

**SEGUIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FENOLÓGICA DE INFLORESCENCIAS  
FEMENINAS EN TRES CULTIVARES DEL HÍBRIDO INTERESPECÍFICO O<sub>x</sub>G  
BAJO CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA CENTRAL DE COLOMBIA**

**JUAN DIEGO TUIRAN MOGOLLON**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DESARROLLO RUAL  
MONTERÍA  
2020**

**SEGUIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FENOLÓGICA DE INFLORESCENCIAS  
FEMENINAS EN TRES CULTIVARES DEL HÍBRIDO INTERESPECÍFICO O<sub>x</sub>G  
BAJO CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA CENTRAL DE COLOMBIA**

**JUAN DIEGO TUIRAN MOGOLLÓN**

**Trabajo de grado en la modalidad pasantía presentado como requisito  
parcial para obtener el título de ingeniero agrónomo.**

**ASESOR DOCENTE**

**LUÍS FELIPE DE LA OSSA PUELLO, I.A. M.Sc.**

**ASESOR DE LA EMPRESA**

**CRISTIHIAN JARRI BAYONA RODRIGUEZ, Biólogo PhD.**

**CENIPALMA**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DESARROLLO RUAL**

**MONTERÍA**

**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

---

---

Luís Felipe D la Ossa Puello, M.Sc.  
Director

---

Karol Darío Pérez García, M.Sc.  
Jurado

---

Edgar Rafel Manotas Olascoaga, M.Sc  
Jurado

Montería, noviembre 2020

## **DEDICATORIA**

A mis padres Emma Mogollon y Lenin Tuiran por haber ayudado y contribuido en todo mi proceso educativo.

A mi abuela Evie y al señor Rodolfo Barrientos por ser una ayuda incondicional en todo momento.

Al resto de mi familia y amigos que a lo largo de mi vida me han impulsado a nunca desfallecer en los momentos más arduos, en especial a Ximena Tuiran, Darío Tuiran, Diego Hernández, Fredy Castro, Oswaldo Petro, Juan Arévalo, Emiro Begambre y Mari Cantero.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme la vida y brindarme entendimiento en mis procesos educativos.

A mis padres, por el constante apoyo, el cual han sido una catapulta para el alcance de mis metas.

A la Universidad de Córdoba y a todo el cuerpo de profesores del Programa de Ingeniería Agronómica que contribuyeron a mi formación como profesional. En especial al ingeniero Luis De La Ossa. Gracias a todos por sus ayudas y consejos.

A Cenipalma por darme la oportunidad de adentrarme a nuevos conocimientos y procesos investigativos, los cuales serán útiles para el complemento de mi profesión. Le doy gracias al Dr. Cristihian Bayona, a los ingenieros Arley Caicedo, Andrés Tupaz y a los Auxiliares de Campo Pedro Parada y Wilson Díaz. Por todo lo que aportaron y colaboraron en este proceso.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA.....	17
3. OBJETIVOS.....	19
3.1. OBJETIVO GENERAL .....	19
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
4. MARCO TEÓRICO .....	20
4.1. ORIGEN DE LA PALMA AFRICANA.....	20
4.2. INTRODUCCIÓN A COLOMBIA .....	20
4.3. PRODUCCIÓN MUNDIAL.....	21
4.4. GÉNERO <i>Elaeis</i> .....	22
4.5. CARACTERÍSTICA DE LA PALMA AFRICANA <i>Elaeis guineensis</i> .....	23
4.6. CARACTERÍSTICAS DE LA PALMA AMERICANA <i>Elaeis oleífera</i> . .....	23
4.7. CARACTERÍSTICA DEL HÍBRIDO INTERESPECÍFICO (OxG) .....	24
4.8. HÍBRIDO COARÍ X LA MÉ.....	25
4.8.1. Ventajas del híbrido .....	26
4.8.2. Desventajas de híbrido .....	27
4.9. INFLORESCENCIA FEMENINA .....	27
4.10. ASINCRONÍA FLORAL .....	31
4.11. ESCALA EXTENDIDA BBCH.....	32
4.12. ESTADIO DE FLORACIÓN DEL HÍBRIDO OXG .....	33
5. METODOLOGÍA.....	36
5.1. INDUCCIÓN DEL TEMA A TRATAR .....	36
5.2. SELECCIÓN DE LOTES.....	36

