar solución extractora a partir de ácido clorhídrico 1 M y ácido sulfúrico 5M, agregando 50 ml de la solución de ácido clorhídrico, 2.5 ml de solución de ácido sulfúrico y aforar a 1 litro con agua destilada.
2. Pesar 5 g de suelo seco de cada muestra.

3. Agregar 20 ml de la solución extractora y agitar por 15 minutos.
4. Preparar la serie de estándares para hierro, manganeso, cobre y zinc, agregando en las siguientes concentraciones
  - a. Hierro: 0.0-1-2-4-610-20-40 mg/L
  - b. Manganeso: 0.0-1-2-4-610-20-40 mg/L
  - c. Cobre: 0.0-0.5-2-4 mg/L
  - d. Zinc: 0.0-0.5-2-4 mg/L
5. En el equipo de absorción atómica con llama de aire acetileno y calibrado con los estándares para: hierro a 248.3 nm, manganeso a 279.5 nm, cobre a 324.8 nm y zinc a 213.9 nm.

(McKean, 1993)

#### **2.5.1.2.3.5 Boro**

1. Preparar la solución de azometina-H y ácido ascórbico, disolviendo 0.9 g de azometina-H y 2 g de ácido ascórbico en un balón de 100 ml aforando con agua destilada.
2. Preparar solución tampón, disolviendo 250g de acetato de amonio, 15 g de EDTA-disódico, 125 ml de ácido acético glacial 400 ml de agua destilada.
3. Mezclar 100 ml de la solución preparada en el punto 2 con 50 ml de la solución preparada en el punto 1, esta solución será la encargada de desarrollar el color.
4. Preparar solución de cloruro de calcio a 0.1 mol/L.
5. Pesar 20 g de suelo seco, poniendo cada muestra en capsulas de porcelana.
6. Adicionar un volumen total de 40 ml de la solución de cloruro de calcio y pesar.
7. Someter a calentamiento hasta que empiece a e bullir y dejar por 10 minutos más en calentamiento.

8. Dejar enfriar y volver a pesar la diferencia faltante del peso actual se debe reponer adicionando agua.
9. Filtrar las muestras.
10. Preparar la serie de estándares para boro en las siguientes concentraciones: 0.0-0.2-0.4-1-2 mg/l de B.
11. En tubos de plástico adicionar 4 ml de cada muestra y estándar.
12. Agregar 4 ml de la solución preparada en el punto 3 y mezclar.
13. Incubar por 30 minutos y leer la absorbancia a 420 nm.

(Sadzawka, et al., 2016)

#### **2.5.1.2.3.6 Azufre**

1. Preparar solución de dihidrógeno fosfato de calcio a 0.01 mol/L de concentración.
2. Pesar 20 g de suelo seco.
3. Agregar a cada muestra 0.5 g de carbón activado.
4. Adicionar un volumen de 50 ml de la solución preparada en el punto 1 y agitar por 30 minutos.
5. Preparar la serie de estándares para azufre en las siguientes concentraciones: 0.0-1-2-5-10-20 mg/L de azufre.
6. Filtrar el preparado y tomar alícuotas de 10 ml de cada muestra, del blanco y de los estándares y pasar a matraces de 250 ml de volumen.
7. Preparar ácido acético en solución a una concentración de 10 mol/L.
8. Preparar solución de goma arábiga al 5 %, disolviendo 205 g de goma arábiga en agua caliente, filtrar y enfriar en 50 ml.

9. Preparar solución precipitante agregando 75 ml de la solución del punto 7, 25 ml de solución del punto 8 y agregar 20 g de acetato de bario el cual se disolverá calentando la solución y después se procede a filtrar en caliente.
10. En cada matraz adicionar 1 ml de solución precipitante y mezclar vigorosamente.
11. Incubar por 30 minutos.
12. Leer la absorbancia a 440 nm en el espectrofotómetro.

(Sadzawka, et al., 2016)

## **2.5.2 Análisis foliar**

### **2.5.2.1 Pretratamiento**

1. Cortar y obtener la parte media de cada foliolo aproximadamente 20 cm.
2. Lavar las hojas con jabón líquido pH neutro.
3. Envolver las hojas lavadas en papel periódico y secar en la mufla por 3-5 días a temperatura de 40 °C.
4. Extraer las nervaduras de cada foliolo.
5. Moler las hojas en molino eléctrico.

### **2.5.2.2 Cenizas y Materia orgánica**

1. Preparar el material, colocando el crisol limpio y seco en mufla por 60 minutos a una temperatura aproximada de 550 °C.
2. Dejar enfriar en desecador.
3. Pesar el crisol sin muestra y registrar el valor como P1.
4. Pesar 5 g de muestra (hojas secas y molidas), registrar el valor del peso como P2.
5. Colocar el crisol con muestra en la mufla a 550 °C hasta obtener cenizas.

6. Dejar enfriar las cenizas en la mufla apagada.
7. Pesar el crisol con las cenizas y registrar el valor como P3.

#### **Cálculos de % de cenizas**

$$\%cenizas = \frac{P3 - P1}{P2 - P1} * 100$$

#### **Cálculos de % de materia orgánica**

$$\%MO = 100 - \%cenizas$$

(Garcia L. , 2011)

### **2.5.2.3 Análisis de nutrientes**

#### **2.5.2.3.1 Nitrógeno**

1. Pesar 0.5 g de muestra seca dentro de lámina de estaño e insertar en el automuestreador del Dumatherm.
2. Correr el análisis.

(Gerhardt, 2009)

#### **2.5.2.3.2 Calcinación y digestión con ácido clorhídrico**

Este procedimiento es previo a los análisis de determinación de la concentración de fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, cobre, manganeso y zinc.

1. Pesar 3 g de muestra de hojas secas y colocarlas en crisol.
2. Quemar por 30 minutos en placa de calentamiento.
3. Poner en la mufla las muestras y quemar por 4 horas a 500 °C.



4. Agregar 2 ml de agua des ionizada.
5. Agregar 10 ml de ácido clorhídrico 2 mol/L.
6. Calentar las muestras en plancha de calentamiento hasta que empiece a ebulir.
7. Filtrar las muestras y aforar en balones de 50 ml.

(Sadzawka, et al., 2007)

### **2.5.2.3.3 Fósforo**

1. Preparar la serie de estándares a las siguientes concentraciones: 0.0-10-20-50-100 mg/L de fósforo.
2. En tubos de ensayo colocar 1 ml de cada muestra, de blanco y de la serie de estándares.
3. Preparar solución de nitro vanado molibdato compuesta por tres soluciones iniciales las mismas que se van a mezclar en partes iguales:
  - a. Solución de vanadato de amonio: Pesar 0.9 g de vanadato de amonio, disolver en agua des ionizada sometiéndola a calentamiento, adicionar 24 ml de ácido nítrico puro y aforar a 1 L.
  - b. Solución de molibdato: Pesar 19 g de molibdato de amonio, disolver en agua des ionizada sometiéndola a un ligero calentamiento y aforar a 1 L.
  - c. Solución de ácido nítrico: Colocar la cantidad de 105 ml de ácido nítrico en balon de 1 L y aforar con agua des ionizada.
4. Tomar 4 ml de la solución preparada en el punto anterior y agregar ese volumen en cada tubo.
5. Incubar pro un periodo de 60 minutos.
6. Leer en el espectrofotómetro a la absorbancia de 466 nm.

(Sadzawka, et al., 2007)

#### **2.5.2.3.4 Potasio**

1. Preparar la serie de estándares a las siguientes concentraciones: 0.0-20-55-100-200 mg/L de potasio, agregando 3 ml de ácido clorhídrico de concentración 12 mol/L y enrasar a un volumen de 50 ml cada uno de los seriados de estándar.
2. En tubos de ensayo colocar 1 ml de cada uno de la serie de estándares, de las muestras filtradas en el tratamiento de calcinación – digestión y blanco.
3. Preparar solución de lantano a 1.1 g/L a partir de nitrato de lantano hexahidratado.
4. En cada tubo con las muestras y seriados adicionar 9 ml de solución de lantano.
5. Realizar la curva de calibración a partir de los estándares en el equipo y medir la concentración de potasio a 766.5 nm de las muestras.

(Sadzawka, et al., 2007)

#### **2.5.2.3.5 Calcio**

1. Preparar la serie de estándares a las siguientes concentraciones: 0.0-20-50-100 mg/L de calcio, agregando 3 ml de ácido clorhídrico de concentración 12 mol/L y enrasar a un volumen de 50 ml cada uno de los seriados de estándar.
2. En tubos de ensayo colocar 1 ml de cada uno de la serie de estándares, de las muestras filtradas en el tratamiento de calcinación - digestión y del blanco.
3. Preparar solución de lantano a 1 g/L a partir de nitrato de lantano hexahidratado.
4. En cada tubo con las muestras y seriados adicionar 19 ml de solución de lantano.
5. Realizar la curva de calibración a partir de los estándares en el equipo y medir la concentración de calcio a 422.7 nm de las muestras.

(Sadzawka, et al., 2007)

#### **2.5.2.3.6 Magnesio**

1. Preparar la serie de estándares a las siguientes concentraciones: 0.0-5-10-20-50-100 mg/L de magnesio, agregando 3 ml de ácido clorhídrico de concentración 12 mol/L y enrasar a un volumen de 50 ml cada uno de los seriados de estándar.
2. En tubos de ensayo colocar 1 ml de cada uno de la serie de estándares, de las muestras filtradas en el tratamiento de calcinación - digestión y del blanco.
3. Preparar solución de lantano a 1 g/L a partir de nitrato de lantano hexahidratado.
4. En cada tubo con las muestras y seriados adicionar 19 ml de solución de lantano.
5. Realizar la curva de calibración a partir de los estándares en el equipo y medir la concentración de magnesio a 285.2 nm de las muestras.

(Sadzawka, et al., 2007)

#### **2.5.2.3.7 Hierro**

1. Preparar la serie de estándares a las siguientes concentraciones: 0.0-5-1-2-10 mg/L de hierro, agregando 3 ml de ácido clorhídrico de concentración 12 mol/L y enrasar a un volumen de 50 ml cada uno de los seriados de estándar.
2. En tubos de ensayo colocar 10 ml de cada uno de la serie de estándares, de las muestras filtradas en el tratamiento de calcinación - digestión y del blanco.
3. Realizar la curva de calibración a partir de los estándares en el equipo y medir la concentración de hierro a 248.3 nm de las muestras.

#### **2.5.2.3.8 Cobre**

1. Preparar la serie de estándares a las siguientes concentraciones: 0.0-0.1-0.2-0.5-1-2 mg/L de cobre, agregando 3 ml de ácido clorhídrico de concentración 12 mol/L y enrasar a un volumen de 50 ml cada uno de los seriados de estándar.
2. En tubos de ensayo colocar 10 ml de cada uno de la serie de estándares, de las muestras filtradas en el tratamiento de calcinación - digestión y del blanco.
3. Realizar la curva de calibración a partir de los estándares en el equipo y medir la concentración de cobre a 324.8 nm de las muestras.

(Sadzawka, et al., 2007)

#### **2.5.2.3.9 Manganeso**

1. Preparar la serie de estándares a las siguientes concentraciones: 0.0-1-2-3-4-5 mg/L de manganeso, agregando 3 ml de ácido clorhídrico de concentración 12 mol/L y enrasar a un volumen de 50 ml cada uno de los seriados de estándar.
2. En tubos de ensayo colocar 5 ml de cada uno de la serie de estándares, de las muestras filtradas en el tratamiento de calcinación - digestión y del blanco.
3. Preparar solución de lantano a 16.5 g/L a partir de nitrato de lantano hexahidratado.
4. En cada tubo con las muestras y seriados adicionar 0.5 ml de solución de lantano.
5. Realizar la curva de calibración a partir de los estándares en el equipo y medir la concentración de manganeso a 279.5 nm de las muestras.

(Sadzawka, et al., 2007)

#### **2.5.2.3.10 Zinc**

1. Preparar la serie de estándares a las siguientes concentraciones: 0.0-0.1-0.2-0.5-1-2 mg/L de zinc, agregando 3 ml de ácido clorhídrico de concentración 12 mol/L y enrasar a un volumen de 50 ml cada uno de los seriados de estándar.
2. En tubos de ensayo colocar 10 ml de cada uno de la serie de estándares, de las muestras filtradas en el tratamiento de calcinación - digestión y del blanco.
3. Realizar la curva de calibración a partir de los estándares en el equipo y medir la concentración de zinc a 213.9 nm de las muestras.

(Sadzawka, et al., 2007)

#### **2.5.2.3.11 Boro**

1. Preparar la solución de azometina-H y ácido ascórbico, disolviendo 0.9 g de azometina-H y 2 g de ácido ascórbico en un balón de 100 ml aforando con agua destilada.
2. Preparar solución tampón, disolviendo 100g de acetato de amonio, 2.68 g de EDTA-disódico, 50 ml de ácido acético glacial, 2,4 ml de ácido tioglicólico con 160 ml de agua destilada, mezclar y dejar reposar por 24 horas.
3. Preparar la serie de estándares para boro en las siguientes concentraciones: 0.0-0.25-0.5-1-2 mg/l de B.
4. En tubos de plástico adicionar 2 ml de cada filtrado de la muestra, blanco y estándar.
5. Agregar 4 ml de la solución preparada en el punto 2 y mezclar.
6. Agregar 2 ml de la solución preparada en el punto 1 y mezclar.
7. Incubar por 30 minutos y leer la absorbancia a 430 nm.

(Sadzawka, et al., 2007)

### **2.5.2.3.12 Azufre**

1. Pesar 0.5 g de hojas secas y molidas.
2. Transferir a un matraz y agregar 25 ml de agua des ionizada.
3. Poner en agitación por un periodo de 30 minutos.
4. Filtrar la muestra.
5. Preparar solución de cloruro de bario y tween 80, disolviendo 20 g de cloruro de bario en 20 ml de tween 80 y aforar a 100 ml con agua.
6. Preparar la serie de estándares para azufre en las siguientes concentraciones: 0.0-2-4-10-20-40 mg/L de azufre.
7. En tubos de ensayo agregar 10 ml de los filtrados, blancos y de la serie de estándares.
8. Adicionar a los tubos con muestra 1 ml de solución preparada en el punto 5.
9. Incubar por 30 minutos y leer la absorbancia a 440 nm.

