

**DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES AGRONÓMICAS ACTUALES DEL  
HIBRIDO INTERESPECÍFICO OXG VARIEDAD COARI X LA MÉ, PALMAS  
MONTERREY S.A. MUNICIPIO PUERTO WILCHES, SANTANDER.**

**EDINSON FABIAN LOZANO NIETO**

**CÓDIGO: 1.148.141.242**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA**

**PAMPLONA, 2017**

**DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES AGRONÓMICAS ACTUALES DEL  
HIBRIDO INTERESPESIFICOS OXG VARIEDAD COARI X LA MÉ, PALMAS  
MONTERREY S.A. MUNICIPIO PUERTO WILCHES, SANTANDER.**

**EDINSON FABIAN LOZANO NIETO**

**CÓDIGO: 1.148.141.242**

**Práctica empresarial presentada como requisito para optar al título de Ingeniero  
Agrónomo**

**I.A. Esp. Javier Francisco Castellanos Martínez**

**Directo académico**

**I.A Néstor Fernández Pulido**

**Tutor**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA**

**PAMPLONA, 2017**

## Tabla de Contenido

Introducción.....	11
Planteamiento del problema .....	13
Descripción del problema.....	13
Objetivos .....	16
Objetivo general.....	16
Objetivo específico .....	16
Marco referencial.....	17
Antecedentes.....	17
Marco teórico.....	19
Origen de la Palma Africana .....	19
Área sembrada en palma de aceite en Colombia. ....	19
Producción.....	21
Distribución de las zonas palmeras en Colombia. ....	22
Características de la Palma de Aceite africana <i>Elaeis guineensis</i> Jacq. y del híbrido interespecífico <i>Elaeis oleifera</i> x <i>Elaeis guineensis</i> . ....	23
Estadios de crecimiento principales.....	23
Estadios de crecimiento de la Palma Africana ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) e híbrido interespecífico ( <i>Elaeis oleifera</i> [Kunt] Cortes x <i>Elaeis guineensis</i> Jacq. ....	24
Semilla.....	25
Estadio de crecimiento principal 0: Germinación y emergencia .....	26
Sistema radical.....	27
Estípite.....	28
Hojas .....	30
.....	31
Fuente: I. Ayala (2007). ....	31
Flores e inflorescencias .....	32
Morfología de las inflorescencias femeninas y masculinas .....	37
Polinización .....	40
El fruto y el racimo .....	43

Desarrollo del fruto .....	50
Maduración del fruto y del racimo .....	53
Condiciones agroclimáticas de la palma africana.....	56
Condiciones climáticas.....	56
Condiciones del Suelo.....	57
Nutrición.....	59
Distribución de los nutrimentos en tejidos .....	61
Nitrógeno (N) .....	64
Fosforo (P).....	65
Potasio (K).....	65
Fuente: Taniputra y Panjaitan 1981 .....	66
Magnesio (Mg) .....	66
Azufre (S).....	67
Boro (B).....	68
Cobre (Cu).....	68
Manganeso (Mn).....	69
Hierro (Fe).....	69
Causas y síntomas de deficiencias nutricionales en palma africana <i>E. guineensis</i> .....	70
Causas de la deficiencia de N .....	70
Síntomas de deficiencia de N .....	70
Causas de la deficiencia de P.....	71
Síntoma de la deficiencia de P.....	71
Causas de la deficiencia de K.....	72
Causas de la deficiencia de Mg .....	73
Síntomas de deficiencia de Mg.....	73
Causas de la deficiencia de S.....	74
Síntoma de la deficiencia de S.....	74
Causas de la deficiencia de B .....	75
Síntoma de deficiencia de B .....	75
Causas de la deficiencia de Fe .....	76
Síntomas de deficiencia de Fe .....	76
Marco legal.....	80

Marco contextual .....	80
Características agroclimáticas .....	81
Metodología.....	83
Tratamiento en campo.....	83
Marcación del diseño experimental .....	83
Selección de palmas efectivas a diagnosticar por UE.....	85
Fuente: Autor.....	85
Registró de número de racimos y peso .....	86
Toma de medidas vegetativas.....	87
Emisión foliar .....	87
Sección transversal del peciolo (STP) .....	87
Longitud del peciolo .....	88
Longitud del raquis .....	89
Ancho y largo de los folíolos.....	89
.....	89
Número de folíolos hoja 17 .....	90
Número total de hojas verdes (NTHV) .....	90
Crecimiento del estípite.....	91
Muestreo foliar .....	93
Preparación de la muestra .....	93
Empaque de la muestra .....	94
.....	95
Muestreo de suelo .....	95
Resultados .....	97
Conclusiones.....	105
Recomendaciones .....	106
7 .....	121

### Lista de Tablas

Tabla 1. Distribución del área sembrada en palma de aceite por zonas en hectáreas. ....	20
Tabla 2. Constitución de las inflorescencias de la especie <i>E. guineensis</i> y el híbrido interespecífico OXG. ....	40
Tabla 3. Estudio comparativo de la viabilidad del polen del híbrido y sus progenitores ....	42
Tabla 4. Estadios de emergencia y desarrollo floral comparativo ..... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 5. Clasificación de frutos de acuerdo con la coloración del exocarpio y grosor del cuesco. ....	46
Tabla 6. Descripción del porcentaje de crecimiento y rango de días aproximado de desarrollo de fruto en la especie <i>E. guineensis</i> y el híbrido interespecífico OXG. ....	53
Tabla 7. Condiciones climáticas que permiten un alto potencial de rendimiento de la palma de aceite. ....	56
Tabla 8. Clases de aptitud de las tierras para cultivo de palma de aceite, según características climáticas. ....	57
Tabla 9. Clase de aptitud de las tierras para cultivo de palma de aceite, según propiedades del suelo. ....	58
Tabla 10. Componentes de la demanda y suplemento nutrientes en palma aceitera ....	60
Tabla 11. Distribución de macronutrientes en racimos de híbridos OxG. .... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 12. Distribución de micronutrientes en racimos de híbridos OxG. ....	62
Tabla 13. Extracción de macronutrientes en la cosecha de híbridos OxG. ....	63
Tabla 14. Contenido de nutrientes en racimos de fruta fresca de palmas tenera y dura...	63
Tabla 15. Extracción de micronutrientes en la cosecha de materiales híbridos OxG vs contenidos de micronutrientes en palmas <i>E. guineensis</i> . <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 16. Calificación de parámetros de análisis de suelo. ....	78
Tabla 17. Calificación de parámetros de análisis foliar ....	79
Tabla 18. Formato de registro. ....	83
Tabla 19. Formato de registro de cosecha. ....	86
Tabla 20. Formato registro de medidas vegetativas ....	92
Tabla 21. Variables de crecimiento acorde con la edad. ....	98

Tabla 22. Fecha ciclo de cosecha lote 01h02, 01d02.....	103
---	-----

### Lista de Figuras

Figura 1. Distribución del área sembrada y en desarrollo de palma de aceite por zonas, 2014 (En porcentaje).....	21
Figura 2. Producción de fruto palma de aceite 2009 - 2015 (Ton).....	22
Figura 3. Mapa Cultivos de palma de aceite en Colombia 2014.....	23
Figura 4 Semilla seca material Ténera ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq). .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 5. Semilla seca del híbrido ( <i>Elaeis oleifera</i> x <i>Elaeis guineensis</i> ). .....	27
Figura 6. Sistema radical de la palma de aceite africana <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.....	28
Figura 7. Bases peciolares persistentes en el estípite.....	29
Figura 8. Desarrollo del meristemos apical.....	29
Figura 9. Partes de una hoja madura de palma africana.....	31
Figura 10. Filotaxia de la palma de aceite de derecha (A) e izquierda (B). .....	32
Figura 11. Inflorescencia en anthesis de <i>E. guineensis</i> (A), inflorescencia en anthesis del híbrido interespecífico OXG (B). .....	33
Figura 12. (A) Inflorescencia masculina en <i>E. guineensis</i> , (B) Inflorescencia mixta del híbrido interespecífico OXG. ....	34
Figura 13. Inflorescencias de las especies <i>Elaeis guineensis</i> y el híbrido interespecífico OXG. ....	35
Figura 14 Periodo de desarrollo de las inflorescencias.....	36
Figura 15. Donde se insertan las raquilas con las flores unisexuales femeninas. (A) Híbrido interespecífico OxG. (B) <i>E. guineensis</i> . .....	37
Figura 16. (A) Inflorescencias masculinas. (B) Inflorescencia masculina.....	38
Figura 17. Conformación de las raquilas de las Inflorescencias .....	39
Figura 18. Polinizador <i>Elaeidobious kamerunicus</i> .....	41
Figura 19. Polinización asistida.....	42

Figura 20. (A) Sección longitudinal del fruto. (B) Corte transversal del fruto exponiendo sus partes. ....	44
Figura 21 (A). Fruto virescens en híbrido OxG. (B). Fruto nigrescens en <i>E. guineensis</i> . ...	45
Figura 22. Progreso de la maduración en la raquila .....	48
Figura 23. Curva de crecimiento del fruto .....	49
Figura 24 Estadios fenológicos para desarrollo del fruto en <i>E. guineensis</i> .....	51
Figura 25. Estadios fenológicos para desarrollo del fruto en híbrido interespecífico OxG.	52
Figura 26. Estadios fenológicos para la maduración del fruto en <i>Elaeis guineensis</i> .....	54
Figura 27. Estadios fenológicos para la maduración del fruto en el híbrido interespecífico OXG .....	55
Figura 28. Absorción de nutrientes (kg/ha) en palma aceitera. ....	60
Figura 29. Efecto en el rendimiento de racimos de fruta fresca (RFF) y el contenido de potasio de las hojas a través del incremento en la fertilización potásica .....	66
Figura 30. Efecto de dos fertilizantes magnésicos diferentes (Esta Kieserita y Dolomita) sobre la tasa de extracción de aceite .....	67
Figura 31. Causas y síntomas de deficiencias nutricionales en palma africana <i>E. guineensis</i> .....	71
Figura 32. Causas y síntomas de la deficiencia de P .....	72
Figura 33. Causas de la deficiencia de K .....	73
Figura 34. Causas y síntomas de la deficiencia de Mg .....	74
Figura 35. Causas y síntomas de la deficiencia de S .....	75
Figura 36. Hoja arrugada.....	76
Figura 37. Hoja en gancho .....	76



### **Dedicatoria:**

A mi Dios, mi guía y fortaleza.

A mis padres, Luis Lozano y Tulia Nieto. El motor de todos mis proyectos de vida. Muy agradecido por guiarme por el buen camino y por sus buenos consejos que hoy en día me formaron como persona.

A mi hijo Fabián A. Lozano. Motivo para ser un profesional y poder brindarle la mejor educación.

A mis hermanos, Luis lozano y Martha Lozano que me han apoyado en los buenos y malos momentos de mi vida.

A mi abuela Marta Graciela, que siempre me guía con sus buenos consejos.

A los buenos amigos, quienes me han rodeado de humanos momentos y han compartido conmigo hasta el presente.

## **Agradecimientos**

Empresas Palmas Monterrey S.A.

Director de nutrición. José Álvaro Cristancho Rodríguez I.A. PhD

Director agronómico I.A Néstor Fernández Pulido.

Directo académico I.A. Esp. Javier Francisco Castellanos Martínez. Docente del Programa de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Pamplona.

Laboratorios de CENIPALMA.

A la Universidad de Pamplona, substancialmente a la Facultad de Ciencias Agrarias y el cuerpo de docentes. Gracias por formar profesionales de cambio.

## Introducción

De acuerdo a Fedepalma, (2015), “La palma de aceite fue introducida en Colombia en 1932, por Florentino Claes con fines ornamentales en la Estación Agrícola de Palmira (Valle del Cauca). Las primeras investigaciones sobre este cultivo se realizaron en la estación experimental de Palmira, que posteriormente en 1945 permitió que se contara con el material básico para el establecimiento de dos pequeñas plantaciones”. En 2014 habían sembradas 450.131 hectáreas, lo que indica un incremento de 1 % representado en 3.756 ha adicionales a las 446.376 existentes en 2013. El área en producción aumentó 4 %, alcanzando 353.566 hectáreas, lo que indica una participación del 79 % en el área sembrada. En contraste, el área en desarrollo se redujo en 10 %, alcanzando un total de 96.565 hectáreas, que representan el 21 % del área total (Fedepalma 2015).

En cuanto al comportamiento regional se observa que la Zona Oriental continúa liderando la participación con el 39 % del total, producto de las 173.861 hectáreas sembradas. En la Zona Central el área sembrada representa el 32 % del total del país con 142.493 ha dedicadas al cultivo de la palma de aceite. La Zona Norte registró un área de 116.923 ha que aportaron el 26 % del área nacional, al tiempo que la Zona Suroccidental representó el 2 % del total con 16.854 hectáreas (Fedepalma 2015).

El área en desarrollo se redujo en las zonas Suroccidental, Central y Oriental a tasas del 56, 15 y 3 %, respectivamente; mientras que la Zona Norte mostró un incremento de 3 %. El área en producción aumentó en las zonas Suroccidental, Oriental y Norte, con variaciones positivas del 80, 8 y 4%, respectivamente; al tiempo que la Zona Central disminuyó en 4 %, efecto del proceso de erradicación que se adelanta en la zona,

consecuencia de la afectación sanitaria producida por la enfermedad de la Pudrición del cogollo (PC) (Fedepalma 2015).

Los aceites de palma representan en el mercado nacional el noventa por ciento de la producción de aceites y grasas, y cerca del sesenta por ciento del consumo de estos productos. Así mismo, las ventas al mercado exterior se han incrementado en forma significativa desde 1990 y han logrado una participación importante en las exportaciones agroindustriales colombianas.

En las últimas décadas por la alta incidencia de enfermedades, especialmente la pudrición de cogollo PC causando un impacto social y económico por lo que se ha incentivado el cultivo de híbrido OXG en la palma de aceite para mitigar los efectos de las enfermedades que la atacan, éste es el caso de la empresa “Palmas Monterrey S.A”.

El presente trabajo se realizó en la plantación ubicadas en el kilómetro 7 vía el Pedral, municipio de Puerto Wilches Santander, con un área de 3000 hectáreas anteriormente sembradas en palma africana, *Elaeis guineensis* Jacq. DXP, de las que hoy están plantadas 1595,18 hectáreas con el híbrido OxG para para mantener la productividad y sostenibilidad de la empresa Palmas Monterrey S.A.

Este trabajo corresponde a una práctica empresarial en dónde se apoyo una primera etapa de la investigación que desarrolla la empresa para poder generar un paquete tecnológico par el manejo del híbrido OxG Coari x La Mé; ésta primera etapa consistió en establecer un diagnóstico que sirva como línea base para generar planes de fertilización adecuados a dichas palmas. En dónde se evauló la fertilidad del suelo, el estado nutricional a través del análisis foliar, el desarrollo vegetal y la producción.

## Planteamiento del problema

### Descripción del problema

La siembra de materiales híbridos OxG en las diferentes zonas palmeras del país ha sido una de las alternativas para mitigar los efectos negativos de la Pudrición del cogollo (PC) en Palma Africana *E. guineensis*. Sin embargo, las diferencias morfológicas de los híbridos en relación con las palmas comerciales de *E. guineensis* implican nuevos retos, tanto a nivel económico como tecnológico. Uno de estos aspectos corresponde a las posibles diferencias entre los requerimientos nutricionales de los híbridos y su manejo, para proporcionar las cantidades de nutriente requeridos por estos materiales y aprovechar al máximo su potencial productivo.

El híbrido interespecíficos OxG se han convertido en un recurso importante para mantener la productividad del cultivo en las zonas palmeras colombianas, por lo que se hace necesario conocer los requerimientos nutricionales de estos materiales, cuya información es limitada. Los esquemas iniciales para el manejo nutricional de los híbridos en Colombia fueron planteados siguiendo los criterios usados en palma *E. guineensis* (D×P), sin diferenciar sus características particulares en crecimiento de raíces, aéreo y de partición de elementos, lo cual restringe la prescripción acertada de planes de manejo nutricional acordes a las necesidades de estos nuevos materiales.

En Palma Monterrey S.A, se encuentran sembradas en la actualidad 1595,18 hectáreas en híbrido OxG, donde en el año 2006 se sembraron 16,41 ha, 2007, 3 ha, 2010, 480,15 ha, 2011, 580,71 ha, 2012, 514,91 ha. En donde hasta el momento se está fertilizando siguiendo los criterios usados en palma Ténera comercial (D×P).

Lo cual se hace necesario realizar un diagnóstico como punto de partida para investigar lo relacionado a la nutrición, en cuanto a cuáles son los niveles óptimos de nutrientes del híbrido OxG, teniendo en cuenta que la empresa tiene a futuro sembrar 1000 hectáreas en híbrido y no quiere seguir los criterios usados en palma Ténera comercial (D×P).

## Justificación

Palmas Monterrey S.A, para mitigar el impacto social y económico causado por la Pudrición de Cogollo PC, opta por sembrar el híbrido OxG material Coari x La Mé, el cual se presenta como una alternativa promisorio para reducir el impacto por su mayor tolerancia a la PC (Zambrano, 2004; Santacruz et al., 2011), además aprovechar que los híbridos de palma de aceite, tienen un crecimiento lento del estípote menor a 25 cm/año y productividad de aceite media de 5 t/ha/año (Peláez y Ramírez,(2004); Torres et al., (2004); Rivera, (2009); Peláez et al., (2010); Barba et al., (2012); Barba, (2013), siendo la primera una característica morfológica que permite plantaciones con vida económica útil superior a 40 años, periodo a renovación mayor que palma de aceite *E. guineensis*.

En Colombia se han realizado estudios relacionados con el comportamiento fenológico y productivo de estos materiales, mostrando que presentan un incremento entre 35 y 40 % de materia seca lo que puede deducir que el material OxG tenga un mayor requerimiento de nutrientes (Rey *et al.*, 2004; Zambrano 2004; Santacruz *et al.*, 2011). El área foliar es uno de los factores determinantes de la capacidad fisiológica de la planta y puede ser utilizada para evaluar la eficiencia fotosintética y predecir el desempeño productivo de los cultivos (Henson & Fairhurst, 2012).

La productividad del cultivo de la Palma de Aceite está sujeta al suministro de las condiciones agronómicas adecuadas para su crecimiento y desarrollo. Dentro de estas condiciones el manejo nutricional juega un papel fundamental en la sostenibilidad y competitividad del negocio, puesto que altas producciones demandan grandes cantidades de nutrientes que deben ser proporcionados en la fertilización. Los altos requerimientos nutricionales hacen de la fertilización el rubro más costoso del cultivo representa hasta 31% de los costos variables y 16% de los costos totales de producción (Fedepalma, 2010). Esto hace necesaria la planificación e implementación de programas de manejo nutricional eficientes, ajustados a las condiciones edafoclimáticas de cada zona, la edad del cultivo y el material de siembra.

Palmas Monterrey S.A, a través de este proyecto de trabajo de grado establece la línea base que dará curso a la investigación dirigida por José Álvaro Cristancho Rodríguez I.A. Ph. D, por lo cual se busca conocer los requerimientos nutricionales requeridos por el

hibrido OxG en su desarrollo y producción en la zona central productora de palma africana donde se encuentra establecida la empresa, teniendo en cuenta la información publicada y con el objetivo de que complemente los resultados encontrados se propuso realizar una caracterización de las variables que están involucradas en la toma de decisiones sobre la nutrición como son los niveles foliares, análisis de suelo, medidas vegetativas y la producción en el material Coari X La Mé en diferentes edades de desarrollo de cuatro y cinco años de edad, en los cuales se establecieron las unidades experimentales donde se comenzó a ejecutar el proyecto, con la finalidad de mejorar los diagnósticos y recomendaciones de la nutrición acorde con la edad del cultivo en híbrido OxG.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Diagnosticar las condiciones agronómicas del híbrido OxG variedad Coari x La Mé en la empresa Palmas Monterrey S.A. municipio Puerto Wilches, departamento de Santander.

### **Objetivo específico**

- Establecer el estado productivo del híbrido interespecifico OxG a través de componentes de rendimiento: número y peso de racimos.
- Conocer el estado nutricional del híbrido interespecifico OxG mediante técnica de muestreo del tejido foliar y del suelo.
- Conocer el estado actual de las variables de crecimiento del híbrido interespecifico OxG.



## Marco referencial

### Antecedentes

Para el desarrollo del presente trabajo se tomarón como referentes varios trabajos que fueron relevantes para la conceptualización teórica y el desarrollo metodológico del mismo, entre ellos están:

Los trabajos de Torres *et al.*, 2004; Rivera, 2009; Peláez *et al.*, 2010; Rivera *et al.*, 2013 dónde se establecen que los híbridos de Palma de Aceite producto del cruzamiento de la palma americana (*Elaeis oleífera* HBK Cortés) por la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) son la alternativa actual contra PC. Adicionalmente a la tolerancia contra PC, algunos híbridos de palma de aceite conocidos como OxG, tienen un aceite clasificado como alto oleico con mayor calidad para el consumo humano (Peláez y Ramírez, 2004; Torres *et al.*, 2004; Rivera, 2009; Peláez *et al.*, 2010; Barba *et al.*, 2012; Barba, 2013; Fedepalma, 2014), características positivas para siembras del material OxG en zonas problemáticas por PC de América Tropical que requieran recuperar la vocación, empleo y negocio de la agroindustria de la palma de aceite.

En Colombia se han ejecutado estudios sobre el comportamiento fenológico y productivo de los materiales híbridos OxG, cuyos hallazgos indican la presencia en ellos de 35 y 40% de materia seca adicional en las hojas y las raíces, respectivamente. (Zambrano, 2004, Rey et ál., 2004). Esto puede implicar un mayor requerimiento de nutrimentos en las palmas híbridas, también llamadas “alto oleico”, con efectos en la productividad, ya que al aumentar las dosis se aumentan los costos de producción (Zambrano, 2004). El área foliar es uno de los factores determinantes de la capacidad fisiológica de la planta y puede ser utilizada para evaluar la eficiencia fotosintética y predecir el desempeño productivo de los cultivos (Henson & Fairhurst, 2012).

Rincón *et al.*, (2012) encontraron que existen diferencias en los contenidos de los nutrimentos en los híbridos OxG de nitrógeno, potasio, magnesio, calcio y azufre a nivel foliar, debido posiblemente en gran medida al material genético y al manejo diferente entre

plantaciones; dada la baja eficiencia de recuperación encontrada en diferentes nutrimentos se ha visto la necesidad de replantear los planes de fertilización a un bajo costo de la labor.

Ng *et al.*, en 2012 demostraron que las características morfológicas ayudan a explicar la posición de la palma como el cultivo oleaginoso más productivo y merecen investigación y estudio por Agrónomos y palmicultores interesados en contribuir a mejoramientos adicionales en la productividad en el futuro. Los híbridos de palma de aceite, tienen un crecimiento lento del estípote menor a 25 cm/año y productividad de aceite media de 5 t/ha/año (Peláez y Ramírez, 2004; Torres *et al.*, 2004; Rivera, 2009; Peláez *et al.*, 2010; Barba *et al.*, 2012; Barba, 2013), siendo la primera una característica morfológica que permite plantaciones con vida económica útil superior a 40 años, periodo a renovación mayor que palma de aceite *E. guineensis*. Las características morfológicas en palma de aceite son una herramienta para la determinación de parámetros de crecimiento, tamaño del sistema fotosintético, capacidad de producción de racimos y densidad teórica de siembra en materiales nuevos (Corley *et al.*, 1971; El-Sharkawy, 1990; Smith, 1993; Sterling, 1993; Lamade *et al.*, 1996; Ayala y Gómez, 2000; Peláez *et al.*, 2010).

Las investigaciones sobre morfología y fisiología de los híbridos de palma de aceite son limitadas y hasta 2013, en fuentes de información divulgadas sólo se encuentran los trabajos de Peláez y Ramírez (2004), Rivera (2009), Peláez *et al.* (2010), Hormaza *et al.* (2010) y Rivera *et al.* (2013). Peláez *et al.* (2010) y Rivera *et al.* (2013) estudiaron características morfo-fisiológicas de híbridos de palma de aceite OxG en los Llanos Orientales y el Magdalena Medio de Colombia, respectivamente. Las variables observadas en morfología y fisiología de los materiales OxG fueron tasa de crecimiento y diámetro del estípote, emisión foliar, longitud, área, peso seco y folíolos de la hoja, área foliar específica, fotosíntesis máxima, punto de saturación de luz, curva de respuesta a la luz, concentración interna de CO<sub>2</sub>, clorofilas, densidad y apertura estomática a través del día.

## **Marco teórico**

### **Origen de la Palma Africana**

El origen de la palma de aceite se ubica en las costas del golfo de Guinea en el África occidental. Desde ahí se expandió en forma natural a lo largo de las márgenes de los grandes ríos, según fue encontrando condiciones favorables de suelo y clima.

Su introducción a la América tropical se atribuye a los colonizadores y comerciantes de esclavos portugueses, quienes utilizaron los frutos de la palma en los viajes transatlánticos, en el siglo XVI, como parte de la dieta alimentaría a que estaban habituados los esclavos que traían al Brasil. Así se estableció la palma de aceite detrás de la línea costera, en la región de San Salvador, antigua capital del Brasil. Esta es la primera introducción al continente americano de que se tenga noticia.

Florentino Claes introdujo la Palma Africana de aceite en Colombia, en 1932. Estas primeras palmas fueron sembradas con fines ornamentales en lugares públicos de algunos pueblos de la región amazónica y en la Estación Agrícola de Palmira, en el Valle del Cauca. Sin embargo, el cultivo comercial de esta planta oleaginosa sólo comenzó años después, en 1945, cuando la United Fruit Company estableció una plantación en la zona bananera del departamento del Magdalena, con palmas procedentes de Honduras (FEDEPALMA, 2015).

### **Área sembrada en palma de aceite en Colombia.**

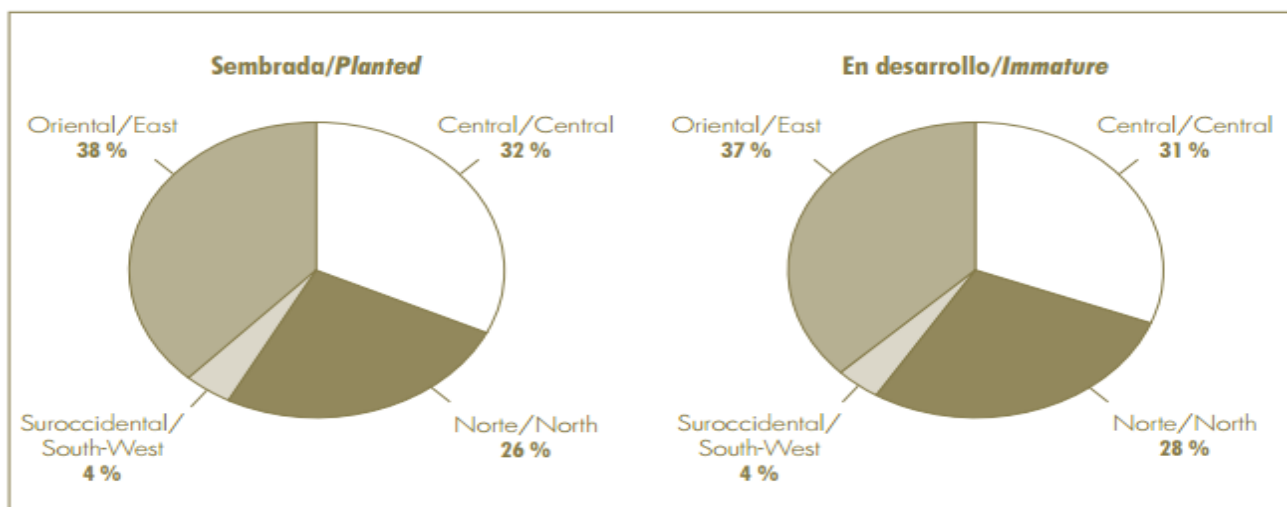
En el 2014, se estima que hay sembradas 450.131 hectáreas, lo que indica un incremento de 1 % representado en 3.756 ha adicionales a las 446.376 existentes en 2013. El área en producción aumentó 4 %, alcanzando 353.566 hectáreas, lo que indica una participación del 79 % en el área sembrada. En contraste, el área en desarrollo se redujo en 10 %, alcanzando un total de 96.565 hectáreas, que representan el 21 % del área total ver tabla 1 (FEDEPALMA, 2015).

