

**USO DEL ÁCIDO NAFTALENACÉTICO (ANA) SOBRE LA FORMACIÓN DE  
FRUTOS PARTENOCARPICOS EN PALMA DE ACEITE (HIBRIDO O×G) EN EL  
MUNICIPIO DE SAN VICENTE, SANTANDER**

**CLAUDIA PATRICIA ATEHORTUA VILLEGAS**

**Proyecto de trabajo de grado, opción práctica empresarial, como requisito parcial  
para optar al título de ingeniero agrónomo.**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA  
MONTERÍA – CÓRDOBA**

**2020**

**USO DEL ÁCIDO NAFTALENACÉTICO (ANA) SOBRE LA FORMACIÓN DE FRUTOS  
PARTENOCARPICOS EN PALMA DE ACEITE (HIBRIDO O<sub>x</sub>G) EN EL MUNICIPIO DE  
SAN VICENTE, SANTANDER**

**CLAUDIA PATRICIA ATEHORTUA VILLEGAS**

**Proyecto de trabajo de grado, opción práctica empresarial, como requisito parcial  
para optar al título de Ingeniero Agrónomo.**

**ASESOR DOCENTE**

**DAIRO PÉREZ POLO, M.Sc**

**ASESOR DE LA EMPRESA**

**CRISTIAN JARRI BAYONA RODRIGUEZ, Biólogo PhD**

**CENIPALMA – PLANTACIÓN VILLA CLAUDIA**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA  
MONTERÍA – CÓRDOBA**

**2020**

La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del proyecto serán responsabilidad del autor.

Artículo 61, acuerdo No. 093 del 26 de Noviembre de 2002 del Consejo Superior de la Universidad de Córdoba.

Nota de aceptación

---

---

Dairo Pérez Polo, M.Sc.

Director

---

Luis Alfonso Rodríguez Páez, M.Sc.

Jurado

---

Fernando Vicente Barraza Álvarez, Ph.D.

Jurado

Montería, mayo de 2020

## DEDICATORIA

A Dios por regalarme la inteligencia y la sabiduría para culminar esta etapa de mi vida profesional.

A mi mamá Omaira Rosa Villegas Díaz, mi abuela Ruth Díaz Rosario y sin faltar mi tío Eduard Villegas Díaz por haber sido mis pilares y apoyo incondicional en el transcurrir de mi profesión, por enseñarme que no existen limitaciones y que siempre los sueños se hacen realidad.

A mis hermanas y sobrino Samuel Agamez por ser mi motivación para salir adelanté.

A mis compañeros y colegas Karime Pernet , María Mestra, Rafael Pereira , Andrés Esquivel , Norelsy Ballesteros , Luisa Espitia , José Doria , Ana Pico, Janis Tobar , María Polo y Briana Mestra por haber sido un andamio en el transcurrir de mi carrera.

A mi hermoso grupo de trabajo Cristian Bayona, Arley Caicedo, Pedro Parada y Wilson Díaz por ser mi apoyo, mis guías, mis consejeros y por estar prestos ayudarme cuando más lo necesite.

A mis maestros que Dios y la vida me dieron la oportunidad de distinguir Didier Ibagué, José David Rodríguez, Mónica Gamboa, Carlos Andrés Chirivi, Oswaldo Álzate, Héctor Saravia, Paola Lozano, Luisa Villegas y Emerson Ortiz por haber sido mis consejeros y haberme brindado su apoyo incondicional.

A el corregimiento de Yarima – Santander por haberme acogido, enseñado y brindado las mejores enseñanzas y experiencias de vida.

A mi amiga, madre y consejera Martha Burgos por ser un apoyo incondicional en la culminación de este proyecto.

A mi Amigo Sebastián Cardona por ser esa persona sencilla, que me enseñó, que todo lo que te propongas lo puedes lograr, por ser mi apoyo en cada uno de los momentos que pensé que no podía más.

Claudia Patricia Atehortúa Villegas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por regalarme la inteligencia, la sabiduría y estar conmigo en cada uno de los momentos más difíciles en el transcurrir de esta carrera por darme vida y salud para poder conseguir cada una de las metas propuestas.

A mi familia y todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron parte de este nuevo logro en mi vida.

A mi campeona Verónica Doria Doria por ser mi consejera, amiga y maestra de vida por enseñarme que a pesar de las adversidades presentes uno nunca se puede dar por vencido.

A la universidad de Córdoba por darme la oportunidad de formarme como profesional en el mejor programa de Ingeniería Agronómica.

A la empresa Cenipalma por permitirme obtener nuevos conocimientos que son de gran provecho para el desarrollo de mi profesión. Les agradezco a los Ingenieros Cristian Bayona y Arley Caicedo por compartir sus conocimientos, siendo estos de gran utilidad y agradecida por toda su paciencia, tolerancia y colaboración en este proceso.

A la empresa Agro Industrias Villa Claudia S.A. por dejarme plasmar los conocimientos obtenidos en todo este tiempo de formación, le doy las gracias al Ingeniero Didier Ibagué por todo lo enseñado y aprendido en la plantación.

A mis amigos incondicionales Víctor Bettín, Andrés Soto, Mayra Díaz, Daniel Mestra y Andrés Cabeza por haberme brindado su apoyo en los momentos difíciles de mi formación personal y profesional.

Por último, a mi asesor y amigo el Ingeniero Dairo Pérez por su apoyo, dedicación y paciencia mis mejores deseos y éxitos en su vida personal y profesional.

Claudia Patricia Atehortúa Villegas.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE ANEXOS .....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA.....	15
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4 REVISION DE LITERATURA.....	18
4.1 ORIGEN.....	18
4.2 CARACTERISTICAS BOTANICAS.....	18
4.3 IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL CULTIVO.....	18
4.4 MORFOLOGIA Y FENOLOGÍA DE PALMA DE ACEITE.....	19
4.4.1 Raíces.....	19
4.4.2 Tronco o estípite:.....	19
4.3.4. Hojas.....	20
4.3.5. Flores e inflorescencias.....	21
4.3.6. Fruto:.....	21
4.3.7. Semilla.....	22
4.4. FENOLOGIA DE LA PALMA DE ACEITE.....	23
4.5. EFECTO DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTO EN LA FORMACIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPICOS EN PALMA.....	24
4.6.1. Fitohormonas.....	25
4.6.2. Auxinas.....	26
4.6. CARACTERÍSTICAS DEL HIBRIDO O <sub>x</sub> G.....	26
5. MATERIALES Y METODOS.....	27
5.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	27

5.2. VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES.....	28
5.2.1. Variables independientes:.....	28
5.2.2. Variables dependientes.....	28
5.3. PROCEDIMIENTO .....	33
5.3.1. DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE ÁCIDO ALFA NAFTALENACÉTICO (ANA) SOBRE LA FORMACIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPICOS EN CULTIVARES HÍBRIDOS OxG.....	33
5.3.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO SECUNDARIO DE LA APLICACIÓN DE ÁCIDO ALFA NAFTALENACÉTICO (ANA) SOBRE PARÁMETROS VEGETATIVOS DEL HÍBRIDO OxG. (FITOTOXICIDAD).....	35
5.4 ANALISIS DE DATOS .....	37
Los datos serán procesados mediante un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey antes y después de la aplicación de los tratamientos. .....	37
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	37
7. BIBLIOGRAFIA.....	47
8. ANEXOS.....	49



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del experimento.....	28
Figura 2. Selección de Plantas Híbridas. ....	33
Figura 3. Marcación de los lotes 47 Y 48.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4. Muestreos de Áreas Foliáres en Híbridos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 5. Aplicación de ANA Líquido.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 6. Aplicación de ANA sólida.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 7. Trampas en las inflorescencias en estadio 607 .....	36
Figura 8. Muestreo de suelos con y sin ANA .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Híbrido OxG.....	49
Anexo B. Distribución geográfica .....	49
Anexo C. Marcación de los tratamientos geográfica.....	49
Anexo D. Distribución de los tratamientos .....	49
Anexo E. Polen utilizado para las mezclas .....	49
Anexo F. Preparación de ANA sólida.....	49
Anexo G. Mezclas de ANA sólida .....	49
Anexo H. Preparación de ANA líquida. ....	49
Anexo I. Mezcla de ANA líquida.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo J. Cyber Tracker .....	50
Anexo K. Escarpetada de la inflorescencia.....	50
Anexo L. Flor polinizada con ANA.....	50
Anexo M. Aplicación de ANA líquida.....	50
Anexo N. Aplicación de ANA sólida. ....	50

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar los efectos de ácido alfa naftalenacético (ANA) sobre la formación de frutos partenocárpicos del híbrido de palma de aceite OxG como nueva alternativa de polinización asistida. El experimento fue desarrollado en lotes de la empresa Agro Industrias “Villa Claudia”, localizados en el corregimiento de Yarima, municipio de San Vicente de Chucurí y el Bajo Simacota, departamento de Santander. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por: T1: ANA líquida a 1200 ppm; T2: ANA sólido al 6% ; T3: ANA + polen al 6%; T4: ANA + polen (3) al 6% ; T5: poliniza-6 al 8%; T6: poliniza-6 + polen al 8%; T7: polen. Las variables evaluadas fueron: peso medio de racimos (PMR), racimos de fruta fresca (RFF), número de racimos (NR), potencial de extracción de aceite (PA), las cuales se realizarán durante los seis meses inmediatamente posteriores a las aplicaciones. Se evaluaron otras variables como: longitud de raquis, área foliar, emisión foliar, número de racimos y estructuras florales, número de abortos y número de insectos polinizadores, las cuales se midieron al inicio de las aplicaciones de los tratamientos y seis meses después. Por tal motivo, los resultados relacionados con productividad y potencial de aceite (PMR, RFF, NR, PA) no se encuentran disponibles para obtener las conclusiones y recomendaciones del caso debido a que están en pleno desarrollo. Sin embargo, esta pasantía contribuyó a fortalecer los conocimientos del pasante en el cultivo y en la investigación.