(Sadzawka, et al., 2007)

## **2.5.3 Caracterización de metabolitos secundarios**

### **2.5.3.1 Pretratamiento de las muestras**

De las hojas recolectadas y lavadas con jabón pH neutro se procedió a secar en horno a 30°C durante dos semanas, después de lo cual se molió en molino eléctrico, hasta obtener un polvo uniforme (Ayoola, et al., 2008).

### **2.5.3.2 Extracción en solvente**

Se colocó 10 g de material en 100 ml de etanol a temperatura ambiente por un periodo de 48 horas. Los extractos se filtraron a través de papel filtro. (Ayoola, et al., 2008).

### **2.5.3.3 Carácter antioxidante mediante DPPH**

Se preparó la solución de DPPH (1.1-difenil-2-picril-hidrazilo) a concentración de 20 mg/L en metanol, se tomaron alícuotas de 1 ml de cada muestra en análisis por triplicado y se agregó 5 ml de solución de DPPH, agitando vigorosamente y dejando en reposo por 30 minutos en obscuridad. Leer la absorbancia a 517 nm frente a un blanco (Sasidharan, Soundararajan, & Yoga, 2009).

### **2.5.3.4 Azúcares reductores**

Del extracto etanólico se tomó una pequeña alícuota de 1 ml que se la calentó en baño María y se le agregó la solución de Fehling A y B, hasta punto de ebullición, observándose la formación de un precipitado rojo indica la presencia de azúcares reductores (Ayoola, et al., 2008).

### **2.5.3.5 Terpenos**

Se mezclaron 5 ml de los extractos junto a 2 ml de cloroformo y posteriormente se agregó 3 ml de ácido sulfúrico concentrado de manera cuidadosa. Si existe presencia de terpenos se forma en la interface una coloración marrón rojiza (Kumar, Venkateshwar, Samuel, & Rao, 2013)

### **2.5.3.6 Flavonoides**

En otro tubo de ensayo se mezcló 3 ml del filtrado junto con 4 ml de solución al 1 % de hidróxido de potasio, si se forma un color amarillo obscuro indica la presencia de flavonoides (Kumar, Venkateshwar, Samuel, & Rao, 2013).

### **2.5.3.7 Saponinas**

Se añadieron 5 ml de agua destilada a 3 ml del extracto de la planta en un tubo de ensayo y se agitó vigorosamente hasta formar espuma, la formación de espuma es una señal positiva de

saponinas. Una prueba confirmatoria se realizó mediante la mezcla de la espuma junto a 3 gotas de aceite de oliva, se procedió a agitar y si se forma una emulsión se tendrá la confirmación de la presencia de saponinas (Nidal, Hussen, & Al Ali, 2015).

#### **2.5.3.8 Taninos**

En un tubo de ensayo se colocó 5 ml del extracto en 10 ml de agua destilada en calentamiento y se filtró, añadir unas gotas de cloruro férrico al 0.1% al filtrado, si se observa una coloración verde pardusca o una coloración azul negra indica la presencia de taninos en la muestra (Ali, et al., 2017).

#### **2.5.3.9 Alcaloides**

En 5 ml del extracto agregar una o dos gotas del reactivo de Maeyer al costado del tubo. La presencia de un precipitado blanco o cremoso indica que la prueba es positiva (Raaman, 2006).



## CAPITULO 3: RESULTADOS

### 3.1. Características físicas suelo

#### 3.1.1. Textura

En la tabla 2 se puede observar la clase de textura de suelo predominante en cada una de las fincas, para la finca 1 el suelo predominante es un suelo franco limoso, para la finca 2 la clase textural de suelo predominante es arenoso y para la finca 3 predomina en su mayoría la textura franco limosa excepto en el estadio 3, la misma que es del tipo franco arcillosa.

**Tabla 2**

*Clase textural de las muestras de suelo*

FINCA	ESTADIO	CLASE TEXTURAL
<b>F1</b>	S	Franco limoso
	E1	Franco limoso
	E2	Franco limoso
	E3	Franco limoso
<b>F2</b>	S	Franco Arenoso
	E1	Franco Arenoso
	E2	Franco Arenoso
	E3	Franco Arenoso
<b>F3</b>	S	Franco limoso
	E1	Franco limoso
	E2	Franco limoso
	E3	Franco Arcilloso

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.

#### 3.1.2. Conductividad eléctrica

Los resultados del análisis de conductividad eléctrica para las 36 muestras se presentan en el Anexo 1, así como en la Tabla 3 se encuentra un resumen de los mismos en los que se puede observar que en las diferentes fincas en su totalidad sus suelos son no salinos.

**Tabla 3**

*Resultados conductividad eléctrica del suelo en plantaciones de Palma africana*

Finca	Estadio	Conductividad Eléctrica dS/m	Diagnóstico
<b>F1</b>	S	0.084	NS
	E1	0.098	NS
	E2	0.104	NS
	E3	0.09	NS
<b>F2</b>	S	0.13	NS
	E1	0.053	NS
	E2	0.114	NS
	E3	0.111	NS
<b>F3</b>	S	0.112	NS
	E1	0.135	NS
	E2	0.124	NS
	E3	0.132	NS

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3, NS: No salino.

Mediante un análisis de varianza utilizando la prueba de Tukey tanto para encontrar diferencias entre las fincas, descrito en el cuadro 2 y las diferencias entre cada uno de los estadios de la enfermedad y plantas sanas descritas en el cuadro 3. A partir del análisis estadístico del cuadro 2 se puede encontrar que no existen diferencias significativas para las medias, siendo F1 un valor promedio de 0.10 dS/m, F2 0.10 dS/m y 0.13 dS/m para F3. La prueba de Tukey descrita en el cuadro 3 se encontró que no existen diferencias significativas, teniendo un promedio de 0.11 dS/m para S, 0.10 dS/m en E1, 0.11 dS/m en E2 y un valor de 0.11 dS/m para E3.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	5	1.6E-03	1.10	0.3797
FINCA	0.01	2	3.1E-03	2.15	0.1345
ESTADIO	1.8E-03	3	5.9E-04	0.41	0.7493
Error	0.04	30	1.5E-03		
Total	0.05	35			

**Figura 1** ANOVA Conductividad eléctrica en suelo

Error: 0.0015 gl: 30				
FINCA	Medias	n	E.E.	
F1	0.10	12	0.01	A
F2	0.10	12	0.01	A
F3	0.13	12	0.01	A

**Figura 2** Test Tukey de conductividad eléctrica por finca

Error: 0.0015 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E1	0.10	9	0.01	A
S	0.11	9	0.01	A
E3	0.11	9	0.01	A
E2	0.11	9	0.01	A

**Figura 3** Test Tukey para conductividad eléctrica por estadio de la enfermedad

## 3.2. Características químicas del suelo

### 3.2.1. pH

Los resultados obtenidos en el análisis del pH del suelo para las muestras, se pueden observar en el Anexo 2, mientras que en la Tabla 4 podemos encontrar una prevalencia de suelos ligeramente ácidos, cuyo intervalo se encuentra entre los valores 5.6 – 6.5, solamente las muestras de F3 en E1 tiene pH cercano al valor neutro.

**Tabla 4**

*Resumen de resultados del pH en suelo en plantación de palma africana*

Finca	Estadio	pH	Diagnostico
<b>F1</b>	S	6.035	Ligeramente Ácido
	E1	6.085	Ligeramente Ácido
	E2	5.84	Ligeramente Ácido
	E3	5.885	Ligeramente Ácido
<b>F2</b>	S	5.89	Ligeramente Ácido
	E1	5.62	Ligeramente Ácido
	E2	5.905	Ligeramente Ácido
	E3	5.848	Ligeramente Ácido
<b>F3</b>	S	6.49	Ligeramente Ácido
	E1	6.52	Prácticamente Neutro
	E2	5.97	Ligeramente Ácido
	E3	5.81	Ligeramente Ácido

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.

De los datos de pH sometidos a la prueba estadística ANOVA mediante diferencia de medias, se encontró que los valores de las medias del pH no son significativamente diferentes entre cada una de las fincas, obteniéndose pH ácido de 5.96 para F1, 5.82 para F2 y para F3 un valor de 6.20. Las diferencias del valor de pH entre las plantas sanas y cada estadio de la enfermedad no presentan diferencias significativas mediante la prueba de Tukey como se observa en el cuadro 6, con valores de 6.14 para plantas sanas, pH ácido de 6.08 para el estadio 1, 5.91 de pH en las muestras del estadio 2 y 5.85 de pH para el estadio 3 de la enfermedad, notándose una ligera acidificación en función del avance de la enfermedad pero sin encontrarse una diferencia importante.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.40	5	0.28	0.28	0.9231
FINCA	0.89	2	0.45	0.44	0.6500
ESTADIO	0.51	3	0.17	0.17	0.9175
Error	30.57	30	1.02		
Total	31.97	35			

**Figura 4** ANOVA pH en suelo

Error: 1.0189 gl: 30				
FINCA	Medias	n	E.E.	
F2	5.82	12	0.29	A
F1	5.96	12	0.29	A
F3	6.20	12	0.29	A

**Figura 5** Test Tukey de pH por finca

Error: 1.0189 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E3	5.85	9	0.34	A
E2	5.91	9	0.34	A
E1	6.08	9	0.34	A
S	6.14	9	0.34	A

**Figura 6** Test Tukey de pH por estadio de la enfermedad

### 3.2.2. Porcentaje de materia orgánica

Los porcentajes de materia orgánica obtenidos mediante los análisis para las diferentes muestras están presentes en el Anexo 3, en la Tabla 5 podemos observar que los suelos en su mayoría son altos en concentración de materia orgánica al presentar valores superiores al 5%.

**Tabla 5***Análisis de materia orgánica en plantación de palma africana*

Finca	Estadio	Materia Orgánica (%)	Diagnóstico
<b>F1</b>	S	7.095	A
	E1	8.005	A
	E2	6.9	A
	E3	5.735	A
<b>F2</b>	S	10.29	A
	E1	7.67	A
	E2	7.36	A
	E3	4.878	A
<b>F3</b>	S	5.43	A
	E1	4.8	A
	E2	7.82	A
	E3	4.02	A

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3, A: Alto, O: Óptimo.

Mediante la prueba de Tukey para diferencia de medias se encontró con un nivel de significancia del 5 % existe diferencias entre las medias de las fincas como se detalla en el cuadro 8, con valores de 6.94% para F1, 7.55% para F2 y 5.52% para F3. Mientras que, en el cuadro 9 se observa una diferencia significativa entre el estadio 3 con 4.88 % respecto de las plantas sanas con 7.61%, el estadio 1 con 6.83 % y 7.36% para el estadio 2 detallado en el cuadro 10.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	67.34	5	13.47	8.06	0.0001
FINCA	26.06	2	13.03	7.80	0.0019
ESTADIO	41.28	3	13.76	8.24	0.0004
Error	50.11	30	1.67		
Total	117.45	35			

**Figura 7** ANOVA Materia orgánica en suelo

Error: 1.6703 gl: 30				
FINCA	Medias	n	E.E.	
F3	5.52	12	0.37	A
F1	6.94	12	0.37	B
F2	7.55	12	0.37	B

**Figura 8** Test Tukey de materia orgánica por finca

Error: 1.6703 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E3	4.88	9	0.43	A
E1	6.83	9	0.43	B
E2	7.36	9	0.43	B
S	7.61	9	0.43	B

**Figura 9** Test Tukey de materia orgánica por estadio de la enfermedad

### 3.2.3. Macronutrientes

Los resultados obtenidos en los análisis de suelos para determinar las concentraciones de macronutrientes para las 36 muestras tomadas se pueden observar detalladamente en Anexo 4.

De acuerdo a la guía básica para la interpretación de análisis de suelos para cultivo de palma realizados por Munevar (Munévar M & Acosta G, 2002) los valores de nitrógeno en su mayoría en F1, F2 y F3 son altos con la excepción de las muestras de plantas enfermas en estadio 3 con un valor óptimo para este nutriente. En los niveles de P tenemos prevalencia de suelos con bajas concentraciones de P para las tres fincas. Para potasio tenemos en F1 prevalencia de suelos con bajas concentraciones, en F2 los suelos de plantas sanas y enfermas en estadio 3 presentan óptimas concentraciones de K, mientras que en F3 hay en su mayoría suelos con altas concentraciones de K. Para Ca tenemos en F1 suelos en su mayoría con niveles óptimos de Ca, en F2 existen niveles óptimos en plantas sanas y enfermas en estadio 3 mientras que en estadio 1 y 2 los niveles son bajos, en F3 existen concentraciones óptimas en estadio 2 y 3 en los suelos restantes existen concentraciones altas. En los análisis de magnesio encontramos prevalencia en F1, F2 y F3 niveles altos de este nutriente. Por último para azufre en las tres zonas existen concentraciones bajas de azufre en el suelo.

**Tabla 6***Diagnostico macronutrientes en suelo*

Finca	Estadio	Nitrógeno (%)	Diagnostico	Fósforo (mg/kg)	Diagnostico	Potasio (cmol/kg)	Diagnostico	Calcio (cmol/kg)	Diagnostico	Magnesio (cmol/kg)	Diagnostico	Azufre (mg/kg)	Diagnostico
<b>F1</b>	S	0.355	A	6.3	B	0.02	B	6.265	O	0.915	A	2.69	B
	E1	0.4	A	4.1	B	0.045	B	5.86	O	0.615	A	1	B
	E2	0.34	A	5.9	B	0.4	O	3.31	B	0.5	A	1	B
	E3	0.285	A	4.05	B	0.045	B	6.175	O	0.49	A	1	B
<b>F2</b>	S	0.51	A	3.5	B	0.24	O	6.84	O	0.76	A	2.96	B
	E1	0.38	A	3.5	B	0.01	B	0.71	B	0.14	B	1	B
	E2	0.365	A	7.2	B	0.7	A	4.515	B	1.36	A	8.87	B
	E3	0.243	A	5.625	B	0.238	O	7.108	O	0.86	A	2.145	B
<b>F3</b>	S	0.27	A	18.1	O	0.87	A	13.34	A	3.32	A	3.23	B
	E1	0.24	A	14.9	B	0.76	A	10.17	A	2.23	A	1	B
	E2	0.39	A	8.5	B	1	A	5.72	O	2.22	A	16.74	A
	E3	0.2	O	7.2	B	0.43	A	8.04	O	1.23	A	3.29	B

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3, A: Alta concentración, B: Baja concentración, O: Optima concentración.

