



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA  
MODALIDAD SEMIPRESENCIAL**



Unidad de Estudios a  
Distancia

**CARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE ESTIMULANTES RADICULARES EN EL CULTIVO DE  
LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.)**

**AUTORA**

**MOLINA ROMERO MIRIAN CARLINA**

**DIRECTOR**

**ING. CARIL AMARILDO ARTEAGA CEDEÑO**

**QUEVEDO – LOS RÍOS - ECUADOR**

**2012**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA  
MODALIDAD SEMIPRESENCIAL**



**CARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE ESTIMULANTES RADICULARES EN EL CULTIVO DE  
LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.)**

Presentada al Honorable Comité Técnico Académico Administrativo de la Unidad de Estudios a Distancia como requisito previo para la obtención del título de

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

Ing. Geovanny Suárez Fernández, MSc. ....  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Lauden Rizzo Zamora, MSc. ....  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Karina Plúa Panta, MSc. ....  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Caril Amarildo Arteaga Cedeño, MSc. ....  
**DIRECTOR DE TESIS**

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR**

**2012**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Miriam Carlina Molina Romero, bajo juramento declaro que el trabajo aquí descrito es de mí autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Unidad de Estudios a Distancia según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Miriam Carlina Molina Romero**

## **CERTIFICACIÓN**

Ing. Caril Amarildo Arteaga Cedeño, MSc., en calidad de director de tesis, certifica: que la señorita egresada Miriam Carlina Molina Romero, realizó la tesis titulada: EFECTO DE ESTIMULANTES RADICULARES EN EL CULTIVO DE LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis Jacq.*) bajo mi dirección, habiendo cumplido con la disposición reglamentaria establecida para el efecto.

---

**Ing. Caril Amarildo Arteaga Cedeño, MSc.**  
**DIRECTOR DE TESIS**

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad, en cuyas aulas crecimos en conocimientos y los maestros nos dieron todo de sí para que crezcamos en conocimientos.

Ing. MSc. Roque Vivas Moreira, Rector de la UTEQ, por su gestión académica que acertadamente dirige.

A la Ingeniera Guadalupe Murillo de Luna. Vicerrectora Administrativa y ex Directora de la Unidad de Estudios a Distancia, por su dedicación y constancia y su ardua dedicación a la formación de los profesionales para el servicio del sector agropecuario.

A la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera ANCUPA, por la ayuda brindada para la realización de la presente investigación.

Al Dr. Hoover Celleri, Director de la Comisión Técnica de ANCUPA, por todo el apoyo brindado en el trabajo de campo.

Al Dr. Gustavo Bernal, Director de Investigación de ANCUPA, por dar seguimiento en la investigación.

Al Ing. Cristian Vega, Colaborador de Investigación por todo el apoyo brindado.

Un imperecedero reconocimiento a los señores: Ing. Karina Plúa Panta, MSc.; Ing. Geovakg Rizzo Zamora, MSc.; Ing. Geovanny Suárez Fernández, MSc. A todos los profesores que han contribuido y permitido realizar esta tesis, por los medios técnicos que han puesto a mi disposición, por la ilusión que surgió en lo que hacíamos, por las ideas, apoyo y confianza que mostraron en mí, sobre todo a mi director de tesis: Ing. Caril Arteaga Cedeño, MSc.

A todos mis compañeros de ANCUPA: Vladimir, Alexandra, Nelson ,Galo, Eduardo, Edgar y Miguel Angel, que siempre me brindaron su ayuda comprensión.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios que me ha dado vida y fortaleza para terminar con éxito este proyecto de investigación

A mis Padres los seres más maravillosos del mundo, A mi hijo ya que sin su ayuda no lo hubiera logrado, gracias por ese apoyo moral, cariño y comprensión que desde niña supieron brindarme, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más difíciles, y esto ha hecho que sea lo que soy.

A mis hermanos Washington, Ana María y Rosa María por el apoyo brindado en toda mi vida.

**Miriam Carlina**

## ÍNDICE

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
<b>1.1. Objetivos</b> .....	<b>2</b>
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
<b>1.2. Hipótesis</b> .....	<b>3</b>
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
<b>2.1. Generalidades de la palma africana (<i>Elaeis guineensis jacq.</i>)</b> .....	<b>4</b>
2.1.1. Origen .....	4
2.1.2. Taxonomía.....	5
2.1.3. Morfología.....	6
2.1.3.1. Variedades o materiales.....	6
2.1.3.2. Sistema Radicular .....	6
2.1.3.3. Tallo .....	7
2.1.3.4. Hojas .....	8
2.1.3.5. Inflorescencias .....	9
2.1.3.6. Fruto y Racimos .....	9
<b>2.2. Historia de la palma aceitera</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3. El cultivo de palma en el Ecuador</b> .....	<b>12</b>
2.3.1. Breve historia.....	12
2.3.2. Áreas productoras de palma aceitera del Ecuador .....	15
<b>2.4. Requerimientos de la palma aceitera</b> .....	<b>15</b>
2.4.1. Ubicación geográfica .....	15
2.4.2. Características climáticas .....	16
2.4.3. Características edáficas.....	16
<b>2.5. Nutrición de la palma aceitera (<i>E. guineensis Jacq.</i>)</b> .....	<b>17</b>
2.5.1. Nutrición mineral del cultivo .....	18

<b>2.6. Procesos metabólicos de los principales elementos.....</b>	<b>20</b>
2.6.1. Nitrógeno (N) .....	20
2.6.2. Fósforo (P).....	21
2.6.3. Potasio (K).....	21
2.6.4. Calcio (Ca).....	22
2.6.5. Magnesio (Mg).....	23
<b>2.7. Descripción de Ácidos Fúlvicos, Húmicos, Huminas .....</b>	<b>23</b>
2.7.1. Clasificación de las sustancias húmicas .....	24
2.7.1.1. Ácidos Fúlvicos .....	25
2.7.1.2. Ácidos Húmicos.....	25
<b>2.8. Productos biológicos como mejoradores del suelo .....</b>	<b>26</b>
2.8.1. Biofertilizante .....	27
<b>2.9. Productos orgánicos como alternativa para mejoramiento de la calidad del suelo y estimulación en el crecimiento radical .....</b>	<b>29</b>
2.9.1. Humus .....	29
2.9.1.1. Beneficios del humus .....	30
2.9.1.2. El humus y sus microorganismos.....	31
2.9.1.3. Valores Biológicos del Humus.....	33
2.9.1.3.1. Microorganismos .....	33
2.9.1.3.2. Fitohormonales .....	33
2.9.1.3.3. Nutritivos.....	34
2.9.2. Contenido del humus.....	34
2.9.3. Enraizadores.....	35
2.9.3.1. Cargas Microbianas .....	36
2.9.3.2. Enraizador Seaweed Extract.....	37
<b>2.10. Estimulantes radiculares .....</b>	<b>37</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1. Localización y duración del experimento .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2. Condiciones Meteorológicas.....</b>	<b>41</b>



3.3. Diseño experimental .....	42
3.4. Tratamientos .....	42
3.5. Unidades experimentales .....	43
3.6. Delineamiento experimental.....	43
3.7. Variables y Métodos de Evaluación.....	44
3.7.1. Contenido nutricional de suelo y foliar.....	44
3.7.2. Características microbiológicas del suelo .....	44
3.7.3. Peso fresco y seco de raíces (g) .....	44
3.7.4. Longitud de raíces (cm) .....	44
3.7.5. Emisión foliar .....	45
3.7.6. Área Foliar .....	45
3.7.7. Análisis de costos .....	46
3.8. Mediciones experimentales.....	46
3.8.1. Aplicación de estimulantes radiculares.....	46
3.8.2. Fertilización .....	46
3.8.3. Control de plagas y enfermedades .....	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1. Características microbiológicas del suelo.....	47
4.2. Área foliar anual .....	48
4.3. Emisión foliar (hojas/mes).....	50
4.4. Peso fresco de raíces (g).....	51
4.5. Peso seco de raíces (g).....	52
4.6. Longitud de raíces (m).....	54
4.7. Análisis edáficos de elementos nutricionales .....	56
4.7.1. pH (Potencial Hidrógeno).....	56
4.7.2. NH <sub>4</sub> .....	56
4.7.3. Fosforo (P).....	56

4.7.4. Azufre (S).....	57
4.7.5. Potasio (K).....	57
4.7.6. Calcio (Ca).....	57
4.7.7. Magnesio (Mg).....	57
4.7.8. Zinc (Zn).....	58
4.7.9. Cobre (Cu).....	58
4.7.10. Hierro (Fe).....	58
4.7.11. Manganeseo (Mn).....	58
4.7.12. Boro (B).....	58
<b>4.8. Costos .....</b>	<b>59</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>63</b>
VII. RESUMEN.....	64
<b>Las Unidades experimentales estuvieron conformado por 6 plantas por     parcela neta, dando un total de 180 plantas de evaluación.....</b>	<b>64</b>
VIII. SUMMARY.....	65
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>66</b>
<b>X. ANEXOS .....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Superficie sembrada de palma africana por región y por provincia.....	14
Cuadro 2. Superficie, producción y rendimiento, período 2002 – 2008 .....	15
Cuadro 3. Niveles críticos de elementos minerales en palma africana ( <i>Elaeis guineensis jacq.</i> ).....	20
Cuadro 4. Dosificación del humus .....	34
Cuadro 5. Análisis de contenidos medios .....	35
Cuadro 6. Condiciones meteorológicas de la zona bajo estudio .....	41
Cuadro 7. Análisis de varianza para el ensayo .....	42
Cuadro 8. Esquema del experimento.....	43
Cuadro 9. Área foliar anual .....	49
Cuadro 10. Emisión foliar anual.....	50
Cuadro 11. Peso fresco de raíces (g) .....	51
Cuadro 12. Peso seco de raíces.....	53
Cuadro 13. Longitud de raíces (m) .....	55
Cuadro 14. Análisis edáficos de elementos nutricionales bajo el efecto de estimulantes radiculares en el cultivo de la palma aceitera ( <i>Elaeis guineensis Jacq.</i> ).....	60
Cuadro 15. Costos de los tratamiento bajo el efecto de estimulantes radiculares en el cultivo de la palma aceitera ( <i>Elaeis guineensis Jacq.</i> ).....	61

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Gráfico 1. Contenido nutricional del suelo promedio de UFC/gss.....	48
Gráfico 2. Área foliar (m2) anual.....	49
Gráfico 3. Emisión foliar (hojas/mes) .....	51
Gráfico 4. Peso fresco de raíces (g) .....	52
Gráfico 5. Peso seco de raíces (g).....	54
Gráfico 6. Longitud de raíces (m).....	55

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Anexo 1. Prueba de DUNNET para la variable emisión foliar .....	73
Anexo 2. Prueba de DUNNET para la variable peso fresco de raíces.....	73
Anexo 3. Prueba de DUNNET para la variable peso seco de raíces .....	74
Anexo 4. Prueba de DUNNET para la variable longitud de raíces .....	74
Anexo 5. Emisión foliar.....	75

## I. INTRODUCCIÓN

La Palma Aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*), es uno de los principales cultivos de uso industrial en el Ecuador, y fundamentalmente se siembra en Quevedo, Santo Domingo y Esmeraldas. Las exportaciones de aceite en 1996 alcanzaron las 22.908 TM y su destino fue México (80%) y Europa (20%). El ingreso de divisas por este rubro fue de 11 millones de dólares (NÚÑEZ, 2008).

La Asociación Nacional de cultivadores de Palma Aceitera ANCUPA, (2009) indica que la palma de aceite (*Elaeis guineensis Jacq.*) es uno de los cultivos más promisorios del Ecuador por que tiene la ventaja de producir todo el año y tiene la ventaja de convertirse fácilmente en bio-diesel con una superficie de 207 225.31 ha<sup>-1</sup>. La palma puede usarse tanto para el consumo en forma de aceites, mantecas, cosméticos, como también para la obtención del bio-diesel que es un bio combustible proveniente de los aceites vegetales o animales. El bio-diesel es 100% biodegradable y no tóxico, pudiéndose convertir en el principal sustituto del petróleo.

El sistema radicular de la Palma Aceitera es bastante desarrollado y generalmente superficial, se encuentran en su mayoría de 0.5 a 1 metro de profundidad. Las raíces de la palma carecen de pelos absorbentes y son principalmente las raíces cuaternarias las encargadas de la absorción de los elementos nutritivos.

Uno de los principales problemas que aqueja a la palma en el bloque occidental (Quinindé – Quevedo) es la escasez de raíces debido a factores bióticos (plagas) y a factores abióticos (fertilizantes mal aplicados). Sin duda, esta situación afecta considerablemente la producción y rendimiento del cultivo.

Una alternativa para poder incrementar y mejorar el sistema radicular es el empleo de estimulantes radiculares, entre los cuales se encuentran los biofertilizantes

Los biofertilizantes sean de origen animal, vegetal o microbiano, suministran muchas de las proteínas relacionadas con las defensas de las plantas o actúan como inductores de resistencia (elicitores). La producción de cultivos con tecnología limpia, es decir, que no afecte al medio ambiente ni a la salud de los agricultores y consumidores, es un reto de la comunidad científica actual. No se trata de eliminar la fertilización inorgánica o del uso de agroquímicos tradicionales, sino hacerlos más eficiente, para reducir su uso.

El uso de abonos orgánicos como los estimulantes radiculares puede contribuir significativamente con absorción de la mayor cantidad de nutrientes, al mismo tiempo pueden contribuir con la protección del recurso suelo, al disminuir los fertilizantes químicos. Por tal razón, el presente estudio se justifica ampliamente.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar estimulantes radiculares en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en La Independencia, Esmeraldas.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

1. Evaluar el efecto de los estimulantes radiculares en las características físicas, químicas y biológicas del suelo.
2. Determinar la influencia de los tratamientos en el desarrollo radicular de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.).
3. Realizar el análisis económico de los tratamientos.

## **1.2. Hipótesis**

- Los estimulantes radiculares mejoran las características nutricionales de los suelos
- Los estimulantes radiculares mejoran el comportamiento microbiano en el suelo.
- Los estimulantes radiculares no mejoran las características del cultivo.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades de la palma africana (*Elaeis guineensis jacq.*)

#### 2.1.1. Origen

El género *Elaeis* comprende tres especies de palma aceitera: la palma africana (*Elaeis guineensis*); el nolí o palma americana nolí (*Elaeis oleífera*) y el corozo colorado (*Elaeis odora*). CHÁVEZ (2001).

Las palmas de este género se caracterizan por ser monoicas, de troncos solitarios, hojas pinnadas con peciolos ligeramente espinosos, foliolos insertados irregularmente dando un aspecto plumoso, las flores masculinas con 6 estambres y fruto ovoide.

Anteriormente se consideraron como una sola especie, luego se las dividió en tres géneros diferentes, y actualmente se consideran del mismo género, pero de especies aparte, sexualmente compatibles.

*Elaeis guineensis*, es originaria de África occidental, de ella ya se obtenía aceite hace 5 milenios, especialmente en la Guinea Occidental, de allí pasa a América introducida después de los viajes de Colón, y en épocas más recientes fue introducida a Asia desde América. Su cultivo es de gran importancia económica, provee la mayor cantidad de aceite de palma y sus derivados a nivel mundial. CHÁVEZ (2001).

La palma aceitera está clasificada dentro del Orden Arcales, Familia Aracaceae, Género *Elaeis* y Especie *E. guineensis*. El nombre botánico fue dado por Jacquin en 1763 de donde sale el nombre *Elaeis guineensis* Jacq. Etimológicamente la palabra *Elaeis* viene del griego “elaion” que significa aceite, y el nombre

específico *guineensis* se debe a que se encontró ejemplares de la palma aceitera en la costa de Guinea. CORLEY y TINKER, (2009).

La especie *Elaeis oleífera*, es americana, considerada como amazónica, aunque algunos autores, la consideran común en toda de la América tropical. Su cultivo es de importancia económica en América tropical. Esta especie estuvo a punto de extinguirse en grandes áreas del continente americano. *Elaeis odora*, es también americana, propia de las selvas húmedas tropicales y muy promisorio.