**Palabras clave:** productividad, tratamientos, partenocárpicos, polinización.

## ABSTRACT

The current research was carried out in lots of the Agro-Industries "Villa Claudia" company, located in the town of Yarima, municipality of San Vicente de Chucurí and Bajo Simacota, department of Santander. A randomized complete block design with seven treatments and four repetitions was used. A randomized complete block design with seven treatments and four repetitions was used. The treatments consisted of several mixtures of ANA and some controls: T1: liquid ANA; T2: solid ANA; T3: ANA + pollen; T4: ANA + pollen (3); T5: poliniza-6; T6: poliniza-6 + pollen; T7: pollen. The variables evaluated were: average cluster weight (PMR), fresh fruit clusters (RFF), number of clusters (NR), oil extraction potential (PA), which will be carried out during the six months immediately after the applications. Other variables were evaluated such as: rachis length, leaf area, leaf emission, number of clusters and floral structures, number of abortions and number of pollinating insects, which were measured at the beginning of treatment applications and six months later. For this reason, the results related to productivity and oil potential (PMR, RFF, NR, PA) are not available to obtain the conclusions and recommendations of the case because they are in full development. However, this internship helped strengthen the knowledge of the intern in cultivation and research.

**Keywords:** productivity, treatments, parthenocarpics, pollination.

## 1. INTRODUCCIÓN

La palma de aceite (*Elaeis guineensis Jacq*) es una planta tropical propia de climas cálidos que crece en tierras por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar, es oriundo de las costas del golfo de Guinea en África, se introduce a América como planta ornamental y alimenticia que los esclavos portugueses tenían como dieta de los viajes trasatlánticos en el siglo XVI, posteriormente los pobladores indígenas, adquieren la costumbre de producirlo para aprovechar su fruto; en Colombia se introduce en el año 1932 y desarrollado por primera vez por la multinacional “United Fruit Company” que explota las distintas cualidades del fruto de Palma y lo comercializa (Mujica, 2010).

La importancia de la Palma de Aceite radica por constituir un cultivo agroindustrial, que ocupa una significativa cantidad de mano de obra, tanto en la fase de campo, como en su fase productiva y de industrialización, proporcionándole así retribución a los pobladores y campesinos de los alrededores de los cultivos que han visto una manera de tener el ingreso para sus familias.

La producción de aceite de palma crudo alcanzó 1.630.413 toneladas, mostrando una variación positiva del 0,2 %, respecto a las 1.627.462 toneladas obtenidas en 2017. El rendimiento promedio nacional de aceite de palma crudo fue de 3,51 toneladas/ha en 2018, mostrando una variación de -7 % frente al 2017. Del mismo modo, la producción de almendra de palma (palmiste) fue de 328.952 toneladas, mostrando una variación del 0,2 % interanual, con 545 toneladas más respecto a las 328.407 reportadas en 2017 ( Fedepalma, 2017).

El híbrido interespecífico OxG, es un genotipo promisorio por su alta productividad, calidad de aceite, y resistencia parcial a la Pudrición del Cogollo. No obstante, su tasa de extracción de aceite bajo condiciones de polinización natural es muy baja. Las limitaciones en el llenado de racimos pueden estar asociadas a la baja producción de inflorescencias masculinas, la baja viabilidad y germinabilidad del polen, y la presencia de brácteas pedunculares indehiscentes en las

inflorescencias femeninas que dificultan el ingreso del polen (Hormaza, Fuquen, y Romero, 2012).

Para garantizar la formación de racimos comercialmente aprovechables se requiere de polinización asistida, actividad que resulta dispendiosa y costosa por la alta demanda de personal e insumos, ya que requiere visitar los lotes con una alta frecuencia (cada 48 horas) para la identificación de inflorescencias en la época receptiva (antesis) y técnicas adecuadas de conservación del polen con un buen porcentaje de viabilidad y germinabilidad al momento de la aplicación (Sánchez, *et al.*, 2011).

Por tal motivo el ensayo de investigación tuvo como objetivo evaluar el uso que tiene la aplicación del ácido alfa naftalenacético (ANA) sobre la formación de frutos partenocárpicos en el híbrido palma de aceite OxG para el mejoramiento en su producción y calidad.

## 2. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

Según Fedepalma (2012) afirma. Los Palmicultores de Colombia, reunidos en el XVIII Congreso Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, tomaron la decisión de crear su propio centro de investigación y fue así como en 1990 se gestó la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, inició su vida jurídica el 1 de enero de 1991, como una corporación de carácter científico y técnico, sin fines de lucro. De tal manera que Cenipalma trabaja con los Palmicultores para la obtención de mejores resultados y los servicios que el sector requiere, para aportar a la sanidad, productividad y sostenibilidad de esta agroindustria por medio de la investigación, generación de insumos y guías para la implementación de mejores prácticas. Actualmente su Misión es generar, adaptar, validar y transferir conocimiento, tecnologías, procesos y productos de interés estratégico para la agroindustria de la palma de aceite colombiana, con liderazgo y enfoque prospectivo, de acuerdo con las demandas y necesidades de los Palmicultores, en sus dos categorías: cultivadores y beneficiadores; seguidamente Cenipalma, cuenta con una visión donde este es un centro líder y de excelencia, dedicado a la generación y transferencia de tecnologías, para que el sector Palmicultor colombiano sea sostenible y competitivo.

Cenipalma se encuentra distribuido en cuatro zonas en Colombia 1. Zona oriental que abarca (Casanare, Cundinamarca y Meta), 2. Zona central (Antioquia, Bolívar, Cesar ,Cundinamarca , Norte de Santander y Santander ), 3.Zona norte ( Antioquia , atlántico , Bolívar , Cesar , Córdoba , Guajira , Magdalena y Sucre) y 4. Zona sur occidental (Caquetá, Cauca y Nariño).

Por otra parte Agroindustrias Villa - Claudia S.A. está ubicada en el corregimiento de Yarima, del municipio de San Vicente de Chucuri, y el Bajo Simacota del departamento de Santander, la actividad está dedicada desde los años 80 al cultivo y comercialización de Palma Africana, trayectoria que le ha permitido prestar un excelente servicio al público, brindando respaldo, seguridad, empleo

digno a sus trabajadores, siendo además destacada por su alto sentido de responsabilidad y compromiso social para el desarrollo de la región.

Actualmente la hacienda Villa Claudia cuenta con una extensión aproximada del cultivo de 950 hectáreas, en los últimos años ha alcanzado altos niveles de producción de fruto, siendo reconocida como una de las más importantes productoras del Magdalena Medio Santandereano.



### **3. OBJETIVOS.**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los efectos de Ácido Alfa Naftalenacético (ANA) sobre la formación de frutos partenocárpicos del híbrido OxG de palma de aceite.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la eficacia de la aplicación de Ácido Alfa Naftalenacético ANA sobre la formación de frutos partenocárpicos en cultivares híbridos OxG.
- Evaluar el efecto secundario de la aplicación de Ácido Alfa Naftalenacético ANA sobre parámetros vegetativos del híbrido OxG. (fitotoxicidad)
- Validar el efecto de la aplicación de Ácido Alfa Naftalenacético ANA sobre insectos y microorganismos en el suelo.

## 4 REVISION DE LITERATURA

### 4.1 ORIGEN

La palma aceitera es originaria de África, central y oriental de la región del Golfo de Guinea, extendiéndose aproximadamente hasta los 15 grados de latitud norte y sur. Desde tiempos remotos la planta crece de forma silvestre, siendo su fruto utilizado para la extracción del aceite para consumo humano. Durante el siglo XX se transforma en cultivo comercial, estableciéndose en varios países africanos para luego ser introducida en América difundiéndose y adaptándose rápidamente por todo el continente. Donde se distinguen varias regiones de Venezuela, Colombia, Brasil, Ecuador y Centroamérica (ACUPALMA, 2008).

### 4.2 CARACTERISTICAS BOTANICAS

La familia de las palmas Arecaceae, siempre ha formado un grupo distinto a las monocotiledóneas, el género *Elaeis* se basó en palmas introducidas en la Martinica y la palma de aceite recibió su nombre botánico de Jacquin (1763). En la actualidad hay tres especies aceptadas de *Elaeis*, las dos primeras palmas de aceite: *E. guineensis* y *E. Oleífera* (africana ) y la tercera es *Elaeis odora* (americana, ) no es cultivada conociéndose poco de ella (Corley y Tinker, 2009).

### 4.3 IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL CULTIVO

Siempre ha sido imposible estimar con exactitud la producción mundial del aceite y de la almendra de palma aceitera debido a las cantidades de producto que no son registradas porque provienen de palmares nativos, parcelas de pequeños propietarios, fincas y se utilizan para propósitos domésticos del agricultor o se venden localmente. La producción de aceite de palma crudo alcanzó 1.630.413 toneladas, mostrando una Variación positiva del 0,2 %, respecto a las 1.627.462 toneladas obtenidas en 2017. El Rendimiento promedio nacional de aceite de palma crudo fue de 3,51 t/ha en 2018, mostrando una variación de -7 % frente al

2017. Del mismo modo, la producción de almendra de palma (palmiste) fue de 328.952 toneladas, mostrando una variación del 0,2 % interanual, con 545 toneladas más respecto a las 328.407 reportadas en 2017. ahora bien en el 2018, el consumo nacional de aceite de palma fue de \$ 1'090.026 toneladas, un aumento del 8 % respecto al año anterior. ( Fedepalma, 2019).