Los valores para nitrógeno promedio para cada finca son: F1=0.35%, F2=0.35% y F3=0.28%, existiendo diferencias significativas entre F3 y F2 (cuadro 11). Mientras que, del análisis de Tukey para cada estadio de la enfermedad mostrado en el cuadro 12 dice que existe una diferencia significativa entre las plantas sanas con 0.92% de N frente a las plantas en estadio 3 de enfermedad con 0.24% de N, el estadio 1 y estadio 2 son significativamente iguales a las plantas sanas con 0.34% y 0.37% respectivamente.



F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.16	5	0.03	5.38	0.0012
FINCA	0.06	2	0.03	5.15	0.0119
ESTADIO	0.10	3	0.03	5.54	0.0038
Error	0.18	30	0.01		
Total	0.35	35			

**Figura 10** ANOVA Nitrógeno en suelo

Error: 0.0061 gl: 30					
FINCA	Medias	n	E.E.		
F3	0.28	12	0.02	A	
F1	0.35	12	0.02	A	B
F2	0.37	12	0.02		B

**Figura 11** Test de Tukey de Nitrógeno por finca

Error: 0.0061 gl: 30					
ESTADIO	Medias	n	E.E.		
E3	0.24	9	0.03	A	
E1	0.34	9	0.03	A	B
E2	0.37	9	0.03		B
S	0.38	9	0.03		B

**Figura 12** Test Tukey de Nitrógeno por estadio de la enfermedad

Los valores para fósforo promedio de acuerdo a cada una de las fincas como describe el cuadro 14, se observa diferencias significativas entre F3 con F1 y F2, con valores de 12.18 mg/Kg, 5.09 mg/Kg y 4.96 mg/Kg de fosforo respectivamente. Por otro lado el análisis realizado clasificando por etapa de la enfermedad, podemos observar en el cuadro 15 que no existen diferencias significativas entre las medias de S, E1, E2 y E3 con valores de 90.3 mg/Kg, 7.5 mg/Kg, 7.2 mg/Kg y 5.63 mg/Kg respectivamente.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	470.74	5	94.15	7.02	0.0002
FINCA	409.44	2	204.72	15.27	<0.0001
ESTADIO	61.29	3	20.43	1.52	0.2284
Error	402.10	30	13.40		
Total	872.83	35			

**Figura 13** ANOVA Fósforo en suelo

Error: 13.4032 gl: 30					
FINCA	Medias	n	E.E.		
F2	4.96	12	1.06	A	
F1	5.09	12	1.06	A	
F3	12.18	12	1.06		B

**Figura 14** Test Tukey de Fósforo por finca

Error: 13.4032 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E3	5.63	9	1.22	A
E2	7.20	9	1.22	A
E1	7.50	9	1.22	A
S	9.30	9	1.22	A

**Figura 15** Test Tukey de Fósforo por estadio de la enfermedad

Los resultados del análisis de potasio mediante la prueba de Tukey para la diferencia de medias entre las fincas se encuentra descrita en el cuadro 17, encontrándose una diferencia en la concentración de K de F3 con F1 y F2 siendo las medias para F3 de 0.77 cmol/Kg, F1 es 0.13 cmol/Kg y F2 de 0.30cmol/Kg. En el análisis de los estadios de la enfermedad se encontró una diferencia entre el E2 con un valor de 0.7 cmol/Kg con S, E1 y E3 con medias de 0.38 cmol/Kg, 0.24 cmol/Kg y 0.27 cmol/Kg de acuerdo al cuadro 18

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.80	5	0.76	25.21	<0.0001
FINCA	2.60	2	1.30	43.21	<0.0001
ESTADIO	1.19	3	0.40	13.22	<0.0001
Error	0.90	30	0.03		
Total	4.70	35			

**Figura 16** ANOVA Potasio en suelo

Error: 0.0301 gl: 30				
FINCA	Medias	n	E.E.	
F1	0.13	12	0.05	A
F2	0.30	12	0.05	A
F3	0.77	12	0.05	B

**Figura 17** Test Tukey de Potasio por finca

Error: 0.0301 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E3	0.24	9	0.06	A
E1	0.27	9	0.06	A
S	0.38	9	0.06	A
E2	0.70	9	0.06	B

**Figura 18** Test Tukey de Potasio por estadio de la enfermedad

Los resultados para el análisis estadístico del calcio se pueden observar en los cuadros 19-20-21, observándose que en el cuadro 20 existe una diferencia significativa de F3 con F1 y F2 con valores para F3 de 9.32 cmol/Kg, F1 de 5.40 cmol/Kg y F2 de 4.79 cmol/Kg. Mientras tanto en el análisis

por estadio de la enfermedad podemos ver que existen diferencia en las concentraciones de calcio entre los estadios de la enfermedad y las plantas sanas teniendo los siguientes valores 4.52 cmol/Kg para E2, 5.58 cmol/Kg para E1, 7.11 cmol/Kg para E3 y 8.82 cmol/Kg para S.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	239.30	5	47.86	7.84	0.0001
FINCA	144.66	2	72.33	11.85	0.0002
ESTADIO	94.64	3	31.55	5.17	0.0053
Error	183.18	30	6.11		
Total	422.48	35			

**Figura 19** ANOVA Calcio en suelo

Error: 6.1060 gl: 30				
FINCA	Medias	n	E.E.	
F2	4.79	12	0.71	A
F1	5.40	12	0.71	A
F3	9.32	12	0.71	B

**Figura 20** Test Tukey de Calcio por finca

Error: 6.1060 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E2	4.52	9	0.82	A
E1	5.58	9	0.82	A
E3	7.11	9	0.82	A B
S	8.82	9	0.82	B

**Figura 21** Test Tukey de Calcio por estadio de la enfermedad

Los resultados del análisis de magnesio por medio del test de Tukey evaluando la clasificación de las fincas se tiene que existen diferencias entre los valores de las medias de F1 0.63 cmol/Kg, F2 0.78 cmol/Kg con F3 2.25 cmol/Kg. El análisis realizado para la diferencia de medias para cada uno de los estadios de la enfermedad, se encontró que existe diferencia significativa entre S 1.67 cmol/Kg y E3 0.86 cmol/Kg de acuerdo al cuadro 24.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22.81	5	4.56	14.07	<0.0001
FINCA	19.23	2	9.62	29.66	<0.0001
ESTADIO	3.58	3	1.19	3.68	0.0228
Error	9.73	30	0.32		
Total	32.54	35			

**Figura 22** ANOVA Magnesio en suelo

Error: 0.3242 gl: 30				
FINCA	Medias	n	E.E.	
F1	0.63	12	0.16	A
F2	0.78	12	0.16	A
F3	2.25	12	0.16	B

**Figura 23** Test Tukey de Magnesio por finca

Error: 0.3242 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E3	0.86	9	0.19	A
E1	1.00	9	0.19	A B
E2	1.36	9	0.19	A B
S	1.67	9	0.19	B

**Figura 24** Test Tukey de Magnesio por estadio de la enfermedad.

Los resultados para azufre en suelo analizados por finca tenemos: F1=1.42 mg/Kg, F2=3.74 mg/Kg y F3=6.07 mg/Kg encontrándose una diferencia entre F1 y F3. Mientras que en el análisis por estadio de la enfermedad podemos observar que existen diferencias entre las muestras que se encuentran en el estadio 2 con el resto.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	462.11	5	92.42	10.98	<0.0001
FINCA	129.32	2	64.66	7.68	0.0020
ESTADIO	332.79	3	110.93	13.18	<0.0001
Error	252.49	30	8.42		
Total	714.59	35			

**Figura 25** ANOVA Azufre en suelo

Error: 8.4162 gl: 30				
FINCA	Medias	n	E.E.	
F1	1.42	12	0.84	A
F2	3.74	12	0.84	A B
F3	6.07	12	0.84	B

**Figura 26** Test Tukey de Azufre por finca

Error: 8.4162 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E1	1.00	9	0.97	A
E3	2.15	9	0.97	A
S	2.96	9	0.97	A
E2	8.87	9	0.97	B

**Figura 27** Test Tukey de Azufre por estadio de la enfermedad

### 3.2.4. Micronutrientes

Los resultados obtenidos en los análisis de suelos para determinar las concentraciones de micronutrientes, para las 36 muestras se encuentran descritos detalladamente en Anexo 5.

A partir de la guía general para la interpretación del análisis foliar de la palma de aceite adulta realizado por MUNEVAR (Munévar M & Acosta G, 2002), se puede encontrar que en los suelos existe una muy elevada concentración de Fe en todas las fincas. En los análisis de Mn obtenemos valores óptimos en F1 para plantas sanas y enfermas en estadio 2 y 3, para F2 tenemos niveles óptimos para plantas enfermas en estadio 1 y 2, en el resto de muestras se encuentra este elemento en altas concentraciones. Los niveles de Cu en suelo son altas para todas las muestras analizadas.

En los análisis de Zn para F1 hay una se encuentran en niveles óptimos las muestras de plantas enfermas en estadio 1 y 3, las sanas tienen niveles elevados y niveles bajos para las plantas en estadio 2, mientras en F2 las concentraciones altas son para S, E2 y E3, bajos niveles de Zn para la muestra de plantas enfermas en estadio 1, en F3 existe una prevalencia de suelos con concentraciones elevadas. Para B tenemos una prevalencia de suelos con bajas concentraciones del elemento en muestras de plantas enfermas en las diferentes fincas y niveles óptimos para plantas sanas.

**Tabla 7***Diagnostico micronutrientes en suelo*

Finca	Estadio	Hierro (mg/kg)	Diagnostico	Manganeso (mg/kg)	Diagnostico	Cobre (mg/kg)	Diagnostico	Zinc (mg/kg)	Diagnostico	Boro (mg/kg)	Diagnostico
<b>F1</b>	S	243.75	A	9.24	O	6.44	A	2.24	A	<0.5	SD
	E1	261.7	A	11.14	A	6.28	A	1.23	O	<0.5	SD
	E2	219.2	A	7.98	O	5.37	A	0.87	B	<0.5	SD
	E3	251.95	A	8.82	O	6.78	A	1.57	O	<0.5	SD
<b>F2</b>	S	928.1	A	68.13	A	9.96	A	5.91	A	<0.5	SD
	E1	309.8	A	8.56	O	9.7	A	1.69	O	<0.5	SD
	E2	287.3	A	9.145	O	6.3	A	3.885	A	<0.5	SD
	E3	303.575	A	16.415	A	7.255	A	2.29	A	<0.5	SD
<b>F3</b>	S	387.9	A	10.15	A	5.45	A	7.94	A	0.97	A
	E1	345.4	A	10.95	A	6.58	A	8.89	A	<0.5	SD
	E2	355.4	A	10.31	A	7.23	A	6.9	A	<0.5	SD
	E3	355.2	A	24.01	A	7.71	A	3.01	A	<0.5	SD

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3, A: Alta concentración, B: Baja concentración, O: Optima concentración, SD: Sin diagnóstico

Los valores para hierro promedio presente en el suelo para cada finca son: F1=244.15 mg/Kg, F2=457.19 mg/Kg y F3=360.98 mg/Kg existiendo diferencias significativas como se puede observar en el cuadro 29. En el análisis realizado para cada estadio de la enfermedad los valores de hierro corresponden a S=519.92 mg/Kg, E1=305.63 mg/kg, E2=287.3 mg/Kg y E3=303.58mg/Kg existiendo diferencia significativa entre las plantas sanas frente a las enfermas.

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	604907.87	5	120981.57	6.00	0.0006	
FINCA	273175.07	2	136587.54	6.78	0.0037	
ESTADIO	331732.80	3	110577.60	5.49	0.0040	
Error	604745.32	30	20158.18			
Total	1209653.19	35				

**Figura 28** ANOVA Hierro en suelo

Error: 20158.1773 gl: 30				
FINCA	Medias	n	E.E.	
F1	244.15	12	40.99	A
F3	360.98	12	40.99	A B
F2	457.19	12	40.99	B

**Figura 29** Test Tukey de Hierro por finca

Error: 20158.1773 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E2	287.30	9	47.33	A
E3	303.58	9	47.33	A
E1	305.63	9	47.33	A
S	519.92	9	47.33	B

**Figura 30** Test Tukey de Hierro por estadio de la enfermedad

Los valores para manganeso promedio presente en el suelo analizado por cada finca es: F1=9.30 mg/Kg, F2=25.40 mg/Kg y F3=13.86 mg/Kg (cuadro 32), existen diferencias significativas de la concentración de manganeso entre las fincas 1 y la finca 2 como se puede observar en el cuadro 29. Mientras tanto en el cuadro 30 respecto al análisis realizado por estadio de la enfermedad los valores son: S=29.17 mg/Kg, E1=9.99 mg/Kg, E2=9.99mg/Kg y E3=16.42 mg/Kg, observándose que existen diferencias entre las medias de las plantas sanas frente a las enfermas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3962.59	5	792.52	4.14	0.0056
FINCA	1652.89	2	826.44	4.31	0.0226
ESTADIO	2309.71	3	769.90	4.02	0.0162
Error	5747.96	30	191.60		
Total	9710.55	35			

**Figura 31** ANOVA Manganeso en suelo

Error: 191.5986 gl: 30				
FINCA	Medias	n	E.E.	
F1	9.30	12	4.00	A
F3	13.86	12	4.00	A B
F2	25.40	12	4.00	B

**Figura 32** Test Tukey de Manganeso por finca

Error: 191.5986 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E2	9.15	9	4.61	A
E1	9.99	9	4.61	A
E3	16.42	9	4.61	A B
S	29.17	9	4.61	B