**Tabla 1. Distribución del área sembrada en palma de aceite por zonas en hectáreas.**

		Zona oriental (Ha)	Zona norte (Ha)	Zona central (Ha)	Zona suroccidental (Ha)	Total (Ha)
2010	Sebrada	139.515	92.683	130.623	16.789	379.611
	En producción	99.021	67.689	84.889	4.167	255.766
	En desarrollo	40.945	24.994	45.734	12.622	123.845
2011	Sebrada	148.871	99.964	139.183	17.637	405.655
	En producción	105.931	70.017	94.181	3.063	273.191
	En desarrollo	42.941	29.947	45.002	14.574	132.463
2012	Sebrada	155.713	102.105	1444.116	17.936	419.870
	En producción	115.687	75.974	107.000	3.720	302.381
	En desarrollo	40.027	26.131	37.116	14.216	117.490
2013	Sebrada	164.436	112.480	152.993	16.466	446.376
	En producción	127.884	85.976	117.775	7.058	338.693
	En desarrollo	36.553	26.503	35.218	9.408	107.682
2014	Sebrada	173.861	116.923	142.493	16.854	450.131
	En producción	138.457	89.653	112.732	12.724	353.566
	En desarrollo	35.404	27.270	29.761	4.130	96.565

Fuente: Censo Nacional de Palma de Aceite Colombia, (2011).

En cuanto al comportamiento regional se observa que la Zona Oriental continúa liderando la participación con el 39 % del total, producto de las 173.861 hectáreas sembradas. En la Zona Central el área sembrada representa el 32 % del total del país con 142.493 ha dedicadas al cultivo de la palma de aceite. La Zona Norte registró un área de 116.923 ha que aportaron el 26 % del área nacional, al tiempo que la Zona Suroccidental representó el 2 % del total con 16.854 hectáreas ver figura 1 (Fedepalma, 2015).

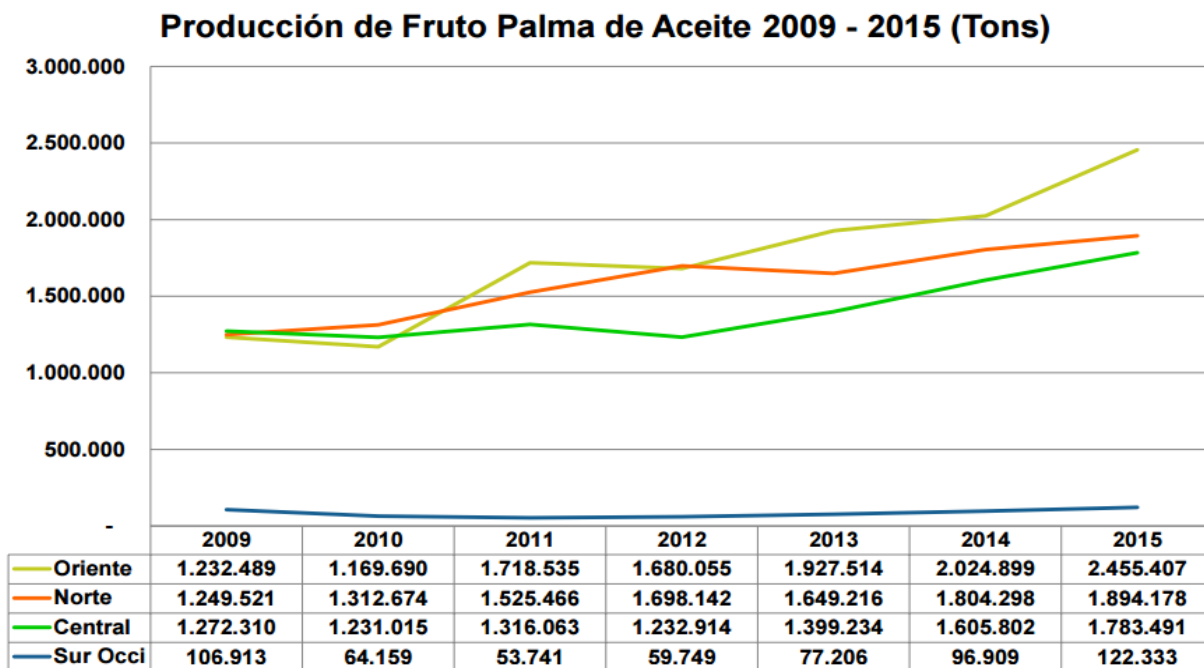


**Figura 1. Distribución del área sembrada y en desarrollo de palma de aceite por zonas, 2014 (En porcentaje)**

Fuente: Fedepalma, 2015.

## Producción

El rendimiento de fruto de palma nacional fue de 15,3 t/ha, 3 % más que el registrado el año anterior (14,9 t/ha). En cuanto al comportamiento por zonas, la Central mostró el mayor aumento en productividad con variación del 15 % (13,7 t/ha), al tiempo que la Zona Norte incrementó su rendimiento en 5 % (alcanzando 20,3 t/ha), lo que la ubicó por encima del promedio nacional, al obtener el mayor rendimiento de fruto por hectárea del periodo. En contraste, la Zona Suroccidental presentó reducción del 31 % en sus rendimientos de fruto (alcanzando 7,6 t/ha), seguida por la Zona Oriental que redujo su productividad de fruto 6 % (obteniendo 14,2 t/ha) ver figura 2 (Fedepalma, 2015).



**Figura 2. Producción de fruto palma de aceite 2009 - 2015 (Ton)**

Fuente: Sispa- Fedepalma.

### **Distribución de las zonas palmeras en Colombia.**

En Colombia se cuenta con cuatro zonas productoras en palma de aceite, las cuales a la fecha del 2014 se conoce el área sembrada del mismo modo los departamentos productores de igual forma los municipios donde se encuentran sembrados los cultivos ver figura 3 (Fedepalma, 2015).



**Figura 3. Mapa Cultivos de palma de aceite en Colombia 2014.**

Fuente: Fedepalma, (2015).

### **Características de la Palma de Aceite africana *Elaeis guineensis* Jacq. y del híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*.**

#### **Estadios de crecimiento principales**

En la escala BBCH el ciclo completo de desarrollo de las plantas se subdivide en diez fases principales de desarrollo claramente distinguibles en un código decimal, el cual se divide entre los estadios de crecimiento principal y secundario. Los estadios principales de crecimiento son descritos usando números del 0 al 9 en orden ascendente (Bleiholder et al., 1991).

En la adaptación de la escala BBCH para palma de aceite, no se utilizan las descripciones para el estadio 2 (formación de brotes laterales/ macollamiento) y el estadio 4 (desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación). Para *Elaeis guineensis* Jacq. y el híbrido interespecífico O×G, la escala comienza con la descripción de la germinación y emergencia (estadio 0), en seguida se describe el crecimiento vegetativo por medio de dos estadios: el primero es el desarrollo de las hojas en vivero y para la descripción de estadios en palma africana y el híbrido interespecífico en campo (estadio 1) y el segundo es la elongación del estípite (estadio 3). Entre tanto, el crecimiento reproductivo se asocia con 4 estadios: emergencia de la inflorescencia (estadio 5), floración (estadio 6), crecimiento del fruto (estadio 7), maduración del fruto (estadio 8) y, finalmente, la senescencia de la hoja (estadio 9). Cenipalma sispá (2011).

### **Estadios de crecimiento de la Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) e híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* [Kunt] Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.)**

La palma de aceite tiene un solo meristemo apical del cual se origina una sucesión continua de yemas foliares (Henry, 1955). El desarrollo de la hoja inicialmente es muy lento, por lo general, toma de dos a tres años desde la iniciación de la hoja hasta que se abren los foliolos en el centro de la corona. Si las condiciones ambientales son favorables estas hojas se abren y otra hoja flecha se elonga y toma su lugar (Corley y Tinker, 2009).

La característica principal de la palma de aceite es que posee un tallo único de tipo pleonántico, esto significa que las inflorescencias aparecen en las axilas de las hojas y se producen a medida que la planta continúa con su crecimiento vegetativo. (Adam et ál., 2005; Dransfield y Uhl, 1998). El estípite es erecto y en él permanecen las bases peciolares de las hojas hasta la etapa adulta que, al caer, dejan al descubierto cicatrices amplias y se aprecian los entrenudos. (Dransfield et ál., 2008).



Esta especie produce inflorescencias femeninas y masculinas en la misma planta en ciclos alternados de duración variable, dependiendo de las condiciones genéticas y ambientales. El desarrollo inicial de una inflorescencia toma de dos a tres años, tiempo en el cual ésta se encuentra totalmente cubierta por las hojas (Corley et ál., 1976).

La antesis de la inflorescencia femenina ocurre en la hoja 17-20 y el desarrollo del racimo hasta la etapa de madurez puede tomar de 4,5 a 6 meses. El racimo maduro puede alcanzar más de 50 cm de largo y 35 cm de ancho. El racimo está constituido por los tallos de las espiguillas donde se insertan los frutos y espinas (Corley et al., 2009).

El racimo está constituido por los tallos de las espiguillas donde se insertan los frutos y espinas (Corley et ál., 2009). El fruto es una drupa sésil que tiene forma esférica, ovoide o elongada. El pericarpio está conformado por el exocarpio, mesocarpio y endocarpio, esta última rodea a la almendra. (Siew et al, 2003; Corley et ál., 1976).

La apariencia externa de los frutos varía considerablemente en la maduración, la coloración más común es violeta oscuro en el ápice y verde amarillento pálido en la base antes de la maduración y se denominan nigrescens, otro tipo menos común es aquel en que los frutos tienen tonalidades verdes antes de la maduración virescens. De acuerdo al grosor del cuesco se clasifican en Dura (grueso), Ténera (delgado) y Pisífera (sin cuesco) (Corley y Tinker, 2009).

## **Semilla**

La semilla de la palma de aceite es una nuez que se localiza en la parte central del fruto y es el remanente que queda después de que se extrae el mesocarpio. Consta de un endocarpio o cuesco y una, dos o tres almendras producto de un ovario tricarpelar. En la mayoría de los casos solo se observa una almendra ya que dos de los tres óvulos se abortan. (Cenipalma. 2011).

Dentro del cuesco está la almendra que contiene el endospermo aceitoso, duro y de color blanco grisáceo. La testa que rodea al endospermo es de color pardo oscuro y está cubierta a su vez por tejido fibroso. Allí en el endospermo es donde se localiza el embrión al frente del poro germinal, pero separado de este por el opérculo que está constituido por una capa de células delgadas endospermicas, la testa y una estructura laminar (Hartley, 1977).

### **Estadio de crecimiento principal 0: Germinación y emergencia**

En el Estadio 000 o “semilla seca”, la semilla en materiales tipo Dura tiene el cuesco grueso (2-8 mm) y liso, de color café oscuro (Siew et ál., 2003). En los materiales tipo Ténera el cuesco es delgado (0,5-4 mm), de color café oscuro y presenta fibras que se adhieren longitudinalmente a ella formando un mechón en la base ver figura 4.



**Figura 4. Semilla seca material Ténera (*Elaeis guineensis*)**

Fedepalma, CD-ROM interactivo, El cultivo de la palma de aceite: Guía general para el nuevo palmicultor 2011.

En los materiales híbridos, las semillas presentan formas que van de ovoides a angulares, de color café oscuro y el endocarpio está cubierto por una serie de fibras reticuladas que rodean los poros germinales apicales. El cuesco es delgado con un grosor entre 0,5-2,5 mm ver figura 5 (Chan y Romero, 2010. Datos sin publicar).

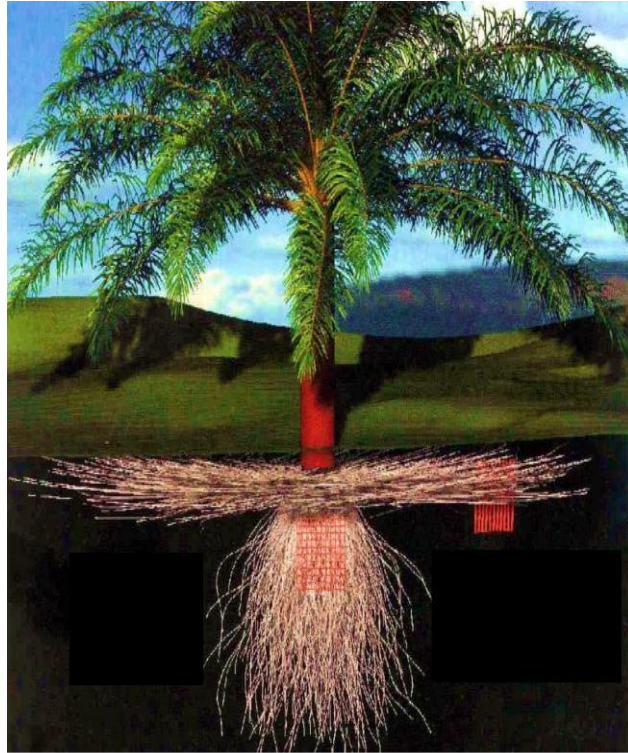


**Figura 4. Semilla seca del híbrido (*Elaeis oleifera x Elaeis guineensis*).**

Foto: L. Chan (2010)

## **Sistema radical**

El sistema radical es de forma fasciculada crece formando haces con gran desarrollo de raíces primarias que parten del bulbo de la base del tallo en forma radial, en un ángulo de 45° respecto a la vertical, profundizando hasta unos 50 cm en el suelo y variando su longitud desde 1 m hasta más de 15 m. Por su consistencia y disposición aseguran un buen anclaje de la planta, aunque casi no tienen capacidad de absorción. Las raíces secundarias, de menor diámetro, son algo más absorbentes en la porción próxima a su inserción en las raíces primarias y su función principal es la de servir de base a las raíces terciarias y éstas a su vez, a las cuaternarias. Estos dos últimos tipos de raíces conforman la cabellera de absorción de agua y nutrientes para la planta. Las raíces secundarias tienen la particularidad de crecer en su mayoría hacia arriba, con su carga de terciarias y cuaternarias, buscando el nivel próximo a la superficie del suelo, de donde la planta obtiene nutrientes. ver figura 6 (Raygada, 2005).



**Figura 5. Sistema radical de la palma de aceite africana *Elaeis guineensis* Jacq.**

Fuente: Jourdan & Rey, (1997)

## **Estípite**

El estípite de la palma de aceite es erecto, solitario y columnar y, por lo general, en la palma adulta solo persisten las bases peciolares que se encuentran cerca de la corona (Dransfield et ál, 2008; Latiff, 2000). El estípite tiene tres funciones: la primera es que sirve como soporte de las hojas, en segundo lugar, contiene el sistema vascular donde se transporta el agua y los nutrientes minerales en toda la planta y, en tercer lugar, funciona como un órgano de almacenamiento ver figura 7 (Latiff, 2000).



**Figura 6. Bases peciolares persistentes en el estípite.**

Fuente: (Arias, 2008)

En su parte central alberga el punto de crecimiento o meristemo apical. Las palmas crecen en promedio de 30 a 60 cm por año ver figura 8.



**Figura 7. Desarrollo del meristemos**

Fuente: -Arias, 2008.

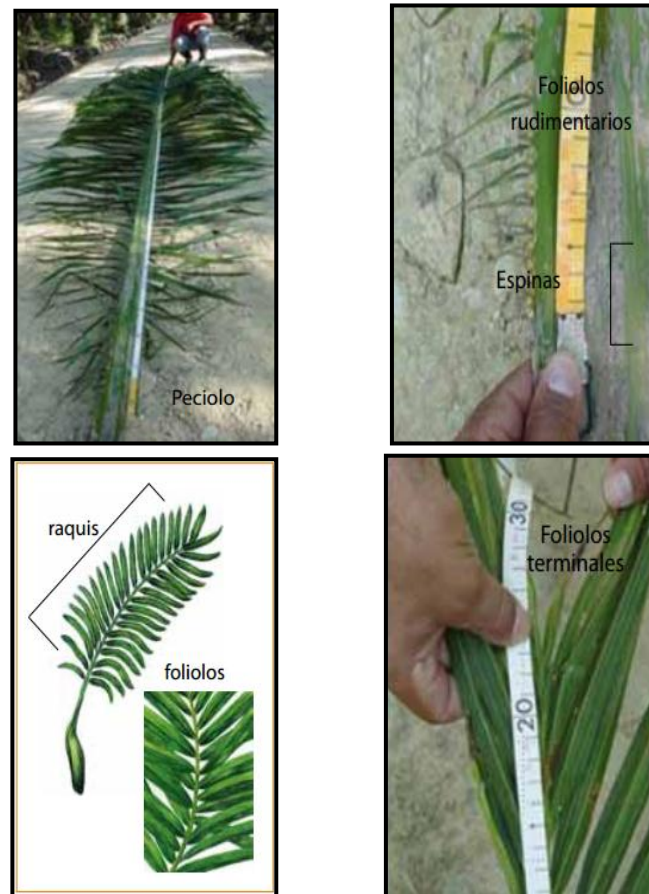
Los estípites del híbrido interespecífico OXG y *E. guineensis* tienen una tasa de elongación entre los 25 a 50 cm por año respectivamente; estos son sólidos y sus bases peciolares permanecen adheridas al hasta aproximadamente los 12 a 16 años; a partir de esta edad las bases se comienzan a desprender, primero las de la mitad del estípite, quedando las secciones basal y distal con las bases foliares (Latiff, 2000).

## Hojas

En las etapas tempranas del desarrollo de la palma, las hojas van cambiando de forma. Así, inicialmente, luego de la germinación, las primeras hojas que se forman son lanceoladas, después hacen su aparición hojas bifurcadas en la punta, las cuales dan paso a hojas hendidas, para finalmente aparecer las hojas maduras que son hojas compuestas, pinnadas, con folíolos lineares a cada lado del raquis. En una planta adulta, en la región cercana al meristemo, conocida popularmente como “cogollo”, se pueden encontrar hasta sesenta hojas en fase de diferenciación y crecimiento. Cada una de estas hojas se demora cerca de dos años en hacer su aparición y rápidamente se desarrolla la llamada “hoja flecha” que corresponde a la hoja cerrada, que finalmente abre para dar lugar a las hojas activas. Desde la diferenciación de las hojas de palma de aceite en el meristemo apical hasta la etapa de senescencia pasan, aproximadamente, cuatro años y se consideran tres fases: 1) fase juvenil, de 24 meses, donde la hoja se está desarrollando dentro del estípite, 2) fase de crecimiento rápido, que dura aproximadamente cinco meses y se denomina como hoja “flecha” y 3) fase adulta, que va desde el despliegue de los folíolos y cuya duración es de aproximadamente veinte meses (Cayón, 1999).

En condiciones naturales, la palma adulta tiene entre 30 y 49 hojas funcionales, las cuales pueden alcanzar entre 5 y 7 m de longitud y pesar de 5 a 8 kg (Hormaza, et al. 2010). La producción de hojas determina el rendimiento de racimos a corto plazo, ya que a cada hoja le corresponde una inflorescencia cuyo tamaño y desarrollo depende del estado fisiológico de la planta. En la hoja madura se pueden distinguir dos zonas: la zona del peciolo, en donde no se presentan folíolos y la zona de la lámina, compuesta por los folíolos y un eje central al cual están adheridos, el raquis. Los peciolos pueden alcanzar longitudes hasta de 1,2 m y son más cortos que el raquis. El raquis es duro y fibroso y puede llegar a medir hasta 8 m de largo los folíolos son el producto de la división de la lámina durante el proceso de elongación del eje central de la hoja. En la flecha, los folíolos permanecen fusionados uno a otro, pero están plegados y tienen definido el punto de escisión. Los folíolos son lineales y alcanzan un número entre 250 y 300 en las hojas maduras. La vena media de los folíolos es muy rígida y protuberante ver figura 9.





**Figura 8. Partes de una hoja madura de Palma Africana**

Fuente: I. Ayala (2007).

Las hojas están dispuestas en espiral, con ocho hojas por cada espiral. Este arreglo de las hojas es lo que se conoce como filotaxia de la palma. En algunas palmas la espiral puede correr de derecha a izquierda (ver figura 10 A y B) conformando el primer espiral de la hoja 1 a 8, el segundo de la hoja 9 a 16, el tercero de la hoja 17 a 24.



**Figura 9. Filotaxia de la palma de aceite. (A) Derecha. (B) Izquierda**

Fuente: I. Ayala (2007) y R. Ospina (2009).

La hoja cumple las funciones de intercambio de gases de la planta. Por una parte, absorbe gas carbónico para hacer fotosíntesis y, de otro lado, de manera simultánea pierde agua en forma de vapor en el proceso de transpiración. En la hoja las estructuras encargadas de hacer este intercambio gaseoso se denominan estomas, los cuales se encuentran en la superficie inferior de los folíolos. La densidad de estomas es de aproximadamente 145 a 175 por mm<sup>2</sup> (Corley et ál, 2009).

## Flores e inflorescencias

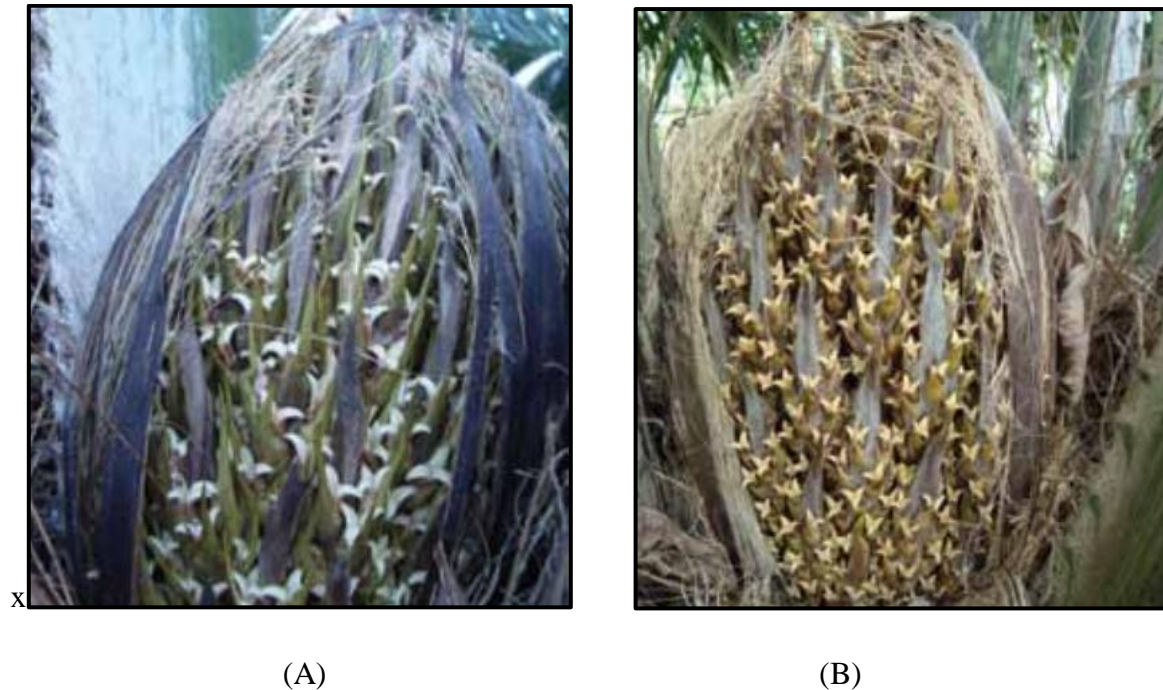
Las especies del género *Elaeis* son alógamas, monoicas (León, 1987) y proterandrias, es decir, que la maduración del gametofito masculino ocurre antes que el gametofito femenino, por tanto, el polen está formado y dispuesto, pero el estigma en la flor femenina no es receptivo, debido a que no ha alcanzado su madurez (Raygada, 2005), las flores se desarrollan en inflorescencias axilares una por cada hoja, las cuales se forman en secuencia acropétala (de arriba hacia abajo) (Adam, 2006).

La palma de aceite *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera* y los híbrido interespecífico OXG, producen inflorescencias femeninas y masculinas ubicadas en las axila de cada hoja, la emergencia de estas estructuras es una sucesión de varias inflorescencias de un sexo, la cual es seguida por una sucesión de otro sexo en ciclos alternos, pero ocasionalmente



ocurre la aparición de inflorescencias hermafroditas, las primeras inflorescencias producidas por palmas jóvenes generalmente son masculinas, pero de allí en adelante el orden y la proporción de aparición de éstas es variable, dado que no se observa ninguna regularidad en la emisión de ellas (Corley et ál, 2009).

Según Henry (1955), la formación de las inflorescencias en la palma de aceite se inicia a partir de la cuarta hoja producida y completa su madurez tres años después, partir de los 30 a 36 meses de trasplantada la planta en el campo se producen inflorescencias femeninas (ilustración 11), masculinas o mixtas (Ilustración 12), la edad, las condiciones nutricionales y los factores climáticos circundantes, la diferenciación de inflorescencias masculinas se ve favorecida por condiciones de estrés hídrico (Corley, 1976) citado por Adam, (2005), estrés fisiológico y poda excesiva (Jones, 1997).



**Figura 10. (A) Inflorescencia en antesis de *E. guineensis*. (B) Inflorescencia en antesis del híbrido interespecífico OXG (B).**

Fuente: P. Hormaza (2010).



(A)

(B)

**Figura 11. (A) Inflorescencia masculina en *E. guineensis*, (B) Inflorescencia mixta del híbrido interespecífico OXG**

Fuente: (A) A. Sánchez (2010). (B). Autor.

La diferenciación sexual ocurre a los 24 meses y en este estadio tiene lugar una ubicación intermedia entre el punto de crecimiento y la salida al exterior junto con la hoja flecha (Revelo, 1983); entre los 28 y 30 meses comienza el alargamiento de la inflorescencia, la apertura de la bráctea y la floración. Según Surre y Ziller (1969). El comienzo de la fase de crecimiento rápido de una inflorescencia corresponde al momento en el que se hace visible en la axila de la hoja, esta fase se inicia hasta que termine el crecimiento de la hoja entre el momento de la apertura foliar y la aparición visible de la inflorescencia, aun sin observarse el sexo debido a la cobertura de las brácteas de protección, pueden transcurrir de 231 a 245 días para la especie *Elaeis guineensis*, mientras que para el híbrido interespecífico OXG, en la Zona Oriental de Colombia, pueden transcurrir 230 días ver figura 13 (Cenipalma 2011).



**Figura 12. Inflorescencias de las especies *Elaeis guineensis* y el híbrido interespecífico OXG.**

Fuente: P. Hormaza, (2009).

