

Evaluación del Efecto de Diferentes Dosis de Fertilizante Nitrogenado y Potásico Sobre el Rendimiento en el Cultivar Híbrido de Palma de Aceite (*Elaeis guineensis* jacq x *E. oleífera* cortes) Bajo las Condiciones del Municipio de Puerto Wilches, Santander

Angie Mariela Rangel Puertas

Junio del 2020

Universidad de Pamplona
Facultad Ciencias Agrarias
Departamento de Agronomía
Ingeniería Agronómica
Pamplona, Norte de Santander

2020

Evaluación del Efecto de Diferentes Dosis de Fertilizante Nitrogenado y Potásico Sobre el Rendimiento en el Cultivar Híbrido de Palma de Aceite (*E. guineensis* x *E. oleifera*) Bajo las Condiciones del Municipio de Puerto Wilches, Santander

Angie Mariela Rangel Puertas

Cód. 1.116.552.115

Trabajo de grado, modalidad práctica empresarial, presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Tutor Académico

Gustavo A. García

Ingeniero Agrónomo

Tutor Externo

Néstor Fernando Pulido Álvarez

Agrónomo

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Agrarias

Departamento de Agronomía

Ingeniería Agronómica

Pamplona Norte de Santander

2020

Dedicatoria

A Dios porque sin él no soy nada, porque poco a poco ha hecho su propósito en mí, porque siempre está caminando de mi lado, cuidándome en cada traspie, iluminándome y derramando sobre mí su misericordia.

A mis padres Rosmira Puertas y Gustavo Emilio Rangel que son la fuerza que me motiva a seguir adelante y ser mejor, este logro es por y para ustedes.

Mi corazón lleno de alegría y amor les dedica y reconoce todo el esfuerzo y sacrificio hecho para que este sueño que no es solo mío, sino también de ustedes se haya materializado.

Ustedes se merecen esto y mucho más porque a pesar de mis quiebres siempre han confiado en mis capacidades incluso cuando hasta yo misma dudo de ellas, papitos por ustedes soy lo que soy ahora.

A mis amadas hermanitas y compañeras de vida porque son quienes inspiran mi trasegar, por ser mi apoyo.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a todos ustedes este logro.

Con amor.

Angie M. Rangel

Agradecimientos

Este trabajo no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas que me han brindado su ayuda, sus conocimientos y su apoyo. Quiero agradecerles a todos ellos cuanto han hecho por mí, para que este trabajo saliera adelante de la mejor manera.

Es por ello que quedo muy agradecida con mis dos directores de tesis el Ing. Agrónomo Gustavo Adolfo García por sus comentarios, directrices, sugerencias y las correcciones con las que he podido elaborar este trabajo. Y al agrónomo Néstor Fernando Pulido a quien le agradezco sinceramente la confianza y todo el apoyo, consejos y ayuda.

A la universidad de Pamplona por medio de la facultad de ciencias agrarias, puesto que debido a la formación brindada por los diferentes docentes pude desarrollar mi trabajo de grado.

Extiendo mi agradecimiento a la empresa Palmas Monterrey por permitirme realizar mi trabajo en sus instalaciones, gracias porque por medio de este convenio conocí a grandes personas y no puedo dejar de mencionar a Enerilson Torrecilla (Q.E.P.D) a quien le debo mucho de lo aprendido en esta plantación.

También agradezco a todos mis amigos que estuvieron conmigo brindándome ese apoyo y acompañando en aquellos días y noches de estudio a lo largo de la carrera, especialmente a Geraldine Martínez y Gustavo Filete por ser mis sinceros amigos, por ser mis confidentes, porque sin mucho esfuerzo se ganaron mi corazón y cariño, gracias.

Gracias a todos aquellos que no creyeron en mí, porque fueron ustedes quienes me motivaron a no rendirme, y por supuesto gracias infinitas a los que creyeron en mí, espero no haberles defraudado.

Por último pero no menos importante muchas gracias a M.A.M.G porque fue mi apoyo por mucho tiempo, porque por él en varias ocasiones fue que pude seguir construyendo mi sueño, porque hizo un aporte importante en la materialización de este proyecto y mi proyecto de vida.

Infinitas gracias a todos.

Contenido

Introducción	1
1. Problema	2
1.1 Planteamiento del problema	2
2. Justificación	3
3. Objetivos.....	4
3.1 Objetivo general	4
3.2 Objetivos específicos	4
4. Marco de referencia.....	5
4.1 Marco contextual.....	5
5. Marco teórico	7
5.1 Taxonomía y morfología	7
5.1.1 Sistema radicular	8
5.1.2 Tallo:	9
5.1.3 Hojas:	9
5.1.4 Inflorescencias:	11
5.1.5 Fruto.....	12
5.2. Requerimientos edafoclimáticos	13
5.2.1. Requerimientos climáticos	13
5.2.2. Requerimientos edáficos	14
5.3 Labores culturales en el cultivo de la palma aceitera.	14
5.4 Origen del sector palmicultor.....	16
5.5 Origen de La palma de aceite en Santander	19
6. Marco legal	21
7. Metodología	23

7.1 Variables de estudio	26
7.1.1 Rendimientos de RFF	26
7.1.2 Concentración foliar de N-K.....	27
8. Resultados y discusión	28
8.1 Determinación del tratamiento que mayor rendimiento presentó en el cultivar híbrido de palma de aceite OxG bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander	28
8.2 Comparación del efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de nitrógeno (N) en el material híbrido Coari x Lame de palma de aceite (<i>E. guineensis</i> x oleífera) en el lote 1H2 bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander	30
8.3 Comparación del efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de potasio (K) en el material híbrido Coari x Lame de palma de aceite (<i>E. guineensis</i> x oleífera) en el lote 1H2 bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander	32
8.4 Comparación del efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de nitrógeno (N) en el material híbrido Coari x Lame de palma de aceite (<i>E. guineensis</i> x oleífera) en el lote 1D2 bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander	34
8.5 Comparación del efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de potasio (K) en el material híbrido Coari x Lame de palma de aceite (<i>E. guineensis</i> x oleífera) en el lote 1D2 bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander	34
8.6 Evaluación del efecto de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado y potásico sobre el rendimiento en el cultivar híbrido de palma de aceite (<i>e. guineensis</i> x <i>e. oleífera</i> cortes) bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander.....	36
9. Conclusiones.....	38
10. Recomendaciones.....	39

11. Referencias bibliográficas	40
--------------------------------------	----

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES EN DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.....	5
<i>Figura 2.</i> UBICACIÓN ESPACIAL DE PALMAS MONTERREY Y LAS DOS PARCELAS EXPERIMENTALES.....	6
<i>Figura 3.</i> SISTEMA RADICULAR DE LA PALMA DE ACEITE	8
<i>Figura 4.</i> FORMA DE LAS HOJAS EN PALMA DE ACEITE	10
<i>Figura 5.</i> FILOTAXIA DE LA PALMA DE ACEITE.....	10
<i>Figura 6.</i> INFLORESCENCIA FEMENINA EN ANTESIS DE HIBRIDO INTERESPECÍFICO OXG	11
<i>Figura 7.</i> FRUTOS CARACTERÍSTICOS DEL CULTIVAR HIBRIDO E. guineensis x E. oleifera.....	12
<i>Figura 8.</i> DETALLE DE LOS TRATAMIENTOS Y REPETICIONES QUE SE EVALUARON EN EL LOTE 1D2.	25
<i>Figura 9.</i> DETALLE DE LOS TRATAMIENTOS Y REPETICIONES QUE SE EVALUARÁN EN EL LOTE 1H2	25
<i>Figura 10</i> FLUCTUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACION DEL ELEMENTO (N) EN LA HOJA 17 EN EL LOTE 1H2.....	32
<i>Figura 11.</i> FLUCTUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACION DEL ELEMENTO (K) EN LA HOJA 17 EN EL LOTE 1H2.....	32
<i>Figura 12.</i> FLUCTUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACION DEL ELEMENTO N EN LA HOJA 17 EN EL LOTE 1D2	34
<i>Figura 13.</i> FLUCTUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACION DEL ELEMENTO K EN LA HOJA 17 EN EL LOTE 1D2	35

<i>Figura 14.</i> COMPORTAMIENTO DE LA CURVA DE RENDIMIENTO DE FRUTO FRESCO (RFF) EN EL LOTE	36
<i>Figura 15.</i> COMPARACIÓN DE RFF ENTRE LOTES Y TRATAMIENTOS	36

Lista de Tablas

<i>Tabla 1.</i> UBICACIÓN GEOGRÁFICA FINCA MONTERREY S.A	6
<i>Tabla 2.</i> CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	7
<i>Tabla 3.</i> RENDIMIENTO EN KG/HA DE LOS PRINCIPALES ACEITES AGRÍCOLAS 18	
<i>Tabla 4.</i> COMBINACIONES DE TRATAMIENTOS A EVALUAR	24
<i>Tabla 5.</i> PRODUCCIÓN EN KILOGRAMOS EN EL LOTE 1D2 DURANTE UN PERIODO DE TRES AÑOS CONSECUTIVOS.....	28
<i>Tabla 6.</i> PRODUCCIÓN EN KILOGRAMOS EN EL LOTE 1H2 DURANTE UN PERIODO DE TRES AÑOS CONSECUTIVOS.....	29

Introducción

Según, (Coapalma Ecara, 2009) la palma aceitera es una planta tropical adaptada a climas cálidos por debajo de los 500 m.s.n.m., la cual es originaria del occidente de África puntualmente del Golfo de Guinea, siendo un cultivo de clase perenne y que cuenta con una vida productiva cercana a los 25 años.