**Figura 33** Test Tukey de Manganeso por estadio de la enfermedad

Los resultados para el análisis de cobre promedio en el suelo por cada finca son: F1=6.22 mg/Kg, F2=8.22 mg/Kg y F3=6.75 mg/Kg encontrándose que existen diferencias entre F1 y F3 frente a F2. Para el análisis estadístico de cobre por estadio de la enfermedad los resultados fueron: S=7.28 mg/Kg, E1=7.41 mg/Kg, E2=6.30 mg/Kg y E3=7.26 mg/Kg sin evidenciar diferencia de medias entre las etapas de la enfermedad.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	32.96	5	6.59	3.38	0.0154
FINCA	25.87	2	12.94	6.63	0.0041
ESTADIO	7.09	3	2.36	1.21	0.3224
Error	58.52	30	1.95		
Total	91.48	35			

**Figura 34** ANOVA Cobre en el suelo

Error: 1.9507 gl: 30				
FINCA	Medias	n	E.E.	
F1	6.22	12	0.40	A
F3	6.75	12	0.40	A
F2	8.22	12	0.40	B

**Figura 35** Test Tukey de Cobre por finca

Error: 1.9507 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E2	6.30	9	0.47	A
E3	7.26	9	0.47	A
S	7.28	9	0.47	A
E1	7.41	9	0.47	A

**Figura 36** Test Tukey de cobre por estadio de la enfermedad

Los valores promedio de los análisis de zinc en suelo para cada finca son: F1=1.48 mg/Kg, F2=3.44 mg/Kg y F3=6.69 mg/Kg, existiendo diferencias entre las medias de cada finca. En el análisis por cada estadio de la enfermedad los valores resultantes fueron: S=5.36 mg/Kg, E1=3.94 mg/Kg, E2=3.89 mg/Kg y E3=2.29 mg/Kg, viéndose una reducción de la concentración de zinc en



el suelo en cada etapa de la enfermedad notándose de mejor manera una diferencia entre el estadio 3 y las plantas sanas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	208.54	5	41.71	16.41	<0.0001
FINCA	165.96	2	82.98	32.65	<0.0001
ESTADIO	42.58	3	14.19	5.58	0.0036
Error	76.25	30	2.54		
Total	284.79	35			

**Figura 37** ANOVA Zinc en suelo

Error: 2.5417 gl: 30				
FINCA	Medias	n	E.E.	
F1	1.48	12	0.46	A
F2	3.44	12	0.46	B
F3	6.69	12	0.46	C

**Figura 38** Test Tukey de Zinc por finca

Error: 2.5417 gl: 30				
ESTADIO	Medias	n	E.E.	
E3	2.29	9	0.53	A
E2	3.89	9	0.53	A B
E1	3.94	9	0.53	A B
S	5.36	9	0.53	B

**Figura 39** Test Tukey de Zinc por estadio de la enfermedad

Los resultados para el análisis de boro en suelo para las fincas solo se obtuvieron para las muestras F3 en plantas sanas, mientras que los resultados de las demás muestras dieron valores inferiores a 0,50 y estos se encuentran por debajo del rango de detección del equipo usado en Agrocalidad. Sin poder realizarse un análisis estadístico de este parámetro para las muestras de suelo.

### 3.3. Análisis del área foliar

#### 3.3.1. Porcentaje de cenizas

Los resultados obtenidos en el análisis del porcentaje de cenizas del área foliar de la palma africana se pueden observar en Anexo 6, estos datos se sometieron a un análisis de varianza para medias como se describe en el cuadro 41, encontrándose que no existen diferencia de medias entre

las fincas con valores de medias de F1=8.53%, F2=9.14 y F3=9.75%. En la prueba de Tukey realizada para los estadios de la enfermedad se puede observar la existencia de diferencias de medias entre el E2=7.40% con el E3=10.7% y S=10.45% mientras que no se diferencia de E1=8% (cuadro 42).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	85.30	5	17.06	3.81	0.0087
Finca	9.00	2	4.50	1.00	0.3783
Estadio	76.29	3	25.43	5.67	0.0034
Error	134.47	30	4.48		
Total	219.76	35			

**Cuadro 40** ANOVA Porcentaje cenizas foliar

Error: 4.4822 gl: 30				
Finca	Medias	n	E.E.	
F1	8.53	12	0.61	A
F2	9.14	12	0.61	A
F3	9.75	12	0.61	A

**Cuadro 41** Test Tukey porcentaje cenizas foliar por finca

Error: 4.4822 gl: 30				
Estadio	Medias	n	E.E.	
E2	7.40	9	0.71	A
E1	8.00	9	0.71	A B
S	10.45	9	0.71	B
E3	10.70	9	0.71	B

**Cuadro 42** Test Tukey porcentaje cenizas foliar por estadio de la enfermedad

### 3.3.2. Porcentaje de materia orgánica

Los resultados obtenidos mediante el análisis de la materia orgánica a partir de la hoja 17 de la palma africana, se pueden observar en el Anexo 7, mientras que los análisis estadísticos a partir de estos valores se encuentran en el cuadro 46-47-48. A partir de la prueba de Tukey realizada para cada finca se pudo encontrar que no existen diferencia de medias entre los valores de F1=90.18%, F2=90.83 y F3=91.48% (cuadro 44). De igual manera en las pruebas realizadas para cada uno de los estadios de la enfermedad, se encontró que no hay diferencias significativas en los estadios, siendo estos: S=89.55%, E1=92%, E2=92.45% y E3=89.3 (cuadro 45).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	81.89	5	16.38	0.15	0.9783
Finca	10.14	2	5.07	0.05	0.9545
Estadio	71.75	3	23.92	0.22	0.8818
Error	3262.70	30	108.76		
Total	3344.59	35			

**Figura 40** ANOVA MO foliar

Error: 108.7567 gl: 30				
Finca	Medias	n	E.E.	
F3	90.18	12	3.01	A
F2	90.83	12	3.01	A
F1	91.48	12	3.01	A

**Figura 41** Test Tukey de MO por finca

Error: 108.7567 gl: 30				
Estadio	Medias	n	E.E.	
E3	89.30	9	3.48	A
S	89.55	9	3.48	A
E1	92.00	9	3.48	A
E2	92.45	9	3.48	A

**Figura 42** Test Tukey de MO por estadio de la enfermedad

### 3.3.3. Macronutrientes

Los resultados obtenidos en los análisis foliar para determinar las concentraciones de macronutrientes, se encuentran descritos a detalle en Anexo 8.

En la Tabla 8 podemos observar el diagnóstico de los macronutrientes apoyados en la guía de bolsillo del International Plant Nutrition Institute (IPNI, 1998) y en la guía general para la interpretación del análisis foliar de la palma de aceite realizada por MUNEVAR (Munévar M & Acosta G, 2002), se encontró que los valores de N se encuentran óptimos en las hojas de las plantas sanas, mientras que en las que están siendo afectadas por la PC se encuentran en niveles bajos con excepción del E1 en F3. En los niveles de fósforo encontramos que en todas las muestras de F1, F2 y F3 las hojas contienen bajos porcentajes de P. Dentro de los resultados del K encontramos en F1 porcentajes elevados en todos los estadios, en F2 los porcentajes son óptimos en E1, bajos para

las plantas sanas, mientras que en E2 y E3 están altos, en F3 tenemos valores bajos para S y E1, altos en E2 y E3. Por otro lado en el Ca podemos encontrar que en F1 existen porcentajes altos para S y E3, bajos para E1, E2, en F2 se encuentran en valores altos S, E1 y E3 mientras que E2 están dentro del rango óptimo para este elemento. En el diagnóstico para el Mg existen una prevalencia de hojas con bajos porcentajes, solo las hojas de F3 en E2 y S tienen sus valores dentro los rangos óptimos. Por ultimo las mediciones de S nos dan porcentajes bajos en todas las muestras de hojas de F1, F2 y F3.

**Tabla 8**

*Diagnostico macronutrientes en muestras foliares*

Finca	Estadio	Nitrógeno (%)	Diagnostico	Fósforo (%)	Diagnostico	Potasio (%)	Diagnostico	Calcio (%)	Diagnostico	Magnesio (%)	Diagnostico	Azufre (%)	Diagnostico
<b>F1</b>	S	2.43	O	0.12	B	1.38	A	0.71	A	0.17	B	0.1	B
	E1	1.45	B	0.1	B	1.43	A	0.37	B	0.14	B	0.07	B
	E2	1.25	B	0.09	B	1.73	A	0.22	B	0.1	B	0.07	B
	E3	1.76	B	0.12	B	1.26	A	0.76	A	0.1	B	0.09	B
<b>F2</b>	S	2.46	O	0.12	B	1.07	B	0.82	A	0.21	B	0.09	B
	E1	1.98	B	0.12	B	1.19	O	0.67	A	0.19	B	0.09	B
	E2	1.59	B	0.12	B	1.74	A	0.53	B	0.17	B	0.09	B
	E3	1.80	B	0.12	B	1.43	A	0.81	A	0.16	B	0.09	B
<b>F3</b>	S	2.49	O	0.12	B	0.76	B	0.94	A	0.26	O	0.09	B
	E1	2.51	O	0.15	B	0.96	B	0.98	A	0.24	B	0.12	B
	E2	1.94	B	0.15	B	1.76	A	0.85	A	0.25	O	0.11	B
	E3	1.85	B	0.12	B	1.61	A	0.87	A	0.23	B	0.09	B

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3, A: Alta concentración, B: Baja concentración, O: Óptima concentración.

Los valores para nitrógeno foliar promedio presente en la hoja 17 de palma africana mediante la prueba de Tukey por finca son: F1=1.72%, F2=1.92% y F3=2.20% (cuadro 47), existiendo

diferencia significativa entre F1 y F3 (cuadro 40-41). Para el análisis por estadio de la enfermedad los valores son: S=2.46 %, E1=1.98 %, E2=1.6 % y E3=1.81 % (cuadro 48), demostrando que existe diferencia significativa entre las plantas sanas frente a las enfermas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.02	5	1.00	5.74	0.0008
Finca	1.35	2	0.68	3.87	0.0320
Estadio	3.67	3	1.22	6.99	0.0011
Error	5.25	30	0.17		
Total	10.27	35			

**Figura 43** ANOVA Nitrógeno foliar

Error: 0.1750 gl: 30

Finca	Medias	n	E.E.
F1	1.72	12	0.12 A
F2	1.96	12	0.12 A B
F3	2.20	12	0.12 B

**Cuadro 47** Test Tukey de Nitrógeno foliar por finca

Error: 0.1750 gl: 30

Estadio	Medias	n	E.E.
E2	1.60	9	0.14 A
E3	1.81	9	0.14 A
E1	1.98	9	0.14 A B
S	2.46	9	0.14 B

**Cuadro 48** Test Tukey de Nitrógeno foliar por estadio de la enfermedad

Los resultados para el análisis de concentración de fósforo en el área foliar de palma aceitera, mediante la prueba de Tukey para la diferencia de medias son: F1=0.11 %, F2=0.12 % y F3=0.14 % (cuadro 50), encontrándose diferencia entre las medias de F1 y F3. Por otro lado los resultados de las medias para cada estadio de la enfermedad son: S=0.12 %, E1=0.13 %, E2=0.12 % y E3=0.12 % (cuadro 51), siendo significativamente iguales las medias.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.7E-03	5	9.4E-04	1.44	0.2388
Finca	4.5E-03	2	2.3E-03	3.47	0.0441
Estadio	1.7E-04	3	5.6E-05	0.09	0.9671
Error	0.02	30	6.5E-04		
Total	0.02	35			

**Cuadro 49** ANOVA Fósforo foliar

```
Error: 0.0007 gl: 30
Finca Medias n E.E.
F1      0.11 12 0.01 A
F2      0.12 12 0.01 A B
F3      0.14 12 0.01 B
```

**Figura 44** Test Tukey de Fósforo foliar por finca

```
Error: 0.0007 gl: 30
Estadio Medias n E.E.
E3      0.12 9 0.01 A
E2      0.12 9 0.01 A
S       0.12 9 0.01 A
E1      0.13 9 0.01 A
```

**Figura 45** Test Tukey de Fósforo foliar por estadio de la enfermedad

Los resultados del análisis de potasio promedio foliar mediante la prueba de Tukey aplicada a las fincas son: F1=1.45 %, F2=1.36 % y F3=1.27 % (cuadro 53), estos valores son significativamente iguales. En cambio los valores del análisis por estadio de la enfermedad demuestran que son significativamente diferentes S=1.07 % de E2=1.75% y de E3=1.44 % (cuadro 54), habiendo una significativa igualdad entre S y E1.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.58	5	0.52	10.13	<0.0001
Finca	0.19	2	0.09	1.86	0.1733
Estadio	2.39	3	0.80	15.65	<0.0001
Error	1.52	30	0.05		
Total	4.10	35			

**Figura 46** ANOVA Potasio foliar

```
Error: 0.0508 gl: 30
Finca Medias n E.E.
F3      1.27 12 0.07 A
F2      1.36 12 0.07 A
F1      1.45 12 0.07 A
```

**Figura 47** Test Tukey de Potasio foliar por finca

```
Error: 0.0508 gl: 30
Estadio Medias n E.E.
S       1.07 9 0.08 A
E1      1.20 9 0.08 A B
E3      1.44 9 0.08 B
E2      1.75 9 0.08 C
```

**Figura 48** Test Tukey de Potasio foliar por estadio de la enfermedad

Los valores obtenidos de las concentraciones de calcio foliar mediante el análisis de varianza para cada finca son: F1=0.52 %, F2=0.71% y F3=0.91 (cuadro 56), existiendo diferencias significativas entre F1, F2 y F3. Para el estudio de los estadios de la enfermedad, se obtuvieron S=0.83 %, E1=0.68 %, E2=0.54% y E3=0.82 %, pudiendo observar que existe diferencias significativas entre las medias para las plantas sanas y las enfermas en estadio 2.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.44	5	0.29	13.64	<0.0001
Finca	0.94	2	0.47	22.16	<0.0001
Estadio	0.50	3	0.17	7.96	0.0005
Error	0.63	30	0.02		
Total	2.07	35			

**Figura 49** ANOVA Calcio foliar

Error: 0.0211 gl: 30					
Finca	Medias	n	E.E.		
F1	0.52	12	0.04	A	
F2	0.71	12	0.04		B
F3	0.91	12	0.04		C