5.3.	MARCACIÓN DE INFLORESCENCIAS FEMENINAS.....	37
5.4.	SEGUIMIENTO Y TOMA DE DATOS DE INFLORESCENCIAS .....	38
5.5.	IDENTIFICACIÓN DE INFLORESCENCIAS ASINCRÓNICAS Y SINCRÓNICAS.....	39
5.6.	SEGUIMIENTO Y TOMA DE DATOS DE INFLORESCENCIAS ASINCRÓNICAS Y SINCRÓNICAS .....	39
5.7.	TOMA DE DATOS PARA DETERMINAR FRECUENCIA DE ASINCRÓNICA.....	39
5.8.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	40
5.9.	TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	40
5.10.	INFORME FINAL .....	40
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
6.1.	DURACIÓN DE ESTADIOS FENOLÓGICOS.....	42
6.2.	DESCRIPCIÓN DEL PERIODO DE ANTESIS EN INFLORESCENCIAS FEMENINAS SINCRÓNICAS Y ASINCRÓNICAS.....	46
6.3.	FRECUENCIA DE APARICIÓN DE FLORES FEMENINAS ASINCRÓNICAS.....	50
7.	CONCLUSIONES .....	52
8.	RECOMENDACIONES.....	53
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	54
10.	ANEXOS.....	57



## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Evolución histórica anual de Aceite de Palma extraído en Colombia (Toneladas)..... .....	22
Tabla 2. Descripción de subestadios en la floración del híbrido interespecífico OxG. tomado de (C. Forero et al., 2017), zona central foto: J. Tuiran, 2020....	34
Tabla 3. Días de duración de los estadios de desarrollo de las inflorescencias en los cultivares Brasil x Djongo, Coarí x La Mé y Manaos x Compacta.....	43
Tabla 4. Dia de duración de los estadios de los estadios de desarrollo de inflorescencias de <i>Elaeis guineensis</i> (material IRHO) zona central.....	44
Tabla 5. Ubicación foliar de los estadios en los híbridos evaluados.....	46
Tabla 6. Duración del periodo de tiempo del estado de antesis en flores sincrónicas y asincrónicas en tres cultivares híbrido.....	48
Tabla 7. Características de la antesis en las inflorescencias femeninas del híbrido interespecífico OxG Amazon (Manaos x Compactacta). Palmas de 7 años de edad.....	48

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Figura 1. Participación de especies oleaginosas en la producción de aceites vegetales.....	15
Figura 2. Partes de la inflorescencia femenina OxG. a) prófalo como última capa de protección de la inflorescencia, b) bráctea peduncular acompañando la inflorescencia, c) Inflorescencia liberada de sus dos capas protectoras.....	23
Figura 2. Partes de la inflorescencia femenina del híbrido interespecífico OxG. a) Inflorescencia en preantesis II, pd (pedúnculo), rqla (raquillas) b) rquis (raquis), identificación de la espiral c) Raquilla con flores en antesis.....	24
Figura 4. Raquillas en antesis. a) brácteas cortas de la flor del híbrido OxG b) brácteas de la flor largas y espinosas de <i>E. guineensis</i> .....	24
Figura 3. Inflorescencias femeninas asincrónicas del híbrido interespecífico OxG.....	25
Figura 6. Estructura general de la escala BBCH, se puede observar estadios primarios, mesoestadios y etapas de crecimiento secundarios.....	27
Figura 7. Ubicación de los lotes del Campo Experimental Palmar de la Vizcaína con siembras de cultivares Coarí x La Mé, Brasil x Djongo y Manaos x Compacta del año 2015.....	31
Figura 8. Estadio 601 e identificación de inflorescencias. a) En este momento la bráctea peduncular empieza a rasgarse hacia la mitad. b y c) Marcación de inflorescencias.....	32