Es muy importante conocer el periodo de desarrollo de la inflorescencia desde el primordio floral visible pasando por todos sus estados de desarrollo hasta llegar a la madures del fruto en variedad *E. guineensis* e híbrido interespecífico OxG ver figura 14.

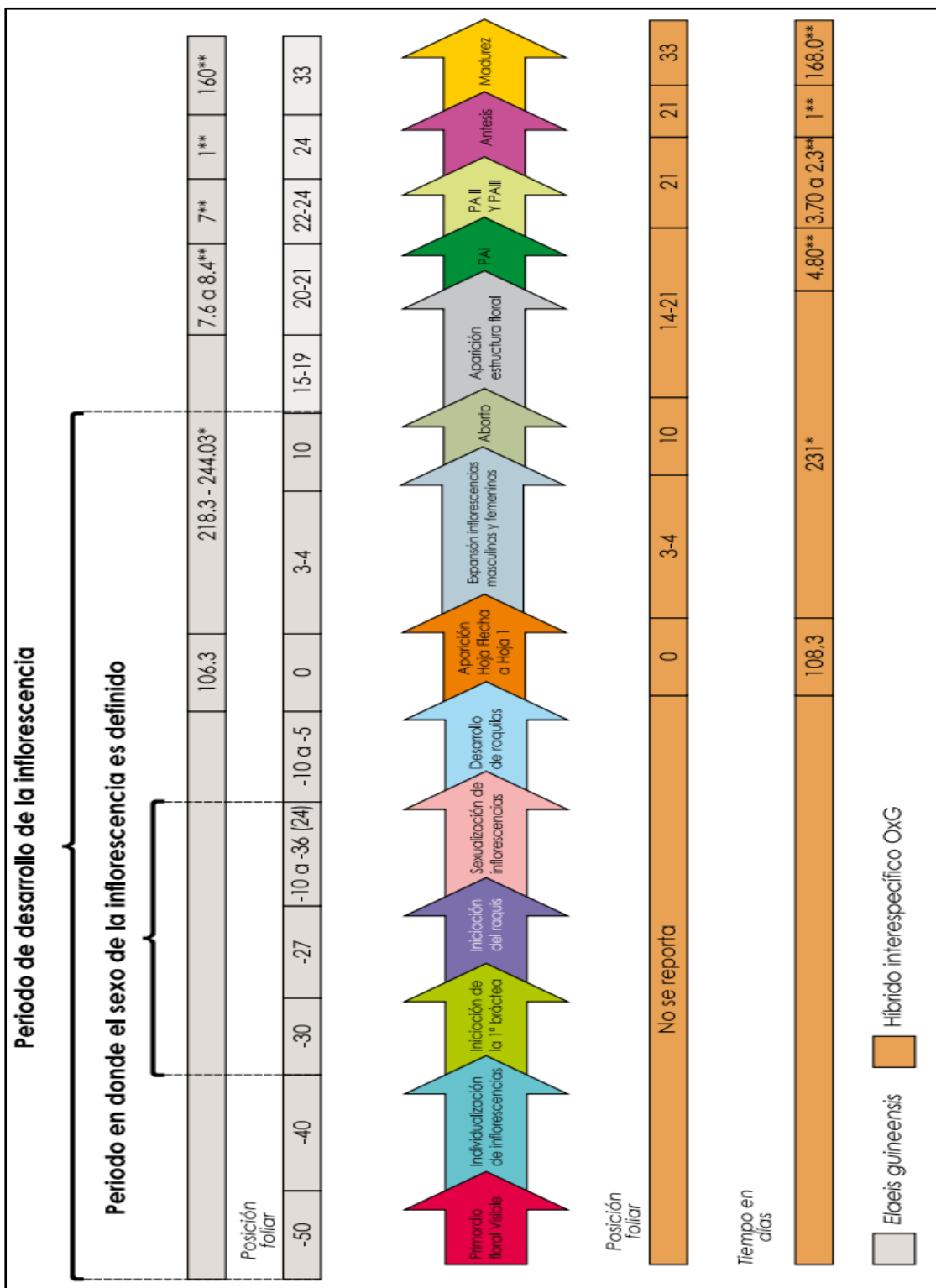
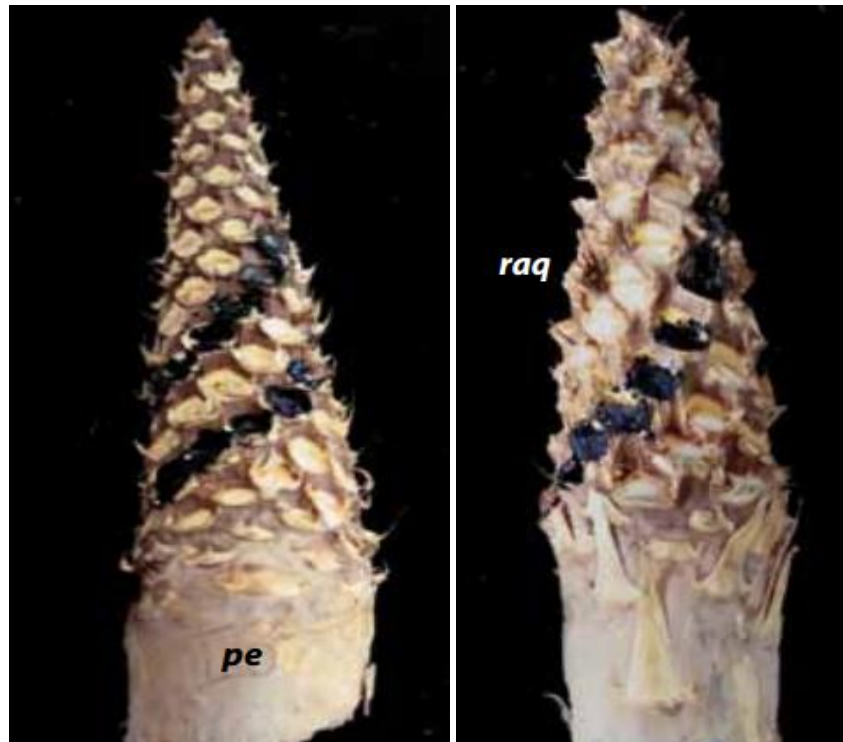


Figura 13. Periodo de desarrollo de las inflorescencias

Fuente: Cenipalma 2011.

## Morfología de las inflorescencias femeninas y masculinas

Desde el punto de vista morfológico, una inflorescencia es un sistema de ramificación monopodial que se desarrolla en la axila de una hoja. La inflorescencia está compuesta por un eje principal que se ramifica en su parte distal y se denomina raquis; mientras que la porción no ramificada constituye el pedúnculo, con una longitud típica en la madurez entre 20 y 30 cm para la inflorescencia femenina, y alrededor de 40 cm o más para la inflorescencia masculina. Esto hace que esta última se vea más sobresaliente de la axila de la hoja que la inflorescencia femenina ver figura 15 (Beirnaert, 1935).



Pedúnculo (pe) y raquis (raq).

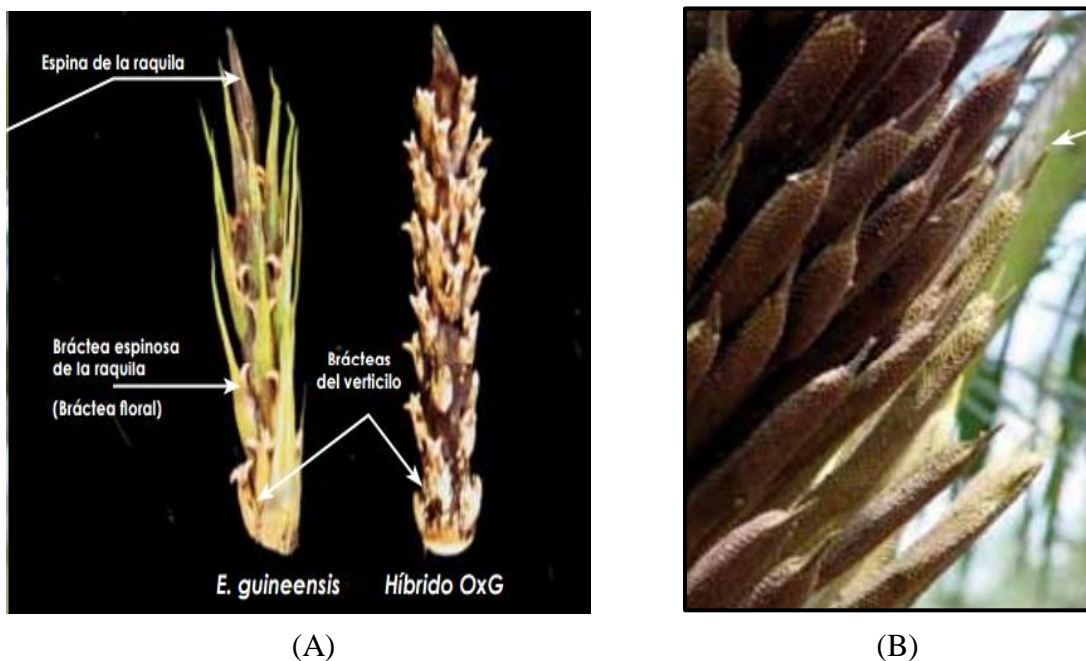
**Figura 14. Donde se insertan las raquillas con las flores unisexuales femeninas. (A) Híbrido interespecífico OxG. (B) *E. guineensis*.**

Fuente: P. Hormaza 2009.



En el raquis se insertan las espiguillas o raquilas en forma de espiral, una en cada cavidad superficial, rodeada por una bráctea que posteriormente se convertirá en una espina; en el extremo de las raquilas también se forma una espina de longitud variable, pero generalmente estas son romas, a diferencia de las espinas de las brácteas (Corley et al., 2009).

Las raquilas se originan y se desarrollan en una secuencia basipetala (de abajo hacia arriba) (Adam et al., 2005). En las inflorescencias de los híbridos interespecífico las espinas de las brácteas en donde se insertan las flores son más cortas, su extremo no es puntiagudo y es de coloración café medio ver figura 16.



**Figura 15. (A) Inflorescencias masculinas. (B) Inflorescencia masculina**

Fuente: R. Ospitia, (2007) y P. Hormaza (2009).

En las inflorescencias masculinas se desarrollan entre 100 a 300 raquilas cilíndricas y largas en donde se insertan entre 700 y 1.200 flores; mientras que en las inflorescencias femeninas se insertan aproximadamente 150 raquilas donde se pueden observar entre 10 y 20 flores ver figura 17 (Jacquemard, 1995, Thomas et al., 1970).



(A)

(B)

(C)

**Figura 16. Conformación de las raquillas de las Inflorescencias**

(A) Híbrido interespecífico OXG, (B) *Elaeis guineensis*. Fuente: P. Hormaza (2010). (C)

Conformación de las raquillas de las inflorescencias masculinas en híbrido OxG.

Fuente: Autor.

Las características de las raquillas de las inflorescencias femeninas en palmas de cinco años de edad, para la especie *Elaeis guineensis* y el híbrido interespecífico OXG, en la Zona Oriental en palmas de cinco años de edad, en la Zona Oriental colombiana. n= 20 palmas híbrido; 63 palmas *E. guineensis*, se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2. Constitución de las inflorescencias de la especie *E. guineensis* y el híbrido interespecífico OXG.**

Especie	Largo pedúnculo (cm)	Largo inflorescencia (cm)	Ancho (cm)	N. raquillas	Largo raquillas (cm)	N. de flores/raquilla	Total Flores
<i>E. guineensis</i>	18-22	18-22	15-19	83-91	10-30	10-12	980 - 1,050
Híbrido OxG	10-18	36-44	21-25	100-120	11-13	21-25	2.300 - 2.800

Fuente: Cenipalma 2011.

## Polinización

La palma produce flores masculinas y femeninas en inflorescencias diferentes y en forma separada en una misma planta, de tal manera que se necesita trasladar el polen de una flor a otra. Es por esta razón que se necesita de agentes polinizadores para asegurar un buen desarrollo de los racimos. La planta presenta naturalmente polinización anemófila y entomófila, aunque la polinización por ésta última es la más frecuente.

La polinización de la palma *E. guineensis* es facilitada por el coleóptero *Elaeidobious kamerunicus*, familia Curculiónidae, subfamilia de los gorgojos, el cual fue identificado como el insecto polinizador más eficaz de la palma aceitera (Genty et ál., 1986 citado por Prada 1998; Syed 1979 citado por Bulgarelli et ál., 2002). Los granos de polen contienen almidón y constituyen la mejor fuente de alimento de algunos insectos, los cuales habitan en las inflorescencias masculinas en grandes cantidades (2.000 a 3.000 por inflorescencia), durante el estado de desprendimiento del polen (Tandon et ál., 2001), alimentándose de éste y de las partes más blandas de las flores masculinas y poniendo sus huevos sobre estas inflorescencias ver figura 18.

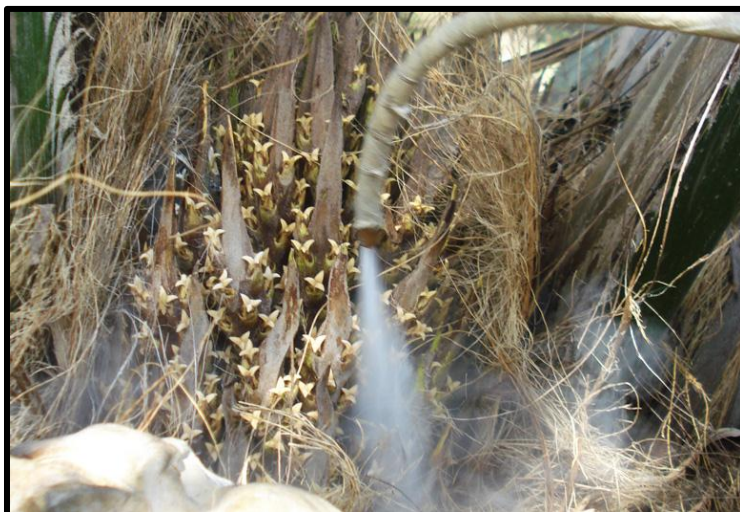




**Figura 17. Polinizador *Elaeidobius kamerunicus***

Fuente: African oil palm weevil

En los híbridos interespecíficos se realiza la polinización asistida, que consiste en la colecta y liberación controlada de polen de la especie *E. guineensis* al que se le evalúa la viabilidad y cuyo porcentaje de germinación debe ser superior al 80% para ser considerado como polen bueno para realizar esta práctica (Cenipalma.2011). El polen es mezclado con un agente transportador (el talco estéril es el más utilizado) sobre las inflorescencias femeninas que se encuentran en la fase de antesis (flores de color blanco o crema). Esta práctica requiere de personal entrenado, polen con un buen porcentaje de polinización y técnicas adecuadas de colecta y conservación del mismo e identificación de la inflorescencia femenina en la época receptiva; ya que es una actividad costosa ver figura 19.



**Figura 18. Polinización asistida**

Fuente: POLEN | Hacienda La Cabaña (2015)

La morfología de los granos de polen presenta variaciones de acuerdo con las especies ver tabla 3 (López, 1978, citado por Peláez et ál., 2004).

Estudios realizados por cenipalma entre la especie *Elaeis guineensis* (material IRHO) en la Zona Central y el híbrido interespecífico OxG (Coarí x La Mé) en la Zona Oriental establecen una tabla comparativa de los estadios de emergencia y desarrollo floral ver tabla 3.

**Tabla 3. Estudio comparativo de la viabilidad del polen del híbrido y sus progenitores**

Especie	Porcentaje de viabilidad	Gramos/ inflorescencia
Palma Africana	70	25
Hibrido Turbo	5	1
Hibrido La Mé	23	1,5

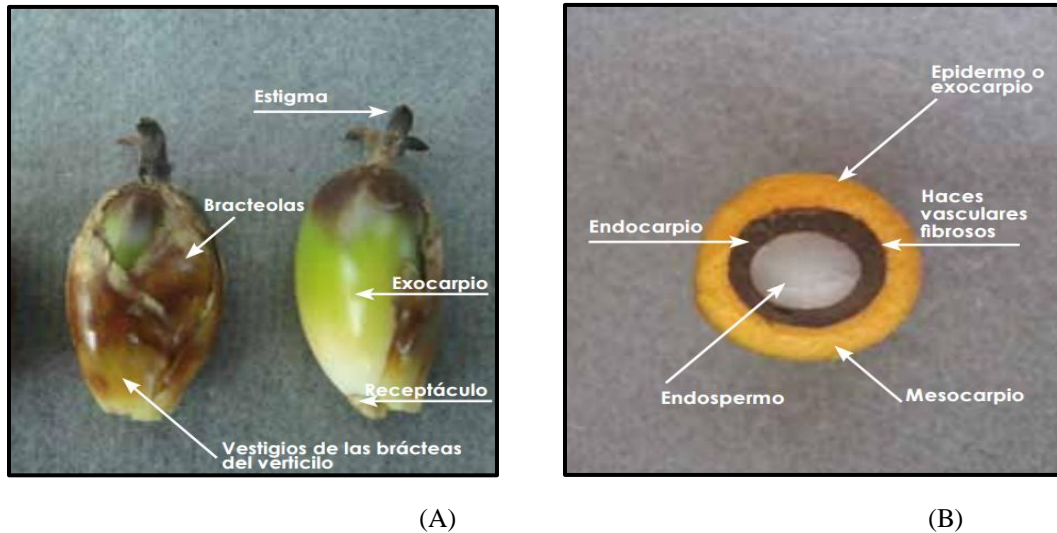
Fuente: Eduardo pelaez,2004. Tesis de grado

## El fruto y el racimo

En el proceso de formación del fruto solo uno de los óvulos de los tres carpelos es fecundado, los otros tienden a desaparecer, el ovario al comienzo tiene un crecimiento rápido y se convierte en un fruto. El fruto es una drupa sésil cuya forma varía desde casi esférica a ovoide o alargada y algo abultado en el ápice; en longitud varía alrededor de 2 a 5 cm o más y en peso de 3 a 30 gramos o más (Corley et ál., 2003), el color externo cambia de acuerdo al cultivar, un racimo presenta un peso promedio de 25 kilos, la cantidad media de frutos por racimo es de 1.000-3.000 frutos (León, 1987). El fruto está conformado por el pericarpio, el cual consta del exocarpio o cáscara, mesocarpio o pulpa, un endocarpio, una almendra y dentro de ésta se encuentra el embrión ver figura 20.

El fruto está conformado desde el exterior al interior por:

- El epidermo o exocarpio, es liso, duro y brillante.
- El mesocarpio o pulpa, de color amarillo-anaranjado; es una masa de parénquima rico en aceite, cruzado por fibras y haces vasculares. Contiene de 45 a 50% de su peso en azúcares y sales.
- El endocarpio o cuesco, esclerificado, muy duro, de color negro, envuelto por fibras adherentes, protege la almendra, la consistencia y grosor del endocarpio es una característica varietal.
- El endospermo, tiene forma ovoide, ocupa toda la cavidad del endocarpio. El endospermo está compuesto de tegumento y albumen. El tegumento es delgado y adherido al albumen, que es cartilaginoso y rico en aceite (de donde se extrae el aceite de palmiste) en cuyo centro hay una hendidura o cavidad central. El embrión es lineal de 4 a 5 milímetros de longitud alojado en una pequeña cavidad del albumen.



**Figura 19. (A) Sección longitudinal del fruto. (B) Corte transversal del fruto exponiendo sus partes**

Fuente: P. Hormaza, L. Moreno (2010)

La clasificación de los frutos está dada por dos características: la coloración externa del exocarpio y por el grosor del endocarpio. La clasificación por color del exocarpio comprende dos colores, un color verde oscuro o claro presente en las especies *E. oleifera*, en algunos materiales de *E. guineensis* y en el híbrido interespecífico OXG; este tipo de fruto permanece verde en su estadio inmaduro y se torna de color amarillo o anaranjado intenso al llegar a su madurez y es denominado *virescens* (Ilustración 21). El otro tipo de fruto presenta una coloración negro rojizo en el exocarpio en su etapa inmadura y se torna de color vinotinto al llegar a su madurez y es denominado *nigrescens* y se presenta en la mayoría de los materiales de la especie *E. guineensis*, en todos los casos el color del mesocarpio siempre es amarillo intenso o naranja (Ilustración 22).



(A)

(B)

**Figura 20 (A). Fruto virescens en híbrido OxG. (B). Fruto nigrescens en *E. guineensis***

Fuete: Autor.

En la Tabla 4 se muestra la clasificación del fruto, el grosor del endocarpio, es reconocida por las diferencias en el espesor del cuesco, las cuales están controladas por un solo gen (Beirnaert y Vanderweywn, 1941).

**Tabla 4. Clasificación de frutos de acuerdo con la coloración del exocarpio y grosor del cuesco.**

Carácter	Terminología	Características
Tipo de fruto	Nigrescen	Antocianina en el exocarpio, ápice negro o pardo en el fruto
	Rubro- Nigrescen	Ápice pardo que rara vez abarca la mitad del fruto, base anaranjada
	Rutilo- Nigrescen	Ápice negruzco, a menudo abarca más de la mitad del fruto, base roja mas clara
	Virescens	Sin antocianina en el oxocarpio, fruto verde cuando esta inmadura, anaranjado con puntas verdes cuando este maduro
Color de mesocarpio	Albescens	Color amarillo pálido que inicia bajo contenido de caroteno
Morfología del fruto	Poisoni, doble envoltura	Fruto rodeado hasta de seis carpelos suplementarios carnosos derivados de los primordios estaminales
Forma de los frutos y espesor del cuesco	Dura	El % de mesocarpio de la fruta se encuentra en el rango de 35-40%. El contenido de aceite en el mesocarpio en proporción al peso del racimo es bastante bajo, de 17-18%. Presenta cuesco grueso de 2-8mm, no presenta anillo fibroso alrededor de la nuez.
	Pisifira	Sin cuesco, generalmente con esterilidad femenina. La mayoría de los racimos abortan en los primeros estados de desarrollo.
	Tenera	Presenta un endocarpio delgado, de 0,5-4mm de grosor. La proporción del mesocarpio es relativamente alta, entre 60-96%. Producen más racimos que las anteriores, aunque más pequeños. La proporción de aceite por racimo se encuentra entre 22-25%.

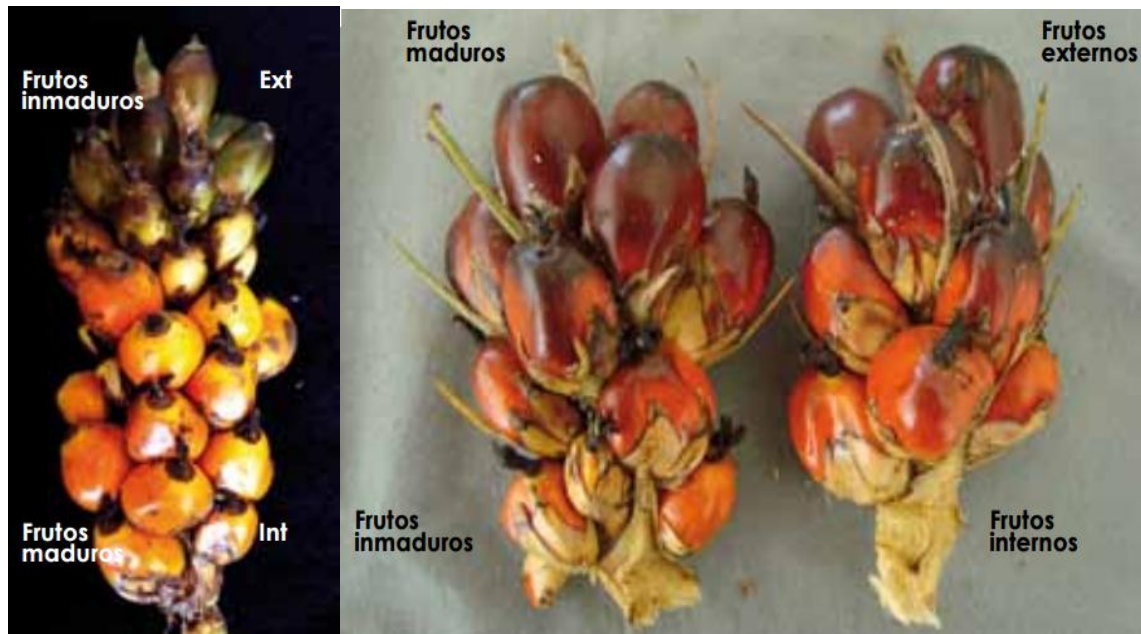
Fuente: Cenipalma, 2011

Las estructuras del racimo no difieren sustancialmente de las de las inflorescencias femeninas; es así como los racimos en su parte interior están conformados por un raquis o pedunculo, el cual es el eje central en donde se insertan las raquillas o espiguillas, y sobre estas se insertan en forma de espiral los frutos y las flores abortadas. Los frutos son clasificados de acuerdo con parámetros de formación de fruto y posición de estos en la raquilla.

De acuerdo a su formación, los frutos se clasifican en frutos normales o fértiles, frutos partenocápicos y abortos, los frutos normales son aquellos que presentan hueso y almendra, que de acuerdo con la posición sobre la raquilla se clasifican en frutos internos y externos, los frutos externos son los que se encuentran ubicados en la parte apical de la raquilla, son anchos y largos; en la especie *E. guineensis* su coloración es vinotinto o rojo intenso cuando entran a la madurez, su forma es más abultada en el ápice del fruto y de mayor tamaño que los frutos internos. En los híbridos interespecíficos estos frutos son alargados en el ápice si las raquillas están en la parte superior o central del racimo, o achatados si ellas se encuentran ubicadas en la parte inferior del racimo; en *E. guineensis* los frutos externos de cada raquilla son los primeros que maduran, mientras que en el híbrido interespecífico, estos son los últimos en madurar. Según la especie, la coloración del exocarpo puede variar especialmente al momento de la madurez (Corley et al., 2003). Aun más, el exocarpo del fruto en el exterior del racimo tiende a ser más pigmentado que el fruto interno (Corley et al., 2003).

Los frutos internos son más pequeños y de coloración más clara en *E. guineensis* están ubicados en la parte basal de la espiga y son los últimos en madurar, los frutos partenocápicos son frutos aparentemente normales, producto del desarrollo del ovario, pero sin mediar fecundación. Así, son menos grandes y el contenido de aceite es menor, además no contienen semilla, es decir, no tienen hueso ni almendra. Las flores abortadas son aquellas que no fueron fecundadas y no se desarrollaron en frutos partenocápicos. Se encuentran en la parte adaxial de la raquilla debajo de los frutos internos y partenocápicos en la parte más basal de la raquilla, junto a la inserción de esta con el raquis. Su coloración es amarillo claro y su tamaño es pequeño ver figura 23 (Cenipalma 2011).