**Figura 50** Test Tukey de Calcio foliar por finca

Error: 0.0211 gl: 30					
Estadio	Medias	n	E.E.		
E2	0.54	9	0.05	A	
E1	0.68	9	0.05	A	B
E3	0.82	9	0.05		B
S	0.83	9	0.05		B

**Figura 51** Test Tukey de Calcio foliar por estadio de la enfermedad

Los resultados del análisis de magnesio mediante la prueba de Tukey para diferencia de medias evaluando las fincas se tiene que las concentraciones de magnesio entre fincas son significativamente diferentes con valores de: F1=0.13 %, F2=0.19 % y F3=0.25% (cuadro 59). Mientras tanto para el análisis para los estadios de la enfermedad las concentraciones de magnesio son significativamente iguales con los siguientes resultados: S=0.22 %, E1= 0.19 %, E2=0.18% y E3=0.17 % (cuadro 60).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.10	5	0.02	11.19	<0.0001
Finca	0.08	2	0.04	24.24	<0.0001
Estadio	0.01	3	4.3E-03	2.49	0.0793
Error	0.05	30	1.7E-03		
Total	0.15	35			

**Figura 52** ANOVA Magnesio foliar

Error: 0.0017 gl: 30					
Finca	Medias	n	E.E.		
F1	0.13	12	0.01	A	
F2	0.19	12	0.01		B
F3	0.25	12	0.01		C

**Figura 53** Test Tukey de Magnesio foliar por finca

Error: 0.0017 gl: 30					
Estadio	Medias	n	E.E.		
E3	0.17	9	0.01	A	
E2	0.18	9	0.01	A	
E1	0.19	9	0.01	A	
S	0.22	9	0.01	A	

**Figura 54** Test Tukey de Magnesio foliar por estadio de la enfermedad

Los resultados del análisis de azufre foliar en palma mediante la prueba de Tukey analizando por fincas son: F1=0.08 %, F2=0.09 % y F3=0.10% (cuadro 62), siendo significativamente iguales las medias. Mientras que los análisis estadísticos para cada estadio de la enfermedad dicen que no existe diferencia significativa entre las medias de concentraciones de azufre para los valores: S=0.10%, E1=0.10%, E2=0.09% y E3=0.09% (cuadro 63).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.5E-03	5	4.9E-04	0.61	0.6914
Finca	2.0E-03	2	1.0E-03	1.25	0.3008
Estadio	4.5E-04	3	1.5E-04	0.19	0.9050
Error	0.02	30	8.1E-04		
Total	0.03	35			

**Figura 55** ANOVA Azufre foliar

Error: 0.0008 gl: 30					
Finca	Medias	n	E.E.		
F1	0.08	12	0.01	A	
F2	0.09	12	0.01	A	
F3	0.10	12	0.01	A	

**Figura 56** Test Tukey de Azufre foliar por finca



Error: 0.0008 gl: 30				
Estadio	Medias	n	E.E.	
E3	0.09	9	0.01	A
E2	0.09	9	0.01	A
S	0.10	9	0.01	A
E1	0.10	9	0.01	A

**Figura 57** Test Tukey de Azufre foliar por estadio de la enfermedad

### 3.3.4. Micronutrientes

Los resultados obtenidos en los análisis de suelos para determinar las concentraciones de micronutrientes, se encuentran descritos en Anexo 9.

En la Tabla 9 podemos observar el diagnóstico de los macronutrientes apoyados en la guía de bolsillo del International Plant Nutrition Institute (IPNI, 1998) y en la guía general para la interpretación del análisis foliar de la palma aceitera adulta realizado por MUNEVAR (Munévar M & Acosta G, 2002), pudiendo encontrar que las muestras foliares contienen concentraciones altas de Fe. Para el Mn tenemos que existen en todas las muestras baja concentración del elemento con excepción de las muestras en E3 perteneciente a F1. Los análisis de Cu nos muestran que existen altas concentraciones de este elemento en las hojas, de igual forma las concentraciones de Zn. Mientras tanto el B presente en las hojas se encuentra en bajas concentraciones con excepción de las muestra E3 correspondientes a F1.

**Tabla 9***Diagnostico micronutrientes en muestras foliares*

Finca	Estadio	Hierro (mg/kg)	Diagnostico	Manganeso (mg/kg)	Diagnostico	Cobre (mg/kg)	Diagnostico	Zinc (mg/kg)	Diagnostico	Boro (mg/kg)	Diagnostico
<b>F1</b>	S	186.9	A	93.5	B	8.55	A	22.05	A	11.06	B
	E1	124.24	A	57.19	B	5.2	A	15.05	A	10.56	B
	E2	145.04	A	46.2	B	5.25	A	18.85	A	11.27	B
	E3	163.95	A	168.95	A	8.45	A	14.95	A	18.73	A
<b>F2</b>	S	183.89	A	92.62	B	8.65	A	24.475	A	12.02	B
	E1	153.795	A	80.395	B	6.6	A	19.675	A	11.865	B
	E2	162.885	A	72.12	B	5.65	A	19.575	A	13.38	B
	E3	170.675	A	115.75	B	7.35	A	16.4	A	15.665	B
<b>F3</b>	S	180.88	A	91.74	B	8.75	A	26.9	A	12.98	B
	E1	183.35	A	103.6	B	8	A	24.3	A	13.17	B
	E2	180.73	A	98.04	B	6.05	A	20.3	A	15.49	B
	E3	177.4	A	62.55	B	6.25	A	17.85	A	12.6	B

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3, A: Alta concentración, B: Baja concentración, O: Optima concentración.

Los valores para hierro promedio presente la zona foliar para cada finca son: F1=155.03 mg/Kg, F2=167.81 mg/Kg y F3=180.59 mg/Kg existiendo diferencias significativas como se puede observar en el cuadro 59 entre F1 y F3. En el análisis realizado para cada estadio de la enfermedad los valores de hierro corresponden a S=183.89 mg/Kg, E1=153.80 mg/kg, E2=162.89 mg/Kg y E3=170.68 mg/Kg existiendo diferencia significativa entre las plantas sanas frente a las enfermas en estadio 1.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8306.17	5	1661.23	5.47	0.0011
Finca	3919.11	2	1959.56	6.45	0.0047
Estadio	4387.05	3	1462.35	4.82	0.0074
Error	9109.37	30	303.65		
Total	17415.54	35			

**Figura 58** ANOVA Hierro foliar

Error: 303.6455 gl: 30

Finca	Medias	n	E.E.
F1	155.03	12	5.03 A
F2	167.81	12	5.03 A B
F3	180.59	12	5.03 B

**Figura 59** Test Tukey de Hierro foliar por finca

Error: 303.6455 gl: 30

Estadio	Medias	n	E.E.
E1	153.80	9	5.81 A
E2	162.89	9	5.81 A B
E3	170.68	9	5.81 A B
S	183.89	9	5.81 B

**Figura 60** Test Tukey de Hierro foliar por estadio de la enfermedad

Los valores para manganeso promedio presente en la zona foliar analizado por cada finca es: F1=91.46 mg/Kg, F2=90.22 mg/Kg y F3=88.98 mg/Kg (cuadro 68), se puede observar que no existen diferencias significativas de la concentración de manganeso entre las fincas. Mientras tanto en el cuadro 69 respecto al análisis realizado por estadio de la enfermedad los valores son: S=92.62 mg/Kg, E1=80.40 mg/Kg, E2=72.12 mg/Kg y E3=115.75 mg/Kg, observándose que existen diferencias entre las medias de las plantas enfermas en estadio 2 y 3.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9771.96	5	1954.39	2.18	0.0824
Finca	36.83	2	18.41	0.02	0.9796
Estadio	9735.13	3	3245.04	3.63	0.0241
Error	26841.44	30	894.71		
Total	36613.40	35			

**Figura 61** ANOVA Manganeso foliar

Error: 894.7146 gl: 30

Finca	Medias	n	E.E.
F3	88.98	12	8.63 A
F2	90.22	12	8.63 A
F1	91.46	12	8.63 A

**Figura 62** Test Tukey de Manganeso por finca

Error: 894.7146 gl: 30				
Estadio	Medias	n	E.E.	
E2	72.12	9	9.97	A
E1	80.40	9	9.97	A B
S	92.62	9	9.97	A B
E3	115.75	9	9.97	B

**Figura 63** Test Tukey de Manganeso por estadio de la enfermedad

Los resultados para el análisis de cobre promedio foliar por cada finca son: F1=6.86 mg/Kg, F2=7.05 mg/Kg y F3=7.24 mg/Kg encontrándose que no hay diferencias significativas para las fincas. Mientras que para el análisis estadístico de cobre por estadio de la enfermedad los resultados fueron: S=8.65 mg/Kg, E1=6.60 mg/Kg, E2=5.61 mg/Kg y E3=7.95 mg/Kg evidenciando diferencia entre E2 y E3, E1 con S y E2 con S y S con E1 (cuadro 72).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	45.20	5	9.04	5.03	0.0018
Finca	0.87	2	0.43	0.24	0.7871
Estadio	44.33	3	14.78	8.23	0.0004
Error	53.87	30	1.80		
Total	99.07	35			

**Figura 64** ANOVA Cobre foliar

Error: 1.7955 gl: 30				
Finca	Medias	n	E.E.	
F1	6.86	12	0.39	A
F2	7.05	12	0.39	A
F3	7.24	12	0.39	A

**Figura 65** Test Tukey de Cobre por finca

Error: 1.7955 gl: 30				
Estadio	Medias	n	E.E.	
E2	5.61	9	0.45	A
E1	6.60	9	0.45	A B
E3	7.35	9	0.45	B C
S	8.65	9	0.45	C

**Figura 66** Test Tukey de Cobre por estadio de la enfermedad.

Los valores promedio de los análisis de zinc foliar para cada finca son: F1=17.73 mg/Kg, F2=20.03 mg/Kg y F3=22.34 mg/Kg (cuadro 74), existiendo diferencias entre las medias de F1 y F3. En el análisis por cada estadio de la enfermedad los valores resultantes fueron: S=24.49 mg/Kg,

E1=19.68 mg/Kg, E2=19.58 mg/Kg y E3=16.4 mg/Kg, encontrándose diferencia significativa entre las medias de las plantas sanas frente a las medias de las enfermas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	427.59	5	85.52	9.56	<0.0001
Finca	127.37	2	63.69	7.12	0.0030
Estadio	300.21	3	100.07	11.18	<0.0001
Error	268.47	30	8.95		
Total	696.06	35			

**Figura 67** ANOVA Zinc foliar

Error: 8.9490 gl: 30					
Finca	Medias	n	E.E.		
F1	17.73	12	0.86	A	
F2	20.03	12	0.86	A	B
F3	22.34	12	0.86	B	

**Figura 68** Test Tukey de Zinc foliar por finca

Error: 8.9490 gl: 30					
Estadio	Medias	n	E.E.		
E3	16.40	9	1.00	A	
E2	19.58	9	1.00	A	
E1	19.68	9	1.00	A	
S	24.49	9	1.00	B	

**Figura 69** Test Tukey de Zinc foliar por estadio de la enfermedad

Los resultados de las concentraciones promedio de boro foliar mediante la prueba de Tukey para las fincas son: F1=12.91 mg/Kg, F2=13.23 mg/Kg y F3=13.56 mg/Kg (cuadro 77), encontrándose que no existe diferencia significativa para estas medias. Por otra parte en el análisis estadístico para cada estadio de la enfermedad los resultados fueron para S=12.02 mg/Kg, E1=11.87 mg/Kg, E2=13.38 mg/Kg y para E3=15.67 mg/Kg, existiendo diferencias significativas en las medias de E1, S con E3.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	86.09	5	17.22	2.25	0.0752
Finca	2.57	2	1.29	0.17	0.8461
Estadio	83.51	3	27.84	3.63	0.0239
Error	229.75	30	7.66		
Total	315.84	35			

**Figura 70** ANOVA Boro foliar

```
Error: 7.6583 gl: 30
Finca Medias n E.E.
F1 12.91 12 0.80 A
F2 13.23 12 0.80 A
F3 13.56 12 0.80 A
```

**Figura 71** Test Tukey de Boro por finca

```
Error: 7.6583 gl: 30
Estadio Medias n E.E.
E1 11.87 9 0.92 A
S 12.02 9 0.92 A
E2 13.38 9 0.92 A B
E3 15.67 9 0.92 B
```

**Figura 72** Test Tukey de Boro por estadio de la enfermedad

### 3.4. Caracterización de metabolitos secundarios

#### 3.4.1.1. Actividad antioxidante

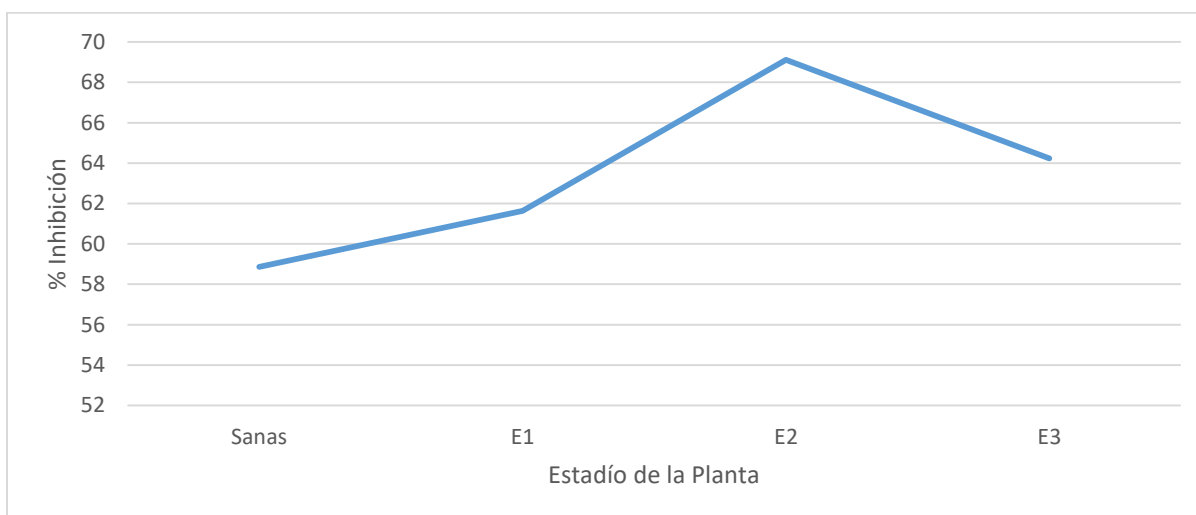
La tabla completa de resultados se la puede ver en el Anexo 10. A continuación podemos observar que el porcentaje de inhibición se incrementa en las plantas que se encuentran en los dos primeros estadios de la enfermedad, en comparación a las plantas sanas mientras tanto, las que se encuentran en el tercer estadio presentan una ligera disminución en el porcentaje de inhibición de acuerdo a la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Capacidad antioxidante del extracto etanolito de palma africana*

Estadio	% Inhibición
Sana	58.87
E1	61.63
E2	69.11
E3	64.23

En la gráfica podemos ver cómo reacciona la palma africana y produce compuestos con actividad antioxidante en las diferentes etapas de la enfermedad de PC.