De esta planta se obtienen dos tipos de aceites, uno en el mesocarpio y otro en el endocarpio, del primero se extrae mayor cantidad de aceite de modo que según (Oil World Annual, 2009) presenta un rendimiento equivalente al 20% del peso total del racimo, a su vez el aceite de almendra equivale al 4% de rendimiento.

El aceite de palma es considerado como base en la canasta familiar, ya que según el (Dane, 2016) este se ubica en el puesto 21 de los 181 productos que hacen parte de la canasta básica.

El aceite rojo o del mesocarpio está conformado aproximadamente por un 48% de ácidos grasos insaturados y 52% de ácidos grasos saturados. Para el consumo humano este aceite se somete a un proceso de extracción y refinación de alta calidad, de manera que se tiene como resultado un aceite con alto contenido de ácidos grasos insaturados aptos para la salud, orientados a su uso en la elaboración de aceites comestibles y margarinas, y la otra proporción resultante de la extracción, es el aceite industrial (ácidos grasos saturados o estearinas) destinados a la fabricación de cosméticos, detergentes, jabones, lubricantes, velas, etc. (Edem, 2001).

1. Problema

1.1 Planteamiento del problema

El cultivo de palma de aceite en Santander se siembra en los municipios de Barrancabermeja, Betulia, Bucaramanga, Cimitarra, El Carmen, Girón, Lebrija, Puerto Parra, Rionegro, San Vicente de Chucurí, Simacota, Sabana de Torres y Puerto Wilches, es así que el departamento cuenta con un área sembrada de alrededor de 85222 hectáreas de las cuales 74837 están en producción (Fedepalma 2019) de las que el municipio de Puerto Wilches aporta 43066 (Secretaria de agricultura y Desarrollo rural, gobernación de Santander), la empresa Palmas Monterrey para el año 2019 contaba con 2122 hectáreas en producción.

Es sabido que darle manejo a una extensión tan amplia implica asumir los costos que trae consigo cada labor; en el caso de la fertilización, esta representa entre un 25% y 40% de los costos variables de producción (Cenipalma, 2017) y si a esto se le adiciona que actualmente en la empresa la dosificación del fertilizante se viene calculando con los requerimientos de *E. guineensis* se puede inferir que el manejo que se ha venido dando no es el más acertado ya que no se está contemplando la hipótesis que el material híbrido (*E. guineensis* x *E. oleífera*) pueda presentar diferentes requerimientos y que por ende se pueda estar despilfarrando el fertilizante lo que podría significar un aumento en los costos variables y una disminución en la producción.

Adicional a esto en la zona no se cuentan estudios que concreten la dosis óptima de fertilizante que requiere el cultivar híbrido; ha llevado a que la presente investigación tenga como propósito determinar cuál es la dosis optima de aplicación de fertilizante N y K que contribuya con el desarrollo normal de la planta, mantenga producción y disminuya costos en el uso de fertilizantes.

2. Justificación

El municipio de Puerto Wilches luego de que la enfermedad conocida comúnmente como Pudrición de Cogollo (*Phytophthora* sp.) provocara la erradicación de más de 18 mil hectáreas, se optó por realizar siembras de renovación con materiales híbridos de palma de aceite que son producto del cruzamiento de la palma americana (*E. oleífera*) por la palma africana (*E. guineensis*) y son la alternativa actual contra la PC (Torres et al., 2004; Rivera, 2009; Peláez et al., 2010; Rivera et al., 2013). De estos materiales en la zona, poco o nada se conocía del manejo agronómico, teniendo en cuenta que esta zona siempre había estado bajo influencia de la especie *guineensis* por lo que los productores junto con FEDEPALMA han venido haciendo esfuerzos para lograr que la productividad esté por lo menos cerca de 25 Ton/Ha que es el rendimiento que se obtiene en el cultivar *guineensis*.

Algunos híbridos de palma de aceite conocidos como OxG además de la tolerancia a la pudrición de cogollo, producen un aceite catalogado 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 en zonas azotadas por la PC de América Tropical que pretendan recuperar la vocación, empleo y negocio de la agroindustria de la palma de aceite (Lopez, 2014)

Por su parte la empresa Palmas Monterrey S.A, decide a mediados del segundo semestre del año 2016 iniciar una investigación en la que se evaluaron diferentes dosis de fertilizante nitrogenado y potásico con el fin de esclarecer los requerimientos nutricionales del cultivar híbrido de 9 años para así determinar la participación de la fertilización en los costos de producción.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado y potásico sobre el rendimiento en el cultivar híbrido de palma de aceite (*E. guineensis* x *oleífera*) bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander

3.2 Objetivos específicos

1. Establecer con cuál de los tratamientos se obtiene mayor rendimiento en cultivar híbrido de palma de aceite OxG bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander
2. Comparar el efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de nitrógeno (N) y potásico (K)- en el material híbrido Coari x Lame de palma de aceite (*E. guineensis* x *oleífera*) en el lote 1H2 bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander
3. Contrastar el efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de nitrógeno (N)-y de potasio (K)-en el material híbrido Coari x Lame de palma de aceite (*E. guineensis* x *oleífera*) en el lote 1D2 bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander

4. Marco de referencia

4.1 Marco contextual

El ensayo se ejecutó en el municipio de Puerto Wilches, que está ubicado en el noroccidente del departamento de Santander (ver tabla 1) tiene una distancia desde Bucaramanga de aproximadamente 146 km.

En predios de la empresa Palmas Monterrey S.A, que se encuentra ubicada en el km 7 vía al pedral; para la investigación fueron escogidas específicamente las parcelas denominadas 1H2 y 1D2 (figura 2) que son lotes de variedades Coari X Lame cultivadas en el año 2010. La empresa cuenta con 2122 hectáreas en producción, y de allí es donde se provee fruto a la planta extractora con alrededor de 220 ton/día cuando hay pico de cosecha y con aproximadamente 90 Ton/día cuando se presenta escases.

Las labores realizadas en la empresa están enfocadas principalmente en la polinización asistida, cosecha, pre-vivero, vivero, fertilización, el plateo, la poda, control de malezas, lectura y posterior control de plagas.

Figura 1

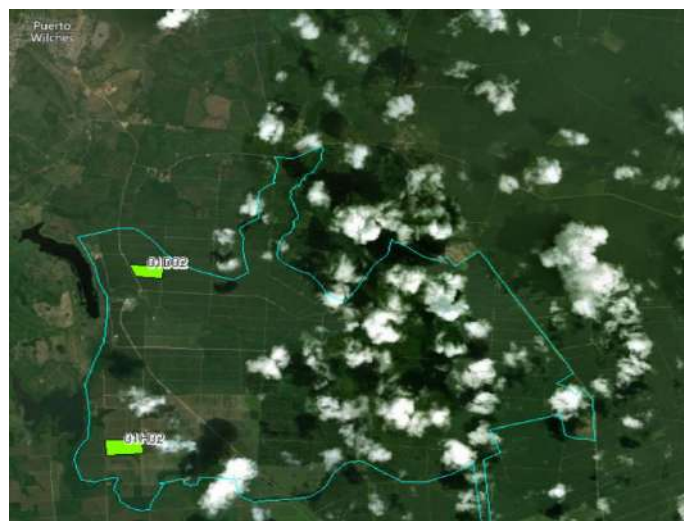
UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES EN DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER



Fuente: Esacademic (2010)

Figura 2.

UBICACIÓN ESPACIAL DE PALMAS MONTERREY Y LAS DOS PARCELAS EXPERIMENTALES



Fuente: Google earth (2020)

Tabla 1.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA FINCA MONTERREY S.A

Departamento	Santander
Municipio	Puerto Wilches
Altura	74 msnm
Latitud	7°17'52,634"
Longitud	73°53'4,253"
Área	3,088 has
Temperatura	34,6 °C

Fuente: Palmas Monterrey (2020)

5. Marco teórico

5.1 Taxonomía y morfología

Tabla 2.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Clasificación taxonómica de la palma de aceite	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Arecales
Familia:	<i>Arecaceae</i>
Subfamilia:	Coryphoideae
Género	<i>Elaeis</i>
Especie:	<i>E. guineensis x E. oleifera</i>

Fuente: Palmawebcindario (2019)

Planta monoica, posee un tronco solitario de 10 -15 (20) m. de altura y 30-60 cm. de diámetro con cicatrices de las hojas viejas. Sus hojas son pinnadas de 4-5 m. de longitud, conformada de 100-150 pares de folíolos de 50-100 cm. de longitud, se insertan en el raquis en varios planos, dándole a la hoja aspecto plumoso, de color verde en ambas caras. Su Pecíolo mide de 1-1,5 m. de longitud con los folíolos de la base convertidos en espinas y con fibras. Posee inflorescencia corta pero muy densa, de 10-30 cm. de longitud. Frutos ovoides, muy abundantes, en racimos con brácteas puntiagudas. Son de color rojizo y de hasta 4 cm. de diámetro. (Guoron, 2011)

Es Alógama, pues su polinización es cruzada y además es una planta perenne.