El cruce entre las *E. guineensis* x *E. oleífera*, produce una población híbrida con ventajas agronómicas, al mejorar los cultivos frente a plagas, enfermedades y condiciones físicas. Las tres se desarrollan en climas tropicales cálidos lluviosos (selva lluviosa tropical), y como cultivo requieren del mismo manejo. CHÁVEZ (2001).

### **2.1.2. Taxonomía**

La palabra "*Elaeis*" proviene del griego Eleia = Olivo, y la palabra Guinea= *guineensis*, que hace referencia a la característica de producir aceite. El nombre común o vulgar es Palmera del aceite, Palma de aceite, Palma aceitera, Corozo de Guinea, Palma aceitera oleaginosa, Palmera abora, Palmera Aceitera, Palmera de Guinea. UMAÑA (2004).

División: Fanerógamas,

Tipo: Angiosperma,

Clave: Monocotiledónea,

Orden: Palmales,

Familia: Palmaceae,

Tribu: Coccoinea

Género: *Elaeis* (*guineensis* y *oleífera*).

Especies: *guineensis* y *olífera*

### **2.1.3. Morfología**

#### **2.1.3.1. Variedades o materiales**

Las variedades de la palma son las siguientes;

**Dura.** Su fruto tiene un endocarpo de más de 2 mm de espesor. El mesocarpo o pulpa contiene fibras dispersas, y es generalmente delgado.

**Pisífera.** No tiene endocarpo. La almendra es desnuda. El mesocarpo no contiene fibras y ocupa gran porción del fruto. Esta variedad produce pocos frutos en el racimo. Por eso se emplea sólo para mejorar la variedad dura, mediante el cruzamiento.

**Ténera.** Es el híbrido del cruce entre Dura y Pisífera. Tiene un endocarpo delgado de menos de 2 mm de espesor. En el mesocarpo se encuentra un anillo con fibras. BORRERO (2006).

#### **2.1.3.2. Sistema Radicular**

El sistema radical de la Palma Aceitera es de tipo fasciculado, en forma de cabellera; del bulbo radical salen dos tipos de raíces primarias, unas son verticales y otras adventicias. Las verticales se dividen en cuatro clases: Primarias que pueden tener gran cantidad de agua cuando son nuevas, pueden medir de 6 a 10 milímetros de diámetro y llegar a una longitud de hasta 10 metros.

Estas raíces son de dos tipos: a) Raíces primarias verticales descendentes, son de número reducido, tienen como función la de anclar a la planta en el suelo; y, b) Raíces primarias radiales, que generalmente son horizontales y dan origen la

mayoría de raíces. Las raíces primarias dan origen a las secundarias, estas tienen un diámetro de 1 a 4 milímetros de longitud de hasta 2 metros.

De estas raíces se originan las terciarias, que miden de 0.5 a 1.5 milímetros de diámetro y alcanzan aproximadamente 10 centímetros de longitud. Así mismo, estas raíces dan origen a las cuaternarias, que tienen un diámetro de 0.2 a 0.5 milímetros y llegan a alcanzar hasta 3 centímetros de longitud. Estas raíces no poseen pelos absorbentes y no son lignificadas. La mayor parte de estas raíces se localizan en los primeros 30 a 40 centímetros de profundidad del suelo, especialmente las raíces terciarias y cuaternarias. REVELO (2002).

### **2.1.3.3. Tallo**

El tallo o tronco de la palma aceitera se desarrolla en tres a cuatro años, una vez que ha tenido lugar la mayor parte del crecimiento horizontal del sistema radicular. Luego de sembrada la palma en campo definitivo se inicia la formación de un órgano voluminoso en la base del tallo que es el bulbo, que origina el ensanchamiento en la base del tronco y sirve de asiento a la columna del tallo.

Al otro extremo del bulbo, en el ápice del tallo se encuentra la yema vegetativa o meristemo apical, que es el punto de crecimiento del tallo, de forma cónica enclavada en la corona de la palma, protegido por el tejido tierno de las hojas jóvenes que emergen de él en número de 45 a 50.

Las bases de inserción de los pecíolos que permanecen vivos por largo tiempo, forman gruesas escamas que dan al árbol su aspecto característico; al morir éstas, caen, dejando al tallo desnudo con un color oscuro, liso y adelgazado, cosa que puede apreciarse en plantas muy viejas. (RAYGADA, 2005).

#### 2.1.3.4. Hojas

En una planta adulta, el tallo está coronado por un penacho de hojas con una longitud entre 5 y 8 metros y un peso de 5 a 8 kilos cada una. Aparenta ser una hoja compuesta, aunque en realidad es una hoja pinnada, (con folíolos dispuestos como pluma, a cada lado del pecíolo) y consta de dos partes: el raquis y el pecíolo. (RAYGADA, 2005).

A uno y otro lado del raquis existen de 100 a 160 pares de folíolos dispuestos en diferentes planos, correspondiendo el tercio central de la hoja a los más largos (1.20 m.). Esta irregular disposición de los folíolos marca una de las características distintivas de la especie *Elaeis guineensis*. El pecíolo muy sólido en su base y provisto de espinas en los bordes, las que se transforman en folíolos rudimentarios en la medida en que se alejan del tallo, presenta una sección transversal asimétrica, con tendencia triangular o de letra "D" y en tanto se proyecta hacia el raquis se va adelgazando, manteniendo siempre muy sólida la nervadura central.

El mismo autor indica que después del desarrollo de una hoja, desde su estado rudimentario en la yema vegetativa del que sale en 24 meses a un escaso crecimiento, le sigue una siguiente etapa que es de rápido crecimiento, que de pocos centímetros la hoja pasará en 5 meses a una longitud de 5 a 6 metros que es conocida como flecha, que lleva dentro de sí al raquis y los folíolos en estrecha envoltura.

En una tercera y final etapa, tiene lugar la apertura definitiva de la hoja adulta. Es importante conocer cómo se cuentan las hojas, puesto que a cada una de ella corresponde un número a partir de la flecha que es la número "0", la última en abrirse fue la número 1 y, en la medida en que se van abriendo, la numeración avanza correlativamente, la 1 pasa a ser 2, y la 2 pasa a ser 3, etc.

El suministro apropiado de agua la apertura de hojas es del orden dos por mes, siendo un buen indicador de las condiciones de palma en los estados de desarrollo. REVELO (2002).

#### **2.1.3.5. Inflorescencias**

La palma de aceite es monoica. Produce flores de ambos sexos. La inflorescencia es un espádice formada por un pedúnculo y un raquis central ramificado. Antes de la abertura, la flor está cubierta por dos espatas. REVELO (2002).

En la inflorescencia femenina, las flores se arreglan en espirales alrededor del raquis de las espigas. Cada flor está encerrada en una bráctea, que termina en una espiga y en una espina de longitud variable. Cada inflorescencia puede tener miles de flores femeninas. El ovario tiene tres carpelos. El estigma es sésil, con tres lóbulos.

La inflorescencia masculina es más larga que la femenina y tiene unas 100 espigas, cada una con 700 a 1.200 flores. Cada flor tiene un perianto de seis segmentos, androceno tubular con seis anteras y un gineceo rudimentario.

#### **2.1.3.6. Fruto y Racimos**

Uno de los óvulos es fecundado, los otros tienden a desaparecer, el ovario al comienzo tiene un crecimiento rápido, para más adelante terminar su crecimiento y constituirse en una drupa (fruto monospermo de mesocarpio carnosos) que consta de exocarpio o cáscara, mesocarpio o pulpa que es de donde se obtiene el aceite e interiormente del endocarpio, que junto con la almendra constituyen la semilla.

El fruto ya desarrollado adopta varias formas según su posición en el racimo y su coloración exterior varía de negro a rojo. Un racimo bien constituido sobrepasa los

25 kilos y contiene gran cantidad de frutos de buena conformación. RAYGADA (2005),

#### **2.1.3.7. Fisiología de la palma**

Por tratarse de una planta monocotiledónea, el sistema radicular se expande a partir de un bulbo que está ubicado debajo del tallo, su función consiste en la absorción de nutrientes y agua del suelo.

Su tallo también llamado estípote, es la estructura que comunica las raíces con el penacho de hojas que lo coronan. Contiene en su interior los haces vasculares (Floema y Xilema), por donde circula el agua y los nutrientes. En su parte central alberga el punto de crecimiento o meristemo apical. Las palmas crecen en promedio de 30 a 60 cm por año y la principal función del tallo es la de conducir los nutrientes y agua hacia los demás órganos.

El autor también indica que en condiciones normales las palmas adultas tienen entre 30 y 49 hojas funcionales. Las hojas funcionales están compuestas de un pecíolo de 1.5 m aproximadamente, con espinas laterales, luego está el raquis, que soporta los 200 a 300 folíolos insertos en las caras laterales, donde se alternan. BORRERO (2006)

En cuanto a la filotaxia o distribución de hojas, estas están dispuestas en 8 espirales respecto del eje vertical y su función es la de fotosíntesis y producción.

Cada hoja que produce la palma trae en su axila una inflorescencia sin sexo definido por su condición de monoica, la palma de aceite produce separadamente flores masculinas y femeninas sobre el mismo árbol. Las flores masculinas, proveen polen, están compuestas de 100 a 160 espigas, cada una de ellas tiene entre 10 y 20 cm de largo y de 700 a 1200 flores, que en conjunto proveen entre

30 y 60 gramos de polen. Las flores femeninas, también insertadas en espiguillas y dispuestas en espiral alrededor del raquis o pinzote, pueden estar distribuidas hasta 110 espigas y alcanzar la cantidad de 4000 flores aptas para ser polinizadas.

Los frutos son de forma ovoide, de 3 a 6 cm de largo y cuentan con un peso aprox. de 5 a 12 gr. Tienen la piel lisa y brillante (exocarpio), una pulpa o tejido fibroso que contiene las células con aceite (mesocarpio), una nuez o semilla compuesta por un cuesco lignificado (endocarpio) y una almendra aceitosa o palmiste (endospermo). Los frutos insertados en las espiguillas que rodean el raquis en forma helicoidal, conforman los racimos, con peso variable entre 5 a 40 Kg. BORRERO, (2006).

## **2.2. Historia de la palma aceitera**

La Palma Aceitera fue introducida a Sumatra y Malasia hacia 1900 y muchas de las más grandes plantaciones están en esa área. Malasia es el mayor productor con el 51% de la producción mundial. La destrucción de la selva en Malasia e Indonesia para plantar palma aceitera ha provocado crisis ambientales en la región, como la registrada en 1998 cuando una densa y extensa nube de humo cubrió importantes áreas de los dos países.

La promoción de las actuales plantaciones a gran escala tiene por objetivo central la extracción del aceite de palma (a partir de la parte carnosa de su fruto) y del aceite de palmiste (obtenido de la semilla). También Tailandia, Nigeria, Bolivia, Ecuador y Colombia están incrementando las siembras SIGAGRO, (2005)

Las semillas se plantan en viveros y luego las plántulas son trasplantadas. Las plantaciones de palma comienzan a producir frutos a los 4-5 años de implantadas -mediante el uso de variedades seleccionadas y clonadas- y alcanzan su mayor producción entre los 20 y 30 años, luego de lo cual declinan y dejan de ser rentables, especialmente por la altura a la que se encuentran los frutos. Los



racimos, que pesan unos 15-25 kg, están conformados por unos 1.000 a 4.000 frutos de forma ovalada, de 3 a 5 cm de largo.

Una vez cosechados, la parte carnosa de los frutos es transformada mediante diversos procesos en aceite, en tanto que de la nuez se extrae el aceite de palmiste. El procesamiento del aceite crudo resulta en dos productos diferentes:

1) La estearina de palma

2) La oleína de palma.

La estearina (sólida a temperatura ambiente) es destinada casi exclusivamente a usos industriales, tales como cosméticos, jabones, detergentes, velas, grasas lubricantes), en tanto que la oleína (líquida a temperatura ambiente), es utilizada exclusivamente como comestible (aceite para cocinar, margarinas, cremas, confitería).

Cada hectárea de palma aceitera, produce 10 Tm anuales de frutos de los cuales se extraen 3 mil kg de aceite de palma y 750 kg de aceite de palmiste. Existen proyectos para producir masivamente combustible *biodisel* a partir del aceite de palma.

El aceite de palma contiene 43% de grasa monosaturada y 13% polisaturada y además vitamina K y Magnesio. El derivado de la especie americana *E. oleífera* se caracteriza por contener mayor concentración de ácido oleico y linoleico así como menor concentración de ácido palmítico y otros saturados. CALVACHE, (2001).

## **2.3. El cultivo de palma en el Ecuador**

### **2.3.1. Breve historia**

El origen de las plantaciones de palma aceitera en el Ecuador se remonta a 1953-1954 en Santo Domingo de los Colorados, provincia de Pichincha y en Quinindé,

provincia de Esmeraldas, donde se establecen cultivos a pequeña escala. La expansión del cultivo se inicia en 1967 con un incremento de superficie sembrada de 1.020 hectáreas CARRIÓN, citado por NÚÑEZ (2008).

Para 1995 la superficie sembrada y registrada en los censos de la Asociación de Cultivadores de Palma Aceitera (ANCUPA) en el país fue de alrededor de 97 mil hectáreas, distribuidas en las tres regiones naturales del país: Costa, Sierra y Amazonía.

Pero estos cálculos son conservadores. Hay una gran cantidad de plantaciones de compañías y campesinos que no están registradas en las asociaciones de palmicultores, muchas de ellas desarrolladas en los últimos años en el norte de Esmeraldas, por lo que podríamos estimar en la actualidad el total de plantaciones de palma aceitera sembradas en unas 150.000 hectáreas.

En el Oriente existen grandes extensiones de plantaciones de palma africana en las provincias de Orellana y Sucumbíos (Loreto, Shushufindi y Coca), y en menor escala en la provincia de Pastaza. Entre estos se encuentran grandes monocultivos y los que pertenecen a medianos y pequeños productores (campesinos e indígenas). En la sierra se ubican principalmente en Santo Domingo de los Colorados, Imbabura y Cotopaxi. Y en la Costa en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí, El Oro y Esmeraldas. NUÑEZ, (2008).

A finales de 1999 la superficie para cultivo de palma africana se ha incrementado considerablemente. Sólo en el cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas ha habido un incremento de más de 15.000 hectáreas. Un informe del Ministerio del Ambiente (MA) habla de 8.000 hectáreas de bosques destruidos en esta zona debido a las plantaciones de palma, y hacen una proyección para los próximos años de que más de 30.000 hectáreas de bosques serán convertidos en palmicultores. Esta proyección solo toma en cuenta las hectáreas que se encuentran registradas en ANCUPA o en el MAGAP. La subsecretaría de Medio

Ambiente ha planteado que se incorporen unas 30 mil hectáreas al cultivo de la palma aceitera.

Entre 1990 y 1995 la producción de palma aceitera contribuyó como materia prima para la extracción de un promedio de 152.473 TM de aceite para la industria nacional de grasas comestibles y jabonería. Las exportaciones de aceite en 1996 alcanzaron las 22.908 TM y su destino fue México (80%) y Europa (20%). El ingreso de divisas por este rubro fue de 11 millones de dólares (NÚÑEZ, 1998).

Como se observa en el cuadro 1. De la superficie sembrada de palma aceitera por región y por provincia quien demostró los mejores resultado de la siembra de palma aceitera es en la región costa con 55.6%.

**Cuadro 1. Superficie sembrada de palma aceitera por región y por provincia**

<b>Provincia</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>%</b>
<b>Costa</b>	58.830	55.6
Esmeraldas	33.343	31.5
Los Ríos	21.369	20.2
Guayas	2.629	2.5
Manabí	1.419	1.3
El oro	70	0
<b>Sierra</b>	34.218	32.1
Pichincha	32.303	30.5
Imbabura	1.750	1.6
Cotopaxi	165	0
<b>Oriente</b>	12.807	12.1
Napo	7.119	6.7
Sucumbíos	5.688	5.4
<b>Total</b>	<b>105.855</b>	<b>100,00</b>

FUENTE: Censo Nacional. Citado por Núñez (2008). Ministerio del Ambiente MAE, 2000. Estas cifras son oficiales e inferiores a la superficie sembrada.

En el cuadro 2 podemos observar la superficie, producción y rendimiento en el periodo desde el 2002 al 2008 todos tienen una similitud en el rendimiento.