**Figura 73** Producción de compuesto con capacidad antioxidante en el desarrollo de la PC

Existen diferencias significativas entre los valores del % de Inhibición entre las plantas sanas y las plantas enfermas en estadio 2 y 3 con valores 58.88%, 69.11% y 64.24% respectivamente, mientras que las plantas en estadio 1 no presentan diferencias con las plantas sanas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	170.56	3	56.85	24.36	0.0002
Estadio	170.56	3	56.85	24.36	0.0002
Error	18.67	8	2.33		
Total	189.23	11			

**Figura 74** ANOVA Porcentaje de inhibición

Error: 2.3340 gl: 8				
Estadio	Medias	n	E.E.	
S	58.88	3	0.88	A
E1	61.64	3	0.88	A B
E3	64.24	3	0.88	B
E2	69.11	3	0.88	C

**Figura 75** Test Tuckey del porcentaje de inhibición de extractos etanólicos

### 3.4.2. Screening fitoquímico

A partir del extracto etanólico se realizaron los diferentes análisis encontrándose que están presentes azúcares reductores, terpenos, flavonoides, saponinas, taninos y alcaloides en la hojas de palma africana tanto en plantas sanas como en enfermas.

**Tabla 11**

*Screening fitoquímico del extracto etanólico de hojas de palma africana*

Estadio	Azúcares reductores	Terpenos	Flavonoides	Saponinas	Taninos	Alcaloides
Sana	+	+	+	+	+	+
E1	+	+	+	+	+	+
E2	+	+	+	+	+	+
E3	+	+	+	+	+	+



## CAPITULO 4: DISCUSIÓN

Como se ha visto la PC es una enfermedad que arrasa cientos de hectáreas del cultivo de palma de aceite, hoy por hoy no se conoce a ciencia cierta cuál es el patógeno causante de esta enfermedad, el Centro de Investigación en Palma de Aceite (CENIPALMA) afirma que *Phytophthora palmivora* está asociado con la infección inicial en plantas jóvenes en el trabajo desarrollado por Torres (Torres, et al., 2008), mientras que ANCUPA por otro lado ha encontrado que *Fusarium oxisporum* y *Fusarium solani* son los patógenos asociados en el proceso de infección (Ronquillo, Estévez, & Bernal, 2013), por ello se dio un giro con las investigaciones y encausándolas a constatar la relación de la disponibilidad nutricional en la respuesta fisiológica y metabólica de la palma africana afectada por la PC en la provincia de Esmeraldas, de esta manera conocer si los desbalances nutricionales son capaces de generar predisposición a desarrollar la enfermedad.

Para la selección de las fincas se ha realizado con ayuda de un ingeniero agrónomo, el mismo que tiene experiencia en el trabajo con cultivos de palma, pudrición de cogollo y que conoce la zona afectada por esta enfermedad. Buscando que las fincas para el estudio se encuentren distantes unas de otras y que así las muestras tomadas para los estudios sean independientes y no estén relacionadas, el protocolo llevado a cabo se basó en la guía general para el muestreo foliar y de suelos en cultivos de palma de aceite (Munévar Martínez, Franco Bautista, & Arias Arias, 2016)

Los factores abióticos son un eje principal para entender el problema de la PC en las plantaciones de palma de aceite, dentro de estas las propiedades físico químicas del suelo coinciden que en su mayoría los problemas de PC están dados por dificultades de drenaje, compactación, textura arcillosa y en menor proporción textura franco limosa (Benítez & García, 2014), ya que la

incidencia de la enfermedad es directamente proporcional a la cantidad de lluvias (Gomez Cuervo, 1995), al no presentar un suelo un buen drenaje o grandes cantidades de arcilla en su conformación, estas permiten que se mantenga una cantidad alta de humedad en el suelo reduciendo el oxígeno intercambiable y eliminación de metabolitos tóxicos, encontrándose en estas zonas mayor presencia de la enfermedad (Acosta García, Gómez Cuervo, & Vargas, 1996).

Conocer los valores de CE y pH en un cultivo es importante debido a que estos presentan una relación directa con la nutrición en los cultivos, por un lado se recomienda que los suelos sean NO SALINOS, esto quiere decir que los valores de CE sean inferiores a 1 ds/m para que el proceso de fertilización sea más fácil y de esta manera no tener problemas de fitotoxicidad en el cultivo (Barbaro, Karlanian, & Mata, 2015), mientras que el pH del suelo es importante ya que se encuentra relacionado con la disponibilidad de los nutrientes, cuando este parámetro se encuentra dentro del rango optimo los nutrientes están en su máximo de solubilidad, si están por debajo se pueden observar deficiencias de N, K, Ca y Mg, si se encuentran por arriba del rango optimo la solubilidad se puede ver afectada en compuestos como Fe, P, Mn y Zn, lo que ocasiona el fenómeno de fitotoxicidad si el pH del suelo está por debajo de 5 permitiendo que se solubilizan compuestos como los óxidos metálicos (Barbaro, Karlanian, & Mata, 2015). A pesar de no existir diferencias significativas entre los valores de pH en los diferentes estadios y encontrarse todos los valores dentro del rango descrito por (Cristancho R, Alfonso C, & Molina L, 2012) como valores normales para el pH, se puede observar que existe incidencia de la enfermedad a pH más bajos (mas ácidos), lo que se confirma por la investigación realizada por (Acosta & Munévar, 2003).

La materia orgánica influencia directamente en la capacidad de intercambio catiónico, por esta razón es recomendable mantener constantes o incrementar los niveles de MO siempre y cuando

estos no se encuentren elevados. La MO también influye en las propiedades del suelo como es la reducción de plasticidad, cohesión y genera un incremento en la retención de agua (Owen Barlett, 1995), ocasionando nuevamente que se incremente la incidencia de la enfermedad de PC (Acosta García, Gómez Cuervo, & Vargas, 1996).

La cantidad de materia orgánica en cultivos de palma debe encontrarse dentro del rango de 2-8 % (Tanque, 1982), pero esto difiere con lo mencionado por (Munévar M & Acosta G, 2002) quien afirma que el porcentaje idóneo de la misma debe estar entre 2-4 %, esto debido a que los niveles de N presentan una correlación con la MO en el suelo siendo el rango óptimo para este macro elemento 0.1 - 0.2 %, por encontrarse niveles elevados de N en el suelo se puede corroborar que esto genera una deficiencia en los niveles de S (Owen Barlett, 1995). En los análisis los niveles de N en el suelo son altos para plantas sanas y enfermas mientras que en el N foliar este se encuentra en bajas concentraciones en plantas enfermas y en plantas sanas se tuvo niveles óptimos.

Cuando existen niveles adecuados de P en la planta existe una mejor respuesta a la absorción de N (Taemizi, Tayeb, & Hamdan, 2004), ayuda a reducir el estrés de las plantas y reduce la susceptibilidad a enfermedades (Cristancho R, Alfonso C, & Molina L, 2012). Esta podría ser una de las razones de que estén las plantas más susceptibles a la PC ya que en el suelo se encuentran niveles bajos de P y esto se traduce a una pobre absorción del mismo, presentando deficiencia en el tejido foliar, en los resultados no existen diferencias entre plantas sanas y enfermas en muestras foliares y de suelos. La deficiencia de P en las hojas se puede deber a que el P presente en el suelo no está disponible debido a que en su mayoría las muestras presentan valores de pH inferior a 6 y el rango de disponibilidad de este elemento es entre 6-7

El K es el elemento que en su uso como fertilizante ayuda a la reducción de las enfermedades causadas por patógenos sean estos obligados o facultativos (Cristancho R, Alfonso C, & Molina L, 2012), de igual manera se ha comprobado que valores cercanos a los óptimos en K y Mg están asociados con la incidencia de PC (Cristancho R, Castilla C, Mosquera Rojas, Munevar Martinez, & Silva Ch, 2007). Se conoce que cuando existen deficiencias de K las concentraciones de aminoácidos y azúcares se elevan, permitiendo la proliferación de enfermedades causadas por hongos (Munevar Martinez, 2004), siendo esta la posible razón por la que el K es el único nutriente que incrementa su concentración en el tejido foliar cuando la planta ha sido infectada, encontrándose diferencias significativas entre estos valores en el estudio que se realizó. La deficiencia de K afecta a las funciones de transporte de productos fotosintéticos, puede generar desnutrición en órganos en crecimiento como el cogollo, debilitándolos y aumentando la susceptibilidad al ataque de patógenos (Chinchilla Duran, 1998).

El Ca es el elemento que está encargado de la permeabilidad de las membranas citoplasmáticas (Munevar Martinez, 2004), el Ca se encuentra en forma de pectatos de calcio en la conformación de las paredes celulares, encargándose de proteger los tejidos frente al ataque de hongos (Alegria Muños, 2016), A pesar de estar en su mayoría los niveles de Ca elevados se ha observado que hay diferencias significativas entre los niveles de Ca en los tejidos de plantas sanas y enfermas encontrándose niveles más altos de este en las sanas. El exceso de Ca produce deficiencia de Mn, B, Cu y Fe (Owen Barlett, 1995)

Las elevadas concentraciones de K actúan de forma antagónica con el Mg, mostrando que mientras la concentración de K aumenta la de Mg es reducida (Gomez Cuervo, 1995), esto se acentúa si existe una elevada concentración de Ca, provocando deficiencia de Mg lo que termina

alterando las funciones de fotosíntesis, síntesis de proteínas, respiración, generando uno de los mayores síntomas de la PC que es la clorosis de las hojas (Alegria Muños, 2016).

En el estudio realizado por Acosta y Munevar afirman que en las muestras de suelos existen diferencias significativas en las concentraciones de S entre plantas enfermas y plantas sanas, mientras que en el análisis foliar se puede observar que no existen diferencias significativas (Acosta & Munévar, 2003), corroborándose con los resultados obtenidos en muestras foliares. Deficiencias en este macro elemento afectan directamente en la síntesis de proteínas y moléculas que dependen del S, produciendo amarillamiento en la hojas jóvenes (Barrera, Cruz, & Melgarejo, 2011). Es importante conservar un equilibrio entre el N y el S ya que este equilibrio permite que la planta resista el ataque de patógenos que causan enfermedades, debido a la reducción de la síntesis de proteínas, provocando que se acumulen aminoácidos en las hojas y esto favorece a un desarrollo positivo de hongos, bacterias e insectos (Sabino Prates, Lavres Junior, & Ferreira de Moraes, 2007)

En los resultados de Fe tanto para suelo como para los foliares se observó que están en niveles altos, existiendo diferencias significativa entre plantas sanas y enfermas, concuerda con el estudio realizado por (Acosta & Munévar, 2003) en el cual se da una reducción significativa de Fe en las plantas enfermas en relación a las sanas. Los elevados niveles de este nutriente es normal en suelos tropicales (Owen Barlett, 1995). Exceso en la absorción de Fe genera deficiencia de Mn corroborando los resultados obtenidos (Chinchilla Duran, 1998)

La deficiencia o exceso de Fe y Mn interfieren con la capacidad de la planta de producir compuestos involucrados en la lucha frente a patógenos (Huber & Wilhelm, 1988). Niveles bajos de Mn en la planta permite la aparición de enfermedades (Sabino Prates, Lavres Junior, & Ferreira de Moraes, 2007). A pesar de presentar niveles de Mn óptimos y altos en el suelo, pero no ha sido

eficiente la absorción de Mn presentando deficiencias en los tejidos, a pesar de tener deficiencia en todas las muestras foliares existen diferencias significativas entre las plantas sanas y enfermas.

Los análisis foliares de Cu muestran diferencias significativas entre las plantas enfermas y plantas sanas, siendo las segundas las que presentan niveles más altos corroborándose con el estudio realizado por Munévar, Acosta, Gómez (2001) (Acosta & Munévar, 2003), exceso de Cu puede estar involucrado en deficiencia de B y Mn (Owen Barlett, 1995)

Diferentes estudios no han encontrado que exista relación de los niveles de Zn con la predisposición a la enfermedad (Acosta García, Gómez Cuervo, & Vargas, 1996) (Acosta & Munévar, 2003), en nuestros resultados se encontró diferencias significativas en los niveles de Zn foliar y de suelo entre plantas sanas y enfermas, presentando las primeras niveles más elevados del nutriente.

La deficiencia de B en tejido foliar es muy común debido a que el B aprovechable en el suelo es muy bajo (Owen Barlett, 1995), debido a que es un nutriente con poca movilidad, el cual es transportado a través del xilema y su distribución por toda la planta está determinada por la transpiración (Alegria Muños, 2016). Estos niveles bajos de B se corroboran con lo dicho por Barlett (1995), presentando su deficiencia síntomas directamente en hojas jóvenes, arrugamiento del foliolo y doblamiento de hojas. Los micronutrientes más importantes en el estudio de la relación planta-patógeno son B, Cu, Fe y Zn, mediante diferentes mecanismos, como lo es el metabolismo de compuestos fenólicos, producción de flavonoides, lignina y eliminación de sustancias de bajo peso molecular al exterior de la célula (Munevar Martinez, 2004).