Detalladamente cada una de sus partes se describe a continuación:

5.1.1 Sistema radicular:

Figura 3.

SISTEMA RADICULAR DE LA PALMA DE ACEITE



(Fuente: Guoron, 2011)

Es de forma fasciculada, 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 50 cm en el suelo y variando su longitud desde 1m hasta más de 15m. En el género *Elaeis*, el sistema radicular se desarrolla a partir de una voluminosa meseta radicular que mide 80 cm de diámetro alrededor de la base del tallo en forma radial, en un ángulo de 45° respecto a la vertical, profundizando hasta 50 cm (Raygada, 2015).

5.1.2 Tallo:

Comunica las raíces con el penacho de hojas que lo coronan. Se desarrolla en tres o cuatro años, una vez que se ha producido la mayor parte del crecimiento horizontal del sistema radicular. El tallo o estípite de la palma africana se eleva poco a poco, a razón de 25-30 cm/ año, en la palma adulta solo persisten las bases peciolares que se encuentran cerca de la corona (Raygada, 2015).

5.1.3 Hojas:

“Una planta adulta tiene entre 30-49 hojas funcionales, mismas que pueden alcanzar entre 5 y 7 m de longitud” (Hormaza, Forero, Ruiz & Romero, 2010).

Las hojas van cambiando de forma después de la germinación; las primeras que se forman son lanceoladas, es decir, son angostas y elípticas, terminan en punta hacia ambos extremos y se denominan eófilos (Dransfield & Beentje, 1996). Después, se dividen solo a lo largo de la línea del raquis, cerca del ápice y se llaman bífidas (Dransfield & Uhl, 2008). Posteriormente, la hoja comienza a rasgarse en dos lugares: a lo largo de los pliegues y alrededor de los bordes exteriores, donde el desprendimiento de una tira marginal libera las puntas de los folíolos. La lámina foliar se desarrolla sobre el raquis como dos secciones secundarias al principio lisas. Luego, aparecen formando plegamientos como una serie de

dobleces en zigzag. En cada pliegue adaxial crece el tejido vascular, formándose la vena central de cada foliolo; los pliegues adaxiales se separan y, al madurar la hoja, el alargamiento del raquis separa los foliolos entre sí.

Figura 4.

FORMA DE LAS HOJAS EN PALMA DE ACEITE



Nota: a) hoja lanceolada b) hoja bífida c) rasgado de la hoja d) foliolos reduplicados e) hoja madura.

(Fuente: Cenipalma, 2012)

Por otro lado, la disposición de las hojas con respecto al eje se conoce como filotaxia dando lugar a la formación de grupos de espirales o parásticos (Anon, 1961; Henry, 1955). En la palma de aceite se pueden identificar dos grupos de espirales: el primero está conformado por ocho espirales, en donde, si se numeran las bases foliares en el orden de la formación de las hojas, se puede identificar que cada octava hoja se ve en la misma espiral; por lo tanto, las hojas numeradas como 1, 9, 17 estarán unas debajo de las otras.

Figura 5.

FILOTAXIA DE LA PALMA DE ACEITE



Nota: imagen a) filotaxia derecha, b) filotaxia izquierda

(Fuente: Forero, 2012)

5.1.4 Inflorescencias:

Son axilares, una por cada hoja, tienen secuencia acropétala (de arriba hacia abajo) la inflorescencia masculina se forma de un eje central del que salen ramillas o espigas llamadas dedos, los cuales tienen forma cilíndrica, encontrándose entre 500-1 500 flores estaminadas por inflorescencia (Corley & Tinker, 2009)

Figura 6.

INFLORESCENCIA FEMENINA EN ANTESIS DE HÍBRIDO INTERESPECÍFICO OXG



(Fuente: Autora, 2020)

5.1.5 Fruto:

Es una drupa sésil de forma variada pudiendo ser de casi esférica a ovoide o alargada, algo abultado en el ápice, de longitud variada con alrededor de 2-5 cm o más y un peso de 3-30 gramos o más. La parte externa tienen forma ovoide y los internos son angulares. Por lo general cada fruto tiene una semilla, pero del 5 % al 10 % de ellos encierran dos y del 1 % al 2 % llevan tres. Tanto la pulpa amarilla o anaranjada como las almendras de los frutos contienen alrededor de un 50 % de aceite, aunque de diferente clase (Homaza, Forero, Ruiz & Romero, 2010).

Figura 7.

FRUTOS CARACTERÍSTICOS DEL CULTIVAR HÍBRIDO *E. guineensis x E. oleifera*



(Fuente: Ayala, 2019)

5.2. Requerimientos edafoclimáticos

5.2.1. *Requerimientos climáticos*

- **Altitud:** El mejor desarrollo de la palma de aceite ocurre a bajas elevaciones, 0-500 msnm, aunque se han observado plantaciones hasta 1,500 msnm (Janick y Paull, 2008).
- **Radiación (Luz):** Requiere al menos 5 horas diarias de sol total durante todo el año y la radiación solar debe ser al menos 12 MJ m⁻² día⁻¹ (FAO, 2000; Janick y Paull, 2008).
- **Temperatura:** La temperatura máxima óptima para el desarrollo del cultivo es de 28 a 34o C y la temperatura mínima de 21 a 24o C. Si la temperatura baja a 15o C el crecimiento de la palma se reduce (Janick y Paull, 2008).
- **Precipitación (agua):** La palma de aceite puede desarrollarse en un rango de precipitación de 650 a 5000 mm (con suelos de buen drenaje), pero la cantidad ideal de precipitación es de 2000 a 2500 mm año⁻¹ distribuidos uniformemente y sin periodos de sequía (menos de 100 mm en el mes), si se

presenta un severo déficit de humedad (más de 200 mm al año) hay aborto de flores y tiende a predominar la floración masculina (Janick y Paull, 2008).

➤ **Humedad relativa:** Debe ser de 75 a 85% (FAO, 2000; Raygadas, 2005). En condiciones no limitantes de agua, la evapotranspiración del cultivo representa el 81% de la evapotranspiración potencial (Dufrene et al., 1993).

5.2.2. Requerimientos edáficos

➤ **Profundidad de suelo:** Se requieren suelos profundos, más de un metro de profundidad (Raygadas, 2005; Janick y Paull, 2008).

➤ **Textura:** La palma de aceite se adapta a una amplia gama de texturas de suelo, pero la óptima es la franco-arcillosa.

➤ **Las texturas:** arenosas o franco-arenosas presentan problemas de lixiviación de nutrientes y no permiten un anclaje fuerte de la planta; por otro lado, las texturas arcillosas tienen un drenaje pobre y se compactan fácilmente, características poco deseables para establecer la palma de aceite. (Janick y Paull, 2008; Raygadas, 2005).

➤ **Drenaje:** Esta especie requiere suelos con buen drenaje, aunque puede tolerar inundaciones temporales y fluctuaciones del manto freático (Raygadas, 2005; Janick y Paull, 2008).

➤ **pH:** Tolera suelos ligeramente ácidos y no prospera bien en suelos alcalinos; el rango de pH óptimo es de 4 a 6 (Janick y Paull, 2008).

5.3 Labores culturales en el cultivo de la palma aceitera.

- **Control de maleza:** Es aquella actividad en la que de forma mecánica y/o manual se eliminan las plantas no deseadas en el cultivo; estas plantas se caracterizan porque presentan un crecimiento rápido, además que producen numerosas semillas

- **Poda:** Hace referencia a la eliminación de hojas no funcionales de la palma de aceite, racimos podridos e inflorescencias secas, con esta lo que se busca es facilitar la visualización de racimos con maduración óptima. (Fedepalma, 2012)

- **Polinización asistida:** Consiste en aplicar polen de manera manual a la inflorescencia femenina para fecundarla en el momento oportuno, cuando ésta lo permite, es decir, cuando está en antesis.

Una vez realizada exitosamente la polinización se nota un cambio progresivo de coloración de los lóbulos del estigma, cambian de crema a café oscuro en un período de 24 horas. (Sanches et al., 2011)

- **Cosecha:** Es la operación más importante, delicada y costosa en el proceso de producción, tiene como meta principal obtener la máxima cantidad de aceite por hectárea, de la mejor calidad, a bajo costo, menor acidez y tratando de utilizar las practicas más beneficiosas y menos dañina para el complejo suelo-planta. La cosecha representa del 25 al 30 % de los costos de operación del cultivo, está muy relacionado con el control de calidad. La cosecha pretende cosechar todo racimo en optimo grado de madurez, enviar a la planta fruta con el mínimo grado de acidez posible (1,2 – 1,5 %), recolectar todos los racimos cosechados y la fruta suelta y mantener una relación estrecha fabrica-campo para programar corte y obtener aceites de calidad. (Technoserver 2009.)