(A)

(B)

**Figura 23. Progreso de la maduración en la raquila**

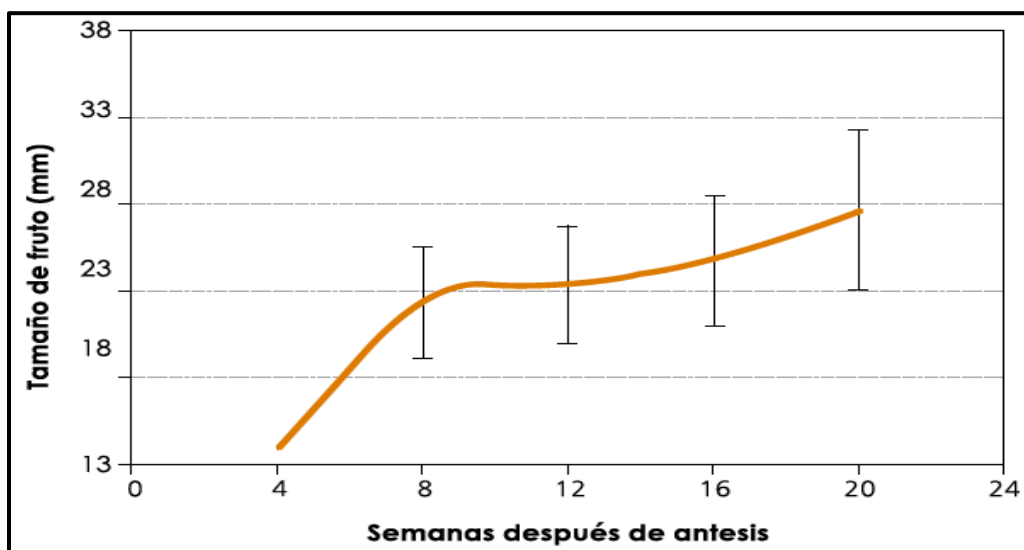
(A) Híbrido interespecífico OXG, con maduración de los frutos en la raquila de forma acropétala. (B) Raquila de *Elaeis guineensis* con maduración de los frutos en la raquila de forma basipétala. Fuente: P. Hormaza (2010).

Durante los primeros estados de desarrollo del fruto, el mesocarpio está constituido principalmente por carbohidratos; conforme la madurez progresa, su contenido disminuye y, a la vez, aumenta el contenido de aceite y carotenoides (Sterling y Alvarado, 1993). A medida que el fruto se desarrolla son sintetizados nuevos productos como clorofila y carotenos, los cuales pueden ser almacenados o degradados. En los frutos maduros la clorofila ya ha completado su función mediadora en la síntesis de carbohidratos y comienza a degradarse. Los carotenos, por el contrario, continúan su síntesis alcanzando la concentración máxima cuando el fruto está completamente maduro, esto es lo que



determina los cambios de coloración típicos de los frutos maduros (Cayon, 1996). En cuanto a la formación de aceite para la especie *E. guineensis*, Ruiz (2005) concluyó que en la Zona Norte colombiana la síntesis de aceite en el mesocarpio se concentra entre 16 y 20 semanas después de antesis, etapa en la que sucede la maduración del fruto. Es así, que, para la cosecha del racimo, el desprendimiento de un fruto es el parámetro establecido como un criterio de corte indicando la finalización del estado de maduración.

En cuanto al crecimiento del fruto, las dos especies muestran un comportamiento que se ajusta a un modelo de crecimiento doble sigmoide descrito por Cayon (1996), el cual está comprendido por tres fases definidas: en la fase I el pericarpio y la semilla aumentan de tamaño y peso, el hueso y la almendra alcanzan su máximo tamaño, pero el embrión se desarrolla muy poco durante esta fase. En la fase II la tasa de crecimiento total es reducida, iniciándose un endurecimiento rápido del hueso, el embrión se desarrolla rápidamente y alcanza su tamaño máximo y, finalmente, en la fase III hay un aumento en el volumen celular y espacios intercelulares de la pulpa y la maduración ocurre al final de la fase ver figura 24.



**Figura 24. Curva de crecimiento del fruto**

En semanas después de la antesis. *Elaeis guineensis*.

Fuente: Cenipalma.

## Desarrollo del fruto

En la especie *E. guineensis* este estadio inicia cuando la flor femenina esta fecundada y se caracteriza porque los lobulos del estigma se endurecen y cambian, pasando de color purpura a negro e inicia el hinchamiento del ovario, el cual se encuentra recubierto por las brácteas del verticilo. Por esta razón, la coloración del exocarpio es más clara. La coloración de la base es beige verdoso claro a blanco crema (RGB 221-221-168), en el centro es verde cano (RGB 188-166-108) y en el ápice presenta una coloración rojo ocre oscuro (RGB 76-41-40), aun no se diferencia el cuesco ni el endospermo, el color del mesocarpio es beige y según la escala de color es (RGB 200-179-118) (estadio 700). En la figura 25 se describen los demás estadios, (cenipalma).









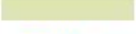



















Desarrollo del fruto en <i>E. guineensis</i>					
TIEMPO	APARIENCIA DEL RACIMO	BASAL	CENTRAL	APICAL	CUESCO
1 día Estadio 700		 (221-221-168)*	 (188-166-108)	 (76-41-40)	 (200-179-118)
					
8 días Estadio 710		 (223-228-180)	 (193-185-109)	 (193-169-103)	 (193-169-103)
					
59 a 61 días Estadio 750		 (175-159-75)	 (46-26-24)	 (15-15-14)	 (182-149-98)
					
79 días Estadio 790		 (96-70-74)	 (46-40-40)	 (67-52-51)	 (173-144-112)
					


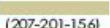









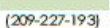








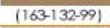
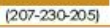
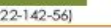







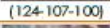
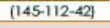
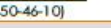








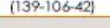








Figura 25. Estadios fenológicos para desarrollo del fruto en *E. guineensis*

Color en escala RGB (Red-Green-Blue).

Fuente: P. Hormaza y L. Moreno (2010).

En el híbrido interespecífico OxG el desarrollo del fruto, asociado a su crecimiento y variaciones de color, se da entre los 28 y 35 días después de anthesis, sin que esto signifique haber alcanzado el máximo potencial de aceite. Los híbridos, en comparación con la especie *E. guineensis*, presentan las variaciones de color de forma tardía, entre 116 y 125

días después de la antesis. El cambio en la pigmentación del exocarpo es drástico pasando de una coloración verde a amarilla o naranja tenue; en el híbrido interespecífico existen cinco cambios de coloración en la pigmentación externa de la drupa, mientras que en la especie *E. guineensis* solo se presentan tres cambios, el estadio principal de crecimiento en el híbrido interespecífico inicia cuando la flor femenina esta fecundada y se caracteriza porque los lobulos del estigma se endurecen y cambian de color café medio a negro, al igual que la especie *E. guineensis*, pero a diferencia de ella este cambio puede llegar a ocurrir 24 horas después de la polinización y luego inicia el hinchamiento del ovario (estadio 700). En la figura 26 se describen los demás estadios (cenipalma).

Desarrollo del fruto en el híbrido interespecífico OXG					
TIEMPO	APARIENCIA DEL RACIMO	BASAL	CENTRAL	APICAL	CUESCO
	COLOR RAQUILLA				
1 día Estadio 700	 (133-107-58)*	 (207-201-156)	 (46-41-37)	 (148-120-81)	 (161-113-46)
					
8 días Estadio 710	 (155-149-138)	 (209-227-193)	 (143-156-78)	 (38-42-39)	 (178-162-117)
					
15 días Estadio 730	 (163-132-99)	 (207-230-205)	 (122-142-56)	 (61-55-40)	 (185-187-160)
					
37-45 días Estadio 750	 (124-107-100)	 (145-112-42)	 (50-46-10)	 (32-26-23)	 (175-144-112)
					
46-100 días Estadio 790	 (103-116-77)	 (139-106-42)	 (64-65-20)	 (46-43-29)	 (134-102-72)
					

**Figura 26. Estadios fenológicos para desarrollo del fruto en híbrido interespecífico OXG**

Color en escala RGB (Red-Green-Blue).

Fuente: P. Hormaza y L. Moreno (2010)

Entre los 46 y 100 días después de la antesis el crecimiento en diámetro del fruto es mínimo y su coloración exterior es verde oscuro opalescente, presentando un cambio muy leve de color durante este ciclo ver tabla 5, (Cenipalma, 2011).

**Tabla 5. Descripción del porcentaje de crecimiento y rango de días aproximado de desarrollo de fruto en la especie *E. guineensis* y el híbrido interespecífico OXG.**

Porcentaje de crecimiento	<i>Elaeis guineensis</i>		Híbrido interespecífico OxG	
	Diámetro promedio del fruto (cm).	Días después de la antesis	Diámetro promedio de fruto (cm).	Días después de la antesis
Hasta 80%	N. D	28 a 31	11,94	28 a 31
De 80 a 90%	23	56 a 84	13,32	56
De 91 a 95%	23,91 - 25,88	112	13,8	84
De 95 a 100%	27,9	140	14,60 a 14, 95	112 a 140







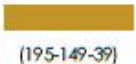








Fuente: Cenipalma, 2011.

### **Maduración del fruto y del racimo**

En *Elaeis guineensis*, 84 días después de la antesis, el fruto ha alcanzado el tamaño propio de su especie, la coloración del fruto cambia a amarillo ocre (RGB 174- 155-70), el centro continua siendo pardo negruzco (RGB 45-25-22) y en el ápice gris negruzco (RGB 25-23-21). Finalmente, el cuesco se empieza a oscurecer tomando un color amarillo arena más intensa (RGB 173-134-81). El endospermo se encuentra totalmente solido (estadio 800) ver figura 27.

En el híbrido interespecífico, entre los 101 y 115 días después de la antesis, el aumento en la tasa de crecimiento es mínimo, en este estadio de desarrollo el fruto ha alcanzado aproximadamente el 95% de su diámetro final y los frutos están compuestos principalmente

de agua y carbohidratos. La coloración del exocarpo del fruto ha cambiado de forma generalizada a verde amarillento, en donde se puede observar el inicio de la aparición de carotenos, a partir de este momento se inicia el estadio de maduración del fruto ver figura 28.

Maduración del fruto en <i>E. guineensis</i>					
TIEMPO	APARIENCIA DEL RACIMO	BASAL	CENTRAL	APICAL	CUESCO
	COLOR RAQUILLA				
84 días Estadio 800		 (174-155-70)*	 (45-25-22)	 (25-23-21)	 (173-134-81)
112 días Estadio 850		 (195-149-39)	 (84-32-20)	 (29-19-18)	 (74-54-38)
126 a 140 días Estadio 870		 (210-120-16)	 (113-28-13)	 (49-16-15)	 (64-46-36)

**Figura 27.** Estadios fenológicos para la maduración del fruto en *E. guineensis*

Color en escala RGB (Red-Green-Blue).

Fuente: P. Hormaza y L. Moreno (2010)



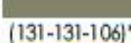
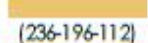
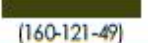
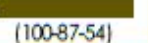








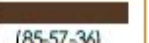



























Maduración del fruto en el híbrido OXG					
TIEMPO	APARIENCIA DEL RACIMO	BASAL	CENTRAL	APICAL	CUESCO
	COLOR RAQUILLA				
101-115 días Estadio 800	 (131-131-106)*	 (236-196-112)	 (160-121-49)	 (100-87-54)	 (96-70-47)
					
116-125 días Estadio 830	 (126-114-118)	 (219-162-82)	 (137-56-16)	 (98-63-34)	 (85-57-36)
					
126 a 139 días Estadio 850	 (131-131-106)	 (202-140-30)	 (144-62-16)	 (116-62-35)	 (62-36-24)
					
140-152 días Estadio 870	 (160-161-112)	 (194-72-38)	 (194-63-24)	 (173-82-42)	 (53-32-24)
					
152-160 días Estadio 890	 (160-161-112)	 (194-73-28)	 (184-68-29)	 (180-84-46)	 (55-37-30)
					

Figura 28. Estadios fenológicos para la maduración del fruto en el híbrido interespecífico OXG

Color en escala RGB. (Red-Green-Blue)

Fuente: P. Hormaza y L. Moreno (2010)

## Condiciones agroclimáticas de la palma africana

### Condiciones climáticas

La amplia experiencia con el cultivo de palma de aceite en lugares de climas muy variados en el trópico, así como los resultados experimentales, han permitido a diferentes autores proponer rangos de valores de condiciones climáticas consideradas ideales para obtener altos rendimientos potenciales del cultivo (Goh, 2000; Hartley, 1988; Paramanathan, 2003). Los factores climáticos que con más frecuencia se tienen en cuenta son la precipitación, la radiación solar, la temperatura, la humedad relativa y los vientos (Turner, Gillbanks, 2003). La Tabla 6 contiene los valores de parámetros climáticos que, de acuerdo con Paramanathan (2003), permiten altos rendimientos potenciales.

**Tabla 6. Condiciones climáticas que permiten un alto potencial de rendimiento de la palma de aceite.**

Parámetro	Valor o rango ideal
Precipitación anual	2.000 a 2.500 mm
Precipitación mensual	Mínimo 100 mm
Déficit de agua anual	Menos de 200 mm
Brillo solar	Más de 2.000 horas / año (más de 5,5 horas día)
Radiación solar	Más de 16 MJ/ m <sup>2</sup> /día
Temperatura media	22- 31 °C
Humedad relativa	75 a 85 %

Fuente: Paramanathan, 2003.

En la Tabla 7, además de los valores de parámetros climáticos que definen cada categoría de aptitud, se señala el grado de limitación (cinco niveles), el cual aumenta en la medida en que las condiciones climáticas se alejan de los valores ideales. En la columna derecha de la tabla se indican las condiciones que definen las tierras no aptas, y en la columna anterior se señalan las condiciones que califican a las tierras como de aptitud marginal, categoría en la cual el potencial de rendimiento sería muy bajo, y tanto los costos de producción como los riesgos de la inversión serían muy altos.



**Tabla 7. Clases de aptitud de las tierras para cultivo de palma de aceite, según características climáticas.**

Clase de actitud	Apta		Moderada	Marginal	No apta
Limitacion	Ninguna	Ligera	Moderada	Severa	Muy severa
Precipitacion	2.500-3.500	1.700-2.500 3.500- 4.000	1.450-1.700 4.000-5.000	1.250-1.450 5.000-6.000	< 1.200 >6.000
Periodo seco ( menos de 100 mm/ mes)	Ninguno	1	1-feb	2-mar	> 3
Radiacion solar ( MJ/ m <sup>2</sup> /dia)	13-15	11-13 15-17	9-11 17-19	7-9 19-21	> 7 > 21
Temperatura media anual "C)	25-29	22-25 29-32	20-22 32-35	10-20 35-37	<16 > 37
Pendiente (%)	0-4	4-dic	dic-23	23-38	> 38
Pendiente (grado)	0-2	2-jun	6-dic	dic-20	> 20
Clase de drenaje	Moderado a bueno	Bueno a excesivo	Excesivo o pobre	Excesivo o pobre	Excesivo o pobre
Riesgos de inundacion	Ninguno	Ninguno	Ligero	Moderado	Alto

Fuente: Paramanathan, 2003.

## Condiciones del Suelo

Dado que todas las características del suelo (físicas, químicas y biológicas) pueden tener influencia en la productividad de los cultivos, las mismas deben tenerse en cuenta en la calificación de la aptitud de las tierras para el cultivo de palma de aceite. Aunque se han obtenido altos rendimientos de palma de aceite en una gama amplia de suelos, se conoce a la vez que las características edáficas tienen una marcada influencia en la selección de técnicas de adecuación de tierras para la siembra, drenaje, conservación de suelos, mecanización y tipo y cantidad de fertilizantes requeridos para lograr un rendimiento adecuado.

En la Tabla 8 presenta el esquema de clases de aptitud de tierras según las propiedades del suelo que propone Paramanathan (2003), cuya estructuración es similar al esquema de la Tabla 8, relacionado con las características climáticas y de pendiente del terreno. Se indica, para tres características físicas y cuatro químicas, los rangos de valores que definen

cada clase de aptitud y nivel de limitación. Es de notar que las condiciones que determinan las clases de aptitud “marginal” y “no apta” son muy difíciles de modificar en la práctica a costos razonables y por ello no deben ser ignoradas.

**Tabla 8. Clase de aptitud de las tierras para cultivo de palma de aceite, según propiedades del suelo**

Clase de actitud	Apta		Moderada	Marginal	No apta
Limitacion	Ninguna	Ligera	Moderada	Severa	Muy severa
Condiciones fisicas					
Textura	Fan,F, FL**	FAc,FAcL, AcAn	FAcAN, AnF, AcL,AcAn	AcL,Ac turba	An,Ac, grava
Profundidad efectiva (cm)	ᵝ 100	75- 100	50-75	25-50	ᵝ 25
Espesor capa organica (cm)	-	0-50	50-200	200-300	ᵝ 300
Condiciones quimicas					
CIC efectiva (cmol Kg-1)	ᵝ 24	16-34	ᵝ 16	-	-
Saturacion de bases en horizonte A (%)	ᵝ 50	35-50	ᵝ 35	-	-
Carbono organico en horizonte A (%)	1.5-2,0	ᵝ 2 O ᵝ 1.5	-	-	-
Salinidad a 50 CM de profundidad (dsM-1)	0-1	1-2	2-3	3,4	ᵝ 4

Fuente: Paramanathan, 2003.

En los suelos de Puerto Wilches predominan de igual manera las texturas franco arenosas, existen suelos con texturas arenosas, en zonas de acumulación cercanas a márgenes de ríos y quebradas. Los suelos arenosos tienen una limitación importante para la producción de la palma de aceite ya que implican una baja capacidad de retención de agua,

lo cual determina una susceptibilidad relativamente alta de los cultivos allí establecidos a la sequía, en la región de Puerto Wilches los suelos son ácidos, de baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), y baja saturación de bases. El magnesio (Mg) fue el nutriente más deficiente y sobresalió la alta saturación de aluminio (Al). las principales limitaciones para la producción de palma de aceite en Puerto Wilches tienen que ver con la alta saturación de Al y la baja saturación de bases (Arias y Munevar, 2004).

## **Nutrición**

La palma africana *Elaeis guineensis*, Jacq. Es un cultivo perenne que requiere de un adecuado plan de fertilización en virtud de los altos requerimientos nutricionales por unidad de superficie comparada con otras oleaginosas. Vera (2004), indica que “El cultivo de la palma africana requiere un sistema de nutrición balanceado, considerando que su producción es afectada por los factores de carencia o déficit nutricional.” Palacios (2002), aduce que la nutrición balanceada y adecuada en el cultivo de palma es determinante para lograr un desarrollo adecuado, producción abundante y crecimiento con un estado sanitario satisfactorio del cultivo, no olvidando que los requerimientos nutricionales y la nutrición varía con la edad del cultivo, condiciones ambientales y aptitud genotípica (Rivera, 1985).

La nutrición es una labor que inicia en pre-vivero, continua en vivero y debe ser estable en plantaciones que se encuentren en producción, en la fertilización se incluyen los elementos mayores (N, P, K, Ca y Mg) al igual que elementos menores (B, S, Mn, Cu, Zn) con el fin de que el material sembrado exprese su máximo potencial genético obteniendo rendimientos altos (Williams, 1975).

Para estimar los requerimientos nutricionales del cultivo de palma hay que determinar el balance de nutrientes que estima la demanda y el suplemento por palma. Los componentes de demanda y suplemento de nutrientes. (Donough, 2008). En la tabla 9 se muestra los Componentes de la demanda y suplemento en el modelo de balance de nutrientes en palma aceitera.

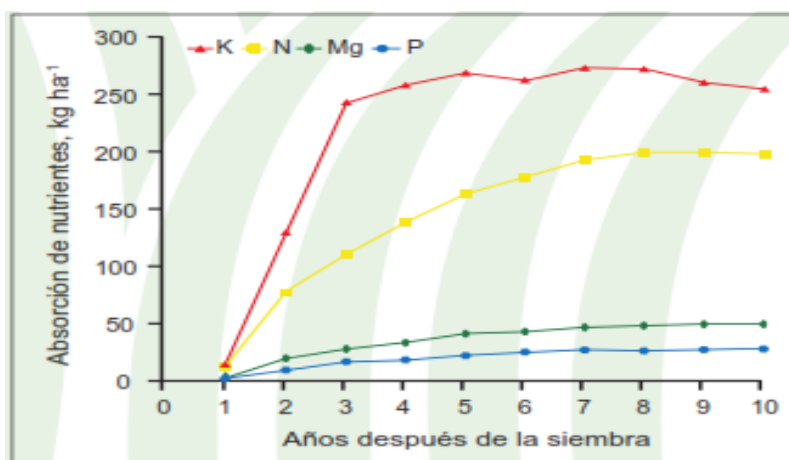
**Tabla 9. Componentes de la demanda y suplemento nutrientes en palma aceitera**

Componentes de la demanda	Componentes de suplemento
Nutrientes inmobilizados en las palmas	Nutrientes reciclados
Nutrientes removidos en los RFF	Contribución de lluvia
Nutrientes perdidos del sistema	Suplemento del suelo

Fuente: (Ng S. , 1977)

Los nutrientes se mueven del campo en los racimos de fruta fresca (RFF) cosechados y se fijan o incorporan a las partes vegetativas de la palma (hojas, tronco y raíces). Los nutrientes pueden también perderse en el sistema por escorrentía superficial, lixiviación y erosión). De la misma manera los nutrientes regresan al sistema cuando se reciclan en el campo las hojas podadas y las inflorescencias masculinas viejas, además de los racimos vacíos (RV) y los efluentes de la extractora (EE), si estos son reciclados en la plantación, se tiene que tener en cuenta el aporte del suelo y la lluvia. (Donough, 2008).

Cabe destacar que la demanda de nutrientes es representativa según la edad del cultivo, en palmas jóvenes la demanda de nutriente es poca ya que el cultivo se recupera del shock del trasplante y en desarrollar su sistema radicular. A medida que aumentan la edad del cultivo aumenta la demanda de Nitrógeno (N) y Potasio (K) y disminuye la demanda de Magnesio (Mg), Fosforo (P), (Donough, 2008). Ilustración 29.

**Figura 21. Absorción de nutrientes (kg/ha) en palma aceitera**

Fuente: (Ng S. , 1977).

Este trabajo proporciona información preliminar de la extracción de nutrimentos por la cosecha de materiales híbridos establecidos en plantaciones comerciales de la Zona Suroccidental. Esta información sirve para establecer una línea base de extracción que ayuda a encaminar los nuevos trabajos de investigación en torno al mejoramiento del manejo nutricional de la palma y permite conocer el comportamiento nutricional de los híbridos oleífera x guineensis (OxG) en comparación con los reportes existentes para palma *E. guineensis*.

### **Distribución de los nutrimentos en tejidos**

Los análisis de tejidos muestran que la distribución de nutrimentos es variable entre los materiales híbridos. En este sentido, el híbrido O x Djongo presentó en el mesocarpio los contenidos más altos de todos los macronutrimentos evaluados. Por otra parte, se observaron variaciones en los contenidos de nutrimentos entre los diferentes componentes del racimo. Así, nitrógeno, magnesio y azufre se encuentran en mayor medida en las almendras y mesocarpio, ya que su función es estructural formando compuestos orgánicos como proteínas y clorofila, además de actuar en algunos casos como activadores enzimáticos de importancia en la producción de ácidos grasos.

El potasio se presentó en mayor cantidad en los pedúnculos, donde los contenidos oscilaron entre 5,13 y 6,24 %. Esto puede estar ligado a su papel en la translocación de los fotoasimilados entre las hojas y los racimos. Por otra parte, concentraciones altas de fósforo se presentan principalmente en las almendras, con valores que fluctúan entre 0,36 y 0,49 %. El calcio y el magnesio se encuentran en relación 1:1, en rangos comprendidos entre 0,04 y 0,38 % para el calcio y 0,01 a 0,38 % para el magnesio, resultados similares a los reportados por Goh y Hardter (2012).

Con respecto a los micronutrimentos, los contenidos de boro fueron más altos en el mesocarpio, pedúnculo y raquilas. El hierro presentó contenidos superiores a 100 mg/kg en todas las estructuras, sobresaliendo el contenido de 599 mg/kg en el cuesco del híbrido O x

Djongo. Por otra parte, el cobre, al igual que el nitrógeno y el azufre, se dan en mayores cantidades en el mesocarpio y en la almendra. De acuerdo con Goh y Hardter (2012) una de las funciones del cobre es contribuir al metabolismo de nitrógeno y a la síntesis de proteínas en palma de aceite. El zinc y el manganeso son más abundantes en las almendras y raquillas de los tres materiales (Tabla 11).

**Tabla 11. Distribución de micronutrientos en racimos de híbridos OxG**

		B	Fe	Cu	Mn
Material	Componente	Mg*kg-1			
Coari x La Mé	Mesocarpio	8,6±2,9	119,6±38	30,1±14,7	24,6±21,8
	Cuesco	1,7±1	103,6±16,5	10,1±4,1	18,1±10,4
	Almendra	2,5±0,9	112,7±28,4	21,6±2,6	129,5±67,6
	Pedunculo	10,4±0,9	274,5±165	10,5±1,6	21,8±16,2
	Raquila	9,7±1,4	95,3±11,8	12,9±1,2	91,6±61,1
Amazon	Mesocarpio	9,7±0,8	130,5±14,8	22,2±3	63,7±56,5
	Cuesco	2,2±0,7	178,6±51	8,4±1,5	15,4±3,9
	Almendra	3±1,6	113,3±14,8	19,3±1,2	158,6±36,3
	Pedunculo	11,5±0,9	157,1±46,7	14,3±4,5	12,5±1,6
	Raquila	15,3±5,6	160,1±30,2	17,4±3,4	117±91,6
Ox Djongo	Mesocarpio	11,5±0,5	126,6±10,9	34,9±5,4	13,7±8,2
	Cuesco	1,2±0,5	599,1±296,2	8,5±0,1	12,3±1,7
	Almendra	2,6±1,2	134,6±74	19,9±0,8	146,1±22,3
	Pedunculo	9,8±3,6	99,8±4,3	9,6±2,2	20,7±11,3
	Raquila	8,5±1,3	103,3±6,3	13±6,7	100,1±15,1

Fuente: Cenipalma, 2..011

Con los datos referidos anteriormente, se estimaron las extracciones de nutrientes por tonelada de RFF (Tabla 12). En general, se puede observar que el potasio es el nutriente más extraído por la cosecha, siendo hasta 1,3 veces mayor que el nitrógeno extraído en los

tres materiales. En síntesis, los macronutrientes son extraídos en el siguiente orden  $K > N > Ca > Mg > S > P$ . Comparando estos resultados con los obtenidos por diferentes autores (Tabla 13) se puede observar que las cantidades de nutrientes extraídas por el híbrido en la cosecha son similares a las reportadas para los materiales de palma tipo dura.

**Tabla 12. Extracción de macronutrientes en la cosecha de híbridos OxG**

Material	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg*t RFF					
Coari X la mé	2,92±0,31	0,44±0,007	3,53±0,16	0,64±0,18	0,58±0,02	0,48±0,03
Amazon	2,91±0,2	0,34±0,01	3,66±0,74	0,61±0,17	0,49±0,05	0,41±0,01
O x Djongo	3,31±0,36	0,35±0,78	0,35±0,07	1±0,12	0,72±0,12	0,47±0,05

Fuente: Cenipalma, 2011

**Tabla 13. Contenido de nutrientes en racimos de fruta fresca de palmas Tenera**

Palma	Fuentes	N	P	K	Ca	Mg
		Kg*t RFF				
Tenera	Fairhust(2011)	3,6	0,68	5,33		0,88
	Acosta ( 2009)	3,39	0,55	3,49	1,31	0,72
	Tarmizi y Tayeb (2006)	3,1	0,37	3,92		0,68

Fuente: Cenipalma, 2011

Conociendo la importancia que tiene la nutrición en palma aceitera y los elementos nutricionales requeridos para su óptimo desarrollo y rendimiento de producción es muy importante realizar en el cultivo un diagnóstico de las deficiencias nutricionales que este puede tener en su estado actual e idealmente si dichas deficiencias se han presentado con anterioridad. Para el diagnóstico de las deficiencias nutricionales es de gran ayuda las observaciones de la planta en el campo para detectar síntomas foliares de deficiencia; si bien la detención de síntomas de deficiencia nutricional es muy útil, deben tenerse en cuenta dos aspectos fundamentales: no todos los elementos esenciales expresan síntomas de deficiencia apreciable y diferenciable a simple vista, hay que tener en cuenta que una planta puede tener una deficiencia nutricional de un elemento y puede pasar tiempo antes de que este sea expresado, los síntomas de deficiencia nutricional que se pueden apreciar visualmente son los de N, K, Mg, y B; Con mayor grado de dificultad se pueden identificar síntomas de deficiencia de Cu, Mn, Fe, y Zn. (Von Uexkull y Fairhurst, 1999).