Los porcentajes de inhibición obtenidos en plantas sanas son de 58.87% siendo valores relativamente cercanos a los obtenidos por (Sasidharan, Soundararajan, & Yoga, 2009), los mismos que obtuvieron valores de  $50.14 \pm 1.711\%$  en extractos de hojas. Según (Yin, Abdullah, & Phin, 2013) la actividad antioxidante en palma está dada por la presencia de compuestos fenólicos, taninos y flavonoides encontrándose un incremento del porcentaje de inhibición cuando la planta se encuentra enferma, por esta razón se puede pensar que los compuestos relacionados con la defensa de la planta son los compuestos fenólicos, taninos y flavonoides esto corroborado por (Olugbenga, Awala, Ogunleye, & Okogbue, 2016).

Para obtener una mejor extracción es recomendable usar metanol o etanol para tener un mejor rendimiento, ya que son capaces de extraer la mayoría de los componentes activos que son de naturaleza polar como antocianinas, saponinas, taninos, xantoxilinas, flavonoides, polifenoles, etc (Yin, Abdullah, & Phin, 2013), permitiendo de esta manera obtener buenos extractos y revelando el análisis fitoquímico todos los componentes bio-activos de la planta como azúcares reductores, terpenos, flavonoides, saponinas, taninos y alcaloides sin que exista una relación de la presencia o ausencia de estos compuestos en función de la enfermedad. La presencia de estos compuestos bioactivos como los flavonoides y alcaloides también presentan capacidad antimicrobiana (Olugbenga, Awala, Ogunleye, & Okogbue, 2016) la cual se la puede usar para el ataque de hongos que producen la enfermedad de PC.

## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Están involucrados en la incidencia de PC factores abióticos como problemas de drenaje, compactación, textura del suelo, en especial pH debido a que este factor es el que permite que los nutrientes estén o no disponibles en el suelo para su absorción y es capaz de provocar que los nutrientes cambien su conformación y se conviertan en compuestos tóxicos.
- Se evidencio la generación de desbalances nutricionales en presencia de PC entre plantas sanas y enfermas para N, K, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn y B, con una reducción en la concentración de todos los nutrientes al estar en presencia de PC a excepción del K que presento un incremento.
- No existen diferencias en la presencia o ausencia de componentes activos entre las plantas sanas y enfermas, pero si existe un incremento de compuestos con actividad antioxidante en plantas enfermas, siendo estos compuestos fenólicos, taninos y flavonoides los encargados de la defensa de la planta frente a la enfermedad.
- Realizar un mapeo de los cultivos de palma afectados y análisis más profundos de los suelos para identificar otras posibles causas de la enfermedad, analizando puntos críticos en los cultivos logrando así tomar las medidas de manejo agrícolas necesarias y prevenir que se propague la enfermedad.
- Es recomendable realizar análisis anuales de nutrientes en suelo, foliares para mantener una adecuada nutrición en los cultivos de palma y así evitar que existan desbalances que provoquen la predisposición a la enfermedad.



- Se recomienda realizar pruebas de HPLC-MS para identificar los compuestos específicos encargados de la defensa en la palma frente a la enfermedad de PC, y de esta forma poder extraer estos compuestos activos, sometiéndolos a prueba con el agente causal de PC y determinar si son capaces de ayudar al manejo de la enfermedad.

## BIBLIOGRAFÍA

Acosta García, A., Gómez Cuervo, P. L., & Vargas, J. R. (1996). Factores físicos de los suelos y su influencia en la predisposición a la pudrición de Cogolo de la palma de aceite en Colombia. *PALMAS*, 17, 71-79.

Acosta, A., & Munévar, F. (2003). Bud rot in oil palm plantations: Link to soil physical properties and nutrient Status. *Better Crops, International*, Vol. 17, 22-25.

AGROCALIDAD. (2017). *Análisis de suelos*. Quito.

Alegria Muños, W. (2016). *Texto básico para profesional en ingeniería forestal en el área de fisiología vegetal*. Iquitos.

Ali, B., Garbi, M., Gmaraldeen, S., Magzoub, A., Ibrahim, I., Saleh, M., . . . Mohamed, S. (2017). Antioxidant activity and phytochemical screening of *Prosopis juliflora* leaves extract. *NetJournals*, 37-40.

ANCUPA. (2015). INFORMATIVO. *Sirviendo al palmicultor*.

Ayoola, G., Coker, H., Adesegun, S., Adepoju, A., Obweya, K., Ezennia, E., & Atangbayila, T. (2008). Phytochemical Screening and Antioxidant Activities of Some Selected Medicinal Plants Used for Malaria Therapy in Southwestern Nigeria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 1019-1024.

Azcón Bieto, J., & Talón, M. (2000). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Barcelona: McGraw/Hill.

- Barbaro, L. A., Karlanian, M. A., & Mata, D. A. (2015). *Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Barrera, J., Cruz, M., & Melgarejo, L. M. (2011). Nutrición mineral. En J. Barrera, M. Cruz, & L. M. Melgarejo. Bogota.
- Benítez, E., & García, C. (2014). History of research on oil palm bud rot (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia. *Agronomía Colombiana*, 390-398.
- Bennett, R., & Wallsgrove, R. (1994). Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytol*, 617-633.
- CENIPALMA. (2009). Plan Nacional de Manejo de la Pudrición del Cogollo. *Palmas*, 97-120.
- Chávez, F., & Rivadeneira, J. (2003). *Manual del cultivo de palma aceitera*. Quito: Pasquel.
- Chinchilla Duran, C. N. (1998). Manejo de problemas fitosanitario en palma de aceite. Una perspectiva agronómica. *PALMAS*, 19(Especial), 242-257.
- CIA/UCR. (30 de 03 de 2017). *Determinación de pH en suelos*. Obtenido de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/LSF/20130520/Info%20pH.pdf>
- Corley R, T. P. (2009). *La palma de aceite*. Oxford: Blackwekk Publishing.
- Cristancho R, J. A., Alfonso C, Ó. A., & Molina L, D. L. (2012). The role of soil and plant nutrition on oil palm bud rot disease: Review. *Palmas*, 33(2), p9-21.
- Cristancho R, J. A., Castilla C, C. E., Mosquera Rojas, M., Munevar Martinez, F., & Silva Ch, J. H. (2007). Relación entre la saturación de Al, Mg, K y la tasa de crecimiento de la

podrición de cogollo de la palma de aceite de la Zona Oriental colombiana. *PALMAS*, 28(2), 25-36.

CropLife. (24 de 03 de 2017). *CropLife Latin America*. Obtenido de

<http://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/pudricion-del-cogollo>

De Franqueville, H. (2003). Oil palm bud rot in Latin America. *Experimental Agriculture*, 225-240.

Duran, N., Salas, R., Chichilla, C., & Peralta, F. (1999). Manejo de la nutrición y fertilización en palma aceitera en Costa Rica. *XI Congreso Nacional Agronómico*. Neily.

El UNIVERSO. (10 de Enero de 2015). Más áreas de palma aceitera están afectadas, según censo.

ESPAC. (2014). *Ecuador en cifras*. Obtenido de Instituto nacional de estadísticas y censos:

[http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2014-2015/2014/Informe%20ejecutivo%20ESPAC%202014.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2014-2015/2014/Informe%20ejecutivo%20ESPAC%202014.pdf)

FEDEPAL. (2015). *FEDEPAL*. Obtenido de

[http://fedapal.com/web/files/IMPORTANCIA\\_DE\\_LA\\_CAN\\_PARA\\_OLEAGINOSAS\\_2.pdf](http://fedapal.com/web/files/IMPORTANCIA_DE_LA_CAN_PARA_OLEAGINOSAS_2.pdf)

Fidel Mingorance, F. M. (2004). *El cultivo de la Palma africana en el chocó*. Bogotá: Human Rights Everywhere.

Garcia, A. (2016). *Manual de practicas de edafología*. Chiapas: Hechos.

- Garcia, L. (2011). *Determinación de cenizas, Metodo gravimetrico*. Laboratorio control de calidad.
- Gerhardt. (07 de 2009). Sistema analítico dumas. Königswinter, Alemania.
- Gomez Cuervo, P. L. (1995). Estado actual de la investigación sobre pudrición de cogollo. *Palmas*, 16, 9-23.
- Gomez Cuervo, P. L. (1995). Estado actual de la investigación sobre pudrición de cogollo. *PALMAS*, 16(1), 9-24.
- Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2012). *Análisi y diseño de experimentos*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Huber, D. M., & Wilhelm, N. S. (1988). The role of manganese in resistance to plant diseases. En *Manganese in soils and plants* (págs. 155-173). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Ibáñez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. (2015). *Técnicas de edida del espacio poroso del suelo*. Valencia.
- IPNI. (1998). *Sintomas de deficiencias de nutrientes y desórdenes en Palma Aceitera (Elaeis guineensis Jacq.)*. Singapur.
- IUCN. (29 de 03 de 2016). *The IUCN Red lis of threatened Species*. Obtenido de <http://www.iucnredlist.org/details/13416970/0>
- Kumar, S. R., Venkateshwar, C., Samuel, G., & Rao, G. S. (2013). Phytochemical Screening of some compounds from plant leaf extracts of *Holoptelea integrigolia* (Planch) and

*Celestrus emarginata* (Grah) used by Gondu tribes at Adilabad District, Andhrapradesh, India. *International Journal of Engineering Science Inventios*, 65-70.

MAGAP. (2016). *Resolución declaratoria de emergencia No 50-2016*. Quito.

Margulis, L., & Dorion, S. (2015). *El proceso de nutrición en las plantas*.

Martinez, G., Sarria, G., Torres, G., Varón, F., Drenth, A., & Guest, D. (2013). Nuevos hallazgos sobre la pudrición del cogollo de la palma de aceite en Colombia: biología detección y estrategias de manejo. *Palmas*, 11-17.

Martinez, G., Sarria, G., Torres, G., Varón, F., Romero, H., & Sanez, J. (2010). Avances en la investigación de *Phytophthora palmivora*, el agente causal de la pudrición del cogollo de palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 55-63.

McKean, S. J. (1993). *Manual de analisis de suelos y tejido vegetal*. Palmira.

Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca. (11 de Marzo de 2016). Resolución declaratoria de Emergencia N 50. Quito, Pichincha, Ecuador.

Munévar M, F., & Acosta G, A. (Agosto de 2002). Recomendaciones de manejo del cultivo de palma de aceite para minimizar el impacto de la pudrición del cogollo. *Ceniavances*(97), 1-4.

Munévar Martinez, F. (2004). Relación entre la nutrición y las enfermedades de las plantas. *PALMAS*, 25(Especial), 171-178.

- Munévar Martínez, F., Franco Bautista, P. N., & Arias Arias, N. A. (2016). *Guía general para el muestreo foliar y de suelos de palma de aceite* (Vol. 37). Bogotá, Colombia: CENIPALMA.
- Muñoz, W. A. (2016). *Texto básico para profesional en ingeniería forestal, en el área de fisiología vegetal*. Iquitos.
- Nidal, J., Hussen, F., & Al Ali, A. (2015). Preliminary Phytochemical Screening, Quantitative Estimation of Total Flavonoids, Total Phenols and Antioxidant Activity of *Ephedra alata* Decne. *Journal of material and environmental Science*, 1771-1778.
- Olugbenga, A., Awala, S. I., Ogunleye, A. G., & Okogbue, F. N. (2016). Antimicrobial screening and phytochemical analysis of *Elaeis Guineensis* (Ewe Igi Ope) against *Salmonella* Strains. *British Journal of Pharmaceutical Research*, 10(3), 1-9.
- Owen Barlett, E. (1995). Características físico-químicas del suelo y su incidencia en la absorción de nutrimentos, con énfasis en el cultivo de la palma de aceite. *Palmas*, Vol 16, 31-40.
- Raaman, P. N. (2006). *Phytochemical Techniques*. New Delhi: New India Publishing Agency.
- Rincón, M. (2009). Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *PALMAS*, 30(2), 12-14.
- Ronquillo, M. (2012). Etiología de la pudrición del cogollo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en el Ecuador.
- Ronquillo, M., Estévez, C., & Bernal, G. (2013). Identificación de *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solano*, asociados a la pudrición de cogollo de la palma aceitera (*Elaeis*

guineensis Jacq) en la provincia de Esmeraldas, Ecuador. En CIPAL, *Investigaciones en Palma aceitera, recopilación de estudios, conocimientos y productividad desarrollados por el CIPAL* (pág. 133).

Sabino Prates, H., Lavres Junior, J., & Ferreira de Moraes, M. (2007). *Azufre como nutriente y agente de defensa contra plagas y enfermedades*. International Plant Nutrition Institute, Quito.

Sadzawka, A. R., Carrasco, M. A., Demanet, R. F., Flores, H. P., Grez, R. Z., Mora, M. G., & Neaman, A. (2007). *Métodos de análisis de tejidos vegetales*. Santiago de Chile: Salesianos Impresores S.A.

Sadzawka, A. R., Carrasco, M. A., Grez, R., Mora, M. D., Flores, H., & Neaman, A. (2016). *Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile*. Santiago de Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Sánchez, A. (1990). Enfermedades de la palma de aceite en América Latina. *Palmas*, 11(4), 5-15.

Sasidharan, S., Soundararajan, V., & Yoga, L. (2009). Antioxidant and Hepatoprotective Activity of Methanolic Extracts of *Elaeis Guineensis* Jacq Leaf. *Pharmacologyonline*, 84-90.

Taemizi, A., Tayeb, D., & Hamdan, A. (2004). Oil palm nutrient requirements. En C. P. Soon, & T. Y. Pau (Ed.), *Proceedings of MOSTA best practices workshops: agronomy and crop management, Malaysia, March to August 2004.*, (págs. 221-234). Selangor.

Tan, Y., Yeoh, K., Wong, M., & Ho, C. (2013). Expression profiles of putative defence-related proteins in oil palm (*Elaeis guineensis*) colonized by *Ganoderma boninense*. *ELSEVIER*, 1455-1460.



- Tanque, M. (1982). *Studies of the characteristics of some soils under oil palm in Sabah* (Vol. Bulletin no 5). Sabah, Malaysia.
- Torres, G., Sarria, G., Salcedo, S., Varon, F., Aya, H., Ariza, J., . . . Martinez , G. (2008). Phythopthora sp. es el responsable de las lesiones iniciales de la pudricion de cogollo (PC) de la palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 29(3), 11-21.
- Vallejo, Y. (2012). Diseño e implementacion de un sistema de costos en la finca Marujita dedicada al cultivo y comercialización de la palma africana. *Universidad Central del Ecuador*, 4.
- Yin, N. S., Abdullah, S., & Phin, C. K. (2013). Phytochemical constituents from leaves of *Elaeis Guineensis* and their antioxidant and antimicrobial activities. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(4), 137-140.