- **Fertilización:** Es aquella labor en la que se le proporciona y/o repone los nutrientes que la planta necesita para su crecimiento y producción. La fertilización puede ser al suelo para que sea absorbida por las raíces o al follaje para que sea absorbida por las hojas. (Technoserver 2009.)

- **Nitrógeno:** Siendo un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, pocas veces se encuentra presente en cantidades suficientes en el suelo para satisfacer las

necesidades de los cultivos, por lo cuál debe ser adicionado como fertilizante o la fuente química en el caso de esta investigación es el sulfato de amonio, que según Velasco (2010) es un fertilizante químico que cubre las necesidades de nitrógeno de las plantas y que además facilita la absorción de otros nutrientes como el fósforo y potasio gracias al azufre de rápida asimilación que contiene

- **Potasio:** El potasio K cumple funciones trascendentes en la fisiología de las plantas. Actúa a nivel del proceso de la fotosíntesis, en la traslocación de fotosintatos, síntesis de proteínas, activación de enzimas claves para varias funciones bioquímicas, mejora la nodulación de las leguminosas, etc. Asimismo, una buena nutrición potásica aumenta la resistencia a condiciones adversas como sequías o presencia de enfermedades.

- La deficiencia de K no solo puede determinar pérdidas de rendimiento, sino también pueden afectar la calidad de los frutos cosechados. En términos generales, para la mayoría de las especies cultivadas, los síntomas de deficiencia se presentan como clorosis (y en casos severos de carencia, necrosis) en los márgenes y puntas de las hojas. Debido a la movilidad de este nutriente dentro de la planta, es común que los síntomas se evidencien sobre todo en las hojas más viejas. (Torres, 2016)

5.4 Origen del sector palmicultor

El origen de la palma de aceite se les atribuye a las costas del Golfo de Guinea (África occidental), de ahí que en 1763 Nicolaus Joseph von Jacquin asignara el nombre científico *Elaeis guineensis* Jacq, desde esta zona se ha ido propagando de forma natural por las orillas de los grandes ríos debido a las condiciones climáticas y la aptitud del suelo.

Hacia el siglo XVI, los colonizadores y comerciantes de esclavos portugueses facilitaron la introducción de la Palma de aceite a América, trayendo los frutos de la Palma

como fracción de la dieta alimenticia en sus desplazamientos trasatlánticos, ingresando la Palma de Aceite por detrás de la línea costera por la región de San Salvador (antigua capital del Brasil).

En Asia se introdujo la Palma de aceite en el año 1948 por la zona de Java, luego dio origen al sistema de plantaciones, particularmente en Indonesia y Malasia; entre 1961 y 1977 Malasia sembró más de 700 mil hectáreas y pasó a ser el principal exportador del mundo en el año 1966.

En Colombia, en 1932 el Señor Florentino Claes transfirió lo que en su momento fueron las primeras Palmas africanas, pero con fines ornamentales para algunos pueblos y lugares específicos de la Región Amazónica y en la Estación Agrícola de Palmira, en el Valle del Cauca. Observando que además del atractivo que tenía esta planta, su fruto era comestible, por tal motivo la empresa multinacional “United Fruit Company” reconocida por la producción y comercialización de frutas tropicales se interesó en la siembra, producción y comercialización de la Palma de Aceite hacia mediados del año 1945, empezando en la zona bananera del Departamento del Magdalena.

Según (Mujica, 2010) el detonante principal para que Colombia se decidiera empezar a sembrar y producir Palma de Aceite fue por su alto rendimiento en unidad de superficie, como se muestra en la tabla 3, además que en la Palma de Aceite se halló una amplia variedad de productos generados por la planta y sus partes, los cuales se utilizaron en la alimentación como por ejemplo la producción de margarina, manteca, aceite de mesa y de cocina; en la industria se produjo jabones. El aceite de pulpa se usa en la fabricación de acero inoxidable, concentrados minerales, aditivos para lubricantes, crema para zapatos, tinta de imprenta, velas. Se usa también en la industria textil y de cuero, en la laminación de acero y aluminio, en la trefilación de metales y en la producción de ácidos grasos y vitamina A y

ahora la gran innovación para la producción del biodiesel. Este combustible puede utilizarse en motores de combustión de diesel, alimentación de vehículos destinados a trabajar con biodiesel, proveer calefacción a los hogares en calderas que funcionan con este biocombustible, alimentador de generadores de electricidad y utilización en todos los automóviles modernos de motor diesel.

Tabla 3.

RENDIMIENTO EN KG/HA DE LOS PRINCIPALES ACEITES AGRÍCOLAS

Cultivo	Kg/ha
Palma Africana (<i>Elaeis guineensis</i>)	3.583
Algodón (<i>Gossypium barbadense</i>)	2.305
Soya (<i>Glycine max</i>)	1.914
Ajonjolí (<i>Sesamum indicum</i>)	862

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretarías de Agricultura Departamentales. Umata- Fedepalma(S.f)

La expansión del cultivo en Colombia ha mantenido un crecimiento sostenido. A mediados de la década de 1960 existían 18000 hectáreas en producción y hoy existen más de 270000 hectáreas en 73 municipios del país distribuidos en cuatro zonas productivas:

En la zona norte se encuentran los departamentos del Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, Guajira; esta zona es catalogada como bosque seco tropical con alta fertilidad, goza con suelos planos y profundos y alta luminosidad, además que las vías de acceso facilitan el transporte. Los departamentos de Santander, Norte de Santander, sur del Cesar, Bolívar componen la zona central esta posee suelos planos y levemente ondulados con buena luminosidad, vías de acceso al interior del país y a la Costa Atlántica. La zona Oriental está conformada por el Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá; esta zona se caracteriza porque

la textura del suelo apta para el cultivo de Palma, ostenta buenas vías, los veranos son intensos y prolongados lo que es considerado como desventaja teniendo en cuenta los requerimientos edafoclimáticos del cultivo, en esta región se encuentran las plantaciones más jóvenes del país. Por último, se tiene la zona occidental donde el departamento de Nariño es el único productor, esta zona muestra alta pluviosidad bien distribuida, por lo cual no es necesario el riego para las plantaciones. Las desventajas de esta región son las paupérrimas vías de comunicación y la falta de luminosidad.

Con este potencial de producción en Palma de Aceite, Colombia, se ubicó en sexto lugar durante los primeros años, y actualmente ascendió al cuarto puesto de producción de Palma de aceite debajo de: Malasia, Indonesia y Nigeria. Este cuarto puesto se vio reflejado por la gran expansión de tierras para la siembra. Colombia tiene la ventaja sobre el terreno de siembra para la producción de Palma, y es que no se talan demasiados árboles, ya que se ha sembrado en áreas que estaban ocupadas por otra actividad agropecuaria, por esta razón los palmicultores se comprometieron a utilizar diversas técnicas de control biológico para cuidar el medio ambiente asegurando la competitividad frente a los estándares internacionales y estar en alerta con la sostenibilidad del planeta.

5.5 Origen de La palma de aceite en Santander

En el 1958 el Instituto de Fomento Algodonero (IFA) inició un proyecto de diversificación de cultivos con la Palma africana. El doctor Luis Rojas Cruz, director de oleaginosas perennes de este Instituto hizo estudios y evaluaciones por todo el país sobre los terrenos, para ubicar los sitios estratégicos aptos para la siembra de la Palma de aceite; siendo favorecido el departamento de Santander, ubicado en el gremio Palmicultor en la Zona Central con varios terrenos agraciados y como principal fue el municipio de Puerto Wilches. Allí se establecieron las empresas pioneras de Palmas Oleaginosas tales como: Agropecuaria

Monterrey hoy conocida como Palmas Monterrey, Oleaginosas Brisas durante el año 1960 y Empresa Bucarelia quien proyectó 500 hectáreas de un programa anual inicial de 250 hectáreas con un capital inicial de seiscientos mil pesos. A partir de 1975 se desarrolla el proceso de crecimiento con la siembra de 500 hectáreas por año. En el censo de Palmicultores de 1987, Bucarelia tenía 3200 hectáreas, Agropecuaria Monterrey y Oleaginosas Brisas tenían para la fecha 4000 y 2500 hectáreas respectivamente. (Frutodepalmaafricana, 2009)

6. Marco legal

La organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (2019) en su código internacional de conducta para el manejo y uso de fertilizantes en el artículo 4.5.3 menciona que “un uso inadecuado o inapropiado, como la aplicación de fertilizante a la superficie del suelo cuando no es apropiado ni adecuado para el tipo o las propiedades del suelo o el paisaje, las necesidades de los cultivos o las condiciones climáticas y atmosféricas imperantes, o por el uso de métodos de aplicación inadecuados, dando así lugar a pérdidas de nutrientes en el medio ambiente”, por lo que se debe adoptar un enfoque global al desarrollar y aplicar las mejores prácticas de gestión para el uso de fertilizantes, habida cuenta de que las prácticas para disminuir los efectos negativos de una vía de pérdida de nutrientes pueden aumentar los efectos negativos de otras vías de pérdida de nutrientes. En este caso, deberían adoptarse las mejores prácticas de gestión que generen el efecto global más positivo.