**Cuadro 2. Superficie, producción y rendimiento, período 2002 – 2008**

<b>Año</b>	<b>Superficie sembrada (ha)</b>	<b>Superficie siembra acumulada (ha)</b>	<b>Superficie cosechada (ha)</b>	<b>Producción fruta de la palma (tm)</b>	<b>Rendimiento (tm)</b>
2002	6,693	103,233	87,421	901,685	10.31
2003	10,452	113,686	92,177	1,016,550	11.03
2004	10,000	123,686	96,540	1,154,272	11.96
2005	10,000	123,686	96,540	1,154,272	11.96
2006	10,044	143,750	113,686	1,339,400	11.78
2007	* nd	nd	123,686	nd	Nd
2008	* nd	nd	133,706	nd	Nd

Fuente: Proyecto Sica MAGAP.

Elaboración: Dirección General de Riesgos y Estudios, Dirección de Investigaciones.

\* Estimaciones/ nd. No disponible.

### **2.3.2. Áreas productoras de palma aceitera del Ecuador**

En nuestro país el cultivo de Palma Aceitera se haya distribuye en un 59% en la Costa Ecuatoriana, siendo la provincia de Esmeraldas quien posee el 37% de la superficie nacional, seguida por la provincia de Pichincha con un 30% del total de las superficie sembrada. CALVACHE (2001)

## **2.4. Requerimientos de la palma aceitera**

### **2.4.1. Ubicación geográfica**

Debido a que la palma aceitera es un cultivo tropical, tanto en su origen como en su expansión y desarrollo a lo largo de los siglos, su mejor adaptación se encuentra en la franja ecuatorial, entre los 15° de latitud sur donde las condiciones ambientales son más estables. (BERNAL, 2001).

### **2.4.2. Características climáticas**

Las condiciones climáticas, principalmente de precipitación y heliofanía, limitan las áreas destinadas a la siembra de palma aceitera. Las condiciones adecuadas para el desarrollo de la palma aceitera, son:

1. Precipitación: De 1500 a 1800 mm/año, entre 120 y 150 mm/mes bien distribuidos.
2. Brillo solar: Aproximadamente 1400/horas año, 115 horas/mes.
3. Temperatura: Media diaria anual entre 24 a 26° C.
4. Altitud: No mayor a los 500 m.s.n.m. CHÁVEZ y RIVADENEIRA, (2003).

### **2.4.3. Características edáficas**

Los suelos aptos para el cultivo deben ser profundos y bien drenados, de estructura granulosa, buen poder de retención de agua y ricos en elementos minerales.

En cuanto a la textura del suelo, deben preferirse los suelos franco – arcillosos o franco – arenosos tanto suelos arenosos, que retienen poca humedad, como los pesados mal drenados son inadecuados.

El nivel de agua freática es un factor que también se debe considerar, la profundidad óptima está comprendida en 3 y 6 metros.

El pH óptimo puede fluctuar entre 4 a 6. En cuanto a nutrientes, los elementos: Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio son de vital importancia, con mejores concentraciones en suelos ricos en materia orgánica (mínimo 1, 5 a 2%). NÁPOLES, y BEJARANO, (1974) citados por HIDALGO (2007).

## **2.5. Nutrición de la palma aceitera (*E. guineensis* Jacq.)**

La aplicación de fertilizantes en la palma aceitera es un factor clave que determina el nivel de rendimiento. Sin embargo, varias prácticas agronómicas influyen sobre el potencial de respuesta de las palmas a la aplicación de fertilizantes. Por ejemplo, toda plantación debería iniciarse con el mejor material de siembra disponible.

Una selección rigurosa en la etapa de vivero, y el uso de técnicas de preparación de los suelos que ocasionen un mínimo de daño a la estructura y que conserven la materia orgánica. De igual manera, el aprovechamiento de los fertilizantes se ve comprometido en condiciones de alta competencia de malezas, suelos mal drenados, y con otros impedimentos para el desarrollo radical.

En general, las cantidades que deben aplicarse por palma aumentan con la edad y con el incremento en la producción. No obstante, el segundo año de las palmas en el campo (cuando la producción comercial de racimos apenas se inicia), marca la etapa de máxima absorción de algunos elementos vitales como el nitrógeno y el potasio. Una buena nutrición en esta etapa (superior a los requerimientos estimados según la baja producción actual) es clave para garantizar la máxima producción potencial después de los cinco años de edad. CHINCHILLA et al., (1999).

La palma aceitera extrae gran cantidad de nutrientes del suelo. Se considera que por palma y por año se forman aproximadamente 30 hojas, 10 inflorescencias masculinas y 9 racimos. Se estima que la cantidad de material vegetal elaborada anualmente es de 300 a 500 kg, de los cuales entre 80 y 230 kg corresponden a racimos, 150 kg a hojas y 20 kg a inflorescencias masculinas.

Esto evidencia que el cultivo necesita cantidades elevadas de minerales para su desarrollo adecuado. La palma aceitera es una planta de alto potencial de producción y debido a su alta productividad, genera grandes volúmenes de biomasa en forma de hojas, inflorescencias, racimos, raíces y desarrollo del estipe; por esta razón, la extracción y uso de los nutrimentos en este cultivo es alto, unos provenientes de las reservas minerales que existen en el suelo, otros del reciclaje de partes de la planta y también por efecto de fijación de los cultivos de cobertura y por residuos vegetales de los mismos y por último, por abonamientos, producto de un programa de fertilización sistematizado que se inicia en la fase de vivero y se continúa en forma creciente a través de toda la vida útil del cultivo. BARBA, (1990)

La absorción de los nutrientes lo realiza la planta a través de la raíces cuaternarias y los ápices de las primarias, secundarias y terciarias. La nutrición del cultivo varía con la edad del cultivo, condiciones ambientales y aptitud genotípica, se ha llegado a estimar necesidades pequeñas en cuanto a nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, durante el primer año después del trasplante al sitio definitivo. Los requerimientos se incrementan grandemente del segundo al séptimo año en el caso del nitrógeno y del segundo al cuarto año en cuanto al potasio, manteniéndose en equilibrio hasta el décimo año, donde se estabiliza la demanda por estos nutrientes. Respecto al magnesio y fósforo, la necesidad es muy pequeña pero va en aumento hasta el octavo año, para posteriormente uniformarse. REVELO (2002).

### **2.5.1. Nutrición mineral del cultivo**

Las plantas absorben los elementos esenciales en diferentes formas químicas. El Carbono (C) es tomado por la hojas como CO<sub>2</sub>, el Hidrógeno (H) es tomado del agua, el Oxígeno (O) del CO<sub>2</sub> o de óxidos, hidróxidos, carbonatos y sulfatos. Los demás son tomados principalmente del suelo en forma de aniones o cationes ya

sea iones simples o de iones compuestos como los nitratos, el amonio, los fosfatos y los boratos.

La planta absorbe desde el suelo como elementos mayores y en grandes cantidades, el Nitrógeno (N) y el Potasio (K). Aunque el Fosforo (P) generalmente se incluye dentro de este grupo de mayores porque se aplica en grandes cantidades, será en gran magnitud, sino que su uso a partir del suelo resulta muy ineficiente. El Nitrógeno (N) además, puede ser fijado biológicamente a partir de la atmósfera por algunas bacterias que se asocian a las leguminosas de cobertura.

Elementos medios se consideran al Calcio (Ca), Manganeso (Mg) y al Azufre (S), y como elementos esenciales en pequeñas cantidades, clasificados como oligoelementos o micro nutrientes, están: Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Boro (B), Molibdeno (Mo), y el Cloro (Cl). BARBA (1990),

La mayoría de estos elementos son susceptibles de absorberse foliarmente, si son suministrados por esta vía. Otros elementos, no esenciales pero que en algunos casos pueden ser beneficiosos para las plantas, son el Cobre (Co), Silicio (Si), Sodio (Na), Galio (Ga) y Vanadio (V).

También, existen elementos que resultan tóxicos para las plantas. El más importante de ellos es el Aluminio (Al) en suelos ácidos. Sin embargo, hay otros metales pesados (Pb, As, Hg) que dañan los tejidos. Hay que recordar que la planta, en términos generales puede absorber cualquier cosa que hay en el suelo, le sea esencial o no.

Para que ocurra una buena absorción de nutrientes, además de los mecanismos fisiológicos de la membrana que intervienen en la introducción de los nutrientes del suelo a la raíz, son importantes otros procesos relacionados con la forma en que los nutrientes se acercan de los diferentes puntos del suelo a la raíz. BERTSCH, (1998).



**Cuadro 3. Niveles críticos de elementos minerales en palma africana (*Elaeis guineensis jacq.*)**

<b>Elemento</b>	<b>Nivel (%)</b>
Nitrógeno (N)	2.50
Fósforo (P)	0.15
Potasio (K)	0.8
Magnesio (Mg)	0.24
Calcio (Ca)	0.80
Cloro (Cl)	0.40
Boro (B)	20 ppm

Fuente: ANCUPA, (2009)

## **2.6. Procesos metabólicos de los principales elementos**

### **2.6.1. Nitrógeno (N)**

La mayoría de los suelos el N orgánico representa cerca del 95% del N total y está presente en las diferentes moléculas orgánicas que hay en el suelo, es por ello que se considera que la materia orgánica tiene gran cantidad de N. STEVENSON (1982)

Por su parte, indica que el N es uno de los elementos esenciales requeridos en mayor cantidad por la mayoría de especies vegetales. Se encuentra como componente de todas las moléculas orgánicas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal (aminoácidos, proteínas estructurales, enzimas, clorofila, citocromos, hormonas y otros compuestos nitrogenados con algunas funciones como alcaloides, amidas, etc. Debido a esto participa en los principales procesos metabólicos como son la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de proteínas.

Este acentúa el color verde de las plantas, dando succulencia a los tejidos, y favorece al desarrollo del follaje. Su exceso produce susceptibilidad a plagas y enfermedades MUNÉVAR ,(1998).

### **2.6.2. Fósforo (P)**

La palma de aceite, como un cultivo peremne no tiene un requerimiento alto de P, si se compara con N y K. Sin embargo, requiere atención especial, durante el desarrollo inicial de la palma. Es un componente importante en los procesos fisiológicos de respiración y nutrición, además de su influencia en el proceso de maduración, no se puede ignorar.

Este autor dice también que el P forma parte del ATP, por lo tanto participa en todos los procesos metabólicos que involucran energía. Constituye parte de los fosfolípidos de las membranas celulares, de los ácidos nucleicos, de la mayoría de enzimas y coenzimas, debido a ello participa en la fotosíntesis, en la respiración, en la síntesis de ácidos grasos y proteínas. Por lo tanto el, P fomenta y acelera el desarrollo de raíces, aumenta la fructificación, apresura su maduración, participa en la formación de semillas, aumenta la resistencia a enfermedades y participa en la fijación simbiótica del N. Las palmas deficientes en P presentan una baja tasa de crecimiento, hojas cortas, pequeño diámetro del tronco y racimos pequeños. Las palmas de aceite son generalmente eficientes en la utilización del P del suelo y del fertilizante, probablemente debido a asociaciones muy efectivas de micorriza. LEÓN, (1998).

### **2.6.3. Potasio (K).**

A pesar de que el K no es un constituyente de ninguna de las estructuras o el compuesto de la planta, es esencial en casi todos los procesos para mantener la vida de la planta. Cumple un papel muy importante en la fotosíntesis, transporte de los productos de la fotosíntesis, regulación de los poros de la planta (estomas), activación de los catalizadores de la planta (enzimas) y muchos otros procesos,

está involucrado directamente en el transporte de azúcares vía floema. Las plantas deficientes en K no pueden usar eficientemente agua y otros nutrientes del suelo o de los fertilizantes y son menos tolerantes a condiciones ambientales extremas como sequía, exceso de agua, viento y bajas y altas temperaturas, además son menos resistentes al ataque de plagas y enfermedades, y su calidad es baja.

Se conoce al K como el nutriente de calidad debido a sus importantes efectos en factores como tamaño, forma, color, sabor del fruto y duración de la corteza. (IPNI, 2008).

#### **2.6.4. Calcio (Ca)**

Su principal papel es estructural, porque constituye, como pectatos de Ca en las láminas medias, la parte cementante de las paredes celulares. Participa en la formación de membranas celulares y de estructuras lipídicas, y tal vez, en el transporte de glúcidos. Es necesario en pequeñas cantidades para la mitosis en las zonas meristemáticas pues confiere estabilidad al aparato estructural durante la división celular. Actúa como activador de enzimas y se relaciona con la nodulación y la fijación de N. En las plantas proporciona rigidez, fomenta el desarrollo de raíces, aumenta la resistencia a plagas y enfermedades, favorece el cuaje de flores impulsa la producción de semillas.

A pesar de que se considera que en un suelo con menos de 3,0 me/100g de Ca intercambiable y menos de 20% de saturación de Ca es un suelo bajo en Ca, hasta ahora no se han reportado deficiencias visibles en este elemento en la palma de aceite. Se han reportado buenas respuestas, fueron debidas a un efecto directo de Ca o a un efecto indirecto al hacer más disponibles los elementos menores, el N y el P.

Mayor beneficio posible de las aplicaciones de cal agrícola o dolomítica a suelos donde crecen las palmas es debido probablemente a un mejor crecimiento de las

leguminosas que se usan como cobertura, por una mayor fijación de N y por un mejoramiento de la aprovechabilidad del P. LEÓN (1998)

### **2.6.5. Magnesio (Mg)**

El Mg forma parte de la molécula de la clorofila, por lo tanto es determinante sobre la fotosíntesis. Participa en gran medida en el balance electrolítico dentro de la planta, y como activador enzimático, especialmente en reacciones de fosforilación del ATP en el metabolismo de los azúcares y en la síntesis de ácidos nucleicos, y por lo tanto, también en síntesis de proteínas, en las plantas produce el color verde debido a la clorofila y ayuda en la absorción de P. BERTSCH, (1998).

Las deficiencias de Mg se han encontrado en todas las regiones donde crece la palma. Este es el problema más frecuente en los suelos ácidos y en los de textura fina, donde el suelo superficial ha sido racionado. La deficiencia de Mg se expresa como una clorosis en las hojas viejas que exhibe un color amarillo-naranja brillante. Por esta razón la deficiencia de Mg se ha llamado “hoja naranja”.

Los síntomas tempranos de la deficiencia se caracteriza por parches verde-oliva u ocre que aparecen cerca de la punta de las hojas viejas, expuestas a la luz del sol. Al aumentar la severidad de los síntomas, el color cambia a amarillo brillante y amarillo profundo y eventualmente las hojas afectadas se secan. Las deficiencias de Mg se pueden inducir o acentuar por fuertes abonamientos con KCl. Muchas palmas parecen estar genéticamente predispuestas a la deficiencia de Mg. LEÓN, (1998).

## **2.7. Descripción de Ácidos Fúlvicos, Húmicos, Huminas**

La utilización de productos orgánicos que permiten a los agricultores obtener mayores rendimientos sin alterar el medio ambiente es una de las tendencias mundiales de este tiempo. En este sentido, los ácidos fúlvicos son de interés de

los productores del campo, ya que entre los múltiples beneficios posibilitan un mejor aprovechamiento de fertilizantes foliares y radiculares. Al estimular el crecimiento general de la planta, repercute en mayores rendimientos y mejor calidad de cosechas.

Así mismo, permiten el mejoramiento de la estructura del suelo al favorecer la formación de agregados y la reproducción exponencial de microorganismos. La recuperación del suelo, debido a la multiplicación de microorganismos propiciada por los ácidos fúlvicos, es sumamente rápida.

Los microorganismos destruyen residuos de plaguicidas, lo cual resulta benéfico para el medio ambiente, Por ejemplo, en un suelo pobre en materia orgánica la aplicación de ácidos fúlvicos permite multiplicar la flora microbiana en dos mil veces en sólo dos semanas, lo cual le da una fertilidad extra, con la aplicación de tres o cuatro kilos por hectárea. Aparte de mejorar microbiológicamente el suelo y su textura esta sustancia se puede aprovechar para multiplicar microorganismos que degradan insecticidas o herbicidas que tradicionalmente permanecen mucho tiempo en la tierra. El ácido fúlvico es la parte más activa del humus, es soluble en medio ácido, neutro y alcalino, a diferencia del ácido húmico que no es soluble en pH ácido. Esto ocasiona, por ejemplo, que el calcio se precipite en presencia de ácido húmico, mientras que se mantiene en solución en presencia de ácido fúlvico. En zonas con alta concentración de calcio el ácido fúlvico evita que se precipiten fósforo y otros elementos, lo que es benéfico para plantas porque reciben más nutrientes. URBINA ,(2001).