#### **4.4 MORFOLOGIA Y FENOLOGÍA DE PALMA DE ACEITE**

Como bien sabemos la morfología es la encargada del estudio de la forma de las plantas en todas sus partes que sirven para diferenciar, estudiar o identificar de otras especies.

**4.4.1 Raíces:** El sistema radical de la palma de aceite es fasciculado, es decir, que a partir de la emergencia de la plántula esta emite una radícula que es reemplazada pronto por las raíces fasciculadas ( adventicias), que salen del punto de unión entre la radícula y el hipocótilo. Las raíces se originan en la base ensanchada del tronco, se ramifican y se extienden a diferentes distancias y profundidades.

Ahora bien las funciones principales de las raíces son:

a.- Absorción de agua y minerales (nutrientes) del suelo.

b.- Anclaje del cuerpo de la planta.

C.- Translocación del agua y minerales al tallo y de algunos productos fotosintéticos más allá del tronco.

#### **4.4.2 Tronco o estípite:**

La principal característica 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 continua con su crecimiento

vegetativo ( Adam , *et al.* , 2005 ; Drasfield & Uhl , 1998). El estípite es erecto , solitario y columnar , en el permanecen las bases peciolares de las hojas hasta la etapa adulta que , al caer dejan al descubierto cicatrices amplias y se aprecian los entrenudos ( Drans- field & Uhl, 2008; Latiff, 2000). Por otra parte, en la parte inferior (bulbo) es de forma dilatada y de él se originan las raíces.

El estípite tiene tres funciones : la primera es que sirve como soporte de las hojas ; la segunda es transportar el agua y los nutrientes minerales de la planta por el sistema vascular y , la tercera funciona como un órgano de almacenamiento de nutrientes , especialmente potasio (Latiff , 2000 ; Turner & Gillbanks , 2003 ). Un indicador del manejo de una plantación se puede observar a través de cambios en el diámetro del estípite, ya que refleja una variación en el estatus nutricional de la palma.

**4.3.4. Hojas:** en las etapas tempranas del desarrollo de la palma, 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 (Drasfield& Beentje, 1996). Después se divide solo a lo largo de la línea del raquis, cerca del ápice y se llaman bífidas (Drasfield &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 lamina foliar se desarrolla sobre el raquis como dos secciones secundarias al principio lisas. Luego, aparecen formándose 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 Abaxiales se separan y al madurar la hoja el alargamiento del raquis separa los folíolos entre sí. Por otra parte las hojas de las palmas tiene como regla general que las venas del haz (adaxial) son más gruesas que las del envés (abaxial)y poseen más haces vasculares , por lo tanto , cuando los pliegues abaxiales se separan ( escisión ) a lo largo de las venas , los

foliolos toman una forma de V invertida dando como resultado un foliolo reduplicado y al madurar la hoja el raquis separa los foliolos entre sí ( Henry 1955 ) , con la apariencia de una hoja madura pinnada , es decir que el eje es continuo desde el peciolo hasta el raquis y en este último se insertan los foliolos o pinnas tomando el aspecto de una pluma.

**4.3.5. Flores e inflorescencias:** En la familia Arecaceae hay dos tipos de floración (Tomlinson, 1990), la primera es la hapaxántica, con una transición abrupta al estado reproductivo, donde las ramas reproductivas se expanden y florecen después de que ha cesado el crecimiento vegetativo y la palma muere (solo ocurre en el 5 % de las palmas) y la pleonantica, donde a partir de un tallo solitario se producen las ramas florales (inflorescencias) en las axilas de las hojas vegetativas y continúan produciéndose a medida que la palma sigue su crecimiento vegetativo, es decir, la fase reproductiva es indeterminada y se presenta en el 95 % de las especies de palmas (Adam *et al.*, 2005).

Por otra parte, las especies del género *Elaeis* producen inflorescencias masculinas y femeninas por separado en la misma planta. Esta condición se denomina diclinia, la cual se divide en dos categorías: monoicas donde las flores masculinas y femeninas se producen en la misma planta, y dioicas, donde existen por separado plantas de ambos sexos. *Elaeis guineensis* se puede clasificar como monoica o 'dioica temporal', ya que se presentan secuencias o ciclos de floración en donde hay poca superposición o no, entre las flores estaminadas y pistiladas de una palma individual y es un medio empleado para conseguir la exogamia (Beule *et al.*, 2011), dando como resultado un tipo de reproducción alógama (polinización cruzada).

**4.3.6. Fruto:** El fruto de la palma de aceite es una drupa sésil cuya forma puede ser esférica, ovoide o alargada y algo abultada en el ápice; en longitud varía alrededor de 2 a 5 cm o más (Corley & Tinker, 2003), cuyo mesocarpio es

excepcionalmente rico en aceite (80 % de masa seca), haciendo de esta especie la de mayor rendimiento de aceite en el mundo (Murphy, 2009).

El fruto está conformado por el pericarpio, que consta del exocarpio o epidermo el cual es liso, duro y brillante. El mesocarpio o pulpa es de color amarillo-anaranjado, cuyo parénquima es rico en aceite, el endocarpio o cuesco que protege la almendra es duro, esclerificado, de color marrón oscuro a negro, su consistencia y grosor es una característica varietal y, finalmente, se encuentra el endospermo que ocupa toda la cavidad del endocarpo.

**4.3.7. Semilla:** Es una nuez que se localiza en la parte central del fruto. Las semillas de *Elaeis guineensis* constan de un endocarpio o cuesco de consistencia dura (ancho entre 0,5 a 5 mm); una a tres almendras provenientes de un ovario tricarpelar el cual está constituido por un tegumento o testa delgado de color pardo oscuro y cubierto por un tejido fibroso; un endospermo o albumen aceitoso, duro y de color blanco grisáceo, que posee una cavidad central. El embrión es lineal y se encuentra localizado frente al poro germinal, pero separado de este por el opérculo, constituido por una capa de células delgadas endospérmicas (Hartley, 1988).

Por su parte, las semillas de *E. oleifera* presentan un endocarpio de color castaño oscuro (negruzco), leñoso y recubierto por fibras; los poros germinativos son pequeños y se encuentran dispuestos en el ápice de la semilla. Normalmente, desarrolla una sola almendra de forma irregular pues adopta la forma del lóculo, pero por lo general es algo hundida y deprimida hacia la base. El albumen es corneo, blanco y, a veces, presenta una cavidad central; el embrión es basal, de 4,5 mm de largo por 1 mm de grosor y algo oblicuo hacia el interior (Vallejo, 1976). Entre tanto, las semillas del híbrido OxG asumen una forma ovoide, pero con un número variado de cúspides; poseen un color pardo oscuro con dimensiones de: 21,7 mm de largo; 18,1 mm de ancho y 2,5 mm de grosor del cuesco. El peso promedio es de 3,6 g con una almendra por semilla, aunque también puede presentar 2 o 3. La almendra del híbrido OxG es, en general, de forma ovoide,

mide en promedio 13,7 mm de largo; 10,6 mm de ancho y pesa 0,6 g (Chan & Romero, 2010., datos sin publicar). Una característica importante de los embriones es que presentan desarrollo incompleto (inmadurez fisiológica) (Guerrero *et al.*, 2011).

#### **4.4. FENOLOGIA DE LA PALMA DE ACEITE**

La fenología es la ciencia que estudia los fenómenos biológicos que se presentan periódicamente, acomodados a ritmos estacionales. El término viene de las raíces griegas *Phaino*, que significa mostrar, manifestar, y *logos*, tratado. Así, esta puede ser entendida como el estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas (Volpe, 1992; Schwartz, 2003). Ahora bien La toma de datos fenológicos es un instrumento fundamental para evaluar las decisiones que afectarán la vida del cultivo, como la planificación de la cosecha, la distribución de la mano de obra, la prevención de la necesidad de determinadas prácticas culturales como control fitosanitario, riego, control de las arvenses (competencias), etc.

La fenología es una herramienta que permite hacer referencia a un estadio concreto de la planta, independientemente de las fechas del calendario, y se centra en la descripción física del suceso (escala fenológica). De igual modo, la dinámica de las actividades vegetativas y reproductivas de los seres vivos, lo que se conoce como fenología y la aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales se llama fase fenológica o fenofase (Azcues, 2000), la cual se caracteriza por los cambios de tipo morfofisiológico. El intervalo entre dos fenofases constituye una etapa, es decir, que cada estadio característico de crecimiento de los órganos vegetativos y reproductivos es un estadio fenológico (Valor y Bautista, 2001).

Por otra parte, los cambios en el ambiente ejercen diferentes presiones en las plantas e influyen en forma prácticamente única en el desarrollo de cada una de las especies, dando como resultado diversas formas de crecimiento, interpretadas

como caminos distintos que han seguido para adaptarse a un determinado ambiente. No obstante, es posible identificar varios grupos funcionales de plantas que responden de manera similar a los cambios ambientales, aunque presentan diferencias con otros grupos, de tal manera que se pueden encontrar especies cuya floración u otra fenofase esté controlada por la temperatura, un fotoperíodo o la disponibilidad de agua como factores que desencadenan un determinado evento fenológico. (Alvarado, Foroughbakhch, Jurado y Rocha, 2002).