Siguiendo estos lineamientos dictados por la FAO, el gobierno nacional por medio del instituto agropecuario colombiano (ICA) ha expedido varias normas entre ellas:

Resolución ICA No. 2009 de 2014: Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro ante el ICA de los predios productores de palma de aceite. (Fedepalma, 2014.)

Normas del ICA en materia de insumos agrícolas resolución No. 3079 (19 oct. 1995): Por la cual se dictan disposiciones sobre la industria, comercio y aplicación de bioinsumos y productos afines, de abonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo y productos afines; plaguicidas químicos, reguladores fisiológicos, coadyuvantes de uso agrícola y productos afines. (ICA, 1995).

Por otra parte, se encuentra el reglamento estudiantil, Universidad de Pamplona en el cual el ACUERDO No.186 dita por el cual copila y actualiza el Reglamento Académico

Estudiantil de Pregrado de la Universidad de Pamplona, en el CAPÍTULO VI. TRABAJO DE GRADO. En el artículo 35 al artículo 36 en el acuerdo No.004 de 12 de enero de 2007.

7. Metodología

Según Leyton, esta investigación se puede definir como tipo descriptiva ya que mediante el análisis de los resultados se logró determinar la dosis optima de fertilización; teniendo en cuenta la naturaleza de la información que se va a usar la investigación es de tipo cuantitativa.

Considerando la clasificación de suelos descrita por Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2014), el experimento se estableció en un inceptisol (Ortiz, 1984); en la plantación de la empresa Palmas Monterrey, en las parcelas 1D2 y 1H2 de nueve años de edad del material híbrido Coari x Lame, ocupando una superficie experimental de 23,5 ha, con una distancia de siembra de 10 x 10 trazado en tres bolillo, La plantación se localiza en el municipio de Puerto Wilches, Santander, la precipitación media anual es de 1000 mm; la temperatura media anual es de 34 °C y la altitud es de 74 msnm (Ideam, Sf).

Para generar los tratamientos experimentales que fueron probados, se empleó el modelo propuesto por Cenipalma, partiendo de una estructura factorial 3x3 aumentada en dos tratamientos donde se usaron tres dosis de N y tres dosis de K, correspondientes al 60, 90 y 120% de la dosis de los nutrimentos aplicados por palma en *E. guineensis*, (116 Kg de N- 155 Kg de K₂O) la tabla 4 refleja la combinación de estos niveles generó 11 tratamientos que se distribuyeron en campo bajo una distribución de bloques completos al azar (BCA), con tres repeticiones, la unidad experimental consto con 32 palmas de las cuales 12 fueron las palmas efectivas, por lo que cada parcela contaba con 1056 palmas (3x32x11) dentro de los tratamientos se evaluaron también dos testigos; uno que se le aplico la dosis comercial de la plantación y un testigo absoluto donde no se le aplico N y K.

Tabla 4.

COMBINACIONES DE TRATAMIENTOS A EVALUAR

Combinaciones	Dosis de N	Dosis de K
	%	%
1	60	60
2	60	90
3	60	120
4	90	60
5	90	90
6	90	120
7	120	60
8	120	90
9	120	120
10	Dosis plantación	
11	0 N	0 K

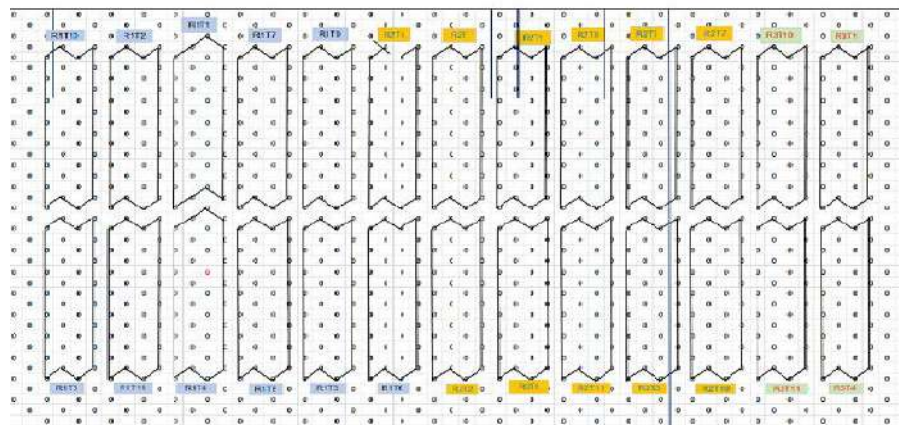
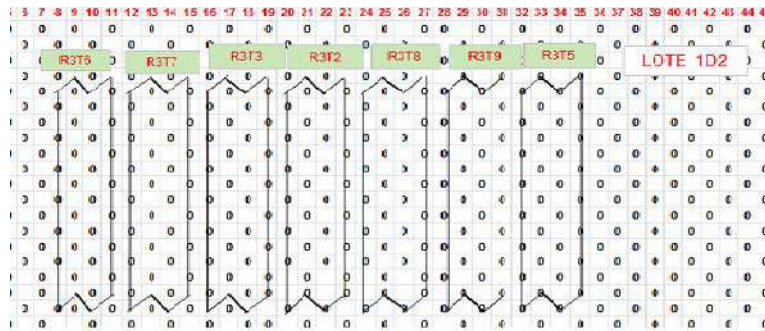
(Fuente: Autora)

Las fuentes de fertilizantes químicos que se emplearon fueron: Sulfato de amonio, cloruro de potasio y mezcla física especial 16,32-6,44-33,6 además de estos se les aplicaba boro, magnesio cuya fuente es kieserita, y fósforo que la fuente a usar sería roca fosfórica; estos últimos se aplicaron en dosis que el director agrónomo estipuló teniendo en cuenta los análisis de suelos.

A continuación, se detallan los tratamientos en los lotes que se trabajó.

Figura 8.

DETALLE DE LOS TRATAMIENTOS Y REPETICIONES QUE SE EVALUARON EN EL LOTE 1D2.

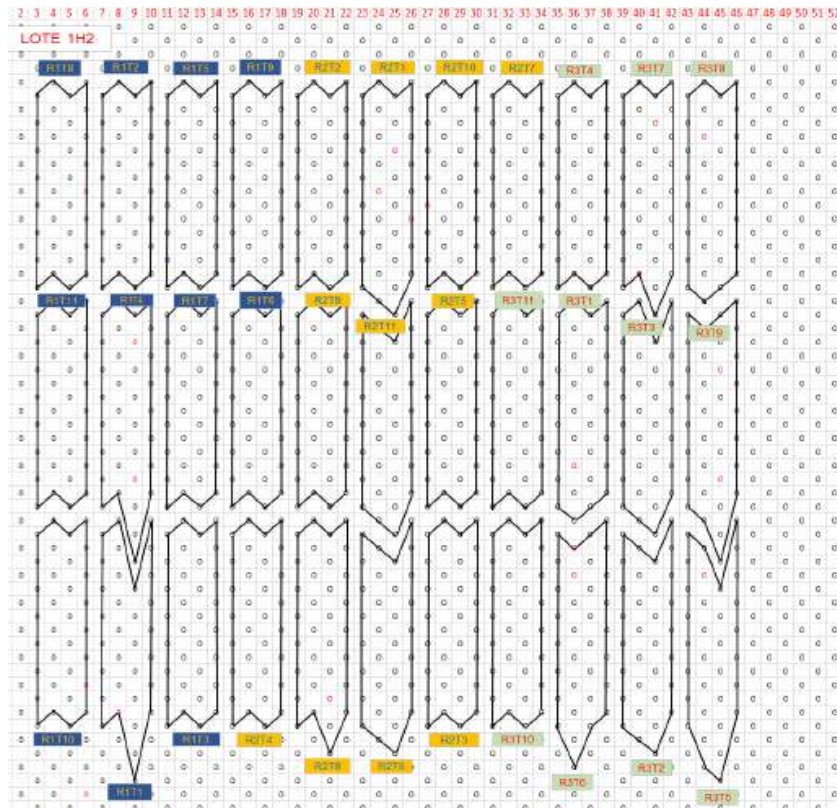


Nota: Aquí se observan los colores; azul, amarillo y verde claro que reflejan las repeticiones 1,2 y 3 respectivamente

(Fuente: Autora)

Figura 9.

DETALLE DE LOS TRATAMIENTOS Y REPETICIONES QUE SE EVALUARÁN EN EL LOTE 1H2



Nota: Se observan los colores; azul, amarillo y verde claro que reflejan las repeticiones 1,2 y 3 respectivamente.

(Fuente: Autora)

7.1 Variables de estudio

7.1.1 Rendimientos de RFF

Considerando que uno de los objetivos buscaba evaluar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento, este fue estimado partiendo del peso de los racimos de fruto fresco (RFF) cosechados en cada palma efectiva de la UE a lo largo de todo el ciclo y se formuló como la media de las UE y repeticiones en t/ha de RFF, por tratamiento y por año. Esta variable se evaluó durante tres años consecutivos.