Figura 9. Registro de los estadios de desarrollo de la floración. En el orden de cada fila 601, 602, 603, 607 y 609 para cada cultivar híbrido evaluado: (A) Brasil x Djongo, (B) Coari x La Mé, (C) Manaos x Compacta.....	36
Figura 10. Número de días transcurridos entre cada estadio de desarrollo de las inflorescencias en los híbridos evaluados.....	37
Figura 11. Diagrama box plot para la variable intervalo de tiempo (horas) de flores en estado de antesis en inflorescencias (A) sincrónicas y (B) asincrónicas en los híbridos evaluados.....	41
Figura 12. Asincronía leve de inflorescencias.....	43
Figura 4. Cantidad de inflorescencias femeninas y masculinas totales contabilizadas durante los siete meses evaluados.....	44
Figura 14. Frecuencia de aparición de estructuras sincrónicas, asincrónicas, inflorescencias masculinas, andróginas y hermafroditas en los híbridos evaluados.....	45

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pag.</b>
<b>Anexo 1.</b> Formato para la toma de datos de frecuencia de asincronía.....	57
<b>Anexo 2.</b> Formato para la toma de datos de la duración de estadios de inflorescencias sincrónicas y asincrónicas.....	58
<b>Anexo 3.</b> Mapa del bloque 4.....	59
<b>Anexo 4.</b> Algunos materiales utilizados.....	60

## RESUMEN

Esta investigación se realizó con el propósito de mejorar la eficiencia de labores agronómicas en tres cultivares del híbrido interespecífico OxG: Coarí x La Mé, Manaos x Compacta y Brasil x Djongo mediante la escala BBCH, determinando fenológicamente el proceso de floración femenina. Este ensayo fue llevado a cabo en el lote dos (2) y tres (3) del Bloque cuatro (4) en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (CEPV) (Barrancabermeja-Santander). Se hizo un seguimiento diario a las inflorescencias seleccionadas o en ocasiones día de por medio. Mediante un formato escrito y fotográfico se determinó la duración de los estadios de floración, la descripción en el periodo receptivo de inflorescencias sincrónicas y asincrónicas y la frecuencia de asincronía en cada uno de los cultivares. Se determinó que el material Manaos x Compacta presentó un ciclo tardío de floración en comparación con Coarí x La Mé y Brasil x Djongo. Manaos x Compacta también presentó la posición filotaxica más antigua en comparación de Coarí x La Mé y Brasil x Djongo. En cuanto a la duración del estadio 607, el cultivar que presentó mayor tiempo de receptividad en inflorescencias sincrónica fue Manos x Compacta, mientras que el cultivar con mayor tiempo de receptividad en inflorescencias asincrónicas fue Coarí x La Mé con 122,7 horas. Por otro lado, el cultivar que presentó mayor frecuencia de asincronía en el primer semestre de 2020 fue Manaos x Compacta, éste también presentó mayor cantidad de inflorescencias femeninas y masculinas.