#### **4.5. EFECTO DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTO EN LA FORMACIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPICOS EN PALMA**

Los problemas fitosanitarios han impulsado la introducción de nuevos materiales con alguna tolerancia a enfermedades, como es el caso de los híbridos interespecíficos OxG (Restrepo, Navia, Ávila & Daza, 2012). Sin embargo, la tasa de extracción de aceite en condiciones de polinización natural es baja para los híbridos (Prada & Romero, 2012), por lo que este material exige polinización asistida para que los genotipos alcancen mayores potenciales de aceite (Sánchez, *et al.*, 2011), aun cuando esta labor demanda altos costos de producción principalmente debido a la mano de obra.

El Ácido Naftalenacético (ANA) es un regulador de crecimiento vegetal auxínico sintético ampliamente utilizado en agricultura, principalmente en la producción de cultivos hortofrutícolas, así como especies ornamentales. Se emplea para el enraizamiento de esquejes de plantas, para prevenir el aborto de frutos pre-cosecha, en la inducción floral, el raleo de frutos, entre otros procesos (Intagri, 2018).

Los cultivares híbridos OxG naturalmente producen un porcentaje de frutos partenocárpicos (frutos sin semilla) y esta característica es interesante debido a que la acumulación de aceite en el mesocarpio fresco de estos frutos puede llegar a valores cercanos al 50% (Ochoa, Suárez & Cayón, 2013).



En el año 2013, el grupo de Biología y Mejoramiento Genético de Cenipalma inició experimentos para determinar el potencial de reguladores de crecimiento para la inducción de frutos partenocárpicos. Se evidenció que los reguladores auxínicos eran los más indicados (Romero, 2018). Posteriormente se logró establecer que el regulador de crecimiento ácido 1-naftalenacético (ANA) en soluciones acuosas era capaz de inducir la formación de frutos partenocárpicos a partir de inflorescencias que no habían tenido polinización asistida. Se encontró un mayor efecto en el peso de los racimos y el contenido de aceite, en función del aumento en la concentración de ANA, logrando mejores resultados bajo una concentración de 1200 ppm. (Romero *et al.*, 2018). Fases posteriores de la investigación demostraron que la aplicación de ANA entre dos y tres veces por inflorescencia, en todos los estados fenológicos considerados (603, 607, 700 y 703), permite obtener racimos con pesos y extracción de aceite superiores (potenciales de aceite de hasta 33%) a los obtenidos con la polinización asistida con polen (Romero *et al.*, 2018). Cabe resaltar que los estados 700 y 703 de las inflorescencias ocurren 7 y 15 días después de la antesis. Es decir, que la aplicación de ANA permite el desarrollo y llenado de frutos incluso después de que las flores pierden su receptibilidad al polen. Del mismo modo, en ensayos comerciales en plantaciones ecuatorianas han alcanzado tasas de extracción de aceite (TEA) de 25% cuando se hacen aplicaciones de ANA en polvo en mezcla con talco y polen (Romero, 2018).

#### **4.6.1. Fitohormonas**

Las fitohormonas se definen como compuestos orgánicos que regulan diferentes procesos en el ciclo de vida de la planta como el crecimiento, diferenciación, metabolismo y morfogénesis; se producen en las células de la planta en bajas concentraciones (entre  $10^{-9}$ M a  $10^{-6}$ M), muy por debajo de la concentración de otros compuestos como nutrientes y vitaminas (Izumi *et al.*, 2009). Dependiendo de su concentración, estimulan o inhiben una misma respuesta (Davies, 2010),

que ocurre en un tiempo determinado en el desarrollo de la planta y se presenta solamente en un tejido u órgano específico (Srivastava, 2002).

#### **4.6.2. Auxinas**

Entre los reguladores de crecimiento más utilizados en la agricultura se encuentran las auxinas. Las auxinas se han empleado comercialmente en la prevención de la caída de frutos y hojas, la estimulación de la floración, la inducción de frutos partenocárpicos, el llenado de la fruta y el enraizamiento de esquejes para la propagación de plantas (Forestan y Varotto, 2012).

En el caso de la palma de aceite, se ha reportado la inducción de partenocarpia mediante la aplicación de reguladores de crecimiento en cultivares de *E. guineensis* (Keong, 1987; Thomas *et al.*, 1973), donde, reguladores auxínicos y giberélicos aplicados deliberada o accidentalmente sobre las inflorescencias de palma en anthesis mostraron diferente grado de efectividad en la inducción de partenocarpia con 100 % para el 2,4,5-TP, el ácido naftalenacético, el ácido giberélico, el 2,4-D y el picloran; y entre el 20 y el 80 % para el ácido indolbutírico, el 2-CPA, el 4-CPA y el 2,4,5-T. Sin embargo, los frutos partenocárpicos en *E. guineensis* tienen un contenido bajo de aceite debido a la disminución del tamaño medio del fruto y a los bajos contenidos de aceite en el mesocarpio (Corley y Tinker, 2003), por lo que la partenocarpia no es una condición deseada en los cultivares de *E. guineensis*, contrario a lo que se esperaría en cultivares OxG (Rincón *et al.*, 2013).

#### **4.6. CARACTERÍSTICAS DEL HIBRIDO OxG.**

Las especies del género *Elaeis* son alógamas, monoicas (Leon, 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), Además de presentarse dicha asíncrona, se encontró que los granos de polen no presentan la morfología de un grano normal, ni la

estructura propia de un grano de polen debidamente desarrollado, derivando consecuencias en la polinización natural por su bajo porcentaje de viabilidad , mostrando promedios del orden del 9,3%, convirtiéndose así en un inconveniente para el sector palmicultor , haciéndose necesario diseñar estrategias para realizar la polinización y el debido aprovechamiento del potencial productivo del híbrido (Bastidas *et al.*, 2006) .

## **5. MATERIALES Y METODOS**

### **5.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO**

La presente investigación se realizó en dos localidades: la primera en el lote 47 situado en las coordenadas 6.844676 N y -73.720278 W; y la segunda, en el lote 48 en las coordenadas 6.844676 N y -73.718323 W, en la plantación Villa-Claudia (Figura 1), la cual se encuentra ubicada en el corregimiento de Yarima – Santander, del municipio de San Vicente de Churri, las condiciones ambientales de la zona son : temperatura de 28°C , con una altura de 180 m.s.n.m , precipitación de 2300 mm / anuales , humedad relativa de 85 % , suelos ácidos , con saturaciones de aluminio por encima del 85 % , materia orgánica de 1- 2 % , una capacidad de intercambio catiónico menor a los 5meq/100 g de suelo.( Cenipalma- Sena, 2005 ).

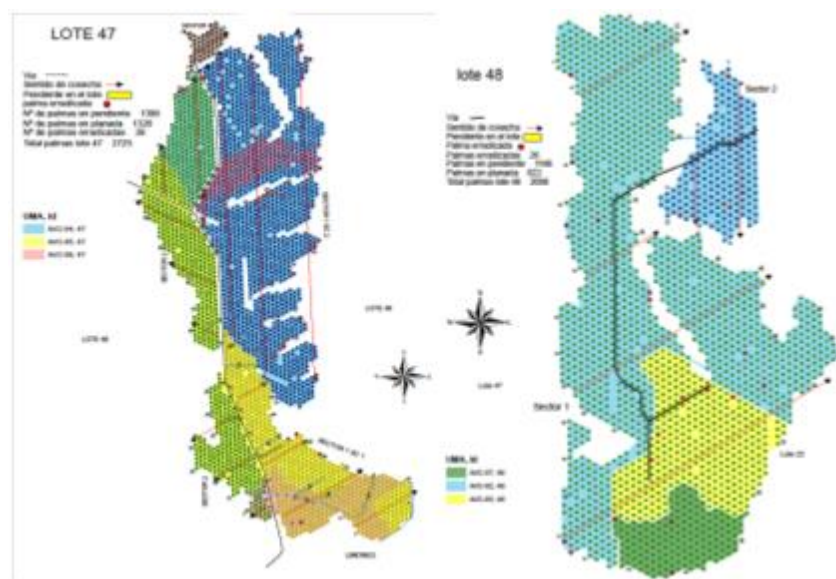


Figura 1. Mapa general de los lotes de Villa Claudia utilizados para el experimento. Cada color representa una UMA (Unidad de manejo Agronómico). Para más detalle ver Anexos.

Fuente: Plantación Villa – Claudia

## 5.2. VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES

### 5.2.1. Variables independientes:

- **Material vegetal:** se utilizó el material Híbrido OxG cultivar Coarí x La Mé.
- **Tratamientos:** como tratamientos se utilizaron diferentes mezclas de ANA y algunos testigos: ANA líquida; ANA sólido; ANA + polen; ANA + polen (3); poliniza-6; poliniza-6 + polen y polen.

### 5.2.2. Variables dependientes

#### Parametros de producción :

- **Peso medio de racimos (PMR):** Se registrará la sumatoria de racimos en un periodo de seis meses expresado en número de racimos / palma.
- **Racimos de fruta fresca (RFF):** Es la sumatoria del peso de los racimos en un periodo de seis meses. En este procedimiento se tuvo en cuenta el peso de

los frutos sueltos, ya que en largos periodos de registros este peso puede ser significativo. Esta variable se expresa en kilogramos de fruta fresca / racimo.