Es importante conocer la importancia que tienen los elementos nutricionales en el desarrollo del cultivo de la palma de aceite, de igual forma conocer que efectos negativos ocasiona.

## **Nitrógeno (N)**

Es un elemento esencial en cuanto a lo que tiene que ver con el crecimiento de las palmas y para su fructificación. (Hartley, 1977), observándose que la producción y el número total de hojas por palma aumentan con aplicaciones de N (Rosenquist, 1962); (Corley, 1972.). Una nutrición balanceada promueve el uso eficiente del N mediante la estimulación del crecimiento radical, lo que permite una mayor exploración del suelo; se requiere N para la formación de proteínas, síntesis de clorofila y para fabricación de compuestos orgánicos en la fotosíntesis. La falta de nitrógeno es la consecuente reducción de la cantidad de clorofila impide el uso de la radiación solar y la producción de compuestos orgánicos (INPOFOS, 2006); esta deficiencia se caracteriza por la apariencia pálida y el progresivo amarillamiento y (Clorosis) de los foliolos a lo largo del raquis de la hoja (ARAB, 2001.); (Broschat, 2005.).



## **Fosforo (P)**

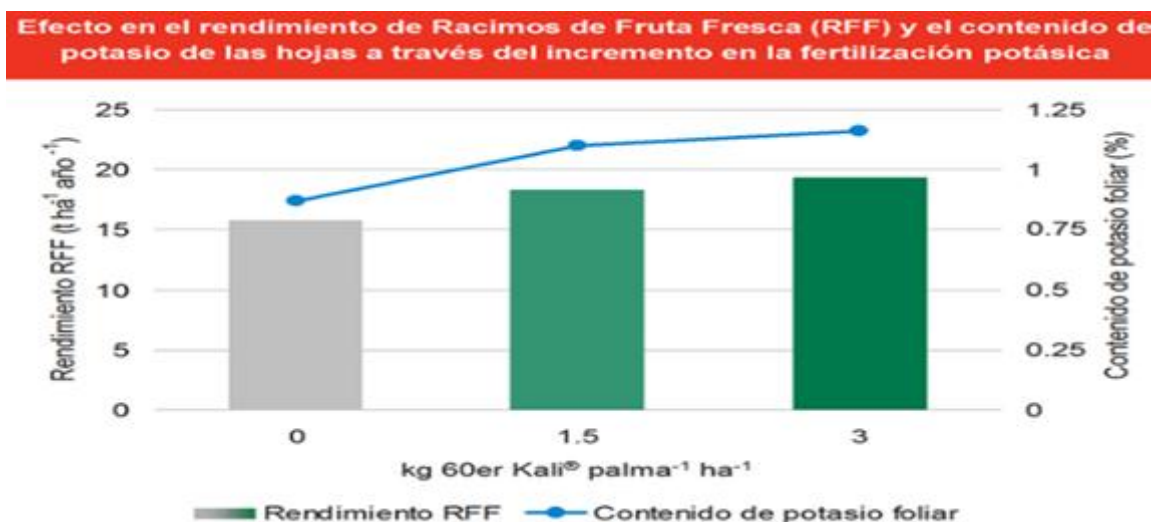
El elemento P se encuentra en todos los tejidos de la palma de aceite en una concentración variable, forma parte de las moléculas energéticas como el ATP y de los nucleótidos que integran los ácidos nucleicos ADN y ARN, y contribuye al componente de la membrana celular, participando además en la transferencia de energía en la fotosíntesis. (Navarro, 2003).

Este elemento incrementa significativamente el número y peso del racimo de fruto, aunque la producción de inflorescencias masculinas es significativamente alta con una fertilización baja de fertilizante fosforados (Mollegaard, 1971.), La deficiencia de P conduce a crecimiento retardado y bajas proporciones de brotes y raíces. Los síntomas incluyen color verde oscuro en las hojas más viejas. Aparecen áreas moradas y necrosadas en las márgenes de las hojas. La deficiencia da como resultado baja producción de frutos, semillas y flores de mala calidad (Benton, 2003).

## **Potasio (K)**

- El K es el nutriente más importante en la producción de aceite de palma. Por lo tanto, no se puede lograr una alta producción de aceite sin la adecuada cantidad de potasio. El potasio es esencial para una gran variedad de procesos dentro de la fisiología vegetal:
- El K juega un rol importante en la conversión de la luz solar en energía bioquímica durante el proceso de fotosíntesis
- Es importante para el adecuado funcionamiento estomático, por esta razón, las palmas deficientes en K son más susceptibles a la sequía (Mite et al., 1999). Tiene un efecto positivo en el tamaño y número de racimos y un factor importante en la resistencia de la planta a enfermedades Ver figura 29.

Fuente: Fairhurst et al. 2004.



**Figura 22. Efecto en el rendimiento de racimos de fruta fresca (RFF) y el contenido de potasio de las hojas a través del incremento en la fertilización potásica**

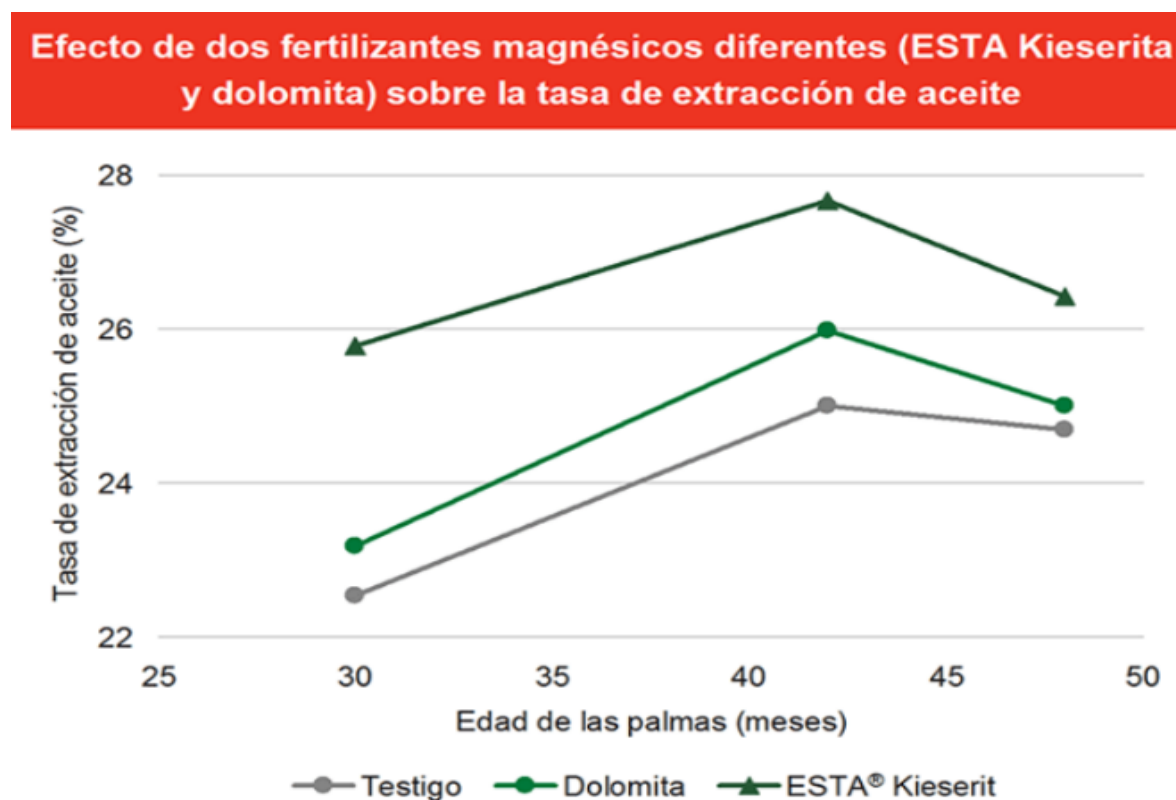
Fuente: Taniputra y Panjaitan 1981

## Magnesio (Mg)

- El elemento Mg tiene diversas funciones en el metabolismo de la palma aceitera:
- Es el átomo central de la molécula de clorofila, el pigmento verde de las hojas, que captura la energía del sol necesaria para la fotosíntesis
- Está involucrado en la reacción de la carboxilasa de la fotosíntesis, al ser parte de una coenzima que fija el CO<sub>2</sub>.
- Es necesario en todos los procesos que requieren energía, como por ejemplo la síntesis de almidón, proteínas y vitaminas.
- Acelera el transporte de asimilados hacia las hojas y racimos de fruta, y se necesita en varias enzimas relacionadas con la producción de ácidos grasos y en la biosíntesis de aceites. Ver figura 30.

Fuente: Fairhurst et al. 2004.

**Figura 23. Efecto de dos fertilizantes magnésicos diferentes (Esta Kieserita y Dolomita) sobre la tasa de extracción de aceite**



Fuente: es\_fertiliser\_advisory\_crops\_mg

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

El S es uno de los seis macronutrientes y es absorbido usualmente por las plantas en una cantidad similar al fósforo y magnesio. El contenido total de azufre en las plantas varía entre 0,2 % y 0,5 % de la materia seca. El azufre está involucrado en muchos procesos metabólicos como por ejemplo:

- Se necesita para la fotosíntesis, producción de almidón y azúcar.
- Es constituyente de dos aminoácidos los cuales son necesarios para la producción de proteínas
- Incrementa el uso eficiente del nitrógeno por parte de las raíces.

Fuente: Fairhurst et al. 2004.

## **Boro (B).**

Indispensable para los procesos metabólicos.

El B es el micronutriente más importante en la nutrición de la palma aceitera y tiene varias funciones en procesos fisiológicos:

- Es esencial para la elongación radical, la formación de carbohidratos y de la pared celular
- Participa en la formación de proteínas y en la regulación de la síntesis de ácidos nucleicos
- Activa la producción de sacarosa y el transporte hacia otros órganos de la planta

Fuente: Fairhurst et al. 2004.

## **Cobre (Cu)**

El Cu es necesario en numerosos procesos bioquímicos tales como reacciones redox que generalmente dependen del cambio de valencia del ion. Además también hace parte de varias enzimas que influyen la fotosíntesis y el metabolismo de carbohidratos y del nitrógeno.

La mayor parte del cobre en la planta se encuentra en el cloroplasto, correspondiendo alrededor del 50% a la plastocianina, una proteína no enzimática, donador primario de electrones del fotosistema I en la cadena de transporte electrónico de la fotosíntesis.

Funciones del cobre en la planta.

- Regula el transporte electro-fotosintético
- De forma similar como el manganeso, toma parte en la fijación de radicales de oxígeno para hacerlos inofensivos dentro del sistema.
- Participa en la formación de lignina, proteína, de la vitamina A y en el metabolismo de carbohidratos.
- Sus funciones son esencialmente catalíticas.

- Componente de diversas enzimas que interviene en la nutrición de las plantas (citocromo oxidasa, ácido ascórbico oxidasa y amino oxidasas).
- Disminuye la toxicidad del molibdeno.
- Reduce la turgencia en las hojas. (Fairhurst et al., 2004).

## **Manganeso (Mn)**

La planta absorbe el manganeso exclusivamente como ion  $Mn^{2+}$ . Sin embargo, este proceso puede ser afectado por la alta concentración de iones de  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  y de iones de hierro. El manganeso activa numerosas enzimas de forma similar al magnesio, debido a que es un componente de éstas e influye así en el metabolismo de las plantas. (Fairhurst et al., 2004).

Funciones del Manganeso en la Planta.

- Influye directamente sobre la fotosíntesis y participa en la formación de los cloroplastos.
- Es componente importante de la biosíntesis de los ácidos grasos.
- Influye en la reserva energética por medio del control del metabolismo de carbohidratos.
- La reducción de nitratos en la planta solo puede ocurrir cuando están presentes iones de manganeso.
- Aumenta la formación de raíces laterales.
- Activa el crecimiento de la planta al influir sobre el crecimiento de la extensión celular.
- Así como el cobre, participa en la fijación de radicales de oxígeno. (Fairhurst et al., 2004).

## **Hierro (Fe)**

El Fe interviene en procesos de respiración. (Actúa como mecanismo enzimático que tiene que ver con el proceso).

Forma compuestos con gran influencia en reacciones que actúan división y crecimiento celular (Fairhurst et al., 2004).

## **Causas y síntomas de deficiencias nutricionales en palma africana *E. guineensis***

### **Causas de la deficiencia de N**

- Baja capacidad del suelo para suplirlo,
- Aplicación insuficiente de fertilizantes nitrogenados,
- Baja eficiencia del uso de los fertilizantes: pérdidas por
- volatilización, época y sitio de aplicación, remoción, escorrentía, etc.,
- Inmovilización por la descomposición de la vegetación caída durante la limpieza del lote. (Fairhurst et al., 2004).

### **Síntomas de deficiencia de N**

- Amarillamiento de las hojas inferiores y luego de toda la planta.
- Palmas de lento crecimiento (pequeñas).
- Puntas de los folíolos afectados pueden tomar color café púrpura.
- Folíolos de las hojas recién emergidas son angostos ver figura 31. (Fairhurst et al., 2004).



**Figura 24. Causas y síntomas de deficiencias nutricionales en palma africana *E. guineensis***

Fuente: Arias, 2008.

### **Causas de la deficiencia de P**

- Suelos con bajo nivel de P total y disponible.
- Suelos derivados de cenizas volcánicas.
- Suelos fijadores de P (ultisoles y oxisoles).
- Suelos erosionados.
- Pobre reposición del P antes de establecer el nuevo cultivo. (Fairhurst et al., 2004).

### **Síntoma de la deficiencia de P**

- En su ausencia las palmas detienen su crecimiento, hay poca formación de raíces y el estípote se vuelve piramidal.
- No existen síntomas reconocibles de deficiencia en las hojas.
- Algunas plantas de cobertura son indicadoras de la deficiencia ver figura 32. (Fairhurst et, al. 2004).



**Figura 25. Causas y síntomas de la deficiencia de P**

Fuente: Arias, 2008

### **Causas de la deficiencia de K**

- Insuficiente aplicación de fertilizantes potásicos en plantaciones nuevas en suelos con bajo contenido del nutrimento.
- Suelos con baja cantidad de K intercambiable (menos de  $0,2 \text{ cmol kg}^{-1}$ ).
- Pobre absorción de K en suelos con altas cantidades de Mg intercambiable: pobre relación Mg/K,
- Insuficiente reposición del K removido con la cosecha a través de los años (Fairhurst et al. 2004).
- En su ausencia las hojas presentan manchas anaranjadas que transmiten la luz.
- Las manchas anaranjadas confluentes se localizan en hojas viejas.
- Las lesiones a menudo se secan para formar parches de tejido foliar muerto.



- Fajas blancas: bajo K y desbalance con N y B.
- Se reduce el peso de los racimos ver figura 33.



**Figura 26. Causas de la deficiencia de K**

Fuente: (Arias, 2008).

### **Causas de la deficiencia de Mg**

- Suelos con baja cantidad de Mg intercambiable (menos de  $0,2 \text{ cmol kg}^{-1}$  ),
- Suelos con textura muy liviana, especialmente si se ha erosionado la capa superficial,
- Aplicación de muy altas cantidades de K, lo que conlleva a desequilibrio en su relación.
- Aplicación de muy altas cantidades de Ca soluble,

Altas aplicaciones de fertilizantes portadores de  $\text{NH}_4^+$ . (Fairhurst et al., 2004).

### **Síntomas de deficiencia de Mg**

- Amarillamiento de las hojas bajas: folíolos expuestos a la luz mas no los expuestos a la sombra, Luego todos los de la hoja.
- En los estados más severos los foliolos se tornan de color naranja inicialmente para más tarde volverse color café y necróticos: puede llegar *Pestalotiopsis gracilis*.
- Se reduce el contenido de aceite en los racimos ver vigura 34 (Fairhurst et al., 2004).



**Figura 27. Causas y síntomas de la deficiencia de Mg**

Fuente: Arias, 2008.

### **Causas de la deficiencia de S**

- Suelos de sabana sometidos a quemas de la vegetación por largos años: reservas de S se agotan.

Fuente: Fairhurst et al. 2004.

### **Síntoma de la deficiencia de S**

- Color amarillo claro en todas las hojas de la parte superior de las palmas ver figura 35. (Fairhurst et al., 2004).



**Figura 28. Causas y síntomas de la deficiencia de S**

Fuente: Mite, (2008)

### **Causas de la deficiencia de B**

- Suelos ácidos (pH menor 4,5) o suelos muy alcalinos (pH mayor 7,5).
- Suelos de turba y muy arenosos.
- Final de una temporada muy lluviosa (es lixiviado del suelo).
- Aplicaciones altas de K, de N, de Ca.

Fairhurst et al., 2004.

### **Síntoma de deficiencia de B**

- Reducción de la longitud de los folíolos: apariencia plana de la parte superior de la planta
- Malformación de los folíolos: hoja arrugada, hoja de gancho ver figura 37, 38, 39.( Fairhurst et al. 2004).

**Figura 30. Hoja arrugada**



**Figura 29. Hoja en gancho**



**Figura 39. Apariencia plana**



### **Causas de la deficiencia de Fe**

- Suelos muy calcáreos (pH mayor de 7,5),
- Suelos con horizonte orgánico profundo sobre material arenoso pobre en nutrimentos,
- Suelos profundos de turba,
- Repetidas y altas aplicaciones de P en suelos propensos a la deficiencia de Fe.
- Suelos encharcados. (Fairhurst et al., 2004).

### **Síntomas de deficiencia de Fe**

- Marcada decoloración de las hojas más jóvenes, en el espacio entre las nervaduras, pero éstas permanecen verdes.
- En etapa avanzada las hojas jóvenes se vuelven blanquecinas ver figura 42.



**Figura 42. Causas y síntomas de la deficiencia de Fe**

Fuente: Arias, 2008

Estas observaciones son muy importantes para determinar los elementos que expresan su deficiencia en la planta, de igual forma esta caracterización visual no aporta suficiente información en cuanto al nivel de contenido de nutriente que está aportando el suelo a la planta lo que la planta está extrayendo; para obtener más información es muy importante recurrir al muestreo de suelo (análisis químico), de la misma manera hay que conocer el nivel de nutriente en la planta mediante un muestreo foliar (análisis foliar), el análisis químico del suelo indica la disponibilidad potencial de los nutrientes que las raíces pueden absorber cuando hay condiciones favorables para el crecimiento y la actividad de las raíces, en cuanto al análisis foliar nos refleja solamente el estado nutricional actual de la planta, en consecuencia una combinación de los dos análisis da mejores bases para decidir sobre las necesidades de fertilización del cultivo.

Obteniendo los resultados de análisis de suelo y foliar, hay que realizar su respectiva interpretación donde se determinara los niveles en que se encuentran los elementos nutrimentales en el cultivo al igual que la asimilación por la planta.

En la Tabla 14 se ilustra la calificación de los parámetros de análisis de suelo y en la Tabla 15 se ilustra la calificación de los parámetros de análisis foliar, donde estas tablas se usan como base a la hora de interpretación de un análisis de suelo y foliar. Donde se determina los niveles de los nutrientes si son bajo, medio, alto, respecto a los resultados obtenidos del laboratorio.

**Tabla 14. Calificación de parámetros de análisis de suelo**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
PH		<4,5	4,5-5,5	>5,0
Conductividad				
Eléctrica	dS/m	<2,0	2,0-4,0	>4,0
Materia orgánica	%	<2,0	2,0-4,0	>4,0
C,I,C	meq/100g	<10	10-20	>20
P	ppm	<15	15-20	>20
K	meq/100g	<0,2	0,2-0,4	>0,4
Mg	meq/100g	<0,2	0,2-0,3	>0,3
S	ppm	<10	10-15	>15
B	ppm	<0,25	0,25-0,50	>0,50
Fe	ppm	<15	15-30	>30
Cu	ppm	<0,5	0,5-1,5	>1,5
Mn	ppm	<5	5-10	>10
Zn	ppm	<1,0	1,0-2,0	>2,0
Saturación de Al	%	<25	25-50	>50
Saturación de K	%	<3	3-6	>6
Saturación de Ca	%	<20	20-40	>40
Saturación de Mg	%	<10	10-20	>20
Saturación de Na	%	<10	10-15	>15

Fuente:(Munevar, 2001).

**Tabla 15. Calificación de parámetros de análisis foliar**

<b>Elemento</b>	<b>Bajo</b>		<b>Medio</b>		<b>Alto</b>
		Menor o igual a		Mayor o igual a	
<b>N (%)</b>	2,33		2,34-2,59		2,60
<b>P (%)</b>	0,15		0,16-0,17		0,18
<b>K (%)</b>	1,07		1,08-1,19		1,20
<b>Ca (%)</b>	0,58		0,59-0,64		0,65
<b>Mg (%)</b>	0,24		0,25-0,27		0,28
<b>S (%)</b>	0,22		0,23-0,25		0,26
<b>B (ppm)</b>	15		16-17		18
<b>Cl (ppm)</b>	0,50		0,51-0,69		0,70
<b>Fe (ppm)</b>	71		72-79		80
<b>Mn (ppm)</b>	134		135-149		150
<b>Zn (ppm)</b>	13,4		13,5-14,9		15,0
<b>Cu (ppm)</b>	4,3		4,4-4,9		5,0

Fuente:(Munevar, 2001).



## Marco legal

El presente trabajo se ejecutó en la empresa Palmas Monterrey S.A. en el municipio de Puerto Wilches, Santander donde se firmó el 18 de julio de 2016 un contrato denominado, práctica empresarial, con un periodo de seis , en conformidad por lo establecido en el reglamento estudiantil de pregrado de la Universidad de Pamplona (Acuerdo No. 186 del 02 de diciembre de 2005) en sus artículo 35- 38 dónde se reglamente el trabajo de grado y sus modalidades.

## Marco contextual

La Planta Extractora está ubicada geográficamente en jurisdicción del Municipio de Puerto Wilches, importante puerto sobre el Río Magdalena en el departamento de Santander. Su ubicación exacta es en el Km 7 vía el pedral (Figura 43).



**Figura 43. Ubicación Geográfica de la Planta Extractora de Monterrey S.A.**

Fuente: Google Earth / BioGeoEco

Las instalaciones de la Planta Extractora como los predios de las Fincas de las Plantaciones de Palma de Aceite, se localizan en. el departamento de Santander, localizado en la región nororiental de Colombia, y ocupa el costado occidental de la cordillera oriental,



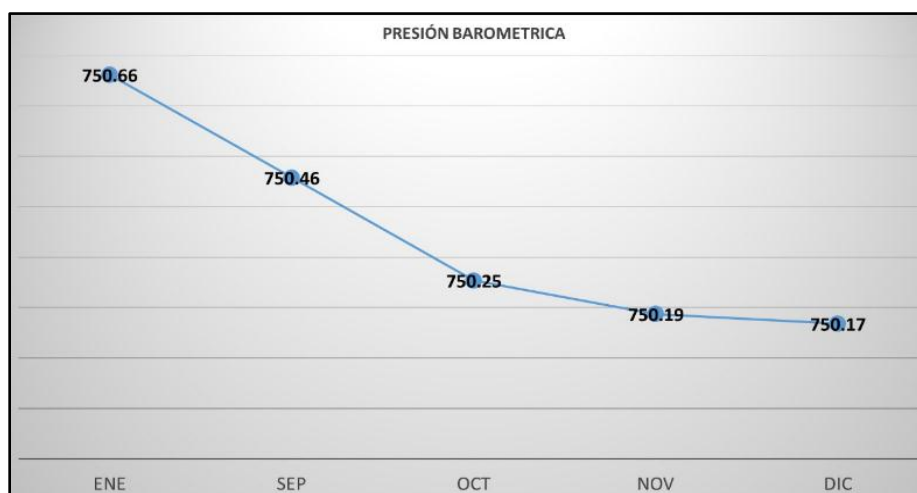
entre los 5° 42' y 8° 08' de latitud norte y los 72° 26' y 74° 32' de longitud al oeste de Greenwich, en las zonas intertropical y ecuatorial.

Palmas y Extractora Monterrey S.A., es una empresa que se constituye por la promoción, dirección, administración y explotación y extracción de aceite del fruto de palma africana al igual que la explotación de búfalos para su beneficio propio.

### Características agroclimáticas

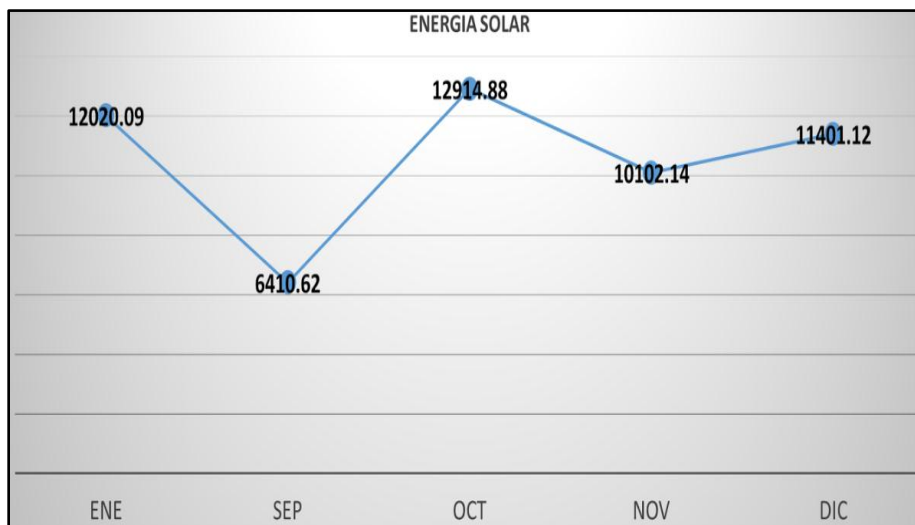
Las condiciones climáticas durante el momento de realizarse el diagnóstico fueron entre los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre 2016 y enero de 2017, en los cuales se monitorearon presión barométrica, humedad máxima y mínima, energía solar y precipitación.

Donde se pudo observar que la presión barométrica tuvo aumento en el mes de septiembre y enero, se mantuvo constante en el mes de octubre, noviembre y diciembre (ver figura 44), del mismo modo la radiación solar fue mayor en el mes de octubre, manteniéndose constante en enero, noviembre y diciembre, siendo más baja en septiembre (ver figura 45), las precipitaciones fueron bajas en el mes de enero, septiembre y diciembre, aumentando en mes de octubre y noviembre ver figura 46.