## ANEXOS

*Anexo I* Resultados del análisis conductividad eléctrica del suelo en cultivo de Palma africana

FINCA	ESTADIO	dS/m
<b>F1</b>	S	0.11
		0.06
		0.08
	E1	0.07
		0.13
		0.10
	E2	0.11
		0.18
		0.03
E3	0.12	
	0.06	
	0.09	
<b>F2</b>	S	0.12
		0.11
		0.16
	E1	0.05
		0.07
		0.04
	E2	0.1075
		0.1585
		0.076
E3	0.1285	
	0.091	
	0.11275	
<b>F3</b>	S	0.12
		0.16
		0.056
	E1	0.19
		0.095
		0.12
	E2	0.11
		0.142
		0.12
E3	0.14	
	0.12	
	0.136	

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.

**Anexo 2** Análisis de pH del suelo en cultivo de palma africana

FINCA	ESTADIO	PH	
<b>F1</b>	S	5.96	
		6.11	
		6.04	
	E1	6.04	
		6.13	
		6.09	
	E2	7.21	
		4.48	
		5.83	
	E3	5.84	
		5.93	
		5.89	
	<b>F2</b>	S	6.23
			5.80
			5.64
E1		6.71	
		3.92	
		6.23	
E2		7.205	
		4.845	
		5.665	
E3		5.3	
		6.64	
		5.6025	
<b>F3</b>		S	3.98
			7.54
			7.95
	E1	5.84	
		7.61	
		6.11	
	E2	7.2	
		5.21	
		5.5	
	E3	4.76	
		7.35	
		5.32	

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.

**Anexo 3** Análisis de materia orgánica en cultivo de palma africana

FINCA	ESTADIO	MATERIA ORGÁNICA
<b>F1</b>	S	6.66
		7.53
		7.1
	E1	6.49
		9.52
		8.01
	E2	8.13
		6.29
		6.28
	E3	5.79
		5.68
		5.74
<b>F2</b>	S	11.36
		9.89
		9.62
	E1	7.5
		8.37
		7.14
	E2	7.66
		7.11
		7.3
	E3	4.81
		5.23
		4.59
<b>F3</b>	S	5.15
		6.73
		4.41
	E1	5.42
		4.26
		4.72
	E2	7.2
		7.93
		8.33
	E3	3.83
		4.78
		3.45

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.

**Anexo 4** Análisis de macronutrientes en cultivo de palma africana

Finca	Estadio	Nitrógeno (%)	Fósforo (mg/kg)	Potasio (cmol/kg)	Calcio (cmol/kg)	Magnesio (cmol/kg)	Azufre (mg/kg)
<b>F1</b>	S	0.33	6.10	0.02	8.8	1.48	2.43
		0.38	5.70	0.02	3.73	0.35	2.92
		0.36	7.10	0.03	6.265	0.915	2.72
	E1	0.32	4.70	0.05	6.78	0.8	1
		0.48	3.50	0.04	4.94	0.43	1
		0.40	4.10	0.05	5.86	0.615	1
	E2	0.28	6.30	0.37	2.98	0.41	1
		0.35	6.01	0.52	3.34	0.47	1
		0.39	5.39	0.31	3.61	0.62	1
	E3	0.28	4.6	0.08	3.17	0.74	1
		0.29	3.5	0.01	9.18	0.24	1
		0.29	4.05	0.05	6.18	0.49	1
<b>F2</b>	S	0.59	3.24	0.21	6.3	0.83	2.985
		0.43	3.4	0.26	7.61	0.49	2.945
		0.51	3.86	0.25	6.61	0.96	2.95
	E1	0.42	4.1	0.01	0.72	0.13	1
		0.33	3.12	0.017	0.55	0.15	1
		0.39	3.28	0.013	0.86	0.14	1
	E2	0.315	6.995	0.71	3.745	1.13	8.43
		0.375	7.76	0.9	5.285	1.2	9.135
		0.405	6.845	0.49	4.515	1.75	9.045
	E3	0.26	5.165	0.235	5.06	1.085	2.02
		0.22	5.995	0.27	9.52	0.61	2.205
		0.2475	5.715	0.2075	6.7425	0.885	2.21
<b>F3</b>	S	0.22	9.51	0.53	14.57	4.1	3.54
		0.43	27.36	0.95	12.83	3.24	2.97
		0.16	17.43	1.13	12.62	2.62	3.18
	E1	0.24	15.5	0.69	14.61	1.59	1
		0.3	12.5	0.75	7.3	2.14	1
		0.18	16.7	0.84	8.6	2.96	1
	E2	0.35	7.69	1.05	4.51	1.85	15.86
		0.4	9.51	1.28	7.23	1.93	17.27
		0.42	8.3	0.67	5.42	2.88	17.09
	E3	0.24	5.73	0.39	6.95	1.43	3.04
		0.15	8.49	0.53	9.86	0.98	3.41
		0.21	7.38	0.37	7.31	1.28	3.42

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.

**Anexo 5** Análisis de micronutrientes en plantación de palma africana

Finca	Estadio	Hierro (mg/kg)	Manganeso (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Boro (mg/kg)
<b>F1</b>	S	211.40	10.93	6.48	1.89	<0.5
		276.10	7.55	6.4	3.26	<0.5
		243.75	9.24	6.44	1.57	<0.5
	E1	199.40	13.09	6.34	1.57	<0.5
		324.00	9.19	6.22	1.10	<0.5
		261.70	11.14	6.28	1.02	<0.5
	E2	217.50	6.94	5.49	0.76	<0.5
		231.80	7.25	5.22	0.98	<0.5
		208.30	9.75	5.4	0.87	<0.5
	E3	214.90	9.46	5.92	1.83	<0.5
		289.00	8.18	7.64	1.37	<0.5
		251.95	8.82	6.78	1.51	<0.5
<b>F2</b>	S	973.42	59.2	8.71	5.19	<0.5
		983.24	70.31	10.3	8.93	<0.5
		827.64	74.88	10.87	3.61	<0.5
	E1	274.31	9.12	8.16	1.26	<0.5
		356.55	7.05	11.51	1.73	<0.5
		298.54	7.51	8.44	2.08	<0.5
	E2	306.59	9.685	5.55	3.845	<0.5
		291.1	8.55	7.365	3.96	<0.5
		264.21	9.2	5.985	3.85	<0.5
	E3	287.255	15.82	6.855	2.345	<0.5
		338.74	16.57	7.94	1.705	<0.5
		284.73	16.855	6.97	2.82	<0.5
<b>F3</b>	S	383.68	7.89	4.67	7.12	1.02
		359.41	9.43	6.37	7.24	0.85
		420.61	13.13	5.31	9.46	1.04
	E1	322.71	12.81	7.43	8.53	<0.5
		351.36	12.41	7.12	8.94	<0.5
		362.13	7.63	5.19	9.2	<0.5
	E2	395.68	12.43	5.61	6.93	<0.5
		350.4	9.85	9.51	6.94	<0.5
		320.12	8.65	6.57	6.83	<0.5
	E3	359.61	22.18	7.79	2.86	<0.5
		388.48	24.96	8.24	2.04	<0.5
		317.51	24.89	7.16	4.13	<0.5

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.

**Anexo 6** Análisis de porcentaje de cenizas foliar en palma africana

Finca	Estadio	Cenizas %
<b>F1</b>	S	8.5
		9.74
		10.86
	E1	6.8
		4.61
		5.39
	E2	7.15
		6.2
		4.05
	E3	11.84
		15.61
		11.55
<b>F2</b>	S	9.53
		11.78
		10.03
	E1	9.03
		7.22
		7.74
	E2	7.39
		9.07
		5.74
	E3	10.28
		11.88
		9.93
<b>F3</b>	S	10.57
		13.83
		9.2
	E1	11.27
		9.84
		10.09
	E2	7.41
		11.94
		7.43
	E3	8.72
		8.16
		8.35

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.

**Anexo 7** Análisis de porcentaje de materia orgánica de la hoja 17 en palma africana

Finca	Estadio	Materia Orgánica (%)
<b>F1</b>	S	78.02
		98.37
		94.51
	E1	105.14
		82.63
		95.43
	E2	97.53
		97.61
		87.46
	E3	84.3
		94.27
		82.43
<b>F2</b>	S	97.525
		85.655
		85.47
	E1	98.77
		94.315
		82.915
	E2	97.585
		95.16
		84.605
	E3	85.065
		89.88
		92.955
<b>F3</b>	S	117.03
		72.94
		76.43
	E1	92.4
		106
		70.4
	E2	97.64
		92.71
		81.75
	E3	85.83
		85.49
		103.48

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.



**Anexo 8** Análisis de macronutrientes presentes en zona foliar en plantación de palma africana

Finca	Estadio	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Calcio (%)	Magnesio (%)	Azufre (%)
<b>F1</b>	S	1.83	0.12	1.49	0.86	0.17	0.11
		2.51	0.14	1.27	0.59	0.11	0.07
		2.95	0.10	1.38	0.68	0.23	0.12
	E1	1.49	0.08	1.51	0.42	0.07	0.08
		1.18	0.09	1.38	0.24	0.18	0.09
		1.68	0.13	1.40	0.45	0.17	0.06
	E2	0.98	0.08	1.49	0.23	0.16	0.05
		1.34	0.08	1.92	0.26	0.08	0.08
		1.43	0.11	1.78	0.17	0.06	0.08
	E3	1.49	0.13	1.19	0.82	0.12	0.09
		2.13	0.09	1.35	0.79	0.08	0.12
		1.66	0.14	1.24	0.67	0.10	0.06
<b>F2</b>	S	2.02	0.125	1.2	0.915	0.19	0.125
		2.25	0.14	0.895	0.69	0.19	0.075
		3.11	0.095	1.115	0.87	0.265	0.085
	E1	2.105	0.1	1.2	0.72	0.175	0.095
		1.505	0.13	1.21	0.515	0.205	0.095
		2.33	0.145	1.175	0.79	0.19	0.105
	E2	1.475	0.125	1.66	0.49	0.215	0.09
		1.75	0.125	1.745	0.615	0.185	0.095
		1.56	0.11	1.83	0.5	0.125	0.085
	E3	1.565	0.125	1.335	0.88	0.18	0.07
		2.105	0.125	1.36	0.76	0.13	0.135
		1.745	0.11	1.61	0.805	0.185	0.065
<b>F3</b>	S	2.21	0.13	0.91	0.97	0.21	0.14
		1.99	0.14	0.52	0.79	0.27	0.08
		3.27	0.09	0.85	1.06	0.3	0.05
	E1	2.72	0.12	0.89	1.02	0.28	0.11
		1.83	0.17	1.04	0.79	0.23	0.1
		2.98	0.16	0.95	1.13	0.21	0.15
	E2	1.97	0.17	1.83	0.75	0.27	0.13
		2.16	0.17	1.57	0.97	0.29	0.11
		1.69	0.11	1.88	0.83	0.19	0.09
	E3	1.64	0.12	1.48	0.94	0.24	0.05
		2.08	0.16	1.37	0.73	0.18	0.15
		1.83	0.08	1.98	0.94	0.27	0.07

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.

**Anexo 9** Análisis de micronutrientes presentes en zona foliar en plantación de palma africana

Finca	Estadio	Hierro (mg/kg)	Manganeso (mg/kg)	Cobre (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Boro (mg/kg)
<b>F1</b>	S	194.78	89.54	8.16	15.58	9.25
		205.09	102.77	9.47	27.66	12.41
		160.83	88.19	8.02	22.97	11.52
	E1	113.79	55.03	4.76	13.62	8.83
		134.26	59.83	7.21	16.83	13.46
		124.67	56.71	3.63	14.7	9.39
	E2	157.84	48.94	4.78	21.31	14.49
		140.75	37.93	7.06	15.73	9.87
		136.53	51.73	3.91	19.51	9.45
	E3	179.53	144.38	7.26	17.53	16.57
		160.49	192.69	9.72	13.27	15.42
		151.83	169.78	8.37	14.05	24.2
<b>F2</b>	S	194.75	90.995	8.66	20.155	11.355
		188.95	93.695	9.605	28.965	11.49
		167.97	93.17	7.685	24.335	13.215
	E1	142.09	76.685	7.285	17.935	11.78
		169	87.39	7.2	19.645	13.875
		150.295	77.11	5.315	21.445	9.94
	E2	176.255	72.585	5.115	19.52	15.615
		164.18	73.705	7.035	18.355	12.865
		148.22	70.07	4.68	20.85	11.66
	E3	176.79	101.465	6.68	18.24	14.59
		160.66	132.315	7.72	16.015	14.86
		174.575	113.47	7.65	14.945	17.545
<b>F3</b>	S	194.72	92.45	9.16	24.73	13.46
		172.81	84.62	9.74	30.27	10.57
		175.11	98.15	7.35	25.7	14.91
	E1	170.39	98.34	9.81	22.25	14.73
		203.74	114.95	7.19	22.46	14.29
		175.92	97.51	7	28.19	10.49
	E2	194.67	96.23	5.45	17.73	16.74
		187.61	109.48	7.01	20.98	15.86
		159.91	88.41	5.45	22.19	13.87
	E3	174.05	58.55	6.1	18.95	12.61
		160.83	71.94	5.72	18.76	14.3
		197.32	57.16	6.93	15.84	10.89

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.

**Anexo 10** Análisis actividad antioxidante del extracto de palma africana

Finca	Estadio	% Inhibición
<b>F1</b>	S	57.54900402
	E1	60.10956358
	E2	67.78512821
	E3	62.13697893
<b>F2</b>	S	59.61554922
	E1	63.11522518
	E2	68.76826569
	E3	64.97511586
<b>F3</b>	S	59.46636667
	E1	61.68087162
	E2	70.77244769
	E3	65.61708996

F1: Finca 1, F2: Finca 2, F3: Finca 3, S: Plantas sanas, E1: Plantas enfermas con PC en estadio 1, E2: Plantas enfermas con PC en estadio 2, E3: Plantas enfermas con PC en estadio 3.