- **Número de racimo (NR):** Es la resultante entre la sumatoria de RFF dividido por la sumatoria del número de racimos en un periodo de seis meses y se expresa en kilogramos de materia fresca.
- **Calidad de las aplicaciones.** Se clasificarán todos los racimos cosechados de acuerdo a la formación de frutos en: clase 1 cuando más del 90% de frutos en el racimo fueron formados; Clase 2 cuando la formación de frutos en el racimo está entre el 70 y 89%; Clase 3 cuando la formación de frutos se encuentra entre el 50 al 69% y Clase 4 cuando la conformación de frutos es menor al 49% (Figura 2)

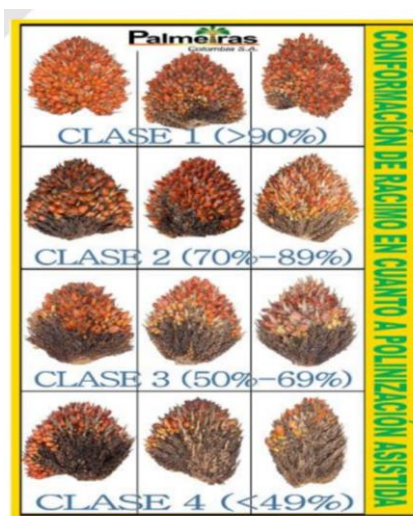


Figura 2. Escala de conformación de racimos en palmas de híbrido OxG.

Fuente : Palmeiras S.A

- **Número de racimos totales:** Se contaron el número de racimos totales presentes en la palma.
- **Número de inflorescencias femeninas y masculinas:** Se contaron las inflorescencias totales en la palma y se registraron según el sexo.

- **Número de la hoja con la estructura más joven:** Se ubica filotáxicamente la hoja que sustenta la inflorescencia femenina en anthesis, la masculina más joven o el racimo recién formado, según el caso.
- **Número de la hoja con el racimo más maduro:** Se ubica filotáxicamente la hoja que sustenta el racimo más próximo a la cosecha.
- **Abortos:** Se entiende por aborto a la pérdida de cualquier tipo de estructura floral. Se calculó mediante la fórmula:

$$\text{Total estructuras} = (\# \text{ infl. femeninas} + \# \text{ racimos})$$

$$\text{Número de abortos}$$

$$= (\# \text{ hoja con racimo más maduro} - \# \text{ hoja con infl. más joven}) -$$

$$(\text{Total estructuras} + \# \text{ de infl. masculinas}) + 1$$

- **Potencial de extracción de aceite (PA):** A partir del sexto mes de las aplicaciones se cosecharán en forma escalonada y durante un periodo de seis (6) meses, sesenta (60) racimos de cada tratamiento para determinar los componentes del racimo: peso de racimos (PR), proporción de aceite por racimo (AR), contenido de aceite por racimo (CA), proporción de aceite por mesocarpio seco (AMS), peso medio de los frutos partenocárpicos (PMFfp), proporción en peso de frutos a racimo (FR) y llenado de frutos (Fruit set), empleando la metodología establecida por Prada & Romero, (2012).

#### **Parametros de crecimiento :**

**Emisión foliar:** Esta medición permite conocer el número de hojas emitidas por la palma en un determinado periodo de tiempo. Se procedió a identificar la hoja uno (1) y se marcó con pintura en la base peciolar. Seis meses después (diciembre 2019) se hizo un conteo de las hojas emitidas.

**Número de hojas totales:** Se contaron el número total de hojas por palma.

**Largo del peciolo:** Se midió la longitud de la hoja 17 a partir del tronco hasta la inserción del primer foliolo.

**Largo del raquis:** Se realizó la medida en la hoja 17 con cinta métrica a partir de la ubicación de los primeros foliolos hasta la parte apical de la hoja en la unión de los foliolos terminales.

**Ancho y largo de peciolo:** Se midieron con calibrador o vernier el área de la sección transversal del peciolo en el punto de inserción del primer foliolo.

**Número de foliolos:** la cuenta de foliolos se realiza en la hoja 17 en el lado de la hoja con la ubicación de foliolos más abajo. El número de foliolos totales se obtiene a partir de la ecuación:  $NF = 2 * N$ , donde N es número de foliolos contados.

**Largo y ancho de foliolos:** Se ubican foliolos en la parte media de la hoja 17 y se extraen seis foliolos, tres a cada lado del raquis. La medición del largo inicia en la base de la nervadura central. La medida del ancho se hace en la parte central, por lo que se recomienda doblar a la mitad los foliolos.

**Altura del estípite:** Se midió la altura desde el suelo hasta la base peciolar de la hoja 41.

**Circunferencia del estípite:** Se mide el grosor del estípite a la altura de la hoja 41.

Con las anteriores mediciones se realizará el cálculo de los siguientes componentes vegetativos de la palma:

1. **Área foliar de la Hoja 17:**

$$AF = b * (n * lw)$$

Donde:

AF= Área foliar en metros cuadrados

N= Número de foliolos

$lw$  = Ancho del foliolo \* largo de foliolo en cm

$b$  = Factor de corrección. (para la palma es de 0.55) (Contreras, 1996)

## 2. Peso seco foliar (PSF):

$$PSF = 0.1023 * P + 0.2062$$

PSF = Peso Seco Foliar (kg)

$P$  = Ancho del peciolo \* espesor del peciolo (cm)

- **Número de insectos polinizadores:** se estimó la población de insectos polinizadores utilizando trampas elaboradas en cartonplas® blanco de 5x5 cm y cubiertas de pegante pegatrac®. Se utilizaron un total de 5 trampas por tratamiento en cada uno de los bloques. Para un total de 20 trampas / tratamiento.
- **Microorganismos del suelo:** Se determinará la diferencia entre microorganismos que habitan el suelo de palmas que fueron polinizadas con ANA y suelos de palmas sin ANA a través del tiempo. Se tomaron muestras de suelo en diferentes tiempos de colecta: (cero (0) meses, tres (3) meses y seis (6) meses, a una distancia del estípite de 10 cm, mitad del plato (1 metro aproximadamente y Externo del plato (2 m aproximadamente). Con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de ANA en la variabilidad de poblaciones de microorganismos del suelo se han realizado tres muestreos sobre tres puntos del plato de la palma. El primero se llevó a cabo en junio del 2019 antes de iniciar las aplicaciones, el segundo en septiembre y un tercer muestreo en diciembre del mismo año.

Los datos fueron analizados con un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p=0,05$ ) en el área de estadística de Cenipalma.



### 5.3. PROCEDIMIENTO

#### 5.3.1. DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE ÁCIDO ALFA NAFTALENACÉTICO (ANA) SOBRE LA FORMACIÓN DE FRUTOS PARTENOCÁRPICOS EN CULTIVARES HÍBRIDOS O<sub>x</sub>G.

En este experimento se utilizó un diseño en bloques completo al azar (DBCA), el cual estuvo constituido de siete tratamientos con cuatro repeticiones, donde cada unidad experimental correspondió a 50 palmas, de una plantación de 11 años de edad, establecida a una distancia de 9 m en sistema de triangulo. Los tratamientos se describen en la tabla

**Tabla 1.**

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos de la investigación

Tratamiento	Descripción	Aplicación
1	ANA líquida de 1200 ppm	Se aplicó 150 mL sobre inflorescencias en estadio 607 y 609.
2	ANA sólido al 8%	Se aplicó una mezcla de 3g de ANA con talco en una bomba insulfadora sobre inflorescencias en estadio 607 y 609.
3	ANA sólido al 8% + polen 3.3%	Se realizó una aplicación de una mezcla de ANA más polen, ingresando al lote una vez por semana.
4	ANA sólido al 8% + polen 3.3 % tres pases por semana	Se realizó una aplicación de una mezcla de ANA más polen, ingresando al lote tres veces por semana.
5	Producto comercial Poliniza-6 al 6%	Se aplicaron 4 g del producto sobre inflorescencias en estadio 607 y 609.
6	Producto comercial Poliniza-6 al 6% + polen	Se aplicaron 4 g por inflorescencia más polen.

7	Aplicación de polen	Se aplicó en las inflorescencias 607 una mezcla de 1:9 de polen y talco.
---	---------------------	--

La selección del área experimental dentro de la plantación fue realizada por un equipo de trabajo conformado por miembros de Cenipalma y la plantación Villa Claudia, donde se tuvieron en cuenta criterios como el estado actual de los lotes, zonas de acceso y topografía. Posteriormente, se ejecutó la marcación de los lotes seleccionados para la investigación, se hizo la distribución de bloques y tratamientos, y finalmente, se marcaron las palmas de tal forma que fuera fácil la ubicación de los tratamientos (Figura 3).

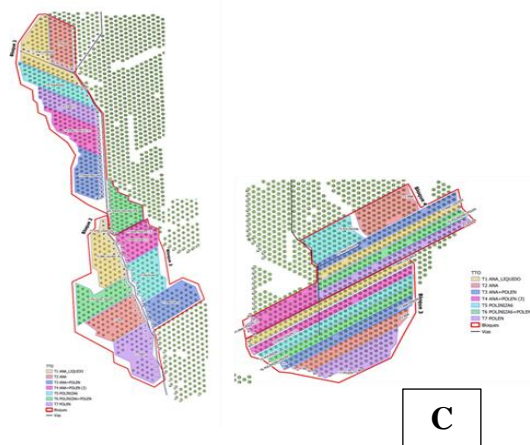


Figura 2. A). Estado de las palmas al momento de la evaluación; B). Selección de Plantas Híbridas; C). Marcación de los lotes 47 y 48 ubicados en la primera y última palma de las líneas y distribución de los tratamientos en cada lote.