Además contienen 19 de los 21 aminoácidos esenciales que pueden formar proteínas.

### **2.7.1. Clasificación de las sustancias húmicas**

Las diferencias entre las moléculas de las sustancias húmicas son tan grandes que no es exagerado decir que no hay dos moléculas exactamente iguales. Por

tanto es muy difícil de subdividir estos compuestos. Para intentar una clasificación se ha recurrido a las propiedades de solubilidad en disoluciones ácidas o básicas. MARTIN et al.,(1975).

#### **2.7.1.1. Ácidos Fúlvicos**

Los ácidos fúlvicos son solubles en medio ácido y básico. Muchos ácidos fúlvicos también son solubles en agua de mar. Son la fracción de bajo peso molecular de las sustancias húmicas. Están débilmente aromatzadas, pobremente condensadas y tiene una mayoría de cadenas alifáticas. Están menos polimerizados que los ácidos húmicos y generalmente están enriquecidos en grupos funcionales con oxígeno. Una vez formados, los ácidos fúlvicos probablemente sufren reacciones de condensación para formar ácidos húmicos más complejos. (BORRERO, 2006).

La gran cantidad de grupos aniónicos COO y OH<sup>-</sup> permite: Formar complejos estables (quelatos) con gran cantidad de cationes minerales (Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Mn<sup>+2</sup>, Zn<sup>+2</sup>, Fe<sup>+2</sup>,...). Esto permite aumentar la capacidad de intercambio catiónico y poner a disposición de la planta los elementos minerales del suelo. Además aumenta la separación entre las arcillas (debido a las cargas negativas), lo que favorece la porosidad y también aumenta la capacidad de amortiguación del suelo y permiten inmovilizar los iones tóxicos presentes en el suelo (MARTÍN et al., 1975).

#### **2.7.1.2. Ácidos Húmicos**

Son insolubles en medio ácido y son solubles en medio básico. Son la fracción de alto peso molecular de las sustancias húmicas. Están mayormente condensados y polimerizados. Se extraen de suelos, sedimentos, etc. Bajo condiciones oxidativas, los ácidos húmicos se pueden degradar a compuestos más simples similares a los ácidos húmicos.

Producen una mejora de la estructura del suelo. Las cadenas de carbono orgánico se curvan y enredan formando retículos esponjosos de gran estabilidad, lo que permite mejorar la porosidad y la aireación del suelo. Aumentan la capacidad de retención de agua del suelo pueden adherir a su superficie una cantidad de agua igual a 6 veces su peso, mejoran la cohesión entre las partículas del suelo y protegen de la erosión, aumentan la radiación interceptada por el suelo, gracias a su color oscuro y regulan la oxidación del suelo en momentos de deficiencia de O<sub>2</sub>, facilitando la respiración en forma de humatos. MARTIN et al, (1975).

### **2.7.1.3. Huminas**

Son insolubles en disoluciones ácidas y básicas. Tiene uniones muy fuertes con los minerales de la arcilla. Cuando se rompen estas uniones la humina es soluble en disoluciones alcalinas. MARTIN et al., (1975).

## **2.8. Productos biológicos como mejoradores del suelo**

A nivel mundial, la producción agrícola presentó una gran evolución con la aplicación creciente de fertilizantes minerales y productos químicos, lo que se reflejó en un incremento ininterrumpido de los rendimientos agrícolas. A través de los años, para mantener ese potencial productivo, los cultivos requerían de una aplicación masiva de diversos insumos químicos, lo que empezó a generar, junto con su efecto positivo, una serie de condiciones y factores negativos en los agroecosistemas actuales, por lo que en muchos suelos agrícolas se observaron acumulaciones importantes de nitratos, nitritos, pesticidas y otras combinaciones ecológicamente dañinas. TRASAR et al., (2000).

Una de las principales causas de que no se hayan detenido a tiempo los procesos negativos en la agricultura intensiva, fue el desconocimiento de las implicaciones en el uso excesivo de los insumos y al poco estudio de su efecto sobre la microflora del suelo y sobre los procesos biológicos que condicionan la fertilidad

de los mismos. El efecto final fue una destrucción sustancial de las asociaciones microbianas y su actividad funcional o bioquímica.

En la actualidad, los factores biológicos se han convertido en criterios importantes para valorar el manejo de los suelos, de tal forma que se crea la necesidad de orientar la producción agrícola hacia nuevas tecnologías fundamentadas en la recuperación de los suelos. Los componentes biológicos son los últimos que se han tomado en cuenta en investigación y producción de los cultivos, además hoy se acepta que la actividad de los microorganismos no solo es un factor clave en la fertilidad del suelo, sino que también lo es en la estabilidad y funcionamiento de ecosistemas naturales como los agro ecosistemas. TRASAR et al,(2000).

Las partículas minerales y orgánicas del suelo se asocian para formar agregados, constituyendo un entramado de materia que queda inmerso en las llamadas fases gaseosa (la atmósfera del suelo) y fase líquida (la solución acuosa del suelo), que en conjunto es un hábitat favorable para los microorganismos. Tanto en la superficie de las partículas, como en el interior de los agregados, o bien asociados a las raíces de las plantas, se ha detectado una amplia variedad de microorganismos. Entre éstos se incluyen bacterias, hongos, algas y protozoos, además de virus, cuyas cifras indican decenas de millones de microorganismos viables, muchos de ellos cultivables por gramo de suelo.

La función de los microorganismos en el suelo, especialmente la de algunos grupos definidos, puede ser manipulada para permitir que determinadas actividades microbianas, bioquímicas y enzimáticas se expresen de forma eficaz, de allí que pueden jugar un papel preponderante como indicadores de calidad y salud de los suelos. ACUÑA et al, (2005),

### **2.8.1. Biofertilizante**

Un biofertilizante, o fertilizante orgánico, puede ser descrito como la substancia que incrementa la productividad del suelo a través de la acción de organismos vivos.



Cada año la demanda de biofertilizante aumenta a nivel mundial. Existe una gran cantidad de éstos productos disponibles en el mercado, cada uno con una composición, proceso de producción, y efectos diferentes.

Un fertilizante orgánico debe contener una amplia variedad de vitaminas, hormonas, aminoácidos, y minerales para ser realmente efectivo y un buen complemento o sustituto de productos químicos. El factor principal para determinar la calidad de un biofertilizante es examinar su materia prima. Mientras más rica sea la mezcla orgánica, más elementos nutricionales estarán presentes en el producto final.

Sin embargo, varios productos orgánicos (especialmente excrementos de animales) podrían aportar gérmenes indeseables a la mezcla y consecuentemente al producto final. Biofertilizantes higiénicos son aquellos libres de agentes patógenos que pudieran afectar a la planta y semillas. Para eliminar este riesgo, es esencial llevar un control muy cuidadoso durante el proceso de fermentación (INFOAGRO, 2010).

### **2.8.2. Micorrizas**

La palabra ***micorriza***, de origen griego, define la simbiosis entre un hongo (*mycos*) y las raíces (*rhizos*) de una planta. Como en otras relaciones simbióticas, ambos participantes obtienen beneficios. KIRK *et al* (2001),

En este caso la planta recibe del hongo principalmente nutrientes minerales y agua, y el hongo obtiene de la planta hidratos de carbono y vitaminas que él por sí mismo es incapaz de sintetizar mientras que ella lo puede hacer gracias a la fotosíntesis y otras reacciones internas SELISSE *et al*, (2006).

Muchas plantas presentan micorrizas para aumentar la absorción de agua y sales minerales del suelo. Las micorrizas son la asociación entre raíces de una planta y

el micelio de un hongo, de forma que toda la extensión del micelio participa en la absorción de nutrientes para la planta (HARRISON, 2005).

En la Naturaleza esta simbiosis se produce espontáneamente. Se estima que entre el 90 y el 95% de las plantas superiores presentan micorrizas de forma habitual.

Es posible que un mismo hongo forme la micorriza con más de una planta a la vez, estableciéndose de este modo una conexión entre plantas distintas; esto facilita la existencia de plantas parásitas (algunas de las cuales ni siquiera realizan la fotosíntesis, como las del género *Monotropa*), que extraen todo lo que necesitan del hongo micobionte y las otras plantas con las que éste también establece simbiosis. Así mismo, varios hongos (en ocasiones de especies diferentes) pueden micorrizar una misma planta al mismo tiempo WANG y QIU, (2006).

## **2.9. Productos orgánicos como alternativa para mejoramiento de la calidad del suelo y estimulación en el crecimiento radical**

### **2.9.1. Humus**

Es la materia humificada obtenida mediante la transformación de residuos orgánicos, los mismos que al pasar por el tracto digestivo de la lombriz Roja Californiana (*Eisenea foétida*), son degradados a su último estado de descomposición, presentando en su contenido una formulación perfectamente balanceada con todos los elementos y los microorganismos necesarios para reactivar los procesos biológicos de los suelos LOMBRICORP, (2010).

El humus, está constituido exclusivamente por material orgánico resultante de la transformación digestiva y metabólica de la materia, derivado de la crianza de lombrices alimentadas con desechos orgánicos NORMAS OFICIALES MEXICANAS, (2007).

El humus constituye un inóculo microbiano eficaz para el suelo, siendo su función primordial la de equilibrar la vida microbiana existente en él. Además este compuesto acelera la germinación de semillas, acorta el período vegetativo de los cultivos, mejora y recupera las propiedades del suelo de cultivo, entre otras propiedades GARCÍA y SOLANO, (2005).

El uso de lombricomposta incrementa la fase orgánica del suelo y mejora las características fisicoquímicas para conservación y fertilización del suelo, derivando esto en una mayor productividad y un menor costo de operación.

El humus se aplica sobre tierras de cultivo, en cantidades estándares de acuerdo al tipo de cultivo que se realiza, permitiendo de esta manera una mejora en cuanto a calidad y tiempos de cultivo para una especie específica.

El humus, es un abono orgánico, natural, sin elementos químicos de síntesis, muy rico en macro y micro nutrientes, que procedente de la preparación de los detritus fito-aprovechables de la lombriz roja, constituye una perfecta y completa alternativa en la fertilización de los cultivos en general y ecológicos INFOAGRO, (2010).

#### **2.9.1.1. Beneficios del humus**

- Activa los procesos biológicos del suelo.
- Tiene una adecuada relación carbono-nitrógeno (C/N) que lo diferencia de los abonos orgánicos, cuya elevada relación ejerce una influencia negativa en la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- Presenta ácidos húmicos y fúlvicos que por su estructura coloidal y granular mejora las condiciones del suelo, retiene la humedad, y puede con facilidad incorporarse al nivel básico del suelo.

- Siembra vida e Inocula grandes cantidades de microorganismos benéficos al sustrato, que corresponde a los principales grupos fisiológicos del suelo.
- Favorece la acción de la trofobiosis de las plantas haciéndolas más resistentes a las adversidades.
- Desintoxica los suelos contaminados con productos químicos, los reactiva y los vuelve nuevamente fértiles.
- Contiene humatos, filhormonas y rizógenos que propician y aceleran la germinación de las semillas, eliminan el impacto del trasplante, estimulan el crecimiento de la planta y acortan los ciclos de producción.
- Su riqueza en micro elementos lo convierten en el único nutriente orgánico completo. Aporta a la dieta de la planta muchas de las sustancias necesarias para su metabolismo.
- Incrementa considerablemente la productividad por planta; aumenta la cantidad de sus raíces, desarrolla su follaje, da calidad y textura a la pulpa y mejor sabor a los frutos.
- Permite reducir progresivamente las futuras aplicaciones de fertilizantes inorgánicos LOMBRICORP, (2010).

### **2.9.1.2. El humus y sus microorganismos**

La función principal del Humus es equilibrar la carga microbiana benéfica de los suelos pérdida por:

- El desequilibrio nutricional de los elementos encontrados en los suelos.
- Las cantidades de fertilizantes inorgánicos aplicados no asimilados.
- Los cambios de temperatura.
- Cambios de pH.
- La ausencia de materia orgánica humificada.

- La aplicación excesiva de productos químicos.
- La falta o exceso de humedad.

Toda esta biomasa microbiana de más de 20 billones de microorganismos por gramo de producto, es la responsable de transformar a un estado de plena disponibilidad los elementos que las plantas requieren (N-P-K-S-Ca-Mg, etc.).

Para comprender un poco más este proceso, podemos agregar lo siguiente:

Mediante la actividad bacteriana, las plantas asimilan los elementos que se encuentran en el suelo o que han sido incorporados. En este proceso interviene la biomasa microbiana contenida en el humus Nácara, la misma que a partir de los elementos antes mencionados, produce enzimas que son absorbidas por las raíces de las plantas. Es decir, las plantas no se nutren directamente de los elementos encontrados o incorporados en el suelo, sino que se necesitan de estos microorganismos para poder asimilarlos.

De acuerdo a esta explicación, por pérdidas de carga microbiana en los suelos los fertilizantes inorgánicos se vuelven menos eficientes y eficaces, por lo que frecuentemente nos vemos obligados a incrementar sus cantidades aplicadas en los planes de fertilización, incrementando así los costos de producción. Varios años de experiencia en el desarrollo biotecnológico nos demuestran que diversos tipos de cultivos, los fertilizantes inorgánicos (Ureas, Fosfatos, Muriatos, Nitratos, etc.) al ser incorporados en mezcla física con el Humus de lombriz Nácara elevan notablemente su poder de eficiencia y eficacia. Con esta práctica logramos una reducción progresiva en la cantidad aplicada de fertilizantes inorgánicos de hasta un 35%, obteniendo ahorros muy significativos para los agricultores e incrementos notables en la producción LOMBRICORP,( 2010).

### 2.9.1.3. Valores Biológicos del Humus

#### 2.9.1.3.1. Microorganismos

La lombriz de tierra utilizada para la lombricultura consume una dieta balanceada provista de residuos orgánicos de origen animal y vegetal en procesos de descomposición, es decir, pre digeridos por los microorganismos especializados: bacterias, hongos y otros. Estos degradan las proteínas y la celulosa transformándolas en sustancias más simples y de fácil asimilación (por ejemplo: los aminoácidos resultantes de la digestión aeróbica de las proteínas). También se nutren con diminutos hongos y por supuesto, los antibióticos que se encuentran en ellos le sirven al animal para inmunizarse y crecer. Cuando la lombriz elimina mediante la excreción las moléculas de estos antibióticos, dejarán una masa bacteriana naturalmente antibiotizada, es decir, sana GARCÍA y SOLANO (2005).

#### 2.9.1.3.2. Fitohormonales

El humus es un producto rico en hormonas, sustancias producidas por el metabolismo secundario de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de las plantas. Estos “agentes” reguladores de crecimiento son: LOMBRICORP, (2010).

- **Auxinas:** provoca el alargamiento de las células de los brotes, incrementa la floración y la cantidad y la calidad de los frutos.
- **Giberelinas:** favorece el desarrollo de las flores y germinabilidad de las semillas y aumenta la dimensión de los frutos.
- **Citoquininas:** retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales, facilita la formación de los tubérculos y acumulación de los almidones en ellos.

### 2.9.1.3.3. Nutritivos

El humus es rico en elementos nutritivos. Es un bio-regulador nutriente y corrector de suelos en general.