**Palabras Clave:** Asincronía, Sincronía, Híbrido interespecífico, BBCH scale.

## ABSTRACT

This research was carried out with the purpose of improving the efficiency of agronomic work in three cultivars of the interspecific hybrid OxG: Coarí x La Mé, Manaos x Compacta and Brasil x Djongo using the BBCH scale, phenologically determining the female flowering process. This trial was carried out in lots two (2) and three (3) of Block four (4) in the Palmar de La Vizcaína Experimental Field (CEPV) (Barrancabermeja-Santander). The selected inflorescences were monitored daily or occasionally every other day. Using a written and photographic format, the duration of the flowering stages, the description in the receptive period of synchronous and asynchronous inflorescences and the frequency of asynchrony in each of the cultivars were determined. It was determined that the Manaos x Compacta material presented a late flowering cycle compared to Coarí x La Mé and Brasil x Djongo. Manaos x Compacta also presented the oldest filotaxic position compared to Coarí x La Mé and Brasil x Djongo. Regarding the duration of stage 607, the cultivar with the longest receptivity time in synchronous inflorescences was Manos x Compacta, while the cultivar with the longest receptivity time in asynchronous inflorescences was Coarí x La Mé with 122.7 hours. On the other hand, the cultivar that presented the highest frequency of asynchrony in the first semester of 2020 was Manaus x Compacta, this also presented the highest number of female and male inflorescences.

**Keywords:** Asynchrony, Synchrony, Interspecific hybrid, BBCH scale.

## 1. INTRODUCCIÓN

El híbrido interespecífico OxG de palma aceite, es el resultado del cruzamiento de dos especies; la palma americana (*Elaeis oleifera* HBK Cortés) y la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq). Este cruce presenta algunas características positivas para el palmicultor, entre las cuales están: i) altos niveles de resistencia a la enfermedad pudrición de cogollo (PC) (Alvarado, 2013), ii) crecimiento lento, iii) alta producción de racimos de fruta fresca, iv) calidad del aceite. Estas particularidades lo convierte en un cultivar muy prometedor a nivel local y mundial (Bayona & Romero, 2019). Sin embargo, para garantizar la producción de racimos comercialmente aprovechables, es necesario realizar polinización asistida; la cual consiste en la colecta y liberación controlada de polen sobre las inflorescencias femeninas en fase de anthesis (Forero, Hormanza, moreno, y Ruiz 2017) o la polinización artificial que se fundamenta en aplicaciones de reguladores de crecimiento tipo auxinas en diferentes estadios fenológicos para la formación de frutos partenocárpicos (Romero, 2018). En Colombia hay aproximadamente 67.919 hectáreas sembradas en híbridos OxG, que representan al 14% del área total; distribuidas en sitios en donde el inóculo de la enfermedad (PC) ha impactado con mayor fuerza; en Zona Oriental 29.970 has, Zona Central 19.902, Zona Suroccidental 18.047 (Ayala & Romero, 2019), siendo estos cultivares una alternativa para la palmicultura.

En palma de aceite y en todos los cultivos en general, las observaciones fenológicas han sido usadas por los agricultores para maximizar la producción con una correcta sincronización de las labores agrícolas con el crecimiento del cultivo (Forero et al., 2017). Razón por la cual es importante conocer la fenología floral y el tiempo que duran los estadios en el híbrido OxG. Toda vez, que la práctica de polinización debe hacerse bajo la más estrictas condiciones de calidad y oportunidad para que sea efectiva (Romero, 2018). Ahora bien, conociendo la relación tiempo oportuno e

información fenológica de los cultivares, se podrá realizar esta actividad eficientemente ahorrando costos de producción.

Cenipalma desarrolló para el cultivo de palma de aceite la escala BBCH en el cual se encuentran definidas y descritas las principales fases de crecimiento de la palma, entre ellas está la parte de floración; la cual presentan 6 estadios: 601, 602, 603, 607 y 609 (Forero et al., 2017). Sin embargo, actualmente en el mercado se encuentran comercializando diferentes cultivares; cada casa comercial cuenta con madres *E. oleifera* de diferentes orígenes (p: Perú, Brasil, Ecuador, Centro América) y esta variabilidad genética trae consigo diferencias en sus progenies. Esto puede generar variaciones en el tiempo que tarda en transcurrir cada estadio, sumado al posible efecto de los factores ambientales.