Antes de la aplicación de los tratamientos se tomaron al azar cinco palmas por unidad experimental en el área de marcada, para la determinación de los siguientes estimadores de producción, con el fin de tener una referencia sobre el efecto de los tratamientos. Estas variables fueron: Peso medio de racimos, Racimo de fruta fresca, Número de racimo, Calidad de las aplicaciones, Número de racimos totales, Número de inflorescencias femeninas y masculinas, Número de la hoja con la estructura más joven, Número de la hoja con el racimo más maduro, Abortos y Potencial de extracción de aceite.

Los tratamientos fueron aplicados por polinizadores de la plantación, los cuales fueron previamente capacitados en esta práctica. Pasados seis meses, se procedió a medir nuevamente las variables de producción. Los datos fueron analizados con un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p=0,05$ ) en el área de estadística de Cenipalma.

### **5.3.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO SECUNDARIO DE LA APLICACIÓN DE ÁCIDO ALFA NAFTALENACÉTICO (ANA) SOBRE PARÁMETROS VEGETATIVOS DEL HÍBRIDO OxG. (FITOTOXICIDAD)**

Antes de la aplicación de los tratamientos se midieron en las mismas cinco plantas del enunciado anterior las variables de crecimiento con el fin de tener una referencia con el efecto de los tratamientos. Estas variables fueron: Emisión foliar, Número de hojas totales, Largo del peciolo, Largo del raquis, Ancho y largo de peciolo, Número de folíolos, Largo y ancho de folíolos, Altura del estípite, Circunferencia del estípite, Número de racimos totales, Número de inflorescencias femeninas y masculinas, Número de la hoja con la estructura más joven, Número de la hoja con el racimo más maduro, Abortos, Peso seco y Área foliar.

### 5.3.3. VALIDACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ÁCIDO ALFA NAFTALENACÉTICO (ANA) SOBRE INSECTOS Y MICROORGANISMOS EN EL SUELO.

En los experimentos anteriores (5.3.1 y 5.3.2), se ubicaron cinco trampas por tratamiento. Estas fueron elaboradas con un material blanco (CartonPlast) de 5x5 cm impregnadas con un pegante (Pegatrac) (Figura 7A). Las trampas fueron ubicadas junto a las inflorescencias femeninas en estado de antesis inicial y permanecieron durante cuatro días. Terminado ese tiempo, las trampas se llevaron al laboratorio de Cenipalma en donde se clasificaron y secontabilizaron los insectos por especie. (Figura 7A y 7B)



Figura 3. A) Ubicación de trampas en las inflorescencias femeninas en estado 607. B) colecta de las trampas. C) separación de los insectos colectados por especie.

Por otra parte, se realizó un muestreo de suelo con la intención de determinar si existe diferencia entre los microorganismos que habitan el suelo de palmas que fueron polinizadas con ANA y suelos de palmas sin ANA a través del tiempo. El tiempo de colecta fueron: cero, tres y seis meses, tomando una muestra a 10 cm de la planta, a mitad del plato 1 m aproximadamente y al extremo del plato 2 m

aproximadamente (Figura 8). El número de palmas muestreadas fue de 21, para un total de 189 muestras. La extracción de ADN se realizará en los laboratorios de Cenipalma utilizando un Kit DNA PowerSoil®



**Figura 4.**A) puntos de muestreos dentro del plato, B) almacenamiento de las muestras, C) rotulación de las muestras.

## 5.4 ANALISIS DE DATOS

Los datos serán procesados mediante un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey antes y después de la aplicación de los tratamientos.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

**6.1 Determinación de la eficacia de la aplicación de ácido alfa naftalenacético (ana) sobre la formación de frutos partenocárpicos en cultivares híbridos oxg**

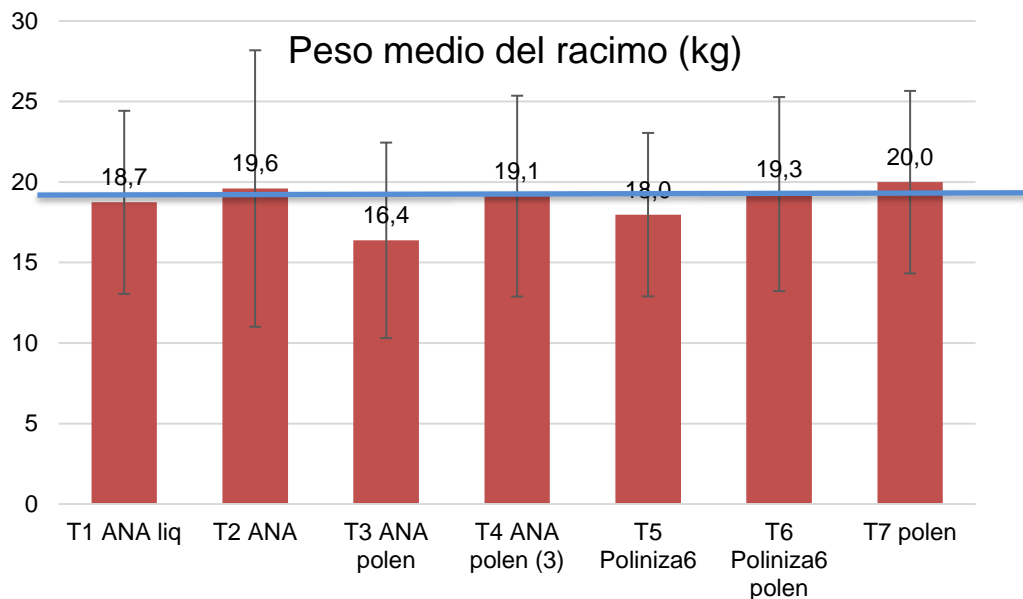
El periodo de aplicación de los tratamientos se llevó a cabo entre julio y diciembre del 2019. Durante los seis meses fueron tratadas 2.724 inflorescencias y 6.980 aplicaciones en total. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se aprecian estos valores por cada tratamiento y además por estadio fenológico. El tratamiento T7 siendo el testigo, evidencia la casi nula cantidad de estadios 609 tratados debido a su no receptibilidad al polen.

Tabla 2. Distribución de las inflorescencias tratadas y número de aplicaciones totales por tratamiento en el experimento.

Tratamiento	Inflorescencias tratadas			No. De aplicaciones totales
	607	609	Total	
T1: ANA liquido	200	281	481	1397
T2: ANA	199	255	454	1283
T3: ANA + polen	123	205	328	1023
T4: ANA + polen (3)	277	148	425	1185
T5: Poliniza-6	120	169	289	787
T6: Poliniza-6 + polen	92	200	292	850
T7: Polen	451	4	455	455
<b>Total general</b>	<b>1.462</b>	<b>1.262</b>	<b>2.724</b>	<b>6.980</b>

El registro de la productividad y calidad de las aplicaciones para determinar la eficacia del ANA sobre la formación de frutos partenocárpico, solamente puede llevarse a cabo aproximadamente 170 días después de la primera aplicación, cuando los racimos formados presenten criterios adecuados de cosecha: entre cinco y 10 frutos desprendidos, pérdida de brillo y alto porcentaje de cuarteamiento en los frutos. Por tal motivo, esta actividad fue proyectada para el segundo ciclo de cosecha del mes de enero del 2020.

(Figura 9). Solamente el tratamiento 3 (ANA + polen en un solo pase semanal), presentó una reducción considerable en el peso promedio de racimos (16,4 kg).

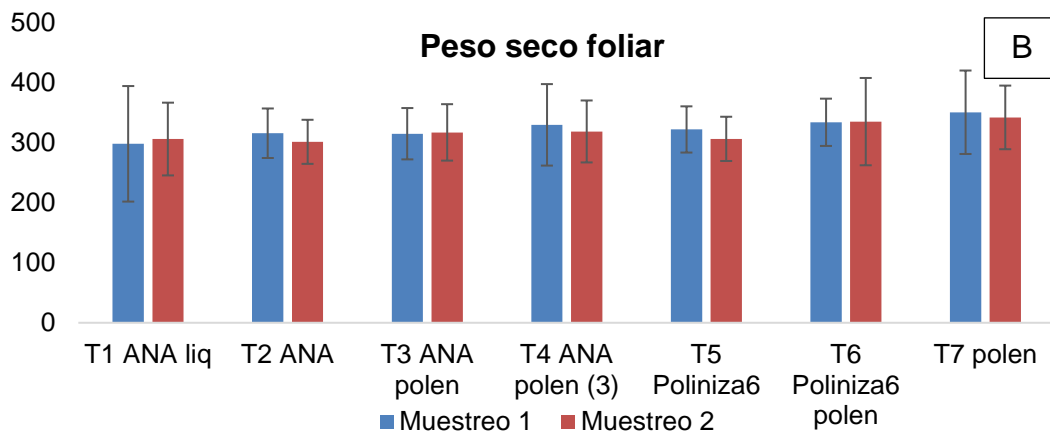
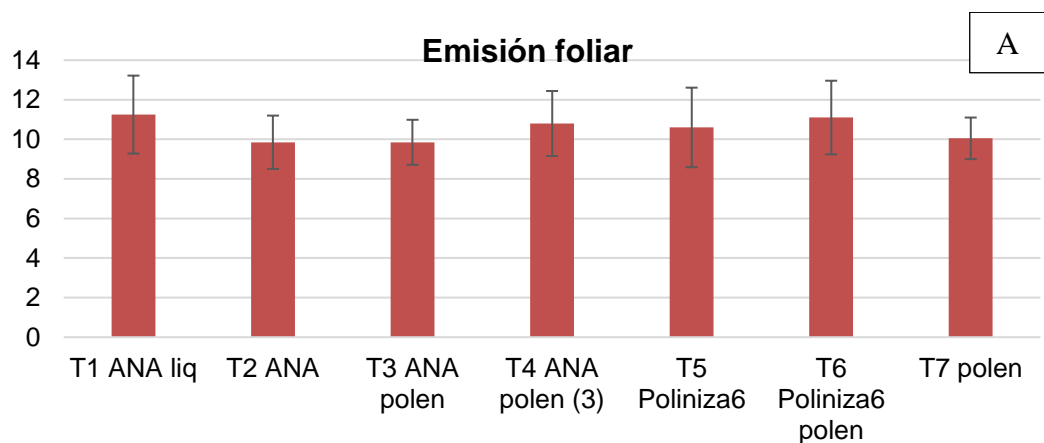