**Cuadro 4. Dosificación del humus**

<b>Cultivo</b>	<b>Dosis Inicial</b>	<b>Dosis Mantenimiento</b>	<b>Observación</b>
Palma aceitera trasplante	500 g/planta		En el fondo del hoyo al trasplante
Palma aceitera establecida	de 400 a 600 gL/planta	de 150 a 200 gL/planta	Distribuido en corona, junto con cada fertilización
Viveros fundas Cultivos Anuales	Para el llenado de fundas, aplicar 30% de Humus. 140 Kg/ha <sup>-1</sup>	70 Kg/ha <sup>-1</sup> en cada fertilización	

Fuente: Lombricorp (2010)

### 2.9.2. Contenido del humus

Con su empleo, además de aportar unidades fertilizadoras orgánico-naturales, conseguimos la actuación directa de una riquísima flora bacteriana beneficiosa, que potencia la liberación de sustancias nutritivas del sustrato, la transformación de elementos contaminantes en elementos aprovechables y el control y eliminación de residuos tóxicos medio ambientales de lenta degradación, que ven potenciada su desaparición del horizonte nutritivo del cultivo por vía radicular.

Su alto contenido en ácidos húmicos y fúlvicos, lo convierte en un eficaz colaborador en las funciones fito-reguladoras del crecimiento vegetativo, con resultados funcionales de superior rendimiento a su homólogo mineral la Leonardita, y la ventaja añadida de la mayor riqueza en contenidos, y la no existencia de otros contaminantes minerales (metales no quelatos).

Este producto orgánico y natural, es inodoro, y puede ser dosificado en exceso sin ningún tipo de perjuicio para el cultivo, incluso en los brotes más tiernos y plantines más delicados. Es idóneo para la fertilización en viveros y reproductores de especies vegetales delicadas, sin peligro de dosificaciones excesivas INFOAGRO, (2010).

### **Cuadro 5. Análisis de contenidos medios**

<b>Contenido</b>	<b>Cantidad</b>
Ácidos fúlvicos	sms 3,1% p/p
Ácidos húmicos	sms 4,7% p/p
Calcio	sms 4,7% p/p
Cobre	sms 63 ppm
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	sms 3,1% p/p
Hierro	sms 584 ppm
Magnesio	sms 1,42% p/p
Manganeso	sms 436 ppm
Nitrógeno	smh 1,13% p/p
PH	1/5 7,5
Potasio (K <sub>2</sub> O)	smh 0,42% p/p
Zinc	sms 508 ppm
Humedad	41,2& p/p
Materia orgánica	sms 44,9% p/p

Fuente: INFOAGRO, (2010)

### **2.9.3. Enraizadores**

Es un bioestimulante radicular completamente equilibrado compuesto a base de:

- Fitoahormonas: intervienen en el proceso de crecimiento de la célula.
- Fitoalexinas: actúan sobre el sistema Inmunológico de las plantas
- Aminoácidos: son proteínas que intervienen en el desarrollo de las plantas
- Enzimas: son catalizadores orgánicos que cumplen funciones específicas.



- Bioestimulinas: bio estimuladores
- Ácidos húmicos
- Ácidos fúlvicos: son productos más estables en la materia orgánica.
- Iones inorgánicos de macro y micro nutrientes: intervienen en la nutrición de la planta.
- Extracto líquido de Humus de Lombriz: es el extracto acuoso obtenido en la lombricultura, rico en nutrientes cuya disponibilidad es inmediata.

Reactivan la actividad natural de los microorganismos en la rizosfera, incrementando considerablemente la masa radicular en los cultivos.

Son utilizados como vehículos de esta formulación los extractos líquidos de humus obtenidos en lombricultura, adicionando a estos, cargas microbianas específicas, las mismas que, actuando en simbiosis, potencializan la actividad microbiológica del suelo e incrementan la eficiencia en la asimilación de los fertilizantes aplicados o elementos disponibles en el mismo KRAMM, (1987).

### **2.9.3.1. Cargas Microbianas**

Trichoderma: Las raíces colonizadas por Trichoderma requieren un 40% menos de fertilizantes nitrogenados.

paecilomyces: solubilizador de fósforo y regulador de nematodos. Las toxinas producidas por parte del Paecilomyces afectan el sistema nervioso y causan deformación en el estilete de los nematodos que sobreviven, lo que permite reducir el daño y sus poblaciones.

Bacillus Subtilis: cumple la función de volver asimilable el nitrógeno del suelo. (DURAN, 2007)

### **2.9.3.2. Enraizador Seaweed Extract**

Extracto de algas marinas soluble es un concentrado, la herramienta de jardinero integral en forma de polvo. El concentrado es hecha de 100% puro, algas de Noruega orgánicas (*Ascophyllum nodosum*) cosechados en la costa atlántica de Canadá. Esta alta-calidad es un alga rica en fuente natural de más de 60 nutrientes quelados, vitaminas, aminoácidos y hormonas naturales que estimulan el crecimiento de las plantas, y ha sido celebrado por sus propiedades naturales de fertilización durante siglos. Germinación de la semilla mejorada, la promoción de un sistema de raíces sanas, y madre de una rápida y disparar el desarrollo figuran entre los reconocidos beneficios del uso de este extracto de algas marinas.

Versátil Soluble Extracto de Algas puede ser usadas con el suelo para crear mezclas personalizadas para los cultivadores, o añadido a la reserva hidropónicos. Extracto de algas marinas soluble también puede ser provocado con agua para crear un líquido para su uso como una rociada foliar.

Concentrado de algas marinas es un valor excepcional para todos los productores: en forma de polvo, Extracto de Algas Soluble pueden ser almacenadas indefinidamente. Tanto en el suelo, sistemas hidropónicos o como un aerosol foliar, la aplicación regular de Extracto de Algas Soluble permitirá al productor para cosechar los beneficios del polvo de alimentación de la mar CONAGRA, (2007).

## **2.10. Estimulantes radiculares**

En los últimos años ha habido un desarrollo continuo de métodos para estudiar los sistemas radiculares de los cultivos, sean anuales o perennes (frutales) la conveniencia de uno u otro método depende básicamente de los objetivos del

estudio y de la disponibilidad de recursos. Uno de estos es el método isotópico directo, compuestos radioactivos como el fosfato marcado con  $^{32}\text{P}$  son aplicados al suelo en varias posiciones con relación a la planta buscando medir la actividad radicular. La radioactividad detectada en la planta es usada como una medida de la intensidad de la actividad radicular CALVACHE (2001),

La mayor actividad radicular en palmeras de 1 a 2 años de edad se encuentran en la superficie y a un metro de distancia del tronco. Cuando se comparó la aplicación de  $^{32}\text{P}$  en la superficie versus incorporado a 10 cm de profundidad se encontró una mayor actividad radicular en la superficie cuando no existe déficit de humedad es decir en época lluviosa. BROESHART y CALVACHE, (2001), citado por CALVACHE, (2006),

Las palmeras de 3 años de edad presentaron una mayor actividad radicular a 2 metros de distancia del tronco a 10 cm de profundidad, la actividad radicular fue mayor a un metro de distancia (8%). Sin embargo, la máxima absorción se logra en la superficie, lo que indicaría que la mejor forma de aplicación de fertilizante es en la superficie. Mientras tanto en palmeras de 4 años la mayor actividad radicular se encuentra entre 2 y 3 m de distancia del tronco y en la superficie. CALVACHE (2001),

Los microorganismos del suelo evaluaron el efecto del riego en la dinámica poblacional de microorganismos asociados a la rizosfera de tres Híbridos "TENERA" de palma aceitera. En la plantación del CIPAL, se instalaron parcelas con y sin riego conteniendo a los Híbridos: ASD, INIAP e ERHO. Se utilizó un diseño de Parcela Dividida con tres repeticiones. Se determinó que, las bacterias heterótrofas más comunes fueron *Arthrobacter* spp, *Pseudomonas* spp y *Bacillus* spp; mientras que el actinomiceto común fue *Streptomyces* spp. Las poblaciones registradas para las bacterias heterótrofas cuando el estrés hídrico correspondió a 28cbs, fueron de  $7.43 \times 10^6$  UFC/gss (unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco), en las parcelas con riego, y de  $5.86 \times 10^6$  UFC/ gss en parcelas

sin riego. Las poblaciones de actinomicetos fueron  $2.81 \times 10^6$  UFC/gss en las parcelas con riego y de  $3.18 \times 10^6$  UFC/gss en las parcelas sin riego. No hubo diferencias estadísticas en las variables evaluadas. Los hongos pertenecientes a los géneros *Penicillium* spp, *Trichoderma* spp, *Aspergillus* spp, *Rhizopus* spp, *Geotrichum* spp, *Cladosporium* spp, *Cunningamella* spp y *Mucor* spp. Las poblaciones de hongos fueron de  $4.49 \times 10^3$  UFC/gss, en parcelas con riego, y de  $1.81 \times 10^4$  UFC/gss en las sin riego. Los niveles de micorrizas fluctuaron entre 13.6% y 21.9% en las parcelas con y sin riego. El género micorrizico aislado fue *Glomus* spp. Las poblaciones de Solubilizadores de fósforo fueron de  $6.64 \times 10^5$  UFC/gss en las parcelas con riego, y de  $2.91 \times 10^4$  UFC/gss en las sin riego. En las variables hongos, micorrizas y Solubilizadores de fósforo se detectó diferencias estadísticas entre los tratamientos Con y Sin riego. No se observaron diferencias en el factor híbrido. BOLAÑOS *et al* (2008),

estudió la eficiencia infectiva de los consorcios micorrízicos nativos del cultivo de palma aceitera en fase de vivero, bajo condiciones de manejo agronómico normal. 57 consorcios micorrízicos nativos de palma fueron reproducidos en plantas trampa (*Sorghum vulgare*) para determinar los que otorguen mayor contenido de materia seca foliar a la planta y generen mayor población de esporas. Los 4 mejores consorcios fueron procedentes de las zonas de: Quinindé, San Lorenzo, La Concordia y Quevedo. Estos se inocularon en fase de vivero de palma aceitera (*Elaeis guineensis* J.) de 4 meses de edad, colocando aproximadamente 600 esporas viables alrededor de cada plántula, a los 21 días después del trasplante de previvero a vivero. Las evaluaciones se desarrollaron durante 210 días después de la inoculación (DDI). BRAVO (2011).

La variable Área foliar específica presentó diferencias estadísticas significativas para la comparación ortogonal de los consorcios M4 vs. M3, M2, M1, mostrando superioridad del consorcio M4 (zona Quevedo) frente al resto de consorcios, con valores de  $205.4 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  frente a  $181.6 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  respectivamente. Con respecto al Contenido de fósforo foliar el consorcio M4 superó al resto de consorcios (zona La

Concordia, Quinindé y San Lorenzo) con valores de 0.184% y 0.179% respectivamente. Para la variable densidad visual del endófito hubo diferencias significativas para los tratamientos, los consorcios micorrízicos y la interacción entre los consorcios y las dosis de fósforo, destacándose el consorcio nativo de la zona de Quevedo (M4), el cual, interactuando con la dosis de fósforo (25% menor que la estándar) de 456 mg P kg<sup>-1</sup> suelo presentó 3.44% frente a 0.69% del promedio del resto de consorcios micorrízicos.

El objetivo de conocer el grado de asociación de los materiales germoplasmáticos de palma aceitera, *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleífera*, híbridos *E. guineensis* x *E. oleífera* y palmas compactas, con las micorrizas; se llevó a cabo un muestreo de suelo y raíces en 25 plantaciones de palma aceitera, de la Costa y Amazonía Ecuatoriana. No se detectaron diferencias significativas en la densidad visual, tasa de colonización y población de esporas/100 gss para el material genético de palma. Sin embargo, al analizar los datos por zona de cultivo se encontró alta población de esporas micorrízicas en las muestras provenientes de Las Golondrinas, Guayas, El Sade, La Concordia, El oriente, Las Golondrinas y San Lorenzo presentaron las mejores tasas de colonización, mientras que las de Quevedo tuvieron baja población de esporas. En las zonas estudiadas se identificaron los géneros de micorrizas *Glomus* spp., *Acaulosporas* spp., *Archaeospora* spp. y *Gigaspora* spp. MALDONADO *et al* (2008).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización y duración del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en la Hacienda de palma aceitera “María Cecilia” de propiedad del Dr. Hoover Celleri, ubicada en el Cantón Quinindé, Sitio La Independencia, provincia Esmeraldas.

La ubicación geográfica del sitio experimental es: 0° 0´ de latitud norte y 79°22´ de longitud oeste. El sitio seleccionado presentó una topografía plana con un tipo de suelo franco arcilloso, la duración del trabajo de campo fue aproximadamente de 12 meses.

#### 3.2. Condiciones Meteorológicas

En el cuadro 6 se presenta las condiciones meteorológicas de la zona en estudio

**Cuadro 6. Condiciones meteorológicas de la zona bajo estudio**

<b>Parámetros</b>	<b>Promedio</b>
Temperatura, (°C)	24,20
Humedad relativa, (%)	86,00
Heliofanía, (horas luz año)	801,00
Precipitación, (mm/año)	2.588,00
Altitud, (msnm)	97,00

Fuente. ANCUPA, (2010)

### 3.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con seis (6) tratamientos y cinco (5) repeticiones. Se respetó los principios de homogeneidad entre el material vegetativo de palma aceitera. Las diferencias estadísticas se obtuvieron mediante Tukey al 5% para tratamientos. En el cuadro 8 se indica el esquema del Análisis de la Variancia (ADEVA). Para comparar el testigo versus los cinco (5) tratamientos restantes se utilizó Dunnet al 5% para el ensayo “Estimulantes radiculares en el cultivo de la palma aceitera (*elaeis guineensis jacq.*) en La Independencia, Esmeraldas.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para el ensayo “Efecto de Estimulantes radiculares en el cultivo de la Palma Aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*)”**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
TOTAL	20
Tratamientos	5
Repeticiones	4
EE	20

### 3.4. Tratamientos

Los tratamientos bajo estudio fueron:

- T1 = 400 g de Nácara premium palma
- T2 = 300 g de Nácara premium palma
- T3 = 200 g de Nácara premium palma
- T4 = 600 g humus de lombriz
- T5 = Testigo (Seaweed Extract)
- T6 = Testigo

### 3.5. Unidades experimentales

Conformado por 6 plantas por parcela neta, dando un total de 180 plantas de evaluación.

#### Cuadro 8. Esquema del experimento

Tratamientos	Dosis(g/corona/planta)	Rep.	U.E. neta	Total
T1	400 g de Nácaro premiun palma	5	6	30
T2	300 g de Nácaro premiun palma	5	6	30
T3	200 g de Nácaro premiun palma	5	6	30
T4	600 g humus de lombriz	5	6	30
T5	Testigo (Seaweed Extract)	5	6	30
T6	Testigo	5	6	30
Total				180

### 3.6. Delineamiento experimental

Forma:	rectangular
Área neta de la parcela:	10-489 .51 m <sup>2</sup>
Área total de la parcela:	1,398 60 m <sup>2</sup>
Área total de cada tratamiento:	979.02 m <sup>2</sup>
Área total del experimento:	10 ha
Unidades experimentales:	25



### **3.7. Variables y Métodos de Evaluación**

#### **3.7.1. Contenido nutricional de suelo y foliar**

El análisis químico completo de suelo y foliar, se realizó al inicio y al final de la investigación. Los análisis fueron realizados en los laboratorios de suelo y foliares del INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.

#### **3.7.2. Características microbiológicas del suelo**

Se cuantificó la población microbiana y la colonización de raíces a través de evaluación y cuantificación de la microbiota presente en el suelo. Para ello se tomaron muestras de suelo al inicio, a los seis meses y (6) a los doce (12) meses. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Microbiología y Bioproductos del CIPAL. (Centro de investigaciones en Palma Aceitera) propiedad de ANCUPA.

#### **3.7.3. Peso fresco y seco de raíces (g)**

El peso fresco se realizó al inicio, a los 6 y 12 meses de evaluación.

Luego de haber obtenido el peso fresco de raíces en la balanza de precisión, se sometieron a todos los tratamientos a una temperatura de 75 °C. Las raíces fueron pesadas nuevamente y registrado su valor. Esta labor se realizó en los laboratorios del CIPAL, tanto al inicio como al final de la investigación.

#### **3.7.4. Longitud de raíces (cm)**

Para estimar la longitud total de la raíz en una muestra extraída, se siguió el método de Newman (1996), a través de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{NA}{\dots}$$

2H

Dónde:

R: Longitud de raíces

N: Conteo del número de intersecciones de raíces

A: Área regular

H: Largo total de las líneas ubicadas al azar.