7.1.2 Concentración foliar de N-K

Un año después de iniciadas las aplicaciones de cada tratamiento se hicieron muestreos foliares en la hoja 17 por ser esta la que mejor representa el estado nutricional de palmas maduras. Las muestras se enviaron al laboratorio de Cenipalma ubicado en Bogotá y allí se determinaron las concentraciones de N-K y estos valores permitieron comparar el efecto de los tratamientos, así como cotejar las concentraciones en el año 1 y en el año 3 del experimento.

Con los datos obtenidos en campo y en laboratorio se realizaron las comparaciones de medias para las variables de estudio bajo estudio usando la prueba de Tukey = 0.05 mediante SPSS versión 25.

8. Resultados y discusión

8.1 Determinación del tratamiento que mayor rendimiento presentó en el cultivar híbrido de palma de aceite OxG bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander

Tabla 5.

PRODUCCIÓN EN KILOGRAMOS EN EL LOTE 1D2 DURANTE UN PERIODO DE TRES AÑOS CONSECUTIVOS

HSD Tukey^a

Subconjunto		
para alfa = 0.05		
Tratamiento	N	Kg/0.3Ha
Tratamiento 6	3	4217,3000
Tratamiento 9	3	4404,1667
Tratamiento 3	3	4420,9000
Tratamiento 5	3	4611,1667
Tratamiento 1	3	4625,8333
Tratamiento 11	3	4659,3000
Tratamiento 4	3	4683,6000
Tratamiento 2	3	5030,1667
Tratamiento 10	3	5035,9667
Tratamiento 7	3	5135,8700
Tratamiento 8	3	5149,9667
Sig.		,689

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En la tabla 5 se observa que no existe diferencia significativa entre el efecto de los tratamientos y la producción en el lote 1D2 puesto que la diferencia entre el mejor tratamiento y el peor es de apenas 932 kg para un área de 0.3ha , se puede apreciar también que el tratamiento 8 (120/90) fue el que más produjo; si se habla de rendimiento por hectárea este alcanzaría las 17 ton/ha/año lo que aún no se acerca al rendimiento por hectárea que se obtiene con *Guineensis* (25 ton/ha) por lo que se puede inferir que los tratamientos no surtieron el efecto esperado y si acepta la hipótesis de que todas las medias de producción son iguales.

Tabla 6.

PRODUCCIÓN EN KILOGRAMOS EN EL LOTE 1H2 DURANTE UN PERIODO DE TRES AÑOS CONSECUTIVOS

HSD Tukey ^a		
Subconjunto		
para alfa = 0.05		
Tratamiento	N	1
Tratamiento 1	3	4178,6333
Tratamiento 11	3	4225,0333
Tratamiento 9	3	4299,2533
Tratamiento 4	3	4384,9000
Tratamiento 7	3	4425,2667
Tratamiento 8	3	4526,9833
Tratamiento 5	3	4585,8000
Tratamiento 3	3	4645,6000
Tratamiento 6	3	4659,3767
Tratamiento 2	3	4662,6333
Tratamiento 10	3	4700,4167

Sig. ,935

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Fuente: Autora (2020)

En el caso de la producción del lote 1H2 se tiene que el tratamiento 10, es decir el testigo al que se aplicaba el mismo plan de fertilización del resto de la plantación fue el mejor llegando a producir aproximadamente 14.8 ton/ha/año cifra que está muy por debajo de los rendimientos que se obtienen en *Guineensis*, incluso comparando este rendimiento con el promedio de la plantación que para el mes de Abril del año 2020 estaba en 20.1 ton/ha/año según lo reportado por Palmas Monterrey (2020), en el informe de producciones mensuales, se mantiene ahí por debajo del promedio.

Comparando los resultados obtenidos en este proyecto se deduce que no existe diferencia significativa entre tratamientos lo que se le puede atribuir a factores que no fueron tenidos en cuenta, se pudo haber fallado en la concepción de diseño metodológico dado que se podrían haber realizado más repeticiones; esto debido a que el margen de tres repeticiones por tratamiento hace que el promedio se perciba torpe en el sentido en que se observó amplia variación entre repeticiones ya que entre una y otra en algunos años se duplicaba, este inconveniente a su vez hizo el CV aumentara.

8.2 Comparación del efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de nitrógeno (N) en el material híbrido Coari x Lame de palma de aceite (*E. guineensis* x oleífera) en el lote 1H2 bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander

Para el año 2017 la concentración de N no mostro diferencia significativa entre los tratamientos, no obstante al promediar los datos correspondientes al año 2017 y 2020 se obtiene una concentración media del 2.45 % la cual está dentro del rango optimo (2.4-2.8) recomendado para el cultivo (International plant nutrition institute (2008) Exceptuando al tratamiento 4 (90/60) todos los demás estuvieron dentro de los límites del rango optimo mínimo de N.

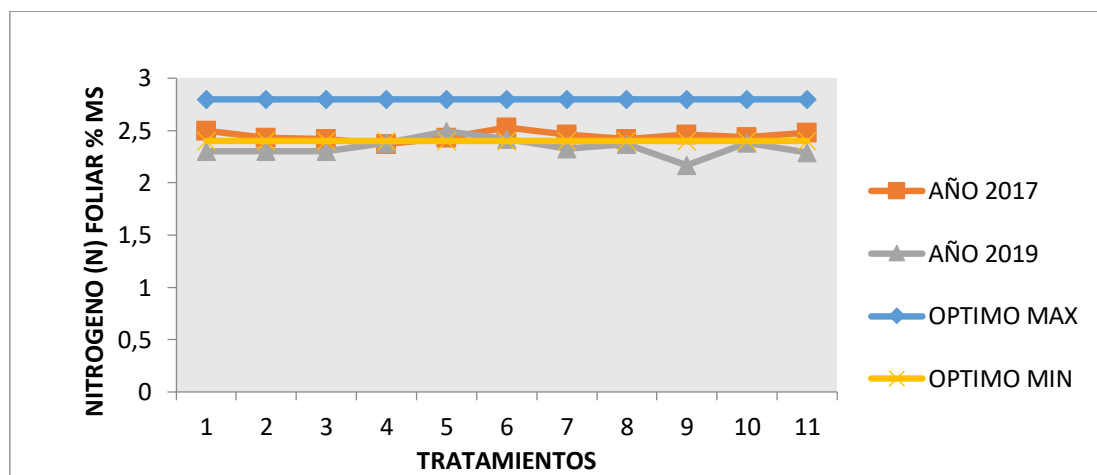
En el caso del año 2019 los tratamientos 5 (90/90) y 6 (90/120) fueron los únicos que se mantuvieron dentro del rango optimo, mientras que la media para el resto de tratamientos fue de 2.34 % lo que revela una deficiente concentración de N respecto al optimo recomendado, una dinámica semejante a la obtenida por Cordova et al. (2017)

Sin embargo al comparar las dos medias de estos años se observa que la concentración en vez de aumentar o mantenerse dentro de los niveles óptimos descendió de 2.45 a 2.34% lo que indica un efecto negativo de las aplicaciones por lo que los tratamientos no mostraron diferencia significativas a lo largo del ensayo, la deficiencia en el último año se le puede atribuir a dos factores uno, fueron los inconvenientes presentados en la empresa en la que se desarrolló la investigación puesto que la organización sindical detuvo labores como polinización y fertilización lo que significó la baja formación de racimos, el otro factor que pudo haber interferido en los resultados fue que a inicios de este año se presentó la mayor producción en comparación con los otros años del ensayo lo que se alcanza a asociar con una demanda extra de N. Estudios anteriores a este han reportado que cuando existe una elevada producción de frutos, la concentración de nutrientes a nivel foliar disminuye Mite et al (2002). Basado en que la media de concentracion de N en el ensayo fue de 2.39% se puede inferir que no existe efectode los tratamientos sobre la concentración de N; dado que esta fue la misma para las fracciones del requerimiento con el 60, 90, 120% y los testigos ; la figura

10 reafirma lo concluido anteriormente puesto que alli se refleja que el comportamiento de la curva no varia entre tratamientos.