**Figura 9.** El peso medio del racimo en los diferentes tratamientos evaluados en la plantación Villa Claudia. La línea azul representa el promedio general en todos los tratamientos.

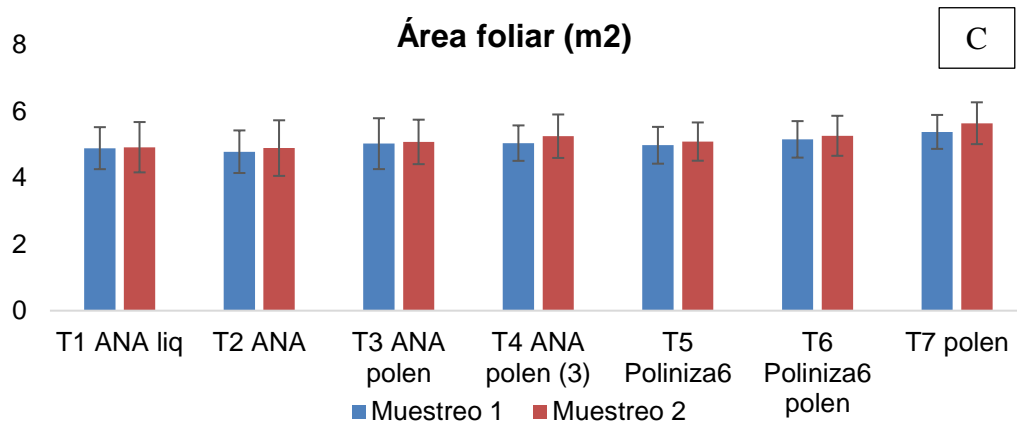
El corte de racimos para el análisis de componentes y cantidad de aceite se inició a partir de enero y seguirá durante seis meses más con el fin de completar 60 racimos por tratamiento, para un total de 420. De esta forma se garantizará obtener racimos de todos los meses de las aplicaciones. Cabe resaltar que después de la antesis transcurren aproximadamente 170 días para que los racimos cumplan con los criterios de cosecha que nos garantizan la máxima extracción de aceite sin pérdida de calidad.

## 6.2 Evaluar el efecto secundario de la aplicación de Ácido Alfa Naftalenacético ANA sobre parámetros vegetativos del híbrido OxG. (fitotoxicidad)

Para determinar el efecto de la aplicación de mezclas compuestas de ANA sobre parámetros vegetativos de las palmas, se realizaron medidas vegetativas y censos de producción en cada tratamiento durante el primer mes y a los seis meses. Posteriormente se realizará un año después de iniciar el experimento.







**Figura 10.** Parámetros vegetativos calculados A) Emisión foliar, B) Peso seco foliar y C) Área foliar en cada tratamiento.

La figura 10 (A) muestra la emisión foliar durante seis meses de aplicaciones permanentes, en donde se aprecia que no hubo diferencias entre los tratamientos.

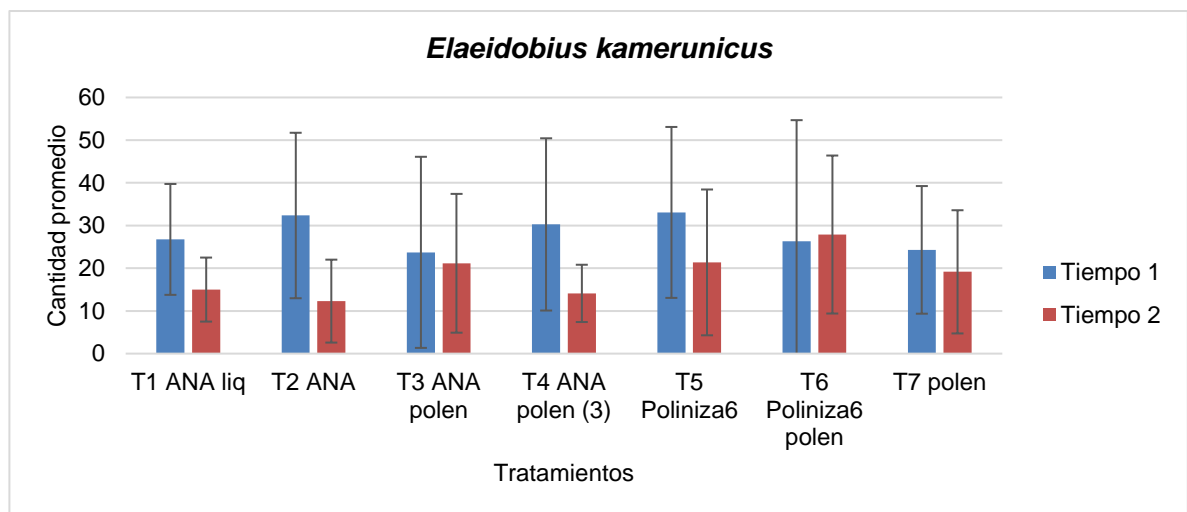
Para los parámetros de peso seco foliar y área foliar Figura 10 (B) y (C), no hubo diferencias entre los tratamientos ni entre los dos tiempos de muestreo. Esto es favorable para la tecnología de polinización con mezclas de ANA ya que no se generaron cambios desfavorables para la planta.

Tabla 3. Estadística descriptiva de *Elaidobus kamerunicus* y *Mystrops costaricensis* registradas en las trampas.

TIEMPO	TTO	n	<i>Elaidobus kamerunicus</i>					<i>Mystrops costaricensis</i>				
			Mín.	Máx.	Prom.	Desvest	Int. Conf.	Mín.	Máx.	Prom.	Desvest	Int. Conf.
Tiempo 1	T1 ANA liq	20	0	95,0	26,8	29,6	13,0	0	87,0	17,0	26,3	11,5
	T2 ANA	20	0	181,0	32,4	44,2	19,4	0	153,0	19,5	38,7	17,0
	T3 ANA polen	20	0	216,0	23,7	51,1	22,4	0	44,0	6,9	11,8	5,2
	T4 ANA polen (3)	20	0	160,0	30,3	46,0	20,2	0	145,0	17,7	41,4	18,2
	T5 Poliniza6	20	0	151,0	33,1	45,7	20,0	0	68,0	11,9	19,3	8,4
	T6 Poliniza6 polen	20	0	273,0	26,3	64,8	28,4	0	27,0	6,2	9,7	4,3
	T7 polen	20	0	119,0	24,3	34,1	14,9	0	138,0	24,3	37,8	16,6
Tiempo 2	T1 ANA liq	20	0	56,0	15,0	17,1	7,5	0	53,0	7,1	14,5	6,3
	T2 ANA	20	0	71,0	12,3	22,2	9,7	0	51,0	4,7	12,8	5,6
	T3 ANA polen	20	0	140,0	21,2	37,1	16,3	0	85,0	18,2	28,7	12,6
	T4 ANA polen (3)	20	0	45,0	14,1	15,3	6,7	0	155,0	18,8	42,8	18,7
	T5 Poliniza6	20	0	139,0	21,4	39,0	17,1	0	190,0	18,9	47,8	20,9
	T6 Poliniza6 polen	20	0	136,0	27,9	42,2	18,5	0	90,0	11,9	25,4	11,1
	T7 polen	20	0	114,0	19,2	32,9	14,4	0	82,0	11,2	24,5	10,7

### 6.3 Validar el efecto de la aplicación de Ácido Alfa Naftalenacético ANA sobre insectos y microorganismos en el suelo.

Se encontró en las trampas la presencia de algunos insectos visitantes del género *Coproporus* sp (Coleoptera), Syrphidae sp. (Díptera) y *Ermetia illucens* (Díptera). Éstos no son considerados polinizadores importantes porque algunos de ellos no visitan las inflorescencias masculinas y femeninas; simplemente son robadores de polen. Sin embargo, los principales insectos polinizadores de la palma de aceite son las especies *Elaeidobius Kamerunicus* (Coleoptera: Curculiionidae) y *Mystrops costaricensis* (Coleóptera: Nitidulidae). Puede apreciarse la alta variabilidad de los datos de insectos por tratamiento (tabla 3). Los resultados obtenidos muestran que no hay diferencias entre los tratamientos ni entre los tiempos de muestreo (figura 11).