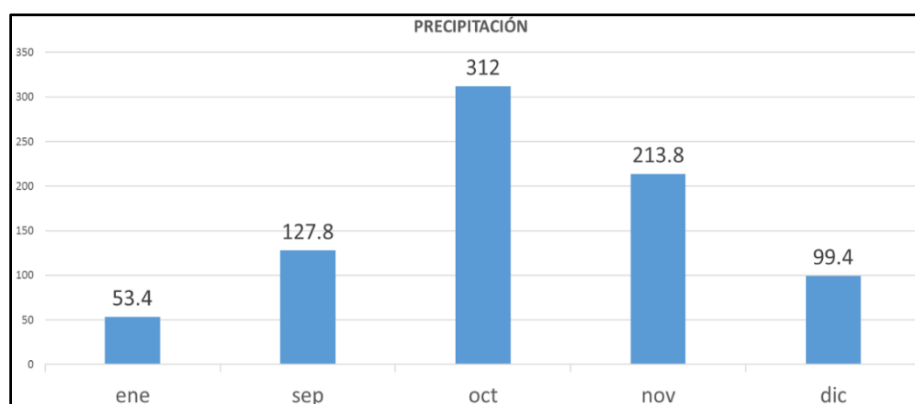
**Figura 44. Presión barométrica**

Fuente: Estación meteorológica Palmas Monterrey S.A.



**Figura 45. Radiación solar**

Fuente: Estación meteorológica Palmas Monterrey S.A.



**Figura 46. Precipitación**

Fuente: Estación meteorológica Palmas Monterrey S.A.

## Metodología

La práctica empresarial se realizó en la empresa Palmas Monterrey S.A. donde se asignó por parte de la empresa establecer en campo la marcación de dos ensayos y un diagnóstico del mismo en cuanto a medidas vegetativas, nutrición y producción en el híbrido OxG, material Coary x La Mé; Asignado por José Álvaro Cristancho Rodríguez I.A. PhD, encargado de establecer los planes nutricionales de la empresa. Ver anexo 1.

### Tratamiento en campo

Se realizó un censo a cada lote asignado lote 01h02, 01d02, 010d1, donde consistió en contar las palmas sembradas y la resiembra presentes que se encontraban, se consultó en registro de siembra la edad del cultivo, material de siembra, distancia de siembra, área neta, año de siembra. en la Tabla 16 se muestra el formato de registro asignado para anexar los datos del censo.

**Tabla 16. Formato de registro**

PALMAS MONTERREY S. A.						
Lote	Numero de palmas	Área neta (ha)	Distancia de siembra (m)	Material de siembra	Edad	Resiembras presentes
1H2						
1D1						
1D2						

Fuente: Palmas Monterrey S.A.

### Marcación del diseño experimental

Cada ensayo esta conformado por tres repeticiones, cada repetición está constituida por 11 Unidades Experimentales (UE), para un total de 33 UE. Cada UE está constituida por 32 palmas de las cuales se asignó tomar 12 palmas como efectivas a las cuales se les realizo el diagnóstico para un total de 396 palmas por ensayo.

En el estípite de la palma se marcó el código asignado a cada UE, se representó de la siguiente manera: (R) repetición, (T) tratamiento, (P) palma. En la disposición que están ubicada las calle se marcaron la distribución de los tratamientos donde a partir de la línea uno se dejaron dos líneas las cuales son definidas como efecto borde, luego marcamos la palma 3 de la línea 3, la palma 3 de la línea cuatro, la palma 3 de la línea cinco, la palma 3 de la línea seis, para un total de cuatro líneas asignadas por UE, donde esta primera marcación representa el comienzo de cada UE, luego se marcó la palma 10 de cada línea asignada representándose el final de la UE; Por cada línea fue asignada ocho palmas para un total de 32 palmas en las cuatro líneas, Se repitió el mismo procedimiento para el otro ensayo. Ver figura 47 y 48.



**Figura 47. Marcación final del tratamiento**

Fuente: Autor

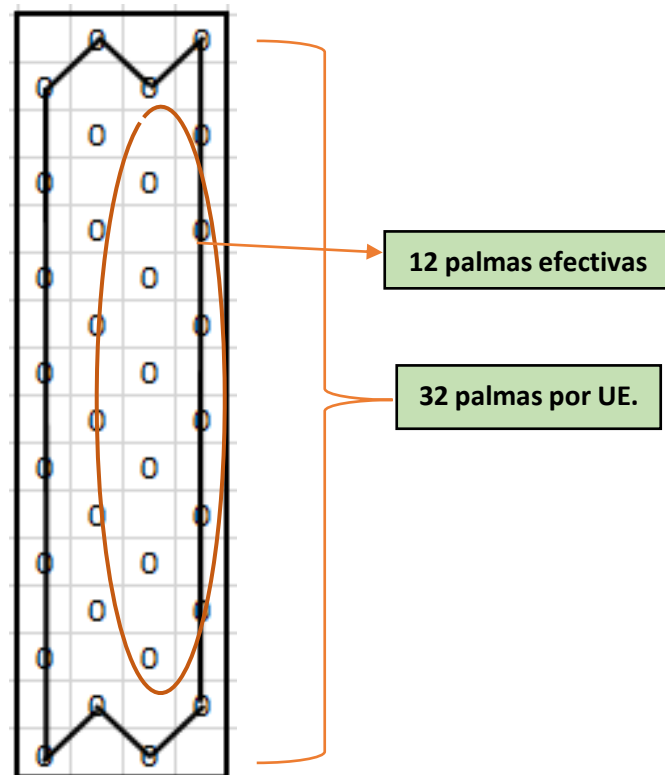


**Figura 48. Marcación inicio del tratamiento**

Fuente: Autor

## Selección de palmas efectivas a diagnosticar por UE.

De las 32 palmas que se encuentran asignadas por UE, se seleccionaron doce palmas como efectivas, la selección fue de la siguiente manera: Conociendo que tenemos cuatro líneas por parcelas, la cual en cada línea se encuentran sembradas ocho palma sumándose a un total de 32 palmas, dejamos la línea 1 y la línea 4 como efecto borde, en la líneas 3y 4 se identificaron las palmas efectivas ya que sumando las palmas de las dos líneas hay un total de 16 palmas, tomándose solo doce palmas como efectivas, seleccionamos la palma cuatro a la nueve de cada línea obteniendo seis palma por línea sumándolas obtuvimos las doce palmas requeridas, el mismo procedimiento se estableció para todas las UE de los dos ensayos. (Ver figura 49).



**Figura 49. Diseño de las Unidades Experimentales.**

Fuente: Autor

## Registró de número de racimos y peso

En cada ciclo de cosecha, se registró el número y peso de los racimos cosechados de cada una de las palmas efectivas asignada por UE, el cual se anexaba en el formato de registros de cosecha (Tabla 17); El criterio del racimo maduro a cosechar en híbrido, se identifica cuando tenga un 50% de cuarteamiento o suelte al menos tres frutos ver figura 50 (Palmas Monterrey S.A.).



**Figura 50. Cosecha y peso de racimos maduros**

Fuente: Autor

**Tabla 17. Formato de registro de cosecha**

Formato de registro de cosecha						
Tratamiento	Línea			Línea		
		No. RACIMOS	Kg		No. RACIMO	Kg
	PALMA			PALMA		

Fuente: Palmas Monterrey S.A.

## Toma de medidas vegetativas

### Emisión foliar

Para calcular la tasa de emisión foliar (hojas/año) se marcó la hoja 1 la cual se caracteriza por tener mayor del 80% de abertura foliar en cada palma y al cabo de nueve (9) meses se contarán las hojas nuevas producidas a partir de la hoja marcada, cumpliendo la metodología propuesta por Corley *et al.* (1971) y Corley y Tinker (2003). (Ver figura 51).



**Figura 1. Marcación de la hoja 1**

Fuente: Autor

### Sección transversal del peciolo (STP)

Para cada palma efectiva se asignó tomar la hoja que ocupa la posición 17, con un pie de rey se midió el ancho (A), y profundidad (P) del peciolo, la medida se tomó en el punto de inserción del peciolo y raquis y luego se aplicó la Formula:  $STP = A \times P = \text{cm}^2$ . (ver figura 52).





(A)

(B)

**Figura 52. (A) Profundidad del peciolo. (B) ancho del peciolo**

Fuente: Autor

### **Longitud del peciolo**

Con un metro se midió la longitud del peciolo, la medida se tomó desde el punto inicial del peciolo, que inicia en la base del estípite hasta el punto de intercesión con el raquis donde están los primeros folíolos rudimentarios (Figura 53).



**Figura 53. Medida de longitud del raquis**

Fuente: Autor.



## Longitud del raquis

Con una cinta de medida se midió la longitud del raquis, la medida se tomó desde el punto de intercesión con el peciolo hasta el ápice de la hoja (Figura 54).



**Figura 54. Medida de longitud del raquis**

Fuente: Autor.

## Ancho y largo de los foliolos

Conociendo la longitud del raquis aplicamos la fórmula matemática (división), donde el valor de la longitud del raquis se dividió por la constante asignada por la empresa (0,6) con el fin de determinar la parte tercia de la hoja, se tomaron seis foliolos tres de cada lado del raquis a los cuales se les midió el ancho y largo (Figura 55).



**Figura 55. Ancho y largo de los foliolos**

### **Número de folíolos hoja 17**

Es la cantidad total de folíolos repartidos a ambos lados del raquis de la hoja 17 (Contreras *et al.*, 1999). Se estableció contabilizando los folíolos de un lado de la hoja 17 y multiplicando este valor por dos (Rivera, 2009). Siguiendo la metodología, para cada palma se tomó la hoja que ocupa la posición 17, se cortó a nivel del primer folíolo rudimentario y se contó el número de folíolos por un lado de la hoja. Así, el número de folíolos por hoja (n) es igual a dos veces el número de folíolos de un lado. (Figura 56).



**Figura 56. Conteo de folíolos**  
Fuente: Autor.

### **Número total de hojas verdes (NTHV)**

Consistió en contar el número de hojas fotosintéticamente activas de las palmas efectivas (Figura 57).



**Figura 57. Conteo número de hojas totales**

Fuente: Autor

### **Crecimiento del estípite**

La tasa de crecimiento del estípite se determinó como la relación entre la altura de la palma (metros) y la edad de la misma en campo (años). Según Corley *et al.* (1971) y Corley y Tinker (2009) la altura de la palma es la distancia medida desde el suelo hasta la base peciolar de la hoja número 33 (Figura 58), las medidas realizadas se registraron en el formato de medidas vegetativas (Tabla 18).



**Figura 58. Medidas alto del estípite**

Fuente: Autor

**Tabla 18. Formato registro de medidas vegetativas**

Largo del raquis	Numero de hojas totales verdes	Numero de foliolos	Ancho foliolo (cm)						Largo foliolo (cm)						Emision foliar	Altura del estipite (cm)
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		

Fuente: Palmas Monterrey S.A

Una vez realizada todas las mediciones de los dos ensayos se hallaron las variables vegetativas utilizando las formulas asignadas por José Álvaro Cristancho Rodríguez I.A. Ph.D.

**Peso seco de la hoja 17 (PSH-17 (kg)).** Para palmas mayor de 2 años, el peso medio de la hoja 17, (Ps) (kg) es:  $PSH17 = (0,1023 * STP) + 0,2062 STP = cm^2$

**Peso seco del dosel (PSD (kg)),**  $PSD = PSH17 * NHVT$

**Área foliar del peciolo (AFP),**  $AFP = AFH17 * NHVT$

**Área foliar de la hoja 17 (AFH-17 (m<sup>2</sup>)).**  $AF = b * [2n * (lw)]$  Dónde: AF: Área foliar m<sup>2</sup>  
n = número de foliolos por un lado de la hoja. lw = ancho promedio de los 6 foliolos \* largo promedio de los 6 foliolos en m. Si los registra en cm, finalmente se debe dividir por 10000 b =Factor de corrección es 0,55, con cierta variación por la edad de la palma y la progenie.

**Índice de área foliar (IAF).** Es la proporción del área foliar con respecto al área del terreno. No tiene unidades, Primero se calcula el área foliar por palma (AFP).  $AFP = AFH17 * NTHV$   $IAF = (AFP * DR) / 10000$  dónde DR = densidad sembrada o la real en el momento del muestreo

## Muestreo foliar

Se realizó el muestreo de tejido vegetal para el análisis foliar descrito por Munèvar y Franco (1998), por cada repetición en los once tratamientos se tomaron submuestras de las doce palmas efectivas, se ubicó la hoja 17 en el tercio medio de la hoja se tomaron cuatro folíolos dos de cada lado del raquis, escogiendo los folíolos completamente sanos, sin daños provocados por insectos o enfermedades, repetimos el mismo procedimiento anterior para cada una de las repeticiones faltantes por ensayo (Figura 59).



**Figura 59. Toma de muestra de tejido vegetal**

Fuente: Autor.

## Preparación de la muestra

Se mezclaron las submuestras de cada repetición, el cual tomamos 200 folíolos como muestra real por repetición, para un total de seis muestras reales de tejido vegetal en los dos ensayos.

Teniendo las muestras reales, las colocamos en una mesa limpia y dividimos cada folíolo transversalmente en tres partes iguales (distal, media y basal), utilizando un cuchillo; Tomamos el segmento medio de cada folíolo y lo limpiamos con algodón

humedecido con agua destilada, recortamos y eliminamos los bordes y la nervadura central a cada segmento, así cada segmento original se divide en dos partes (A y B). La parte A de todos los folíolos se colocan juntas y constituyen la muestra que se envía al laboratorio, mientras que la parte B sirve para construir el duplicado o contra muestra que se almacena en la plantación en caso de que se pierda la muestra que se envió al laboratorio, este procedimiento se repitió para cada una de las muestras obtenidas por repetición en los dos ensayos Figura 60.



**Figura 60. Preparación de la muestra de tejido vegetal**

Fuente: Autor

### **Empaque de la muestra**

Se secaron las muestras de cada repetición en un horno microonda donde se identificaba que la muestra estaba seca cuando con las yemas de los dedos se quebraban y se escuchaba un sonido crujiente, se empacaron y sellaron en bolsa de papel plástico, donde se rotulaba la etiqueta de cada muestra y se entregó a dirección agronómica de campo donde se encargaban del llenado del formato de la solicitud y envió al laboratorio de cenipalma Figura 61.





**Figura 61. Empacado de las muestras foliares**

Fuente: Autor

## **Muestreo de suelo**

Por cada UE se tomaron dos submuestras de suelo, la primera submuestra se tomó 25 cm del plato a una profundidad de 30 cm, la segunda submuestra se tomó en la calle barrera a una profundidad de 30 cm, el procedimiento se realizó en los once tratamientos de cada repetición de los dos ensayos. Con la pala se limpió la superficie del suelo, luego de haber tomado la muestra se cortaron los bordes de la muestra, tomando una muestra central, el cual se depositaba en un balde (Figura 62).



**Figura 62. Toma de muestra de suelos**

Fuente Autor

Una vez obtenido las submuestras del plato y de la barrera de los once tratamientos por repetición en los dos ensayos se mezclaron en un balde las submuestras de cada tratamiento por repetición donde se retiraron todas las raíces y otros residuos vegetales, se tomaron 1 kilo de la muestra del plato y 1 kilo de la calle barrera, obteniéndose 6 muestras de suelo del plato y 6 muestras de suelo de la calle barrera por ensayo para un total de 12 muestras de suelo donde se empararon en bolsa plástica donde se empaco y rotulo y se entregó dirección agronómica de campo donde se encargaban del llenado del formato de la solicitud y envió al laboratorio de cenipalma. Figura 63.



**Figura 63. Empacado de las muestras de suelos**

Fuente: Autor.



## Resultados

1). En los resultados de análisis de suelo del lote 01d02, la calificación de la textura del suelo para las tres repeticiones en la calla barrera y plato fue arenosa, con poco contenido de arcilla, con un rango de PH de 4,7 a 5,2 el contenido de materia orgánica fue alto ya que el suelo cuenta con tusa aplicada en el plato, contenido de fósforo y potasio fue alto, CIC y conductividad eléctrica fue bajo, hierro fue alto, cobre y manganeso fue bajo, las demás calificaciones de los elementos se pueden observar en el anexo 2.

2). En los resultados de análisis de suelo del lote 01h02, la calificación de la textura del suelo para las tres repeticiones en la calle barrera y plato fue arenosa, con poco contenido de arcilla, con un rango de PH de 4,1 a 4,2 el contenido de materia orgánica fue medio sin presencia de tusa en el plato, contenido de fósforo y potasio baria para las UE, se encuentran en un rango de medio y bajo, CIC y conductividad eléctrica la calificación fue baja, hierro fue alto, cobre y manganeso se encuentra baja, las demás calificaciones de los elementos se pueden observar en el anexo 2.

3). En los resultados de análisis de tejido foliar del lote 01d02, para la repetición 1 la calificación del nitrógeno encontrada fue media, para la repetición dos y tres el contenido es bajo, en el caso del fósforo en las tres repeticiones arrojó resultados de contenido medio, lo que no sucedió con el potasio teniendo en cuenta contenidos fue bajo, las demás calificaciones se ilustran en el anexo 2.

4). En los resultados de análisis de tejido foliar del lote 01h02, para la repetición 1, 2 y 3, el contenido de nitrógeno se encontró medio, el fósforo se encontró bajo para la repetición 1,2 y medio para la repetición 3, el potasio se encontró bajo para las tres repeticiones las demás calificaciones se ilustran en el anexo 2.

5). Los resultados de la toma de medidas vegetativas y registro de producción se transcribieron a formato Excel el cual fue entregadas a José Álvaro Cristancho Rodríguez I.A. Ph.D.

## Variables de crecimiento

Por parte de José Álvaro Cristancho Rodríguez I.A. Ph.D. Se asigno determinar las variables de crecimiento acorde a la edad de los lotes 01d02 y 01h02, al igual que suministro una tabla la cual el la utiliza para interpretar las variables de crecimiento, me dio como base las siguientes variables (Tabla 19).

**Tabla 49. Variables de crecimiento acorde con la edad**

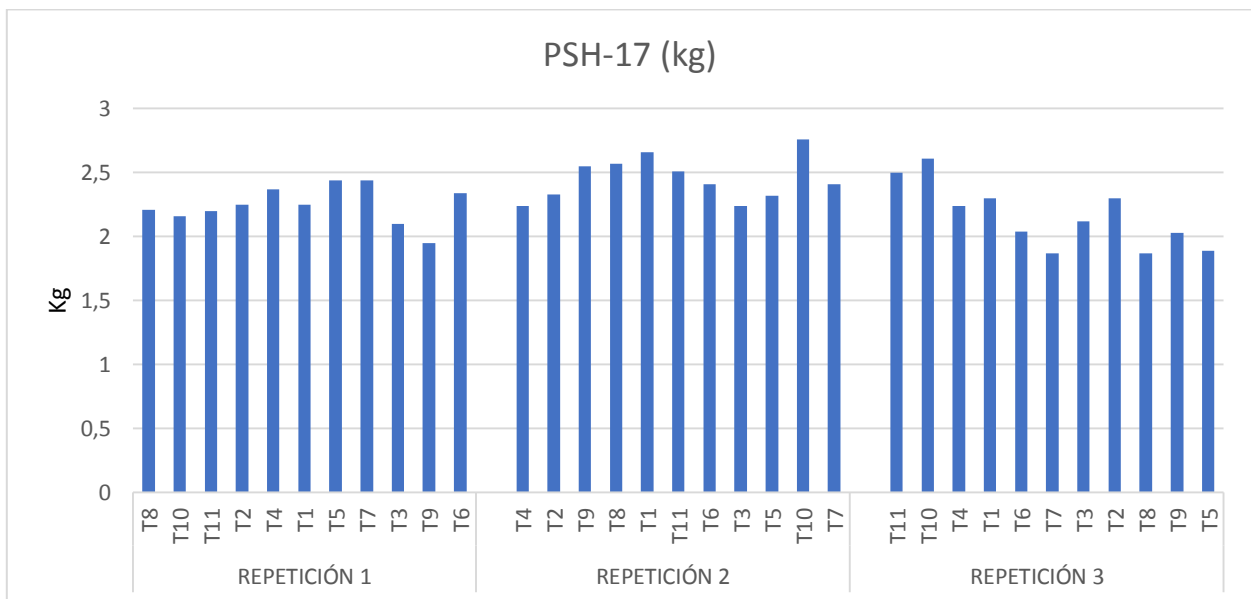
Edad	LR (cm)	PSD (cm)	AFH-9 (m2)
12		10	
24	280 – 300	30	3.3 -3.7
Edad (años)	PSH-17(kg)	PSD(kg)	AFH-9 (m2)
3	1.4	60	4.0
4	2.3	80	5.5
5	2.94	120	7
6	3.40	130	8
7	3.79	150	9
8	4.14	160	10
9	4.44	170	11
10	4.74	180	11

Fuente: José Álvaro Cristancho Rodríguez I.A. Ph.D.

## Variables de crecimiento lote 01d02

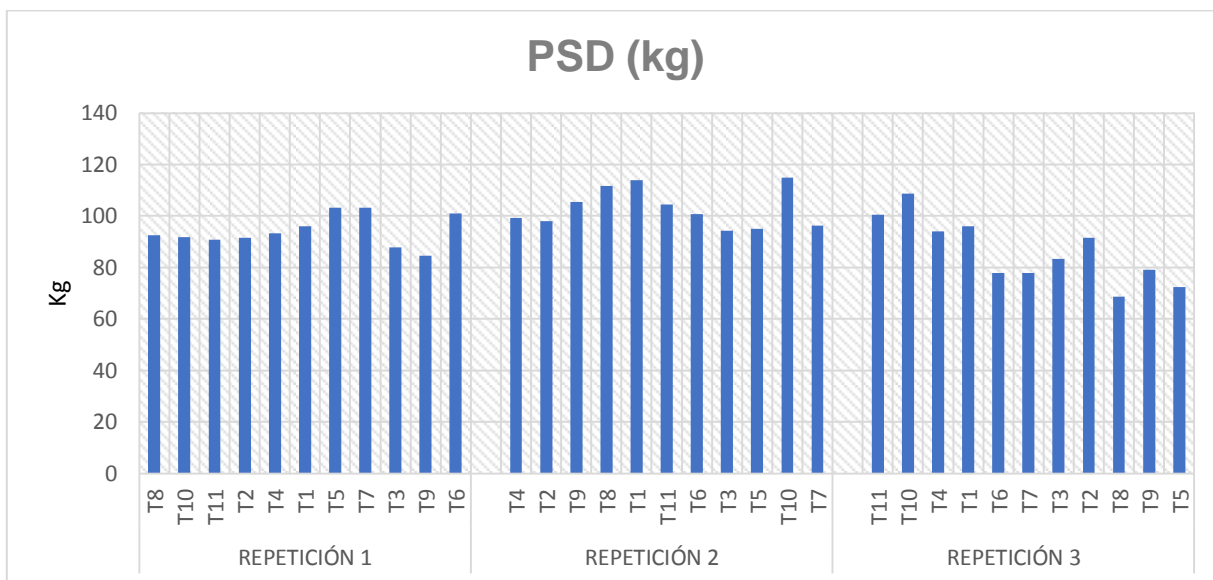
El material híbrido OxG sembrado en el lote tiene una edad de cuatro años, donde se compararon los resultados con la tabla 21. El PSH-17 (kg), se encuentra en el rango óptimo para las tres repeticiones, lo contrario con el PSD (kg), donde se puede observar que para los tratamientos de la repetición 1, 2 y repetición 3 tratamiento 11, 10, 4, 1, 2 los valores son mayores al rango óptimo, en la repetición 3 el tratamiento 3 está en su rango óptimo, lo contrario en el tratamiento 5, 9, 8, 7, 6 de la repetición 3 donde los valores se encuentran por debajo del rango óptimo. En el AFH-17(m<sup>2</sup>), los tratamientos de la repetición 1 y 2, se encuentran con valores mayores al rango óptimo, en la repetición 1 tratamientos 9, 11, 8, los valores son óptimos, pero no para los tratamientos 10, 2, 4, 1, 5, 7, 3, 6 donde los valores son mayores a los óptimos. (Gráfica 1, 2, 3).

**Gráfica 1. Variables de crecimiento lote 01d02**



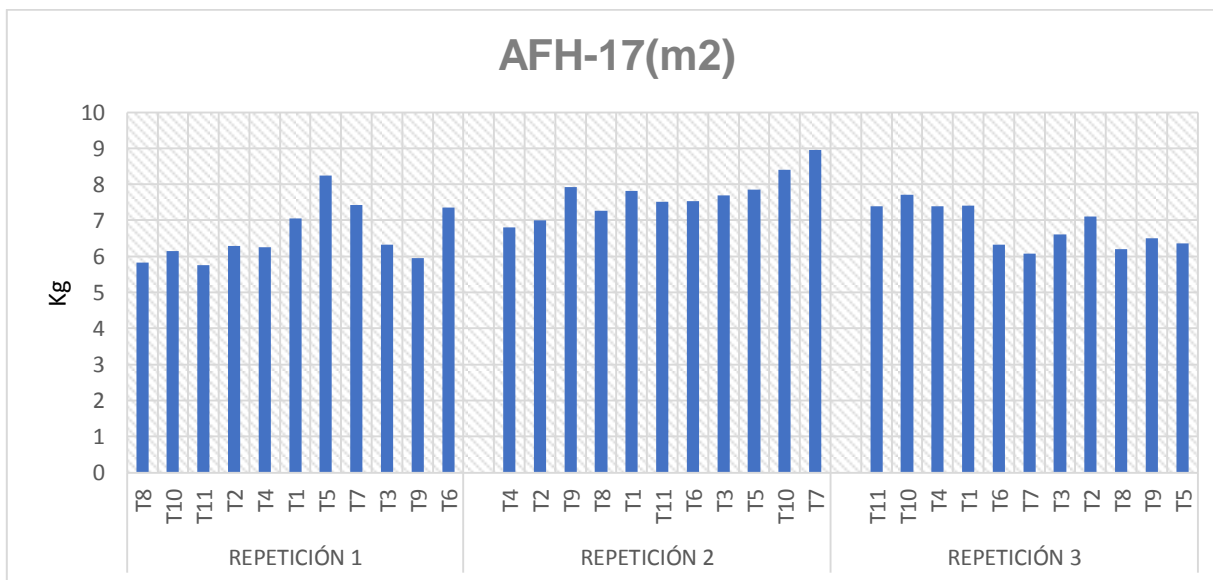
Fuente: Autor.