Figura 10

FLUCTUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACION DEL ELEMENTO (N) EN LA HOJA 17 EN EL LOTE 1H2

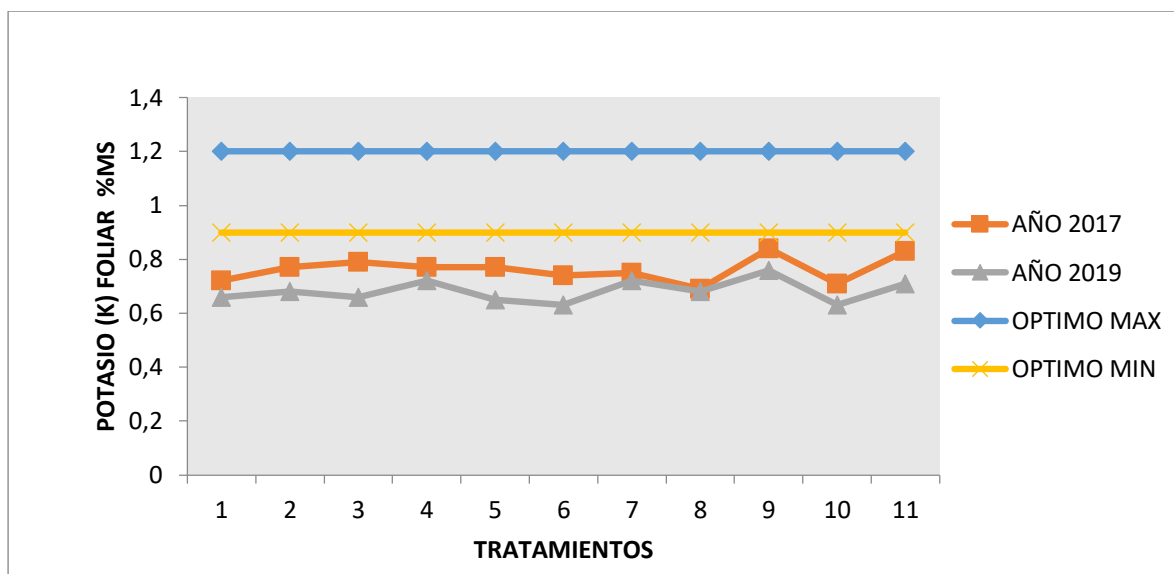


Fuente: Autora (2020)

8.3 Comparación del efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de potasio (K) en el material híbrido Coari x Lame de palma de aceite (E. guineensis x oleífera) en el lote 1H2 bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander

Figura 11

FLUCTUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACION DEL ELEMENTO (K) EN LA HOJA 17 EN EL LOTE 1H2



Fuente: Autora (2020)

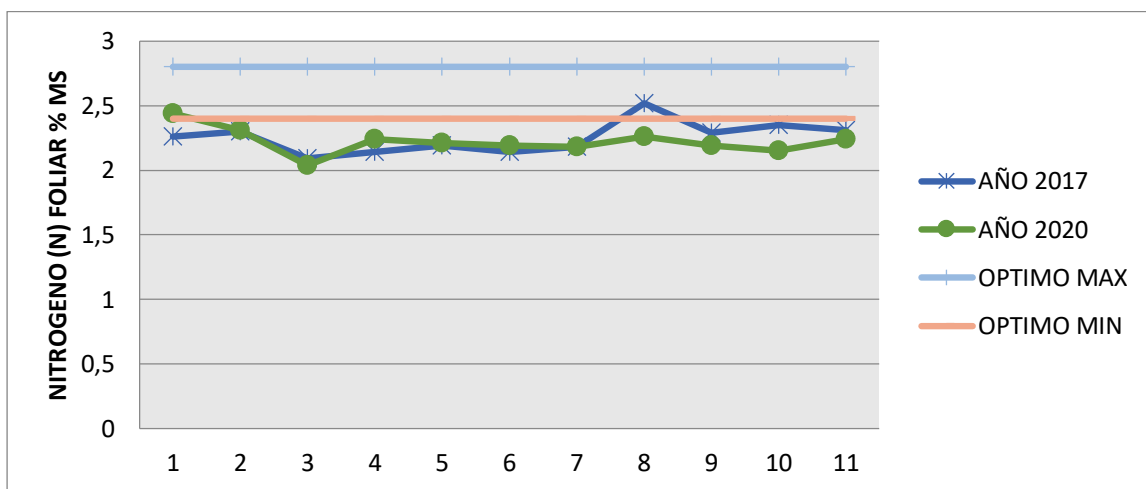
Al evaluar la respuesta foliar luego de tres años de aplicación de K se encuentra que la media de 0.72% está por debajo al optimo recomendado de 0.9% lo que indica que durante la investigación, la fertilización potásica no tuvo un efecto en la concentración foliar y por consecuencia en la nutrición de las plantas, sin embargo se debe considerar que los análisis de concentración se realizaron en las hojas y no en el raquis como lo recomienda Goh y Hardter,(2003) ademas que no se tuvieron en cuenta los mecanismos de perdida de nutrientes tales como escorrentia superficial, lixiviación, estas podrian tener influencia sobre el resultado ya que el lote sufre de encharcamientos debido a que se encuentra en una zona baja, ademas de ello Puertos Wilches presenta una alternancia bastante movida entre periodos de lluvia y seguidos periodos secos con temperaturas superiores a los 30°C, otra razon por la que se pudo tener este efecto es lainmovilización de nutrientes en la cobertura del suelo.

Reuniendo lo dicho anteriormente se puede inferir que los tratamientos no tuvieron ningún efecto sobre la concentración de potasio ya que las concentraciones obtenidas para todos los tratamientos se encuentran por debajo del límite óptimo recomendado.

8.4 Comparación del efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de nitrógeno (N) en el material híbrido Coari x Lame de palma de aceite (*E. guineensis* x oleífera) en el lote 1D2 bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander

Figura 12.

FLUCTUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACION DEL ELEMENTO N EN LA HOJA 17 EN EL LOTE 1D2



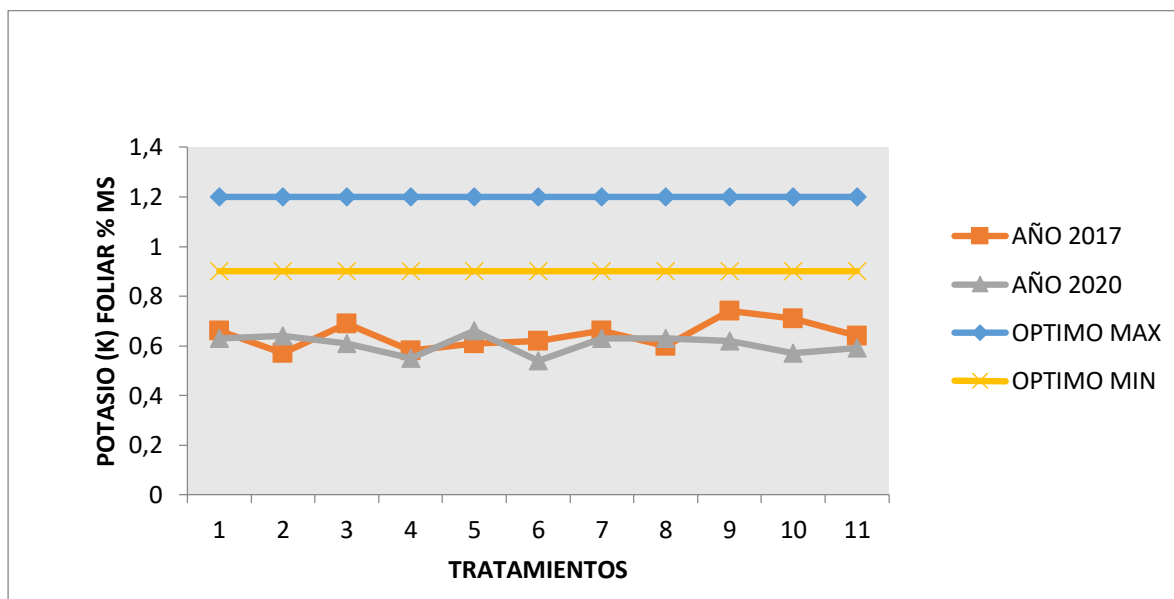
Fuente: Autora, (2020)

Como se refleja en la figura 12 los tratamientos no surtieron efecto sobre la concentración de nitrógeno foliar, ya que la media general fue de 2.23% que está por debajo del rango optimo recomendado, el único tratamiento que se encuentra dentro del límite del optimo es el tratamiento 1 (60/60), lo que una vez más demuestra que no existe diferencia significativa del efecto de los tratamientos sobre la concentración pues este a pesar de que es el que en menos cantidad se le proporciona a la planta es el que mantiene su concentración dentro del óptimo.

8.5 Comparación del efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de potasio (K) en el material híbrido Coari x Lame de palma de aceite (*E. guineensis* x oleífera) en el lote 1D2 bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander

Figura 13.

FLUCTUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACION DEL ELEMENTO K EN LA HOJA 17 EN EL LOTE 1D2



El escenario que se tiene en la figura 13 es análogo con el resultado obtenido en el lote 1H2 pues, una vez más se tiene que los niveles de concentración están por debajo del óptimo mínimo.