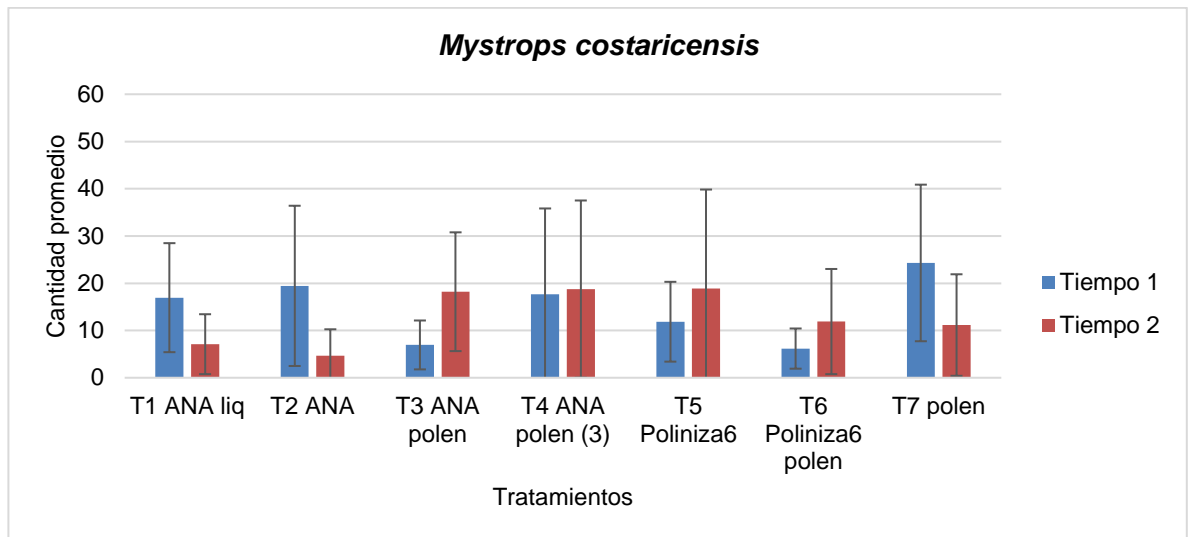


Figura 11. Cantidad promedio de: A) *Elaidobus kamerunicus* y B) *Mystrops costaricensis* en los dos muestreos realizados. Las barras de error corresponden al intervalo de confianza.

Es necesario continuar con los muestreos de la población de insectos para ver el efecto de las aplicaciones de ANA en periodos prolongados de tiempo; así mismo, relacionar las poblaciones con las condiciones ambientales de la zona, principalmente con la precipitación, ya que puede influir en el porcentaje poblacional

#### **Estimación de población de microorganismos del suelo.**

Se reunieron 189 muestras en total en las tres colectas. Cenipalma realizará la extracción de ADN con el Kit 'DNA PowerSoil® en laboratorios propios. Sin embargo, la secuenciación se realizará en laboratorios internacionales. Los resultados se tendrán en junio 2020.

## CONCLUSIONES

Con la aplicación de ANA se incremento el intervalo de tiempo en el cual se puede realizar la labor. Esto quiere decir que se elimina la necesidad de ir a la misma inflorescencia dos o tres veces por semana. Es decir que con el ANA se puede ejecutar la aplicación una vez por semana. Incrementando así el número de inflorescencias que el trabajador debe visitar; sin embargo, aunque pueda que el área diaria cubierta por el trabajador se reduzca, el área neta que se puede realizar en una semana se incrementa.

Parámetros vegetativos como emisión foliar, peso seco y área foliar no presentaron diferencias entre los tratamientos, ni entre los dos tiempos de muestreo; sin embargo, es recomendable continuar con estas evaluaciones durante un periodo mucho más prolongado.

La cantidad de insectos polinizadores en los tratamientos con mezclas de ANA no presentan diferencias con las inflorescencias tratadas con polen. Del mismo modo, no se presentaron diferencias entre el tiempo 1 y el tiempo 2. Esto indica que los insectos polinizadores no se reducen por la aplicación constante de ANA en las palmas.

El impacto social que tuvo la investigación empleada en el corregimiento de Yarima- Santander fue generar nuevos conocimientos y calidad en la mano de obra a través de capacitaciones al personal de trabajo en una metodología alternativa de polinización incorporada a las labores de la plantación.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Se debe realizar un mejor monitoreo en cuanto a la limpieza del estípite de las plantas para así facilitarle al trabajador la toma de datos en campo.
- ❖ Reorganizar mejor las placas que se encuentran ubicadas en cada palma, ya que hay unas que no lo están lo que dificulta un poco la toma de datos en el mismo.
- ❖ La plantación tomó la decisión de incluir como parte de sus labores el uso del ANA para la polinización de sus cultivos de Híbrido OxG. Y con base en lo aprendido durante el desarrollo de esta actividad, se recomienda a la plantación modificar la programación de la labor de polinización. Esto con el fin de obtener buenos rendimientos por persona, permitiendo asignar diariamente entre seis y siete hectáreas por individuo, con el fin de que al finalizar la semana ellos hayan logrado polinizar entre 25 y 30 hectáreas.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Acupalma, 2008. Generalidades de la Palma Aceitera/docs. Disponible en [www.acupalma.com](http://www.acupalma.com). Consultado 21 de Octubre 2019.
- Corley, R. & Tinker, P. 2009. La palma de aceite. World Agriculture Series. Cuarta Edición.
- Corley, R.H.V., Tinker, P.B., 2003. The Oil Palm, Fourth Edition, Blacwell S. ed, Blackwell Publishing, Inc. Blacwell Science, UK. doi:10.1016/j.agsy.2004.06.012.
- Davies, P.J., 2010. Plant Hormones Biosynthesis, Signal Transduction, Action!, 3rd ed. Springer, Ithaca, NY,U.S.A. doi:10.1007/978-1-4020-2686-7
- Forestan, C., Varotto, S., 2012. The Role of PIN Auxin Efflux Carriers in Polar Auxin Transport and Accumulation and Their Effect on Shaping Maize Development. Mol. Plant 5, 787–798. doi:10.1093/mp/ssr103
- Hormaza, P., Fuquen, E. & Romero, H., 2012. Phenology of the oil palm interspecific hybrid *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*. Sci. Agric. 69, 275–280.
- Izumi, Y., Okazawa, A., Bamba, T., Kobayashi, A., Fukusaki, E., 2009. Analytica Chimica Acta Development of a method for comprehensive and quantitative analysis of plant hormones by highly sensitive nanoflow liquid chromatography – electrospray ionization-ion trap mass spectrometry 648, 215–225. doi:10.1016/j.aca.2009.07.001
- Keong, W.C., 1987. Development of parthenocarpic fruits in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) due to application of herbicides. Planter 63, 90–95.
- Prada, F. y Romero, H., 2012. Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite, Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite guía de facilitadores, cosecha. Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, Bogotá.

- Rincón, S., Hormaza, P., Moreno, L., Prada, F., Portillo, D., García, J., Romero, H.M., 2013. Use of phenological stages of the fruits and physicochemical characteristics of the oil to determine the optimal harvest time of oil palm interspecific OxG hybrid fruits Sandra. *Ind. Crop. Prod.* 49, 204–210. doi:10.1016/j.indcrop.2013.04.035
- Romero, H. M., Daza, E., Urrego, N., Rivera, Y. (2018). La polinización artificial con reguladores de crecimiento incrementa la producción de aceite en híbridos interespecíficos OxG. Presentación XIX Conferencia Internacional Sobre Palma de Aceite. <http://web.fedepalma.org/xviii-conferencia/es/Presentaciones-Modulo-1Cenipalma>
- Romero, H. M. (2018). Polinización artificial de híbridos OxG para la obtención de frutos partenocárpicos y la producción de aceite (*Elaeis oleífera* Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Boletín El Palmicultor*, (558 agosto), 15-18. Recuperado a partir de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/12557>
- Sánchez, A., Daza, E., Ruiz, R., y Romero, H. 2011. Polinización asistida en palma de aceite. *Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores*. Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, Bogotá.
- Srivastava, L.M., 2002. *Plant Growth and Development*, Plant Growth and Development. doi:10.1016/B978-012660570-9/50152-0
- Thomas, R.L., Seth, A.K., Chan, K.W., Ooi, S.C., 1973. Induced Parthenocarpy in the Oil-palm. *Ann. Bot.* 37, 447–452.



## 8. ANEXOS

**Anexo C. Hibrido**



**Anexo B. Distribución geográfica**



**Anexo A. Marcación de los tratamientos**



**Anexo F. Distribución de los tratamientos**

LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
T3	T2	T1	T5	T6	
T4	T7	T4	T2	T4	T7

T1: ANA liquido  
T2: ANA  
T3: ANA + POLEN  
T4: ANA + POLEN (3)  
T5: POLINIZA\_6  
T6: POLINIZA\_6 + POLEN  
T7: POLEN

**Anexo E. Polen utilizado para las**



**Anexo D. Preparación de**



**Anexo I. Mezclas de ANA solida**



**Anexo H. Preparación de ANA liquida.**



**Anexo G. Mezcla de ANA liquida**



**Anexo L. Cyber Tracker**



**Anexo J. Escarpetada de la inflorescencia**



**Anexo K. Flor polinizada con ANA**



**Anexo N. Aplicación de ANA líquida**



**Anexo M. Aplicación de ANA sólida.**



**Anexo Ñ. Bomba insulfadora para ANA sólido.**