**Gráfica 2. Variables de crecimiento lote 01d02**



Fuente: autor

**Gráfica 3. Variables de crecimiento lote 01d02**

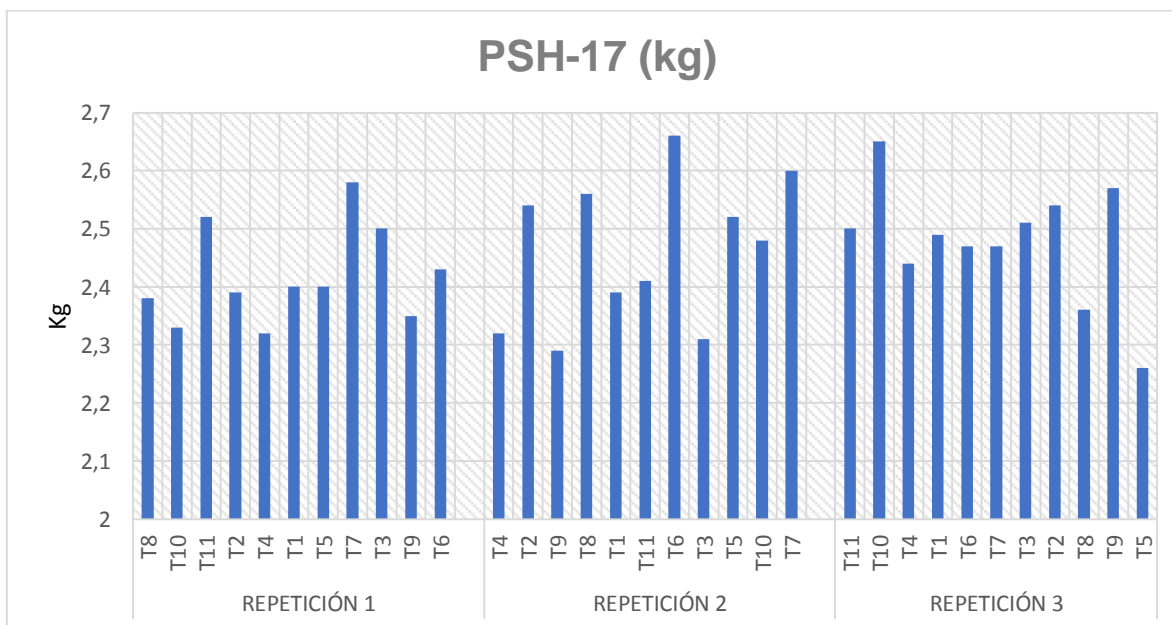


Fuente: Autor

## Variables de crecimiento lote 01h02

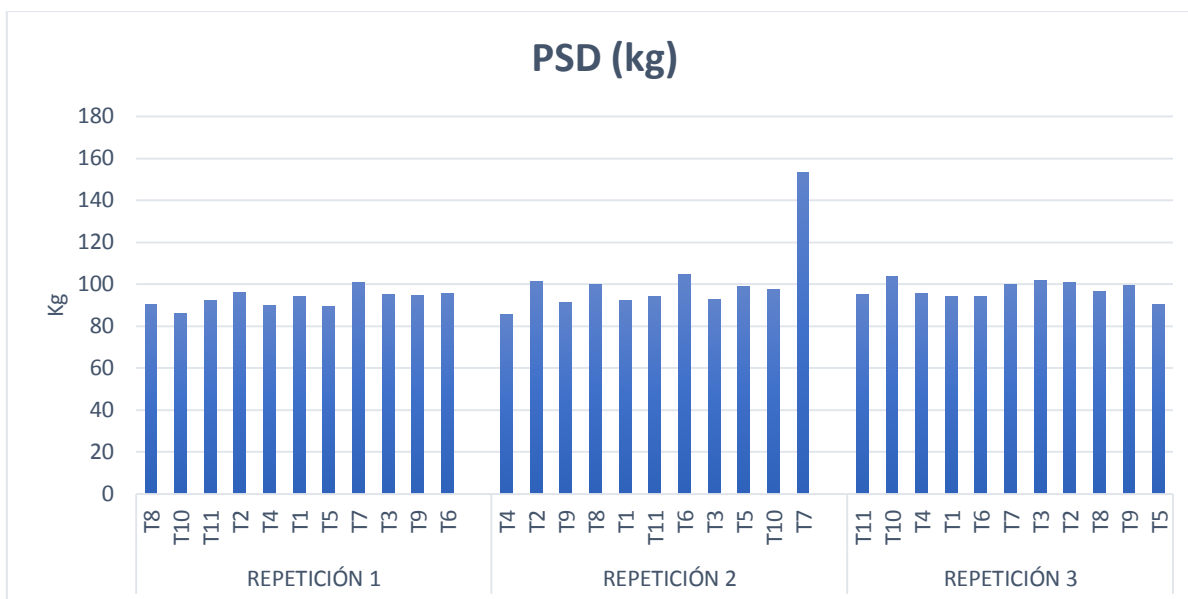
El material híbrido OxG sembrado en el lote tiene una edad de cinco años, donde se compararon los resultados con la tabla 21. El PSH-17 (kg), los valores no se encuentran en el rango óptimo para los tratamientos de las tres repeticiones ya que se encuentra por debajo del rango, lo contrario con el PSD (kg), donde se puede observar que para los tratamientos de la repetición 1, 2, 3 los valores encontrados están por debajo del rango óptimo. En el AFH-17(m2), los tratamientos 8, 10, 2, 4, 5, 6 repetición 1, tratamientos 4, 3, 1, 10 repetición 2, tratamientos 11, 6, 7, 2, 5 repetición 3, se encuentran con valores aceptables para el rango óptimo, los tratamientos 9 repetición 1, tratamiento 5 repetición , se encuentran con valores por debajo del rango óptimo, tratamiento 11, 1, 7, 3 repetición 1, tratamientos 2, 9, 8, 6, 11, 7 repetición 2, tratamientos 10, 4, 1, 3, 8, 9 repetición 3, sus valores se encuentran mayor al rango óptimo (Gráfica 4, 5, 6).

**Gráfica 4. Variable de crecimiento lote 01h02**



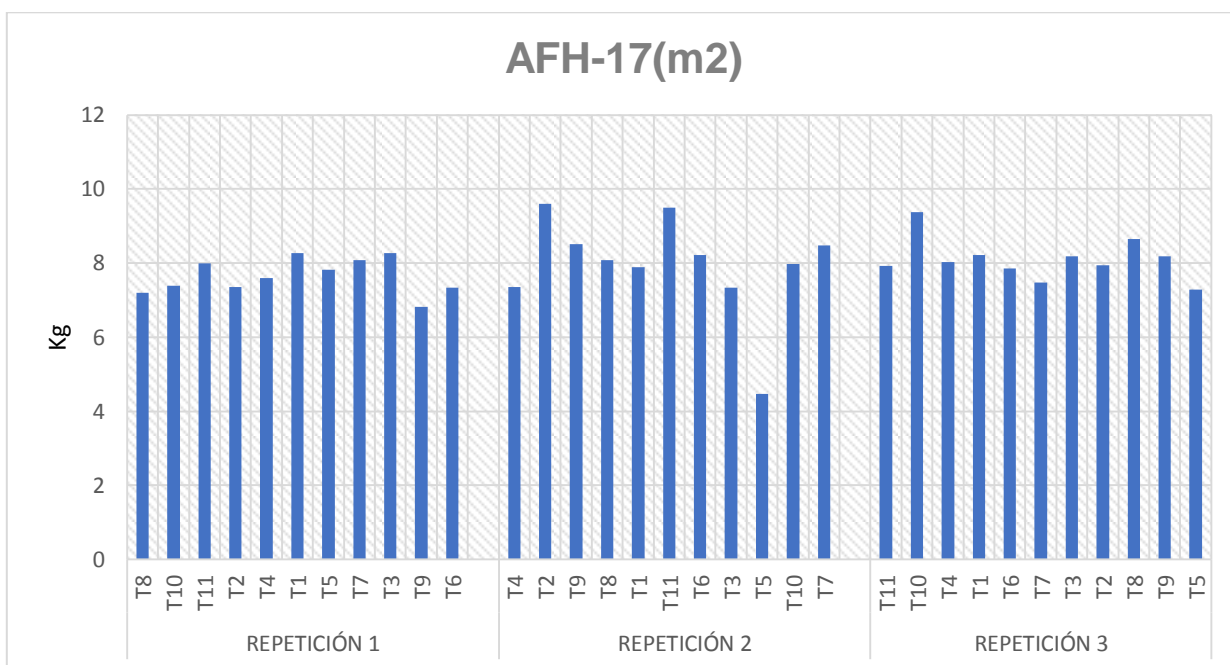
Fuete: Autor

**Gráfica 5. Variable de crecimiento lote 01h02**



Fuete: Autor.

**Gráfica 6. Variables de crecimiento lote 01h02**



Fuete: Autor.

## Producción

El cosechado y pesado de los racimos en los tratamientos iniciaron una vez se hizo la marcación de los ensayos, los días de cosechas eran asignados por la dirección agronómica de cosecha según el ciclo que ellos manejaban. (Tabla 20).

**Tabla 20. Fecha ciclo de cosecha lote 01h02, 01d02**

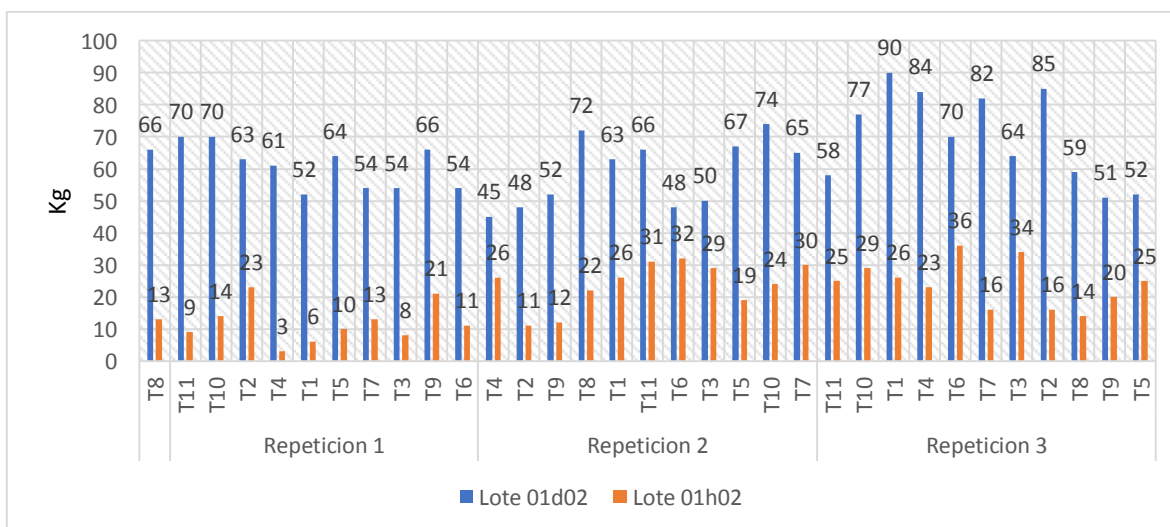
Lote 01h02	28/07/16	8/09/16	23/09/16	14/10/16	10/11/16	1/12/16	
Lote 01d02	16/08/16	1/09/16	19/09/16	6/10/16	1/11/16	28/11/16	16/12/16

Fuente: Palmas Monterrey S.A

## Numero de racimos cosechados

En los tratamientos del lote 01d02, en la repetición 3 se cortaron mayor cantidad de racimos en los ciclos de cosecha, seguida de la repetición 1 y finalmente repetición 2. En el lote 01h02, en la repetición 2 se cortaron mayor cantidad de racimos, seguida de la repetición 3 y finalmente repetición 1. (Grafica 7).

**Gráfica 7. Número de racimos cosechados**

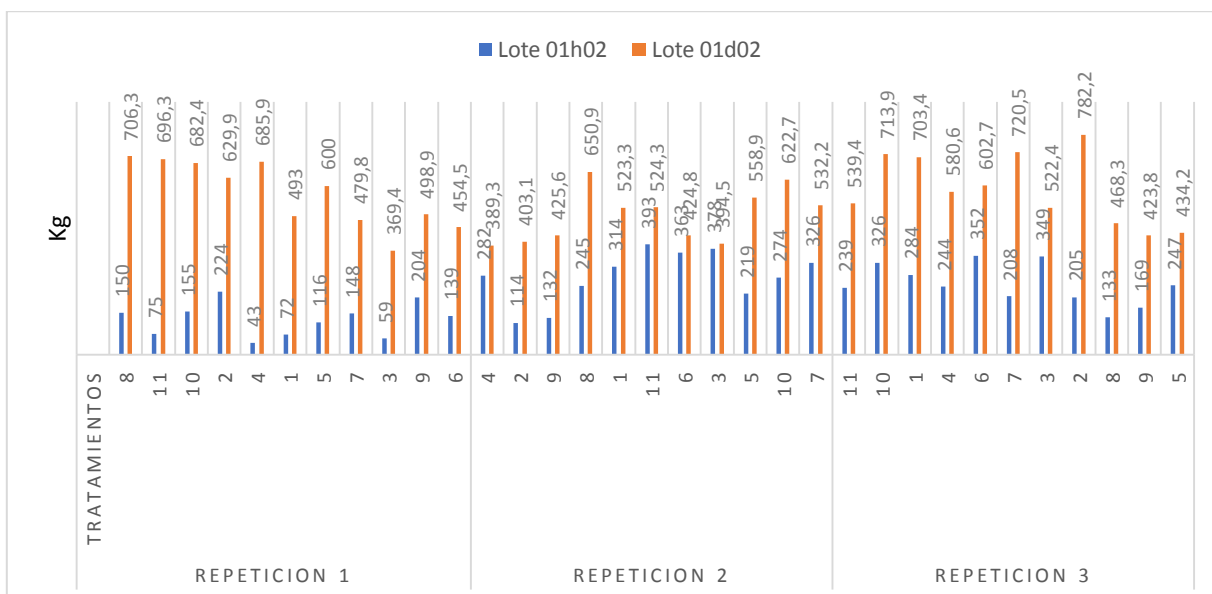


Fuente: Autor.

## Total kilogramos cosechados

Se pudo observar que el lote 01d02 se obtuvieron mayor kilogramos debido al mayor número de racimos en los tratamientos de las tres repeticiones a comparación con el lote 01h02 donde se obtuvieron menos kilogramos debido a que se cortaron menos racimos en las tres repeticiones. Grafica 8.

**Gráfica 8. Kilogramos de racimos cosechados**



Fuente: Autor.



## Conclusiones

1. Para el lote 01d02, donde en la interpretación de los análisis de suelo y foliar los contenidos de materia orgánica, fosforo, potasio, boro , elementos importante en el desarrollo de la palma aceitera se están aportando de manera correcta, lo contrario del lote 01h02 donde los resultados arrojan que el desarrollo vegetativo no es el óptimo, debido a que los contenidos de nutrientes en el suelo están bajos como es el caso del elemento K y P, elemento importante el desarrollo de la planta.
2. Los rendimientos en kilogramos y numero de racimos fue mayor en el lote 01d02 a comparación con el lote 01h02, donde se cortaron mayor numero de racimos y el promedio de cosecha se mantuvo.
3. El desarrollo vegetativo del lote 01d2 es el adecuado, a comparación del lote 01h02 donde los rango de calificación de variables vegetativas se encuentra en bajo, donde hay que establecer un plan nutricional adecuado basados en la interpretación de los análisis de suelo y foliar, para mejorar el desarrollo de la planta.

## **Recomendaciones**

Realizar un diagnóstico de medidas vegetativas, registro de producción, análisis de suelo y foliar, antes de establecer un plan nutricional, es muy importante debido a que estamos conociendo el estado actual de desarrollo del cultivo, de este modo vamos a poder interpretar y ajustar las dosis nutrimentales que el cultivo este requiriendo para su optimo desarrollo. Redactar como recomendación.

Ejecutar investigaciones en híbridos OxG con respecto a los aspectos de requerimientos nutricionales, juega un papel muy importante en los costos de producción debido a que si se tiene una buena dosificación de nutrientes en las etapas de desarrollo de la planta se conocerá el costo de fertilización por hectárea.

Aplicar cobertura en el plato de la palma aceitera, es muy importante ya que estamos aportando materia organica al suleo y un control de arvenses.

A la hora de cosechar el racimo, cortar aquellos racimos que suelten dos frutas o que tengan un porcentaje de cuarteamiento mayor al 50%, ya que si se cortan verdes se afecta la palma.

Realizar censos de sanidad, nutrición, producción, son muy importantes en un cultivo de palma aceitera para mejorar los rendimientos del cultivo.

## Referencias bibliográficas

- Adam, H. ; Jouannic, S. ; Escoute, J. ; Duval, Y. ; Verdeil, J. ; Tregear, J. W. (2005). Reproductive developmental complexity in the African oil palm (*Elaeis guineensis*,Arecaceae). American Journal of Botany, 92(11): 1836-1852.
- Adam, H. ; Jouannic, S. ; Escoute, J. ; Duval, Y. ; Verdeil, J. ; Tregear, J. W. (2005). Reproductive developmental complexity in the African oil palm (*Elaeis guineensis*, Arecaceae). American Journal of Botany, 92(11): 1836-1852. Disponible en línea en: <file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/2577415.2014.pdf>
- African oil palm weevil. Disponible en línea en: <http://www.padil.gov.au/pests-and-diseases/pest/main/140666>
- Arab. (2001.). Identifying & Treating nutrient deficiencies and other disorders in the oil palm (*Elaeis Guineensis*) Pocket Guide. [www.arabis.org](http://www.arabis.org)., 21.
- Arias. (2008). Figuras base peciolar del estipite y crecimiento apical del estipite en Palma Africana.
- Arias. (2008). Figuras causa y sintomas de deficiencia de N en Palma Africana.
- Arias. (2008). Figuras causas y sintomas de deficiencia de P.
- Arias. (2008). Figura causas y sintomas de deficiencia de Mg.
- Arias (2008). Figura causas y sintomas de deficiencia de Fe.
- A.Sanchez (2010). Figura inflorescencia masculina en *E. guineensis*.
- Broschat, T. K. ( 2005.). Nitrogen deficiency in palms. University of Florida, IFAS Extension.

- Cayon, D. (1999). Apuntes sobre fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) Palmas (Colombia). 20(3): 45 - 54. disponible en línea en: [file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_africana\\_y\\_del\\_hbrido\\_interespecifico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecifico%20(1).pdf)
- Cenipalma sispa (2011). Evolución histórica del área sembrada en palma de aceite en Colombia. Tomado de <http://sispa.fedepalma.org>. sanz, j. (2011). Objetivo estratégico: incrementar la productividad de la palmicultura colombiana. En compensar. Memorias (p. 20). Bogotá: cenipalma.
- Corley, R. y. (1972.). The effects of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium on growth of the oil palm. . *Expl. Agric.*, 8: 347-353.
- Corley, R.; Tinker, P.B. (2003). The oil palm. 4a edic. Blackwell Science, Oxford. Disponible en línea en: <file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1077-1077-1-PB.pdf>
- Corley, R.V.H.; Tinker, P.B. (2009). La palma de aceite. Cuarta edición (versión en español). Fedepalma. Bogotá (Colombia). 604 p. Disponible en línea en: [file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_africana\\_y\\_del\\_hbrido\\_interespecifico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecifico%20(1).pdf)
- Corley, R.V.H.; Tinker, P.B. (2009). La palma de aceite. Cuarta edición (versión en español). Fedepalma. Bogotá (Colombia). 604 p. Disponible en línea en: <file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/2577415.2014.pdf>

Corley, RHV. (1976). Photosynthesis and productivity. En: Corley, RHV.; Hardon, JJ.; Wood, BJ.(eds.). Oil palm research. Elsevier, Amsterdam: 55-76. Disponible en línea en:

file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1476-1476-1-PB%20(3).pdf

Corley, RHV. (1976). Photosynthesis and productivity. En: Corley, RHV.; Hardon, JJ.; Wood, BJ.(eds.). Oil palm research. Elsevier, Amsterdam : 55-76. Disponible en línea en:

file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1476-1476-1-PB%20(3).pdf

Corley, RHV.; Tinker, PB. (2009). La palma de aceite. Maldonado, E.; Maldonado, F. (trad.) cuarta edición. Fedepalma, Bogotá, Colombia: 604 p. disponible en línea en: file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1476-1476-1-PB%20(3).pdf

Cristancho J. I.A. Ph.D. Ingeniero agrónomo. Director nutrición Palma Monterrey. Facilitador datos no publicados.

Donough, C. (2008). Manejo de la Nutricion y Fertilizacion de la Palma Aceitera. Informaciones Agronomicas, 1-8 .

Dransfield, J.; Uhl, N.W. (1998). Families and genera of vascular plants, flowering plants:

Dransfield, J; Uhl, N.W.; Asmussen, C.B.; Baker, W.J.; Harley, M.M.; Lewis, C. E. (2008). Genera palmarum: The evolution and classification of palms. Kew Publishing. (Reino Unido). 732 p Disponible en línea en: file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\_de\_la\_palma\_de\_aceite\_africana\_y\_del\_hbrido\_interespecfico%20(1).pdf

- Dransfield, J; Uhl, N.W.; Asmussen, C.B.; Baker, W.J.; Harley, M.M.; Lewis, C. E. (2008). *Genera palmarum: The evolution and classification of palms*. Kew Publishing. (Reino Unido). 732 p disponible en línea en: [file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_africana\\_y\\_del\\_hbrido\\_interespecifico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecifico%20(1).pdf)
- Fedepalma, (2015). Censo nacional de palma de aceite Colombia 2011 y encuestas a vendedores de semillas de palma de aceite/nacional survey 2011 and surveys to the palm oil seeds salers. Disponible en línea en: <file:///c:/users/compumax/videos/trabajo%20de%20grado%20palmas%20monterrey%20s.a/bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/11721-13000-1-sm.pdf>
- GOH, K.J. (2000). Climatic requirements of the oil palm for high yields. In: Goh, K.J. (ed.). *Managing oil palm for high yields: agronomic principles*. Malaysian Soc. Soil Sci. and Param Agric. Surveys, Kuala Lumpur, p.1-17. Disponible en línea en: <file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1077-1077-1-PB.pdf>
- Hartley, C. (1977). *The oil palm*. 2nd. Ed. Longman, London., 806.
- Hartley, C.W.S. (1977). *The oil palm*. Longman Group Limited. England. 958 p. Disponible en línea en: [file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1476-1476-1-PB%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1476-1476-1-PB%20(3).pdf)
- Hartley, C.W.S. (1988). *The oil palm*. 3th edition. Longman, London. Disponible en línea en: [file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1476-1476-1-PB%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1476-1476-1-PB%20(3).pdf)

errey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1077-1077-1-PB.pdf

Henry, P. (1955). Morphologie de la feuille d'Elaeis au cours de croissance. Rev. gén. Bot. 32:66-77. Disponible en línea en: file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1077-1077-1-PB.pdf

Hormaza, P., D. Forero, R. Ruiz y H. Romero. (2010). Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleífera* [Kunt] x *Elaeis guineensis* [Jacq]). Primera Edición. Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias y Centro de investigación en palma de aceite – Cenipalma, Bogotá D.C. Disponible en línea en: file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/2577415.2014.pdf

Inpofos. (2006). Palma Aceitera, manejo de nutrientes y fertilización en la fase madura. [www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf](http://www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf).

I.Ayala. (2007). Figura partes de una hoja madura de Palma Africana.

I.Ayala. (2007) y R. Ospina (2009). Figura filotaxia de la palma de aceite.

Jones, L.H. (1997). The effects of Pruning and other Stresses on Sex determination in the Oil Palm and their Representation by a computer simulation. J. Theor. Biol.187: 130-159. Disponible en línea en: file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1077-1077-1-PB.pdf

Latiff, A. (2000). The biology of the genus *Elaeis*. Advances in oil palm research. 1:19-38.

Leon, J. (1987). Botánica de los cultivos tropicales (2a ed.) IICA. (San Jose de Costa Rica). 50-56. Disponible en línea en: <file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Mont%20errey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/2577415.2014.pdf>

Leon, J. (1987). Botánica de los cultivos tropicales (2a ed.) IICA. (San Jose de Costa Rica). 50-56. Disponible en línea en: [file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Mont%20errey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_africana\\_y\\_del\\_hbrido\\_interespecifico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Mont%20errey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecifico%20(1).pdf)

L.Chan (2010). Figura semilla seca del híbrido (*Elaeis oleífera x Elaeis guineensis*).

Leon, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales (2a ed.) IICA. (San Jose de Costa Rica).50-56. disponible en línea en: [file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Mont%20errey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_africana\\_y\\_del\\_hbrido\\_interespecifico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Mont%20errey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecifico%20(1).pdf)

Mite, F.; Carrillo, M.; Espinosa, J.(1999). Influencia de la fertilización y el riego sobre el desarrollo, nutrición y rendimiento de la palma africana en Ecuador. Informaciones Agronómicas (Ecuador) no. 36, p.1-5. Disponible en línea en: <file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Mont%20errey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/888-888-1-PB.pdf>

Mollegaard, H. (1971.). Results of fertilizar trail on mixed colluvial alluvial soil at Ulu Beram estate in West Malaysia. Oleagineux. , 26:449-453.

monocotyledons. Springer-Verlag. Berlin (Alemania). pp. 306-389.Disponible en línea en: <file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Mont%20errey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/888-888-1-PB.pdf>



0hibrido/fenologa\_de\_la\_palma\_de\_aceite\_africana\_y\_del\_hbrido\_interespecifico%20(1).pdf

- Munévar M., F.; Acosta G., A.; Gómez C, P. L. 2001. Factores edáficos asociados con la pudrición de cogollo de la palma de aceite en Colombia. *Palmas (Colombia)* v.22 no.2, p.9-19. Disponible en línea en: <file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/888-888-1-PB.pdf>
- Navarro, G., & Navarro S, B. (2003). *Quimica Agricola*. Ediciones mundi-prensa, mexico, D.F., 487.
- Ng, S. (1977). Review of oil palm nutrition and manuring -scope for greater economy in fertilizer usage. *International Developments in Oil Palm* (Earp & Newall, eds), 717-738.
- Paramanathan, S. (2003). Land selection for oil palm. In: Fairhust, T.Y., Härdter, R. (ed). *Oil palm – management for large and sustainable yields*. Potash and Phosphate Institute/Phosphate Institute of Canada; International Potash Institute. Oxford Graphic Printers Pte Ltd., p.27-57. Disponible en línea en: <file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/1077-1077-1-PB.pdf>
- Pelaez, E.; Ramirez, D. (2004). Caracterizacion fisiologica de palmas africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), Noli (*Elaeis oleifera* H.B.K. Cortes) e hibrido interespecifico. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agronomo, Universidad Nacional de Colombia. Bogota (Colombia). Disponible en línea en: [file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_africana\\_y\\_del\\_hbrido\\_interespecifico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecifico%20(1).pdf)

POLEN | Hacienda La Cabaña (1961). Disponible en línea en:  
<http://www.lacabana.com.co/polen/>

Prada, M. (1998). Efectividad de dos especies del genero *Elaedobius* (Coleoptera: curculionidae) como polinizadores en palma aceitera. *Bioagro* 10(1): 3-10. Disponible en línea en:  
[file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_africana\\_y\\_del\\_hbrido\\_interespecfico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecfico%20(1).pdf)

Raygada, R. (2005). Manual tecnico para el cultivo de la palma aceitera. Comision Nacional para el Desarrollo y Vida Sin Drogas (Devida); proyecto de desarrollo alternativo Tocache-Uchiza (Prodatu). Lima (Peru). Disponible en línea en:  
[file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_africana\\_y\\_del\\_hbrido\\_interespecfico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecfico%20(1).pdf)

Raygada, R. (2005). Manual tecnico para el cultivo de la palma aceitera. Comision Nacional para el Desarrollo y Vida Sin Drogas (Devida); proyecto de desarrollo alternativo Tocache Uchiza (Prodatu). Lima (Peru). Disponible en línea en:  
<file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/2577415.2014.pdf>

Rosenquist, E. (1962). Fertilizer Experiments on oil palms in Malaya. Part I. yield data. *J. W. Afr. Inst. Oil Palm Res.* , 3:291-301.

R. Ospina (2007) y P. Hormaza (2009). Inflorescencia masculina.

Siew, Ng.; von Uexkull, H.; Hardter, Rolf. (2003). Botanical aspects of the oil palm relevant to crop management. In *Oil Palm: Management of large and sustainable yields* disponible en línea en:  
<file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/2577415.2014.pdf>

errey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\_de\_la\_palma\_de\_aceite\_africana\_y\_del\_hbrido\_interespecfico%20(1).pdf

Sispa (2011). Evolución histórica del área sembrada en palma de aceite en Colombia. Tomado de <http://sispa.fedepalma.org>.