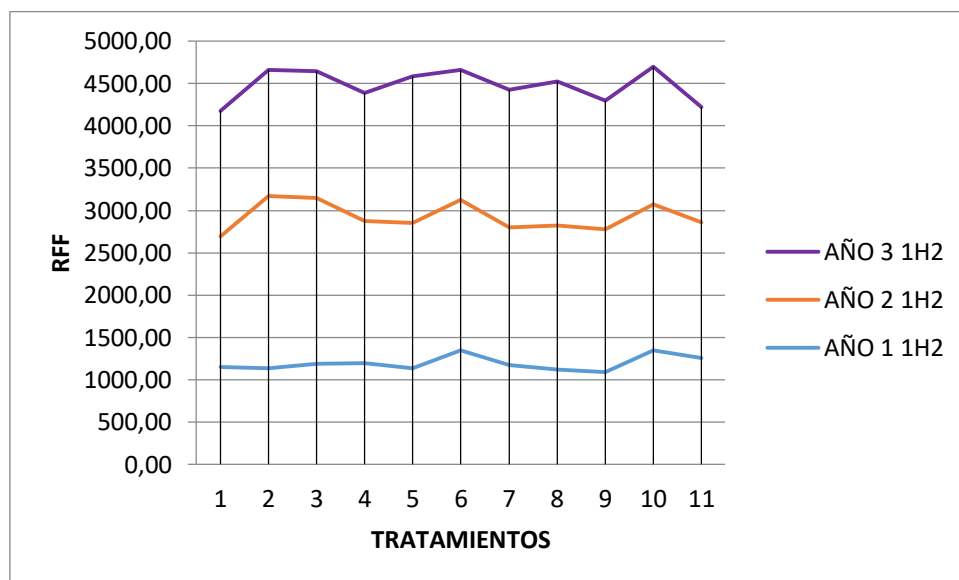
El resultado arrojado para el año 2017 concuerda con la teoría reportada por Pérez (2005) donde menciona que en experiencias con fertilización nitrogenada es usual que no se observen respuestas inmediatas; esto se debe a que solo una parte del N aportado es absorbido por la planta y esta puede ser destinada en su mayor parte a la producción y ser exportada junto con la cosecha de racimos Sin embargo para el año 2020 prácticamente se mantiene el comportamiento de la curva.

8.6 Evaluación del efecto de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado y potásico sobre el rendimiento en el cultivar híbrido de palma de aceite (*e. guineensis x e. oleífera* cortes) bajo las condiciones del municipio de Puerto Wilches, Santander

Una vez reunidas y estudiadas las variables se puede aseverar que para el caso de esta investigación el resultado no fue el esperado ya que no se observó una diferencia significativa entre tratamientos, por lo que no se puede recomendar una dosis de fertilización para las condiciones de Puerto Wilches, no se evidenció que ningún tratamiento duplicara en producción al testigo lo que refleja que no hubo impacto positivo de la fertilización en los rendimientos de fruto fresco como se muestra en la figura 14

Figura 14.

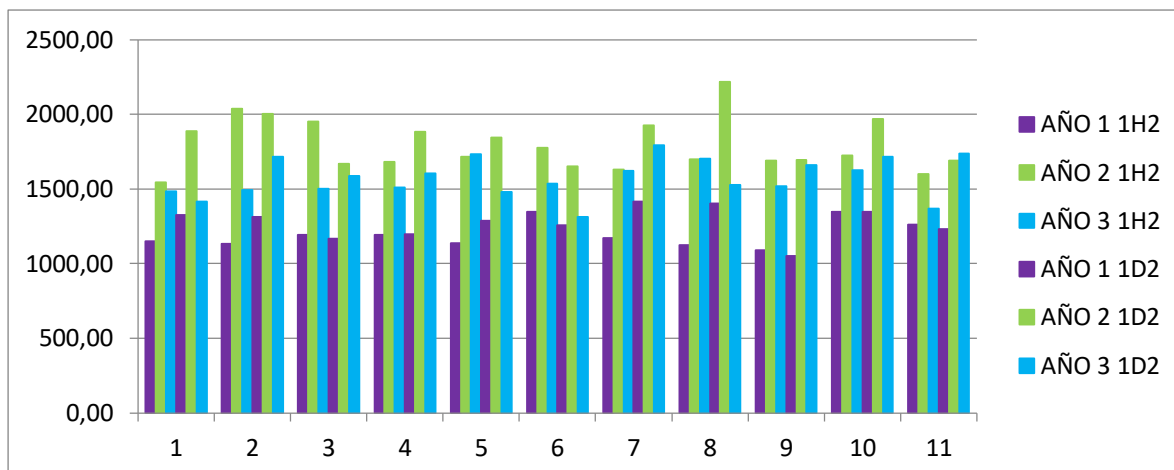
COMPORTAMIENTO DE LA CURVA DE RENDIMIENTO DE FRUTO FRESCO (RFF) EN EL LOTE



Fuente: Autora (2020)

Figura 15.

COMPARACIÓN DE RFF ENTRE LOTES Y TRATAMIENTOS



La figura 15 demuestra que al comparar el rendimiento de fruto fresco de un año a otro se observa un ligero incremento en los dos lotes para todos los tratamientos en el año 2 (2017-2018), se podría decir que este incremento se dio por la influencia positiva de la fertilización sobre el rendimiento variable sin embargo para el año siguiente este rendimiento descendió muy probablemente por variables externas al ensayo.

9. Conclusiones

La variación de las dosis de fertilizante no surtió ningún efecto sobre el rendimiento de *E. guineensis* x *E. oleífera* en las condiciones de Puerto Wilches, Santander.

Los tratamientos no revelaron mostrar efecto sobre la concentración foliar de N, aunque se observaron variaciones interanuales significativas en esta variable.

Después de culminado el proyecto se puede inferir que los tratamientos no tuvieron efecto alguno sobre la concentración de los fertilizantes nitrogenados y potásicos en ninguno de los lotes evaluados bajo las condiciones de Puerto Wilches, Santander ya que los niveles obtenidos por el testigo son similares a los obtenidos por el resto de tratamientos.

10. Recomendaciones

- Tomar muestras foliares cada dos meses con el fin de reducir el error en la determinación de la dosis de fertilización.
- Para el caso del potasio se recomienda analizar la concentración en el raquis ya que este es un mejor indicador del contenido de K en la palma teniendo en cuenta han reportado que este parámetro tiene una estrecha correlación con el rendimiento. Además se recomienda realizar análisis de suelos con una frecuencia anual para que con este se tomen decisiones acertadas con el fin de aumentar los niveles de potasio.
- Se recomienda realizar una réplica de este ensayo teniendo en consideración variables como lixiviación, escorrentía superficial y frecuencia de aplicación de fertilizantes, además tomar medidas morfo-agronómicas

11. Referencias bibliográficas

- Corley & Tinker , H. (2009). La palma de aceite. Fedepalma. p. 604.
- Edem, D.O. (2002). Palm oil: Biochemical, physiological, nutritional, hemato-logical, and toxicological aspects: A review. *Plant Foods for Human Nutri-tion* 57: 319–341.
- Fedepalma, (2018.). La palma de aceite en Colombia . Recuperado 11 de marzo de 2019, de http://web.fedepalma.org/lapalmadeaceiteencolombiadepartamentos?fbclid=IwAR3-ctwIywkD8_8P_5xNsLiLtY71THx0-gzAwdW4uepvbchQMs6t_W2cOio
- Cenipalma. (2009). *Principios agronomicas para el establecimiento de una plantacion de palma aceitera*. Bogota: Asolectura.
- Cenipalma. (2017). Costos de producción para el fruto de palma de aceite y el aceite de palma en 2015: estimación en un grupo de productores colombianos. *Palmas*, 20.
- Coapalma Ecara. (2009). *manual tecnico de la palma africana*. san pedro-sula. Recuperado el 15 de julio de 2019, de www.coapalmaecara.com/files/05ControlFitosanitario.pdf
- Cordova Sanchez, O. O. (Diciembre de 2017). *Fertilización química para el cultivo de palma de aceite (Elaeis guineensis JACQ.) en Chiapas, Mexico*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/322808118_FERTILIZACION_QUIMICA_PARA_EL_CULTIVO_DE_PALMA_DE_ACEITE_Elaeis_guineensis_JACQ_EN_CHIAPAS_MEXICO
- Dane. (13 de Diciembre de 2016). *Aceites y grasas, alimentos esenciales en la canasta familiar*. Bogotá.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos*. Montecillo: Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Fedepalma. (2012). *Guía de prácticas agrícolas en el cultivo de palma de aceite ya establecido*. Bogotá: Fedepalma.

FEDEPALMA. (2016). *WEB FEDEPALMA*. Obtenido de *WEB FEDEPALMA*:
<http://web.fedepalma.org/node/2152>

Frutodepalmaafricana. (2009). *Frutosdepalma*. Obtenido de Origen Palma en Santander:
<http://www.frutosdePalma.org>.

Goh, y. H. (2003). General oil palm nutrition. En F. y. Hardter, *In oil palm: management for large y sustainable yields* (págs. 191-230). Singapore: PPI/PPIC/IPI.

Ideam. (Sf). *Atlas ideam*. Obtenido de *Atlas Ideam*:
http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/santander_texto.pdf

International plant nutrition institute. (2008). Manejo de la nutrición y fertilización de la palma aceitera. *Informaciones agronomicas*, 1-8.

Lopez, J. E. (2014). *Biblioteca digital de la Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de
<http://bdigital.unal.edu.co/44369/1/2577415.2014.pdf>

Mite, E. (2002). *ResearchGate*. Obtenido de ResearchGate: <https://bit.ly/3dELesY>

Mujica, C. (2010). *Evolución del sector palmicultor*. Bucaramanga: Portal.

Ortiz. (1984). *Estudio especial de suelos de promociones agropecuarias Monterrey*. Bogotá:
Ortiz arango y cia.

Sanches. (2011). *Polinización asistida en palma de aceite*. Bogota: Javegraf.

Torres, M. (2016). *Fertilizando.com*. Obtenido de Fertilizando.com:
<http://www.fertilizando.com/articulos/Funcionamiento%20del%20K%20en%20el%20sistema%20suelo-planta.asp>