### **3.7.5. Emisión foliar**

Se evaluó utilizando pintura indeleble con la que se pintó el peciolo de la hoja número uno, al inicio a los 6 y 12 meses en cada uno de la seis planta que se contabilizó el número de hoja que emitió en este periodo de tiempo. Los datos obtenidos fueron expresados en hoja / mes.

### **3.7.6. Área Foliar**

Para esta variable se empleó la metodología diseñada por Corley (Chinchilla, 2004), la misma que consiste en la aplicación de la siguiente fórmula:

Área foliar ( $m^2$ ) =  $K \times n (L \times A)$ , donde:

K = Constante variable entre 0.55 y 0.57 (0.55 la más común).

n = Número de foliolos por hoja (hoja 9 en plantas menores de 4 años y hoja 17 en plantas mayores de 5 años).

L = Promedio de la longitud de 6 foliolos centrales (hoja 9 en plantas menores de 4 años y hoja 17 en plantas mayores de 5 años).

A = Promedio de ancho de 6 foliolos centrales (hoja 9 en plantas menores de 4 años y hoja 17 en plantas mayores de 5 años).

Luego de aplicar la fórmula anteriormente indicada, el resultado de ésta se multiplicó por un numero constante de hojas (33 hojas / plantas). La evaluación se la realizó al inicio, a los 6 y 12 meses.

### **3.7.7. Análisis de costos**

Se calculó los costos de aplicación de la tecnología de cada uno de los tratamientos en estudio. Tomando en cuenta los costos variables del ensayo (ej. Costo del producto).

## **3.8. Mediciones experimentales**

Se seleccionó un lote de terreno donde se cultiva palma aceitera, localizado en la provincia de Esmeraldas. El lote escogido recibió todas las labores culturales complementarias sobre el manejo de la plantación: cosecha, poda, control de malezas, fertilización, etc.

### **3.8.1. Aplicación de estimulantes radiculares**

Los productos fueron aplicados 3 veces: al inicio, a los 3 meses y a los 6 meses de evaluación en dosis de 200, 300 y 400 gramos por corona (+/- 9 m<sup>2</sup>). Las dosis fueron uniformemente distribuidas en toda la corona de la planta.

### **3.8.2. Fertilización**

Se estableció el programa de fertilización del ensayo de acuerdo a la interpretación del análisis del suelo y Foliares.

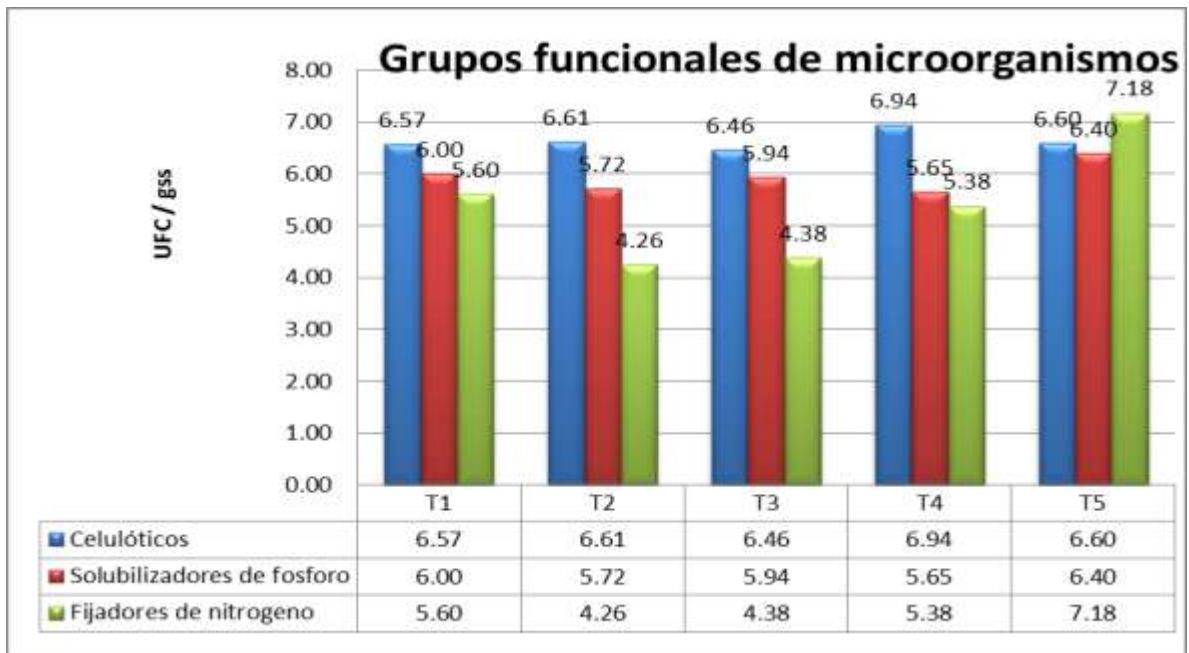
### **3.8.3. Control de plagas y enfermedades**

El control se realizó luego de los respectivos monitoreos fitosanitarios y se utilizaron productos y dosis recomendadas por ANCUPA y por la administración de la plantación.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características microbiológicas del suelo

Para esta variable existieron diferencias significativas en lo referente al contenido de UFC/gss (unidad formadora de colonia), tanto al inicio como al final de la investigación, presentándose los mayores contenidos de microorganismo celulíticos en el tratamiento 4. (600g humus de lombriz) con referencia a solubilizadores de fósforo el tratamiento 5 (Seaweed Extract) alcanzó el mayor valor con  $2.50 \times 10^6$  (6.40). Los datos obtenidos en esta investigación son superiores a los reportados por Bolaños *et al* (2008) quienes al estudiar la influencia del riego en la dinámica poblacional de grupos funcionales de microorganismos asociados a la rizosfera de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) reportó poblaciones de microorganismos Solubilizadores de fósforo de  $1.86 \times 10^5$  (5.27) UFC/gss en parcelas con riego y de  $2.18 \times 10^5$  (5.34) UFC/gss en las parcelas sin riego. Destacando que la presente investigación se realizó en una plantación sin riego, en el cual el aporte de Solubilizadores fue mejor.



**Grafico 1. Contenido nutricional del suelo (promedio de UFC/gss).**

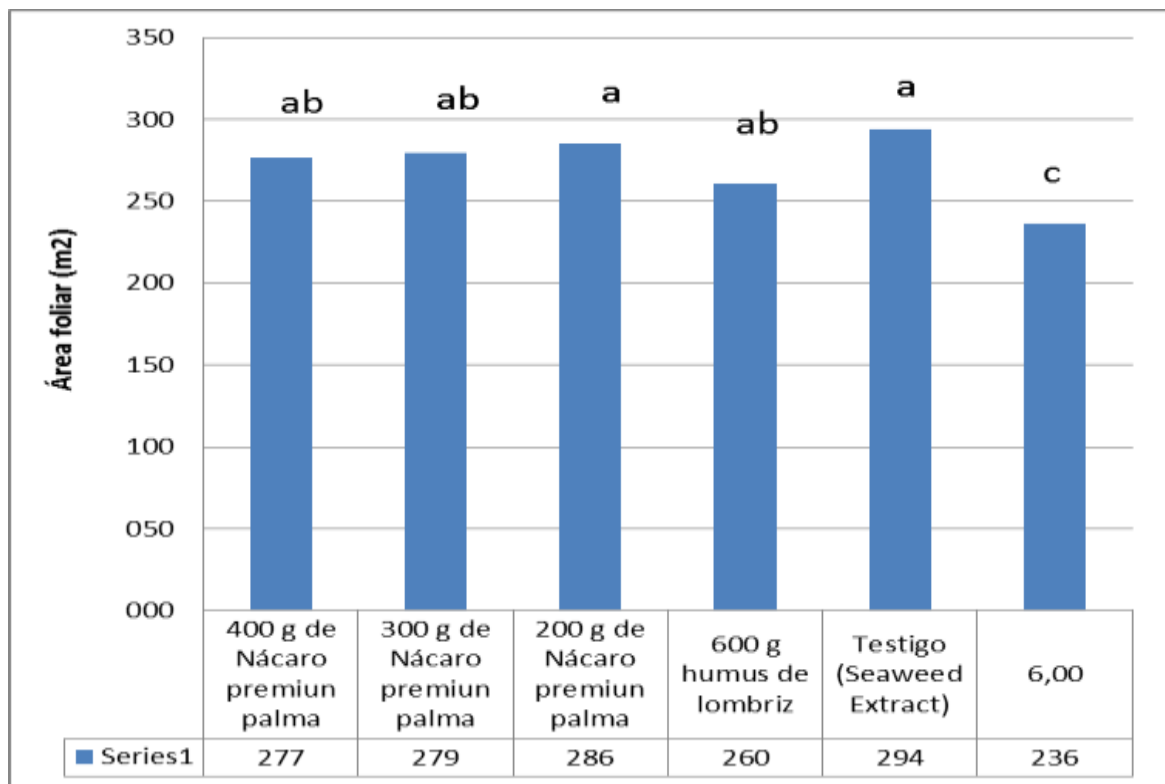
#### 4.2. Área foliar anual

Para área foliar anual bajo condiciones de pH de 5.66 y contenidos nutricionales de  $\text{NH}_4$  (78.00), P (3.88) y K (0.23) ppm meq/100ml, se obtuvieron los siguientes resultados: 294.20  $\text{m}^2$  para el tratamiento 5, el coeficiente de variación obtenidos 8.23%, mismo que es aceptable para este tipo de investigación, por su parte Bravo (2011), en área foliar específica presenta diferencias estadísticas significativas para la comparación ortogonal de los consorcios micorrizicos nativos del cultivo de palma aceitera en fase de vivero M4 vs. M3, M2, M1, mostrando superioridad del consorcio M4 (zona Quevedo) frente al resto de consorcios, con valores de 205.4  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  frente a 181.6  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ .

Por DUNNET se detectan diferencias entre el testigo (t6) y el resto excepto el t4 que es similar al testigo: ubicándose como los mejores tratamientos el T5 y el T3 que se ubican en el rango A, grafico 2.

**Cuadro 9. Área foliar anual**

Origen		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Repeticiones	Hipótesis	5853.479	4	1463.370	2.915	.047	*
	Error	10040.591	20	502.030			
Tratamientos	Hipótesis	10740.679	5	2148.136	4.279	.008	**
	Error	10040.591	20	502.030			
CV (%)		8.23					



**Grafico 2. Área foliar (m<sup>2</sup>) anual**

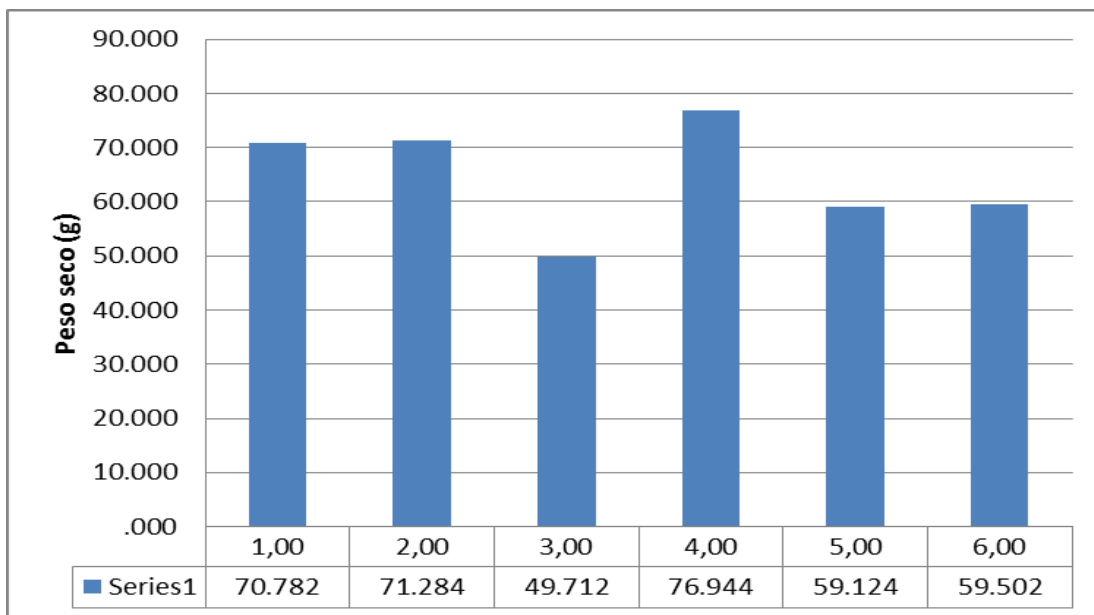
### 4.3. Emisión foliar (hojas/mes)

En el cuadro 9, se observa los siguientes promedios: 1.75 hojas/mes para los tratamientos 1 y 3; 1.70 hojas para el tratamiento 4 y 1.69 hojas para el tratamiento 2, con un coeficiente de variación de 4.35%. Revelo (2002), manifiesta que con un suministro apropiado de agua la apertura de hojas es del orden dos por mes, siendo un buen indicador de las condiciones de palma en los estados de desarrollo. Por su parte Bravo (2011), obtuvo a los 210 días después de la inoculación (DDI) sin significancia estadística en ninguna de las fuentes de variación evaluando la variable emisión foliar en fase de vivero. La media general fue de 10.96 hojas emitidas a los 210 DDI (1.37 hojas mes) y el coeficiente de variación fue de 8.92%.

**Cuadro 10. Emisión foliar anual**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Repeticiones Hipótesis	.063	4	.016	2.888	.056	ns
Error	.088	16	.005			
Tratamientos Hipótesis	.056	4	.014	2.555	.079	ns
Error	.088	16	.005			
C.V. (%)	4.35					

En el promedio general no se apreció diferencia en el número de hojas en cada tratamiento, lo cual estableció que no existió diferencia estadística dentro de ellos. En la prueba de f resultó no significativa.



**Gráfico 3. Emisión foliar (hojas/mes)**

#### 4.4. Peso fresco de raíces (g)

En base al análisis de Covariancia (cuadro 10), se obtuvo un coeficiente de variación de 23.88%, resultado no significativo entre los tratamientos, destacándose el tratamiento 2 con 223,80 gramos.

No se obtuvo diferencia significativa para en el análisis del peso fresco de raíces

**Cuadro 11. Peso fresco de raíces (g)**

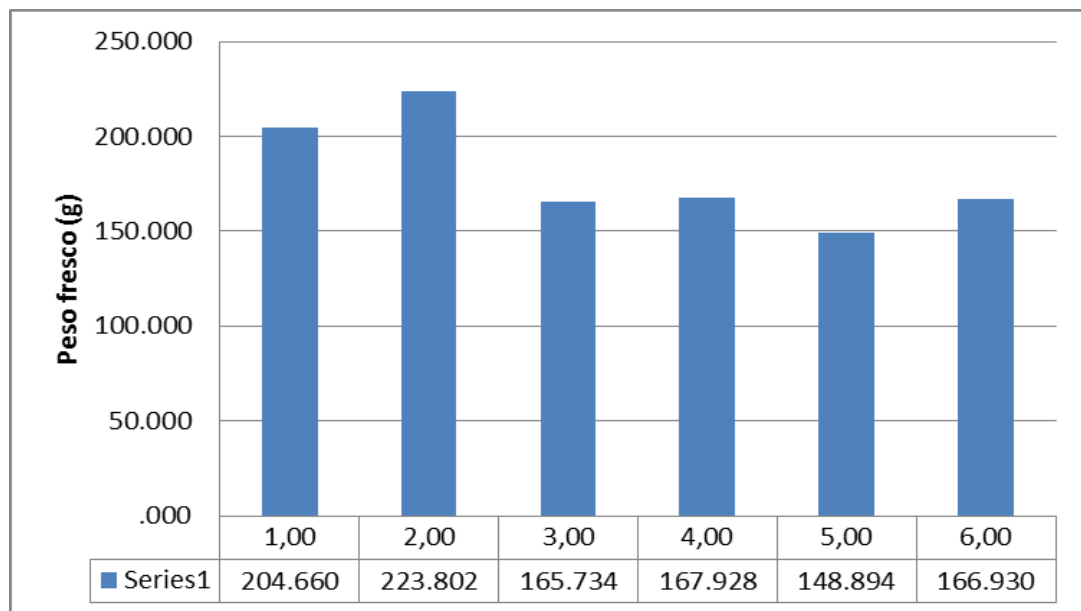
Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Repeticiones Hipótesis	4098.286	4	1024.571	.557	.696 ns
Error	36801.066	20	1840.053		
Tratamientos Hipótesis	20068.445	5	4013.689	2.181	.097 ns
Error	36801.066	20	1840.053		
C.V. (%)	23.88				



Tenemos que el T2 actuó de mejor forma con respecto a los otros cuatro tratamientos y podemos afirmar que visualmente con el T2 se observó un incremento significativo de sistema radical en lo que se refiere a raíces terciarias y cuaternarias, siendo estas de mucha importancia para la nutrición de la planta.