Sispa- fedepalma, 5 fedepalma, cd-rom interactivo, el cultivo de la palma de aceite: guía general para el nuevo palmicultor.

Tandon, T.; Manoharaf, T.N.; Nijalingappaf, B.H.M.; Shivanna, R. (2001). Pollination and Pollen- pistil Interaction in Oil Palm, *Elaeis guineensis*, *Annals of Botany* 87: 831-838. Disponible en línea en: [file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_africana\\_y\\_del\\_hbrido\\_interespecfico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecfico%20(1).pdf)

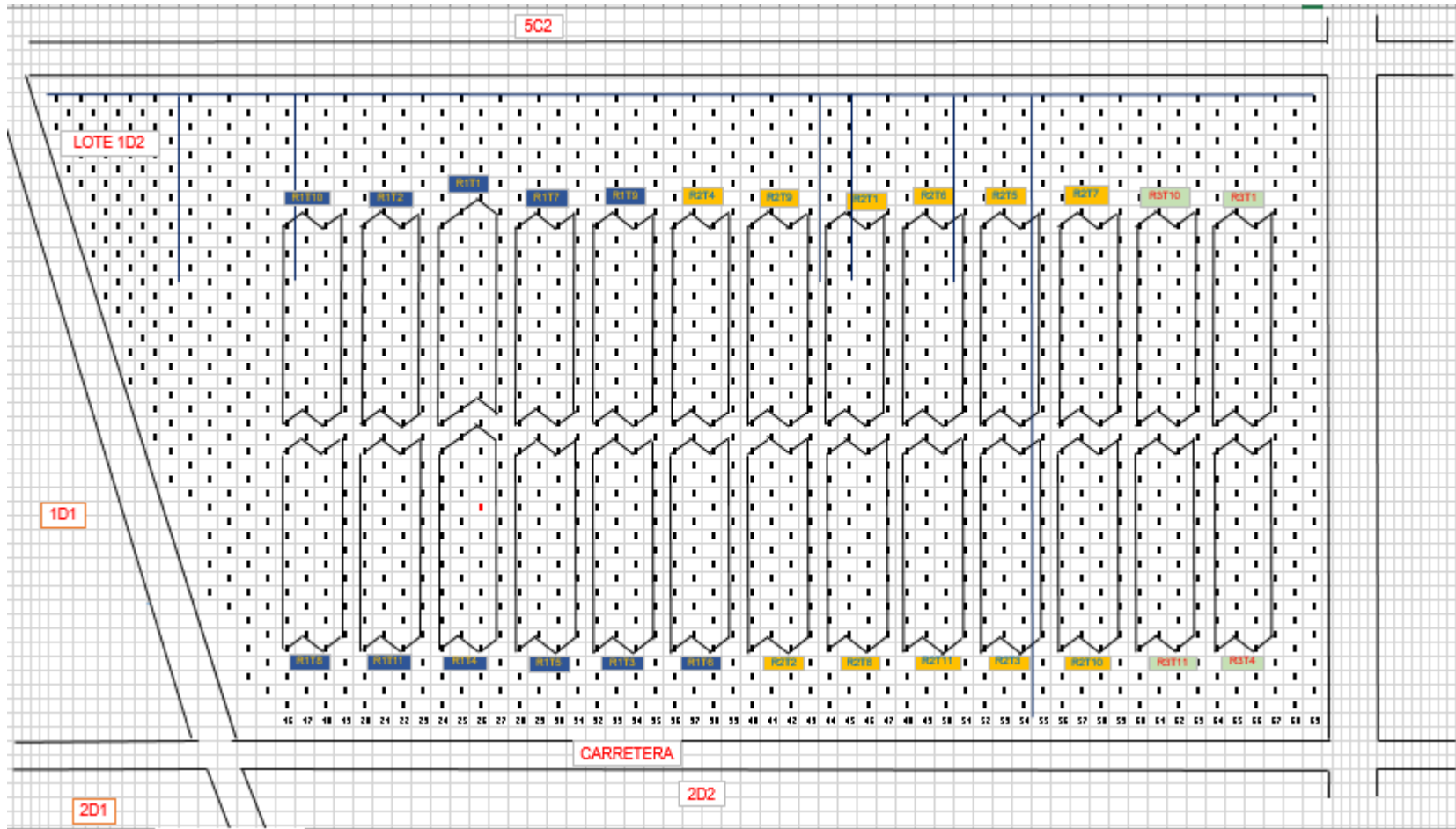
Turner, P.D; Gillbanks, R.A. (2003). Oil Palm cultivation and management. The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur (Malaysia). 915 p. Disponible en línea en: [file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_africana\\_y\\_del\\_hbrido\\_interespecfico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecfico%20(1).pdf)

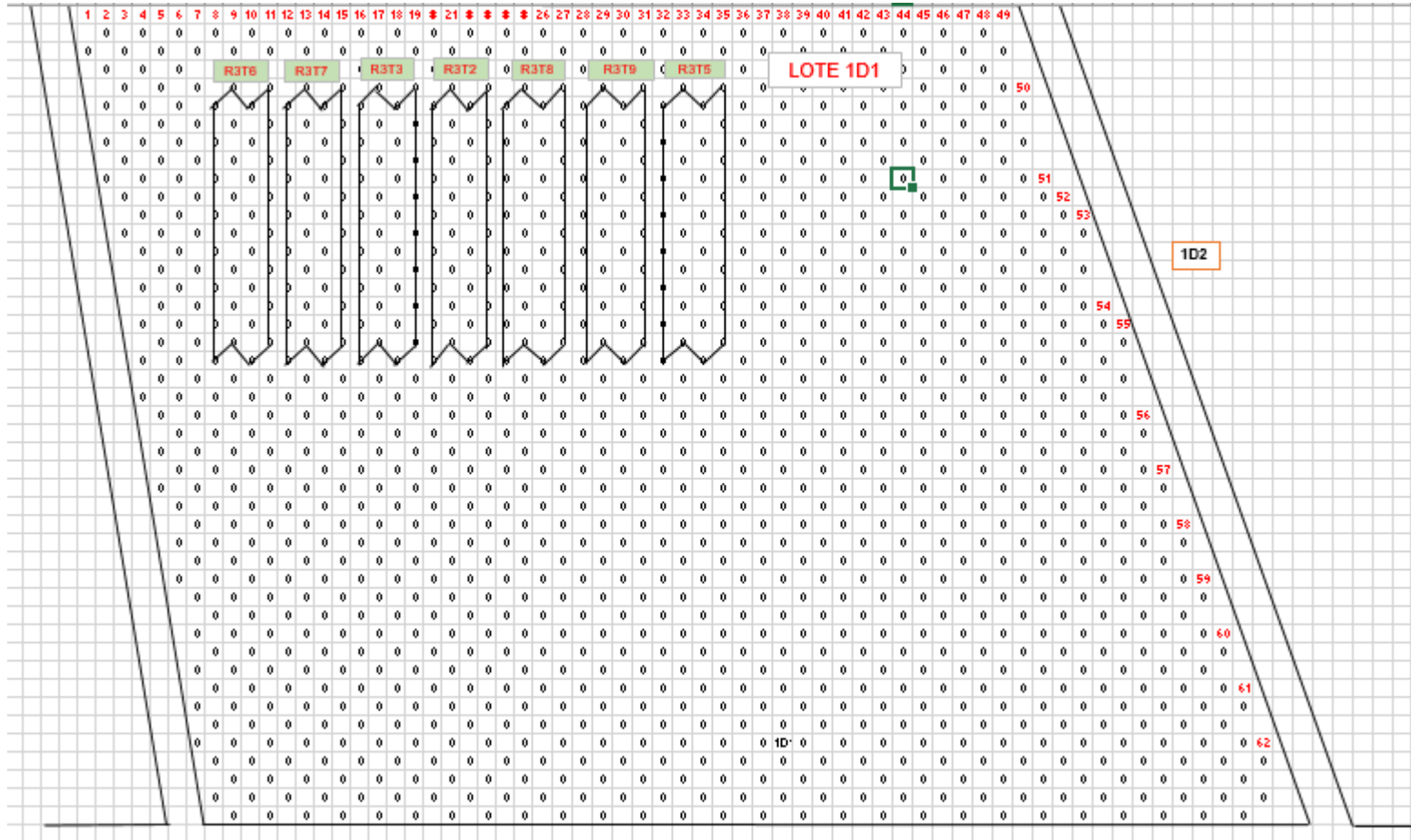
Van Heel, W.; Breure Cornelius, J.; Menendez, T. (1987). The early development of inflorescences and flowers of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seen through the scanning electron, microscope. *Blumea* 32(1). Disponible en línea en: [file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_africana\\_y\\_del\\_hbrido\\_interespecfico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Montrerey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/fenologa_de_la_palma_de_aceite_africana_y_del_hbrido_interespecfico%20(1).pdf)

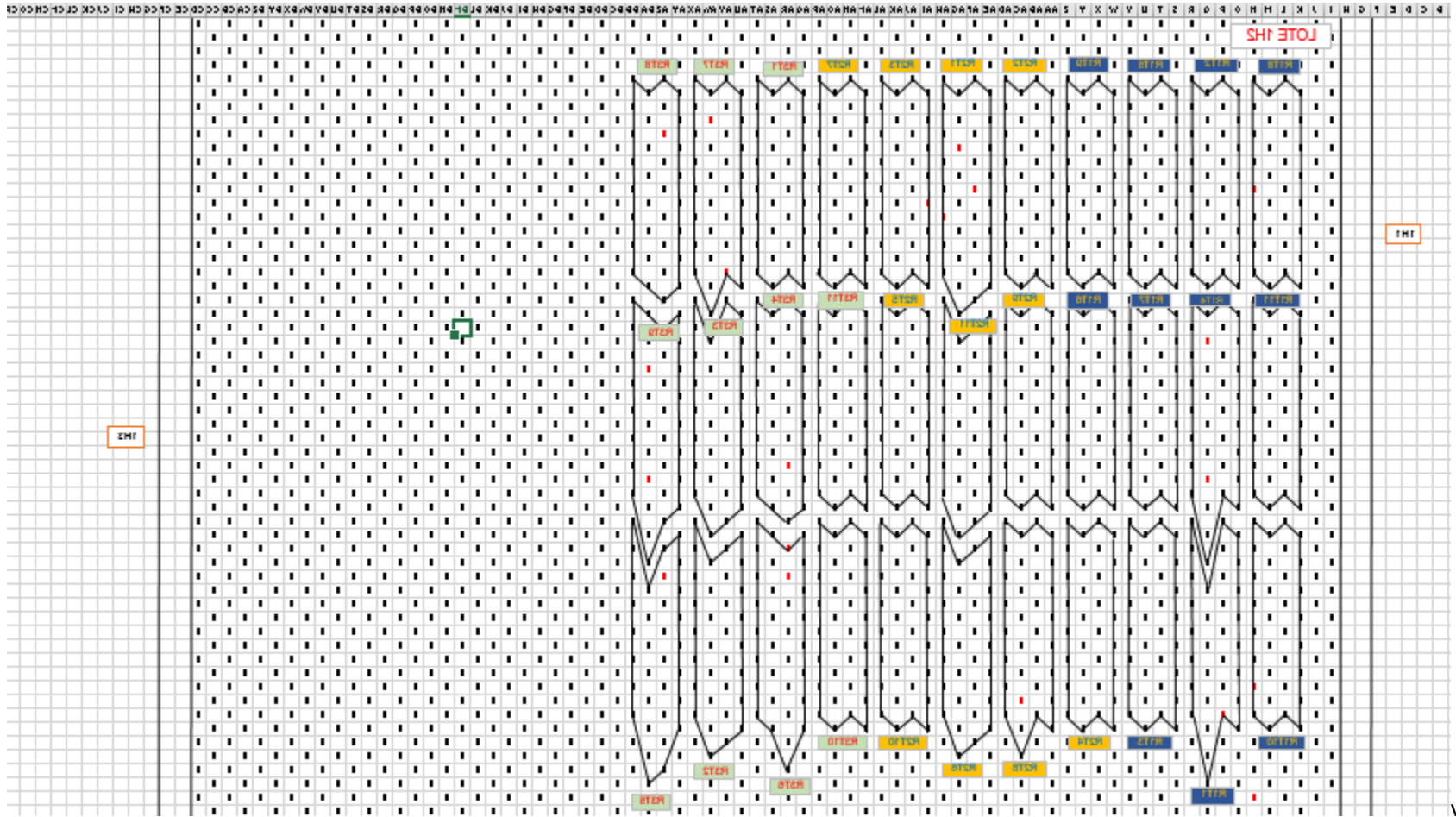
- Von uexkull, H. R., & Fairhurst, T. H. (1999). Some nutritional disorders in oil palm. Better Crops International (Canadá) v.13 no.1, 16-21. Disponible en linea en: <file:///C:/Users/COMPUMAX/Videos/Trabajo%20de%20grado%20Palmas%20Mont%20errey%20S.A/Bibliografias%20de%20fenologia%20de%20la%20palma%20%20e%20hibrido/888-888-1-PB.pdf>
- Williams, C. N. (1975). Oil palms (*Elaeis* spp.). The agronomy of the major tropical crops, 168-184.

# **Anexos**

### Anexo 1 Diseño del Establecimiento de la Unidades experimentales







v



## Anexo 2 Calificación análisis de suelo y foliar

TABLA DE DATOS ANÁLISIS DE SUELOS								
<b>Finca/Plantación : MONTERREY</b>						<b>Fecha de Muestreo: 13-jul-16</b>		
<b>Municipio/Departamento : Puerto Wilches/Santander</b>						<b>Fecha de Registro : 20-sep-16</b>		
<b>Informe No. 13383</b>								
<b>Fecha de Entrega : 12-oct-16</b>								
Código	Identificación	Material de Siembra	cual se tomó	Textura	Cal	Arena	Cal	Limo
					%	%	%	%
S16-3598	LOTE 1D2 R1 PLATO	HIBRIDO UNIPALMA	30 CM	F-An	68,78	68,78	ALTA	20
S16-3599	1 CALLE BARRERA	HIBRIDO UNIPALMA	30 CM	F-An	70,5	68,78	ALTA	18
S16-3600	LOTE 1D2 R2 PLATO	HIBRIDO UNIPALMA	30 CM	F-An	68,78	68,78	ALTA	21
S16-3601	R2 CALLE BARRERA	HIBRIDO UNIPALMA	30 CM	F-An	68,78	68,78	ALTA	21
S16-3602	LOTE 1D1 R3 PLATO	HIBRIDO UNIPALMA	30 CM	F-An	58,78	58,78	ALTA	28
S16-3603	R3 CALLE BARRERA	HIBRIDO UNIPALMA	30 CM	F-An	65,78	65,78	ALTA	22
S16-3604	LOTE 1H2 R1 PLATO	OXG	30 CM	F-An	59,78	59,78	ALTA	27
S16-3605	R1 CALLE BARRERA	OXG	30 CM	F-An	61,5	61,5	ALTA	25
S16-3606	LOTE 1H2 R2 PLATO	OXG	30 CM	F-An	55,78	55,78	ALTA	29
S16-3607	R2 CALLE BARRERA	OXG	30 CM	F-An	56,78	56,78	ALTA	28
S16-3608	LOTE 1H2 R3 PLATO	OXG	30 CM	F-An	55,5	55,5	ALTA	29
S16-3609	CALLE BARRERA	OXG	30 CM	F-An	58,78	58,78	ALTA	25
Arcilla			pH		Carbono Orgánico		Materia Orgánica	
Cal	%	Cal		Cal	%	Cal	%	Cal
BAJO	11,22	BAJO	4,902	MEDIO	2,143		3,695	MEDIO
BAJO	11,5	BAJO	5,246	MEDIO	2,453		4,229	ALTO
BAJO	10,22	BAJO	4,863	MEDIO	2,368		4,082	ALTO
BAJO	10,22	BAJO	5,162	MEDIO	2,786		4,803	ALTO
BAJO	13,22	BAJO	4,509	MEDIO	2,499		4,309	ALTO
BAJO	12,22	BAJO	4,753	MEDIO	2,639		4,549	ALTO
BAJO	13,22	BAJO	4,191	BAJO	1,594		2,748	MEDIO
BAJO	13,5	BAJO	4,212	BAJO	1,788		3,082	MEDIO
BAJO	15,22	BAJO	4,149	BAJO	2,167		3,735	MEDIO
BAJO	15,22	BAJO	4,29	BAJO	1,478		2,548	MEDIO
BAJO	15,5	BAJO	4,389	BAJO	1,64		2,828	MEDIO
BAJO	16,22	BAJO	4,223	BAJO	1,772		3,055	MEDIO

Fósforo		Azufre		Acidez intercambia ble		Aluminio intercambia ble		Calcio		Magnesio
mg/kg	Cal	mg/kg	Cal	cmol(+)/kg	Cal	cmol(+)/kg	Cal	cmol(+)/kg	Cal	cmol(+)/kg
90,72	ALTO	22,977	ALTO	0,693		0,569		1,35		0,6
176,18	ALTO	17,829	ALTO	0,219		0,128		2,3		1,86
122,25	ALTO	20,831	ALTO	0,792		0,558		1,48		0,73
146,11	ALTO	15,149	ALTO	0,503		0,227		1,83		1,1
86,18	ALTO	32,781	ALTO	1,747		1,434		1,01		0,55
94,08	ALTO	17,433	ALTO	1,139		0,922		1,64		0,9
49,16	ALTO	29,726	ALTO	1,359		1,065		0,78		0,62
18,31	MEDIO	13,204	MEDIO	1,555		1,261		0,84		0,38
35,18	ALTO	45,291	ALTO	1,331		1,019		0,98		0,82
8,02	BAJO	14,536	MEDIO	1,657		1,407		0,94		0,42
26,5	ALTO	34,598	ALTO	1,485		1,262		1,01		0,69
6,72	BAJO	17,452	ALTO	1,809		1,625		0,82		0,31
	Potasio		Sodio		Capacidad Intercambio Catiónico		Conductivid ad eléctrica		Boro	
Cal	cmol(+)/kg	Cal	cmol(+)/kg	Cal	cmol(+)/kg	Cal	dS/m	Cal	mg/kg	Cal
	0,5	ALTO	0,02		6,516	BAJO	0,223	BAJO	0,19	BAJO
	0,67	ALTO	0,02		9,309	BAJO	0,341	BAJO	0,72	ALTO
	0,5	ALTO	0,02		7,37	BAJO	0,262	BAJO	0,59	ALTO
	0,8	ALTO	0,02		8,572	BAJO	0,146	BAJO	0,49	MEDIO
	0,55	ALTO	0,02		8,805	BAJO	0,251	BAJO	0,51	ALTO
	0,88	ALTO	0,02		9,658	BAJO	0,178	BAJO	0,75	ALTO
	0,48	ALTO	0,03		5,392	BAJO	0,27	BAJO	0,51	ALTO
	0,1	BAJO	0,03		6,439	BAJO	0,104	BAJO	0,51	ALTO
	0,8	ALTO	0,05		6,322	BAJO	0,481	BAJO	0,45	MEDIO
	0,14	BAJO	0,03		6,051	BAJO	0,132	BAJO	0,83	ALTO
	0,57	ALTO	0,06		6,478	BAJO	0,258	BAJO	0,52	ALTO
	0,08	BAJO	0,06		6,206	BAJO	0,138	BAJO	0,7	ALTO

Hierro		Cobre		Manganeso		Zinc	CÁLCULOS SECUNDARIOS			
mg/kg	Cal	mg/kg	Cal	mg/kg	Cal	mg/kg	Cal	CICE	Cal	Suma Bases
50,56	ALTO	0,09	BAJO	2,42	BAJO	7,46	ALTO	3,039		2,47
62,3	ALTO	0,2	BAJO	4,88	BAJO	2,06	ALTO	4,978		4,85
50,16	ALTO	0,12	BAJO	3,87	BAJO	4,3	ALTO	3,288		2,73
54,24	ALTO	0,13	BAJO	3,68	BAJO	1,38	MEDIO	3,977		3,75
55,3	ALTO	0,09	BAJO	2,17	BAJO	12,34	ALTO	3,564		2,13
63,91	ALTO	0,14	BAJO	3,87	BAJO	1,99	MEDIO	4,362		3,44
120,16	ALTO	0,06	BAJO	1,61	BAJO	3,53	ALTO	2,975		1,91
144,36	ALTO	0,1	BAJO	1,69	BAJO	0,68	BAJO	2,611		1,35
101,96	ALTO	0,08	BAJO	2,18	BAJO	4,34	ALTO	3,669		2,65
173,08	ALTO	0,09	BAJO	2,17	BAJO	0,76	BAJO	2,937		1,53
120,73	ALTO	0,05	BAJO	2	BAJO	6,01	ALTO	3,592		2,33
136,49	ALTO	0,1	BAJO	2,15	BAJO	0,73	BAJO	2,895		1,27

Cal	Sat de Bases	Cal	Sat K	Cal	Sat Ca	Cal	Sat Mg	Cal	Sat Na	Cal
	81,277		16,453	ALTO	44,423	ALTO	19,743	MEDIO	0,658	BAJO
	97,427		13,459	ALTO	46,203	ALTO	37,364	ALTO	0,402	BAJO
	83,029		15,207	ALTO	45,012	ALTO	22,202	ALTO	0,608	BAJO
	94,295		20,116	ALTO	46,016	ALTO	27,66	ALTO	0,503	BAJO
	59,758		15,43	ALTO	28,336	MEDIO	15,43	MEDIO	0,561	BAJO
	78,861		20,174	ALTO	37,597	MEDIO	20,632	ALTO	0,458	BAJO
	64,206		16,136	ALTO	26,22	MEDIO	20,842	ALTO	1,008	BAJO
	51,713		3,831	MEDIO	32,177	MEDIO	14,556	MEDIO	1,149	BAJO
	72,225		21,804	ALTO	26,71	MEDIO	22,349	ALTO	1,363	BAJO
	52,095		4,767	MEDIO	32,006	MEDIO	14,301	MEDIO	1,021	BAJO
	64,859		15,867	ALTO	28,115	MEDIO	19,207	MEDIO	1,67	BAJO
	43,874		2,764	BAJO	28,328	MEDIO	10,709	MEDIO	2,073	BAJO

Sat Al	Cal	Ca:Mg	Cal	K:Mg	Cal	(Ca+Mg)/K	Cal
18,723	BAJO	2,25		0,833		3,9	
2,573	BAJO	1,237		0,36		6,209	
16,971	BAJO	2,027		0,685		4,42	
5,705	BAJO	1,664		0,727		3,663	
40,242	MEDIO	1,836		1		2,836	
21,139	BAJO	1,822		0,978		2,886	
35,794	MEDIO	1,258		0,774		2,917	
48,287	MEDIO	2,211		0,263		12,2	
27,775	MEDIO	1,195		0,976		2,25	
47,905	MEDIO	2,238		0,333		9,714	
35,141	MEDIO	1,464		0,826		2,982	
56,126	ALTO	2,645		0,258		14,125	

**Anexo 3 Variables de crecimiento lote 01d02.**

REPETICIÓN 1	PSH-17 (kg)	PSD (kg)	AFH-17(m2)
T8	2,21	92,57	5,82
T10	2,16	91,74	6,14
T11	2,20	90,90	5,75
T2	2,25	91,52	6,29
T4	2,37	93,25	6,25
T1	2,25	95,91	7,06
T5	2,44	103,30	8,25
T7	2,44	103,21	7,43
T3	2,10	87,89	6,32
T9	1,95	84,46	5,96
T6	2,34	100,90	7,36
REPETICIÓN 2			
T4	2,24	99,13	6,8
T2	2,33	98,00	7
T9	2,55	105,55	7,93
T8	2,57	111,57	7,27
T1	2,66	113,86	7,82
T11	2,51	104,58	7,51
T6	2,41	100,82	7,54
T3	2,24	94,39	7,69
T5	2,32	94,93	7,85
T10	2,76	114,86	8,41
T7	2,41	96,26	8,95
REPETICIÓN 3			
T11	2,50	100,44	7,39
T10	2,61	108,77	7,71
T4	2,24	93,98	7,39
T1	2,30	96,12	7,41
T6	2,04	77,80	6,33
T7	1,87	77,90	6,07
T3	2,12	83,29	6,61
T2	2,30	91,48	7,11
T8	1,87	68,55	6,2
T9	2,03	79,09	6,51
T5	1,89	72,41	6,36

**Anexo 4 Variables de crecimiento lote 01h02.**

REPETICIÓN 1	PSH-17 (kg)	PSD (kg)	AFH-17(m2)
T8	2,38	90,13	7,19
T10	2,33	85,80	7,38
T11	2,52	92,23	8
T2	2,39	95,83	7,36
T4	2,32	89,95	7,59
T1	2,40	93,93	8,26
T5	2,40	89,51	7,82
T7	2,58	100,72	8,07
T3	2,50	95,13	8,26
T9	2,35	94,38	6,81
T6	2,43	95,63	7,34
REPETICIÓN 2			
T4	2,32	85,51	7,36
T2	2,54	101,46	9,6
T9	2,29	91,22	8,51
T8	2,56	99,66	8,07
T1	2,39	92,37	7,89
T11	2,41	94,11	9,5
T6	2,66	104,37	8,21
T3	2,31	92,80	7,34
T5	2,52	98,85	4,46
T10	2,48	97,23	7,98
T7	2,60	153,13	8,48
REPETICIÓN 3			
T11	2,50	94,83	7,92
T10	2,65	103,77	9,37
T4	2,44	95,47	8,03
T1	2,49	94,20	8,21
T6	2,47	94,07	7,86
T7	2,47	99,73	7,48
T3	2,51	101,57	8,19
T2	2,54	100,84	7,94
T8	2,36	96,66	8,65
T9	2,57	99,30	8,19
T5	2,26	90,04	7,29

### Anexo 5 kilogramos cosechados

		Lote 01h02	Lote 01d02
Repeticion 1	Tratamientos	Kilogramos	Kilogramos
	8	150	706,30
	11	75	696,30
	10	155	682,40
	2	224	629,90
	4	43	685,90
	1	72	493,00
	5	116	600,00
	7	148	479,80
	3	59	369,40
	9	204	498,90
	6	139	454,50
repeticion 2	4	282	389,30
	2	114	403,10
	9	132	425,60
	8	245	650,90
	1	314	523,30
	11	393	524,30
	6	363	424,80
	3	378	394,50
	5	219	558,90
	10	274	622,70
	7	326	532,20
repeticion 3	11	239	539,40
	10	326	713,90
	1	284	703,40
	4	244	580,60
	6	352	602,70
	7	208	720,50
	3	349	522,40
	2	205	782,20
	8	133	468,30
	9	169	423,80
	5	247	434,20

### Anexo 6 Número de racimos cosechados

	Tratamientos	Lote 01d02	Lote 01h02
	T8	66	13
Repeticion 1	T11	70	9
	T10	70	14
	T2	63	23
	T4	61	3
	T1	52	6
	T5	64	10
	T7	54	13
	T3	54	8
	T9	66	21
	T6	54	11
Repeticion 2	T4	45	26
	T2	48	11
	T9	52	12
	T8	72	22
	T1	63	26
	T11	66	31
	T6	48	32
	T3	50	29
	T5	67	19
	T10	74	24
	T7	65	30
Repeticion 3	T11	58	25
	T10	77	29
	T1	90	26
	T4	84	23
	T6	70	36
	T7	82	16
	T3	64	34
	T2	85	16
	T8	59	14
	T9	51	20
	T5	52	25