Este factor que pudo deberse a la práctica de fertilización química y orgánica. Además es una práctica recomendada para la estimulación de raíces ya que proporciona humedad al suelo e incrementa su porcentaje de materia orgánica (Acuña, Peña, Serrano, Segura, 2005).

Por su parte LUZÓN y HERRERA obtuvieron para esta variable evaluada 121.31 g en la localidad 1 CIPAL.



**Grafico 4. Peso fresco de raíces (g)**

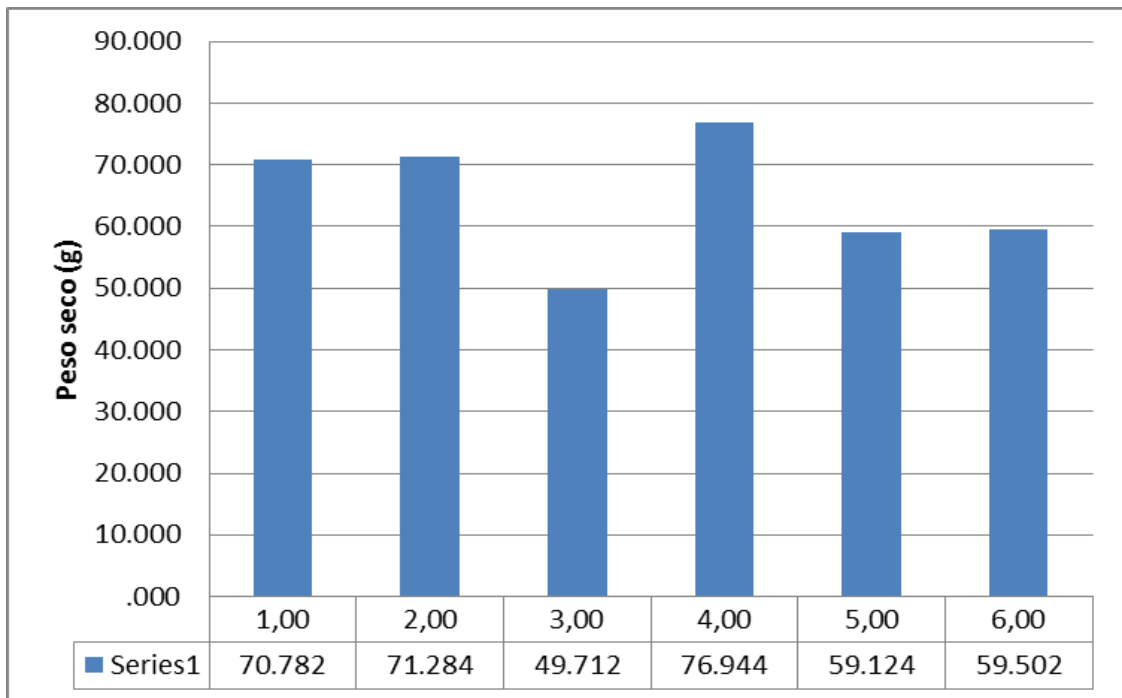
#### **4.5. Peso seco de raíces (g)**

En base al análisis de Covariancia (cuadro 11), se obtuvo un promedio de 76.94 g en el tratamiento 4, con un coeficiente de variación de 26.49%. No se obtuvo

diferencia significativa. LUZÓN y HERRERA obtienen 49.13 g en la localidad 1, CIPAL, según LOMBRICORP, (2010). El humus de lombriz es un producto rico en hormonas, sustancias producidas por el metabolismo secundario de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de las plantas. Estos “agentes” reguladores de crecimiento son: **Auxinas**, provoca el alargamiento de las células de los brotes, incrementa la floración y la cantidad y la calidad de los frutos. **Giberelinas**, favorece el desarrollo de las flores y germinabilidad de las semillas y aumenta la dimensión de los frutos y **Citoquininas**, retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales, facilita la formación de los tubérculos y acumulación de los almidones en ellos.

**Cuadro 12. Peso seco de raíces**

Sig.			gl	Media cuadrática	F	
Repeticiones	Hipótesis	2577.253	4	644.313	2.204	.105 ns
	Error	5848.005	20	292.400		
Tratamientos	Hipótesis	2564.427	5	512.885	1.754	.168 ns
	Error	5848.005	20	292.400		
C.V. (%)		26.49				



**Grafico 5. Peso seco de raíces (g)**

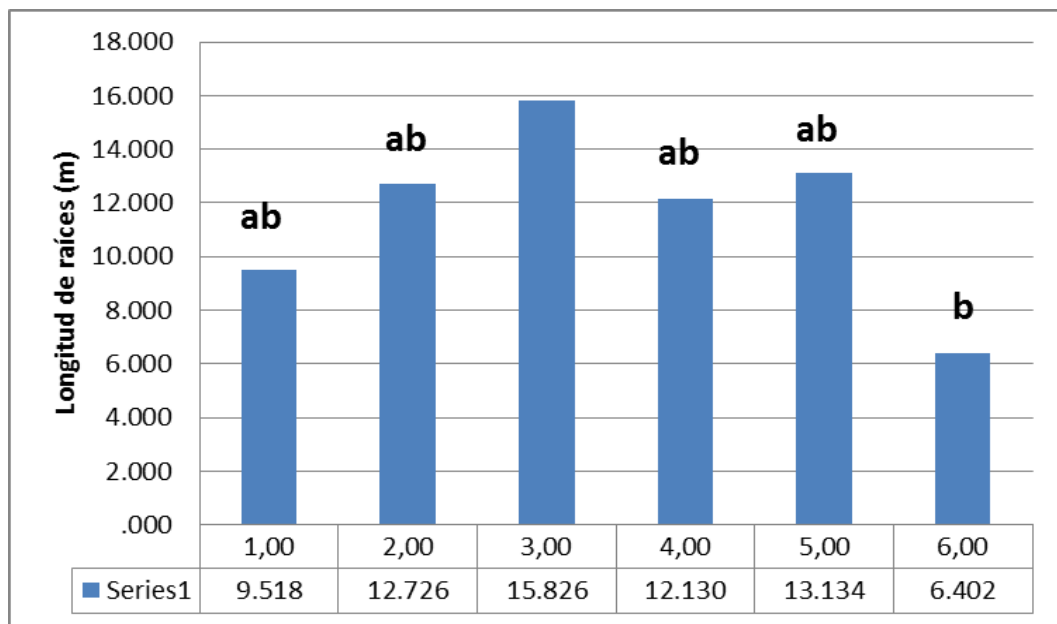
#### **4.6. Longitud de raíces (m)**

Con respecto a la longitud de raíces, el tratamiento 3 obtuvo la mayor longitud de raíz con 15.83 m, con 38.44 % de coeficiente de variación. Según REVELO (2002), el sistema radical de la Palma Aceitera es de tipo fasciculado, en forma de cabellera; del bulbo radical salen dos tipos de raíces primarias, unas son verticales y otras adventicias. Las verticales se dividen en cuatro clases: Primarias que pueden tener gran cantidad de agua cuando son nuevas, pueden medir de 6 a 10 milímetros de diámetro y llegar a una longitud de hasta 10 metros.

**Cuadro 13. Longitud de raíces (m)**

Origen		Suma de cuadrados tipo III	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Repeticiones	Hipótesis	47.332	4	11.833	.593	.672 ns
	Error	399.182	20	19.959		
Tratamientos	Hipótesis	265.559	5	53.112	2.661	.053 *
	Error	399.182	20	19.959		
C.V. (%)		38.44				

Por DUNNET se detectan diferencias entre el testigo (t6) y el t3; Ubicándose como los mejores tratamientos el T3 que se ubica en el rango A.



**Grafico 6. Longitud de raíces (m)**

## **4.7. Análisis edáficos de elementos nutricionales**

### **4.7.1. pH (Potencial Hidrógeno)**

En el análisis de Covarianza (cuadro 13), se observa los siguientes promedios: 5.66 para los tratamientos T1= 400 g de Nácara premium palma, T4= 600 g humus de lombriz y T5= Testigo (Seaweed Extract) respectivamente; 5.72 para el tratamiento T3= 200 g de Nácara premium palma; 5.84 para el tratamiento T2= 300 g de Nácara premium palma. El coeficientes de variación obtenido fue: 3.67%, el mismos que es aceptable para este tipo de investigación.

### **4.7.2. NH<sub>4</sub>**

En el análisis de Covarianza (cuadro 13), se observa los siguientes promedios: 92.60 ppm para T1= 400 g de Nácara premium palma; 78.00 ppm para T5= Testigo (Seaweed Extract); 74.60 para T2= 300 g de Nácara premium palma; 72.00 para T3= 200 g de Nácara premium palma y 69.40 ppm para el tratamiento T4= 600 g humus de lombriz. El coeficiente de variación obtenida fue 18.69, mismos que es aceptable para este tipo de investigación.

### **4.7.3. Fosforo (P)**

En el análisis de Covarianza (cuadro 13), se observa los siguientes promedios: 5.44 ppm para T2= 300 g de Nácara premium palma; 4.62 ppm para T1= 400 g de Nácara premium palma; 3.88 ppm para T5= Testigo (Seaweed Extract); 3.00 para T4= 600 g humus de lombriz y 2.14 ppm para T3= 200 g de Nácara premium palma. El coeficiente de variación obtenidos fue 48.36 %.

#### **4.7.4. Azufre (S)**

En el análisis de Covarianza (cuadro 13), se observa los siguientes promedios: 10.88 ppm para T2= 300 g de Nácara premium palma; 10.62 para T5= Testigo (Seaweed Extract); 10.40 para T1= 400 g de Nácara premium palma; 10.16 para T4= 600 g humus de lombriz; y 9.66 ppm para T3= 200 g de Nácara premium palma. El coeficientes de variación obtenidos fue 11.95%.

#### **4.7.5. Potasio (K)**

En base al análisis de Covarianza (cuadro 13), se obtuvo un promedio de 0.23 meq/100ml en los tratamientos T5= Testigo (Seaweed Extract), T4= 600 g humus de lombriz y T3= 200 g de Nácara premium palma; 0.19 meq/100ml para T1= 400 g de Nácara premium palma y T2= 300 g de Nácara premium palma respectivamente, con un coeficiente de variación de 29.95%.

#### **4.7.6. Calcio (Ca)**

En base al análisis de Covarianza (cuadro 13), se obtuvo un promedio de 6.04 meq/100ml en T3= 200 g de Nácara premium palma; 5.88 meq/100ml para T1= 400 g de Nácara premium palma; 5.86 meq/100ml para T5= Testigo (Seaweed Extract). El valor más bajo se estableció con el tratamiento T2= 300 g de Nácara premium palma con 5.52 meq/100ml, con un coeficiente de variación de 17.29%.

#### **4.7.7. Magnesio (Mg)**

En base al análisis de Covarianza (cuadro 13), se obtuvo un promedio de 1.24 meq/100ml en el tratamiento testigo y el valor más alto en los tratamientos T4= 600 g de humus de lombriz con 1.17 meq/100ml, con un coeficiente de variación de 22.85%.

#### **4.7.8. Zinc (Zn)**

En el análisis de Covarianza (cuadro 13), se observa los siguientes promedios: 6.10 ppm para T2= 300 g de Nácara premium palma; 5.72 ppm para T4= 600 g humus de lombriz; y 5.22 ppm para T3= 200 g de Nácara premium palma considerado como el promedio más bajo. El coeficiente de variación obtenidos fue 31.29%.

#### **4.7.9. Cobre (Cu)**

En el análisis de Covarianza (cuadro 13), se observa los siguientes promedios: 4.24 ppm para el tratamiento testigo; 3.72 ppm T1= 400 g de Nácara premium palma considerado como el menor valor.

#### **4.7.10. Hierro (Fe)**

En base al análisis de Covarianza (cuadro 13), se obtuvo un promedio de 97.60 ppm en T2= 300 g de Nácara premium palma, con un coeficiente de variación de 30.81%.

#### **4.7.11. Manganeso (Mn)**

En base al análisis de Covarianza (cuadro 13), se obtuvo un promedio de 22.04 ppm en el tratamiento T2= 300 g de Nácara premium palma, y el valor más bajo fue con el tratamiento T3= 200 g de Nácara premium palma con 20.82, con un coeficiente de variación de 23.99 %.

#### **4.7.12. Boro (B)**

En el análisis de Covarianza (cuadro 13), se observa los siguientes promedios: 33.32 ppm para el tratamiento T1= 400 g de Nácara premium palma considerado

como el promedio más alto en contraposición de 0.54 ppm que reportó el tratamiento T3= 200 g de Nácara premium palma. El coeficiente de variación obtenido fue 458.85%, el mismo que no es aceptable para este tipo de investigación, el cual para esta variable se realizó una transformación de datos con **arcoseno** y así bajar el Coeficiente de Variación.

#### **4.8. Costos**

Para la determinación de los costos de los tratamientos, se tomó en cuenta los jornales y los insumos utilizados en toda la fase investigativa, el cuadro 14 muestra que los mayores costos se dieron en los tratamientos en los cuales se incluyó Humus de lombriz Nácara Premium con 749.73 dólares cada uno. Los costos más bajos se dieron con el tratamiento testigo (Seaweed Extract) con 494.37 dólares



**Cuadro 14. Análisis edáficos de elementos nutricionales bajo el efecto de estimulantes radiculares en el cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.)**

Tratamientos	Elementos												
	Ppm					meq/100ml					ppm		
	pH	NH <sub>4</sub>	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
T1= 400 g de Nácara premiun palma	5.66 A	92.60 a	4.62 a	10.40 a	0.19 a	5.88 a	1.22 A	5.40 a	3.72 a	77.00 a	21.12 a	23.97 a	
T2= 300 g de Nácara premiun palma	5.84 A	74.60 a	5.44 a	10.88 a	0.19 a	5.52 a	1.18 A	6.10 a	4.06 a	97.21 a	22.04 a	2.53 a	
T3= 200 g de Nácara premiun palma	5.72 A	72.00 a	2.14 a	9.66 a	0.23 a	6.04 a	1.18 A	5.22 a	4.16 a	79.60 a	20.82 a	19.77 a	
T4= 600 g humus de lombriz	5.66 A	69.40 a	3.00 a	10.16 a	0.23 a	5.76 a	1.17 A	5.72 a	4.12 a	85.60 a	21.24 a	21.60 a	
T5= Testigo (Seaweed Extract)	5.66 A	78.00 a	3.88 a	10.62 a	0.23 a	5.86 a	1.24 A	5.54 a	4.24 a	88.40 a	21.84 a	22.30 a	
C.V. (%)	3.67	18.69	48.36	11.95	25.95	17.29	22.85	31.29	16.14	30.81	23.99	18.00	

\*Medias con letra igual no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )

**Cuadro 15. Costos de los tratamiento bajo el efecto de estimulantes radiculares en el cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.)**

Costos	Tratamientos				
	T1= 400 g de Nácara premium palma	T2= 300 g de Nácara premium palma	T3= 200 g de Nácara premium palma	T5= 600 g humus de lombriz	T6= Testigo (Seaweed Extract)
<b>Jornales</b>					
Aplicación de producto	10,80	10,80	10,80	10,80	10,80
Chapia y corona	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Control de plagas y enfermedades	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20
Fertilización	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20
Poda	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>Insumos</b>					
Nacaro Premium	30,00	30,00	30,00		
Humus de lombriz				25,00	
Enraizador Seaweed Extract					5,00
<b>Costos</b>					
Por tratamientos	73,40	73,40	73,40	68,40	48,40
Por hectárea	749,73	749,73	749,73	698,66	494,37
<b>Por planta</b>	<b>3,09</b>	<b>3,09</b>	<b>3,09</b>	<b>2,88</b>	<b>2,03</b>

## V. CONCLUSIONES

Todos los tratamientos, si tuvieron un efecto positivo en la emisión foliar de la palma de aceite, ya que actuaron de forma normal produciendo 2 hojas/mes como promedio.

Todos los tratamientos, no ejercieron modificaciones en la estructura del suelo, pero si existió ligero incremento en los Solubilizadores de fósforo. Actuando los 5 tratamientos de forma similar.

Todos los tratamientos, si ejercieron efecto en la estimulación de sistema radical en la palma de aceite incrementando la cantidad de raíces terciarias y cuaternarias que son las de mayor importancia para la nutrición de la palma, visualmente se notó que las plantas tratadas con 600 g humus de lombriz tuvieron un mayor incremento, pero en los pesos no hubo diferencias significativas.

Todos los tratamientos tuvieron un efecto positivo aportando un cambio biológico en el suelo ya que incorporaron microorganismos benéficos e este como micro algas y micorrizas ayudando a la descomposición de la materia orgánica, el tratamiento testigo presentó mejores incrementos que los tratamientos con humus de lombriz.

Durante el estudio no hubo ninguna afección por plagas y enfermedades en las plantas sometidas a estudio.

En costos de producto, es más económico el Tratamiento testigo, (Seaweed Extract), ya que la aplicación por planta es de \$2,03 centavos de dólar.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda utilizar humus de lombriz en las dosis de 600 g por planta para el sector palmicultor, como enraizadores y realizar las aplicaciones 2 veces al año, en época lluviosa pero debe ir acompañada de una adecuada fertilización para tener buenos resultados.

Se debería continuar con la investigación para medir el efecto de los tratamientos sobre los factores físicos, químicos y biológicos del suelo y un efecto sobre la producción.

## VII. RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la Hacienda de palma aceitera “María Cecilia” de propiedad del Dr. Hoover Celleri, ubicada en el Cantón Quinindé, Sitio La Independencia, provincia Esmeraldas, tuvo como objetivo principal Evaluar estimulantes radiculares en el cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*) en La Independencia, Esmeraldas. Los objetivos específicos fueron: Evaluar el efecto de los estimulantes radiculares en las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Determinar la influencia de los tratamientos en el desarrollo radicular de la palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*). Realizar el análisis económico de los tratamientos. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con (6) tratamientos y (5) repeticiones. Se respetó los principios de homogeneidad entre el material vegetativo de palma aceitera

Las Unidades experimentales estuvieron conformado por 6 plantas por parcela neta, dando un total de 180 plantas de evaluación.

Los resultados fueron: En características microbiológicas del suelo.- Para esta variable existieron diferencias significativas en lo referente al contenido de UFC/gss (unidad formadora de colonia), tanto al inicio como al final de la investigación, presentándose los mayores contenidos de microorganismo celulíticos en el tratamiento 4. (600g humus de lombriz) con referencia a solubilizadores de fósforo. Área foliar anual.- En el ensayo esimulantes radiculares la variable área foliar anual bajo condiciones de pH de 5.66 y contenidos nutricionales de NH<sub>4</sub> (78.00), P (3.88) y K (0.23) ppm meq/100ml. Emisión foliar (hojas/mes).- En el cuadro 9, de la variable emisión foliar se observa los siguientes promedios: 1.75 hojas/mes para los tratamientos 1 y 3. Peso fresco de raíces (g).- destacándose el tratamiento 2 con 223,80 gramos. Peso seco de raíces (g).- se obtuvo un promedio de 76.94 g en el tratamiento 4.

## VIII. SUMMARY

This research was conducted in the oil palm Finance "Mary Cecilia" property of Dr. Hoover Celleri, located in Canton Quinindé, Site Independence, Esmeraldas province, aimed to evaluate stimulants main root in the cultivation of palm oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Independence, Esmeraldas.

The specific objectives were to evaluate the effect of stimulating root in the physical, chemical and biological soil. To determine the influence of treatments on root development of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Conduct economic analysis of the treatments. Design was a randomized complete block with (6) treatment and (5) replicates. He respected the principles of homogeneity between oil palm planting material.

The experimental units were composed of 6 plants per net plot, giving a total of 180 plants evaluated.

The results were: In soil microbiological characteristics. - For this variable, significant differences regarding the content of CFU / gss (colony forming unit) at the beginning and end of the research, presenting the highest contents of cellulolytic microorganisms in treatment 4. (600g vermicompost) with reference to solubilizing phosphorus. Annual leaf area. - In the study esimulantes root variable annual leaf area under conditions of pH and nutrient content of 5.66 NH<sub>4</sub> (78.00), P (3.88) and K (0.23) ppm meq/100ml. Leaf emergence (leaves / month.) - Table 9, of variable leaf emission is observed the following averages: 1.75 leaves / month for treatments 1 and 3. Root fresh weight (g). - Highlighting the treatment 2 with 223.80 grams. Root dry weight (g). - Was obtained an average of 76.94 g in treatment 4.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- ACUÑA, O.; PEÑA, W.; SERRANO, E.; SEGURA, A. 2005. La Importancia de los Microorganismos en la calidad y salud de suelos. San José de Costa Rica.
- ACUPALMA, 2008, Disponible en [www.acupalma.com](http://www.acupalma.com). Generalidades de la Palma Aceitera/docs. Consultado 21 de Octubre/2008.
- ANCUPA. 2005. Examine sus raíces antes de fertilizar. Pedro Palmicultor. Revista divulgativa N° 5.
- ANCUPA. 2009. La Asociación micorrizica: una alternativa en la fertilización y en la protección de la palma aceitera No 5. 11p.
- BARBA, J.; MOTATO, N. 1990. Manual de nutrición y Fertilización de Palma Aceitera. INIAP N° 15. Ecuador
- BERNAL, F. 2001. El cultivo de la Palma de Aceite y su beneficio. Guía General para el nuevo palmicultor, FEDEPALMA.
- BERTSCH, F. 1998. La Fertilidad de los Suelos y su Manejo. Asociación Costarricense de las Ciencias del Suelo.
- BOLAÑOS C., ORELLANA H., BERNAL G., MORALES R. 2008. Influencia del riego en la dinámica poblacional de grupos funcionales de microorganismos asociados a la rizosfera de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) Resumen de Tesis, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Presentada al XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito- Ec, p. 1.

- BORRERO, C. 2006. Característica y sustancias humicas DE LA PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq.).
- BORRERO, C. 2006. CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq.).
- BRAVO W. 2011. Evaluación de consorcios simbióticos micorrízicos nativos de palma aceitera (*elaeis guineensis* j.), reproducidos como bioinoculantes para el estudio de su eficiencia en fase de vivero. Tesis de grado biotecnología. Departamento de Ciencias de la vida. Ingeniería en Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército, p. 19.
- CALVACHE, H., 2001. El palmicultor. Manejo agronómico de algunos problemas fitosanitarios de la palma de aceite en Colombia. . Memorias: Seminario Internacional Manejo agronómico y nutricional de la palma aceitera. ANCUPA – FEDEPAL Bol. 14., Quito, Ecuador.
- CHÁVEZ, F.; RIBADENEIRA, J. 2003. Manual del cultivo de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) para la zona Noroccidental del Ecuador. INIAP. Santo Domingo de los Colorados – Ecuador.
- CHÁVEZ, M. F., 2001. El palmicultor, Reflexión e investigación preliminar sobre el amarillamiento – secamiento del follaje de la palma africana. Memorias: Seminario Internacional Manejo agronómico y nutricional de la palma aceitera. ANCUPA – FEDEPAL Bol. 14., Quito, Ecuador.
- CHINCHILLA, C. DURÁN, N SALAS, R. PERALTA, F. 1999. Manejo de la Nutrición y Fertilización en Palma Aceitera en Costa Rica. XI Congreso Nacional Agronómico y III Congreso Nacional de Suelos.



CORLEY, R. y TINKER, P. 2009. La palma de aceite. Cuarta edición Primera versión traducida al español. Editorial Blackwell publishing Ltd.

[doi:10.1146/annurev.micro.58.030603.123749](https://doi.org/10.1146/annurev.micro.58.030603.123749). PMID 16153162.

CONAGRA 2007. CONSORCIO AGROPECUARIO AMERICANO S.A.C. Compañía nacional en la distribución de productos agrícolas biológicos para la producción de alimentos saludables que generen la más alta rentabilidad a los agricultores peruanos. Av. Camino Real 369-Santiago de Surco Lima 33 - Perú Disponible en <http://conagra.com.pe/quien.htm>

DUNNETT, C. W. 1955. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a control. J. Am. Stat. Assoc. 70: 574-583.

DURAN, F. 2007. Agricultura de las Américas, Instituto Colombiano agropecuario (ICA), Grupo Latinos Editores Ltda., Santa Fe de Bogotá, Cundinamarca. 968pp.

GARCÍA, M., y SOLANO, V. Cría de la lombriz de tierra: Una alternativa ecológica y rentable. Editorial San Pablo. México. 2005. Pp 144-147.

HARRISON M. 2005. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis». *Annu Rev Microbiol.* **59**: pp. 19–42.

HIDALGO. D. 2007. Tesis de grado sobre Influencia del Riego en el comportamiento de tres híbridos de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) de dos años de edad. La Concordia – Pichincha. p 9 – 10.

HORNA R., 2008. Resultados prácticos del Control de *Rhynchophorus palmarum* en Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*). Artículo publicado en La

Revista Agricultura del Ecuador, 2.002. Fecha de publicación:  
14/01/2008.

INFOAGRO 2010. La Lombricultura un negocio rentable. Análisis de la cría y explotación de lombrices. En línea. Disponible en [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)  
Consultado el 30 de septiembre de 2010.

Kirk, P., Cannon P., David J., y Stalpers J., 2001. *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*. 9th ed. CAB International, Wallingford, UK.

KRAMM, C. 1987. Propagación Vegetativa de cuatro especies arbustivas nativas con posibilidades ornamentales, (Tesis licenciado en agronomía).Universidad Austral de Chile. 50pp.

LEÓN, D. 2006. Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares de palma africana en dos regiones de la amazonía colombiana

LOMBRICORP, (2010). Agricultura Orgánica. El portal de Lombricultura en Ecuador. En línea. Disponible en [www.lombricorp.com](http://www.lombricorp.com) Consultado el 30 de septiembre de 2010.

MALDONADO L., MORALES R., BERNAL G., y ALCOCER I. 2008. Estudio del comportamiento de las asociaciones micorrizicas en el material germoplasmático de palma aceitera en el Ecuador. Tesis de grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, PUCE. Presentada al XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito- Ec, p. 1.

MARTIN J.; HAIDER, K.; BONDIETTI, E.; 1975. Properties of model humic acids synthesized by phenoloxidase and autoxidation of phenols and other

compounds formed by soil fungi. Humic Substances, Their Structure and Function in the Biosphere. pp. 171-186.

MUNEVAR, F. 1998. Ciclo de Cursos de Actualización de Conocimientos sobre Suelos con Aplicación en el Cultivo de Palma de Aceite, Dinámica de los Elementos Esenciales del Nitrógeno, Modulo 2, Santa Fe de Bogotá D.C. – Colombia.

NÁPOLES, V; BEJARANO, G. 1974. S.F. La Palma Africana, INIAP, Manual Divulgativo, p 7 – 9.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS. *NMX-FF-109- SCFI-2007*. Humus de lombriz (lombricomposta) – Especificaciones y Métodos de prueba.

NÚÑEZ, 2008. “Estudio sobre la efectividad del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bals) Buill, para el combate del *Atta insularis* Guerin en Cuba” Tesis presentada en opción al grado científico de máster en protección de Plantas. Universidad Agraria de La Habana, 2008.

RAYGADA, R. 2005. Manual Técnico para el Cultivo de Palma Aceitera. Lima – Perú, Noviembre 2005, p 21 – 24.

REVELO, M. 2002. Generalidades sobre botánica, morfología y fisiología. Revista, Palma Cultura Moderna 2002. Vol. 1 Colombia p 9-18.

SELOSSE M., Richard F., He X., SIMARD S., (2006). Mycorrhizal networks: des liaisons dangereuses. *Trends Ecol Evol.* **21**: pp. 621–628. [doi:10.1016/j.tree.2006.07.003](https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.07.003). PMID 16843567.

- SIGAGRO; (2005); "Estudio macroeconómico de la situación del cultivo de palma africana en el Ecuador"; Revista el Palmicultor (Fedapal) 464; Quito, Ecuador. P 12-14
- TRASAR, M.; LEIRÓS, M.; GIL, F. 2000. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic Oakwood) in an area of the European temperate-humid zone (Galicia, NW Spain): specific parameters. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 747-755.
- UMAÑA, C. 2004. XXVI Curso Internacional de Palma Aceitera, Costa Rica. P 1-2.
- URBINA, V.; Acido fúlvico, mas crecimiento, calidad y rendimiento. Núm. 31 Sábado 01 Diciembre de 2001. Disponible en <http://www.teorema.com.mx/articulos> Consultado 20 Noviembre 2008.
- WANG, B. y QIU, Y. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhizahello* 16 (5): pp. 299–363. doi:10.1007/s00572-005-0033-6. <http://www.springerlink.com/index/X7151P60502078U1.pdf>

## **X. ANEXOS**

**Cuadro 1. Prueba de DUNNET para la variable emisión foliar**

	(I)Tratamientos	(J)Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)		Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
							Límite inferior	Límite superior
t de Dunnet (bilateral)a	1,00	6,00	40.1600	*	14.17081	.041	1.4074	78.9126
	2,00	6,00	42.9340	*	14.17081	.027	4.1814	81.6866
	3,00	6,00	49.0820	*	14.17081	.010	10.3294	87.8346
	4,00	6,00	23.9520		14.17081	.338	-14.8006	62.7046
	5,00	6,00	57.7080	*	14.17081	.003	18.9554	96.4606

**Cuadro 2. Prueba de DUNNET para la variable peso fresco de raíces**

	(I)Tratamientos	(J)Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
t de Dunnet (bilateral)a	1,00	6,00	37.7300	27.12971	.513	-36.4610	111.9210
	2,00	6,00	56.8720	27.12971	.172	-17.3190	131.0630
	3,00	6,00	-1.1960	27.12971	1.000	-75.3870	72.9950
	4,00	6,00	.9980	27.12971	1.000	-73.1930	75.1890
	5,00	6,00	-18.0360	27.12971	.942	-92.2270	56.1550

**Cuadro 3. Prueba de DUNNET para la variable peso seco de raíces**

Variable dependiente: Peso seco raíces

	(I)Tratamientos	(J)Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
t de Dunnet (bilateral)a	1,00	6,00	11.2800	10.81481	.747	-18.2950	40.8550
	2,00	6,00	11.7820	10.81481	.716	-17.7930	41.3570
	3,00	6,00	-9.7900	10.81481	.832	-39.3650	19.7850
	4,00	6,00	17.4420	10.81481	.379	-12.1330	47.0170
	5,00	6,00	-.3780	10.81481	1.000	-29.9530	29.1970

**Cuadro 4. Prueba de DUNNET para la variable longitud de raíces**

	(I)Tratamientos	(J)Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
t de Dunnet (bilateral)a	1,00	6,00	3.1160	2.82553	.707	-4.6109	10.8429
	2,00	6,00	6.3240	2.82553	.133	-1.4029	14.0509
	3,00	6,00	* 9.4240	2.82553	.014	1.6971	17.1509
	4,00	6,00	5.7280	2.82553	.194	-1.9989	13.4549
	5,00	6,00	6.7320	2.82553	.101	-.9949	14.4589

**Cuadro 5. Emisión foliar**

Tratamientos		Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
	400 g de Nácaro premiun palma	1.75	.033	1.680	1.820
	300 g de Nácaro premiun palma	1.69	.033	1.618	1.758
	200 g de Nácaro premiun palma	1.75	.033	1.680	1.820
	600 g humus de lombriz	1.70	.033	1.628	1.768
	Testigo (Seaweed Extract)	1.62	.033	1.552	1.692





GRACIAS