Existe un gran desconocimiento en cuanto a la biología floral y su comportamiento fenológico en los híbridos interespecífico OxG en palma de aceite. El Campo Experimental Palmar de La Vizcaína cuenta con distintos cultivares de interés comercial, entre ellos están: Coarí x La Mé, Manaus x Compacta, Brasil x Djongo, que carecen de información referente a la duración de los estadios fenológicos de la floración, sincronía y asincronía de las inflorescencias y otras características morfológicas de interés. Es de suma importancia entender y detallar la fenología floral de estos tres cultivares, ya que conociendo dicha información se podrá gestionar de manera eficiente las labores agronómicas tales como la inducción artificial de la partenocarpia o la polinización asistida, esto podría garantizar una buena calidad de racimo, ahorro de costos de producción y por lo tanto competitividad en el sector palmero.



## 2. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

A finales de la década del ochenta, cuando Colombia ya contaba con cerca de 100.000 hectáreas sembradas de palma de aceite, se agudizaron los problemas tecnológicos del cultivo, especialmente en lo relacionado con la proliferación de múltiples plagas y la afección de enfermedades. Esto coincidió con el inicio de la transformación de la política de investigación agrícola en Colombia, y en consecuencia, se hacía necesario que el país desarrollara su propia investigación en palma de aceite (Fedepalma, n.d.).

Frente a estas tendencias, el XVII Congreso Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite tomó la decisión de crear su propio centro gremial de investigación, y fue así como el 22 de septiembre de 1990 se gestó la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), que inició su vida jurídica el 1 de enero de 1991 (Fedepalma, n.d.). Los estatutos aseguran que “Como empresa privada sin ánimo de lucro está reconocida por la alcaldía de Bogotá mediante la resolución No. 777 del 28 de octubre de 1991, identificada tributariamente con número de NIT: 800.145.882-4” (Estatutos, 2001).

Actualmente 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 (Cenipalma, n.d.). Para llegar a esto y poder brindar acompañamiento a más productores palmeros, la empresa cuenta con sedes distribuidas en todo el país y cada una fortalece su investigación en un tema en específico; en la zona norte se encuentra El Campo Experimental Palmar de La Sierra (CEPS) ubicado en el kilómetro 64 de la vía Santa Marta – Fundación en el municipio zona bananera; su principal objeto de estudio es el uso eficiente de los recursos hídricos. En la zona oriental está El Campo Experimental Palmar de Las Corocoras (CEPC), su enfoque

principal son Proyectos de investigación con énfasis en Agronomía y Plantas de Procesamiento de Aceite de Palma, éste está ubicado en el municipio de Paratebueno del departamento de Cundinamarca. El siguiente campo de investigación se encuentra en la zona central; Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (CEPV), es el más antiguo y es el Campo Experimental con mayor área, aproximadamente cuenta con 803 hectáreas y 241 hectáreas cultivadas distribuidas en Palma Africana (*Elaeis guineensis*), el híbrido Interespecífico O x G y una colección de trabajo de la especie *E. oleifera* de diferentes orígenes. Su principal enfoque es el mejoramiento genético y se encuentra localizado en el municipio de Barrancabermeja vereda los peroles. En la parte suroccidental del país se encuentra la Finca experimental la Providencia, que luego de un convenio en el año 2016, a manera de Cooperación Técnica y Científica firmado entre Cenipalma y Agrosavia, se logra la disponibilidad de 70 hectáreas cultivables para el desarrollo de nuevos proyectos de investigación en la zona; Su pilar en investigación son los proyectos con énfasis en Plagas y Enfermedades debido a que fue una zona devastada por la (PC). La finca Experimental se encuentra en departamento de Nariño, municipio Tumaco, vereda Pital (Cenipalma,n.d.).

La oficina central se encuentra en la Ciudad de Bogotá en donde se trazan nuevos objetivos y líneas de trabajo. La mesa directiva está constituida por: Director General De Cenipalma; Alexandre Patrick Cooman, director de investigación; Hernán Mauricio Romero, y coordinadores de programas. Todos los programas giran y funcionan entorno a la mejora de la productividad de la palma de Aceite en Colombia; con ayuda de todos los investigadores, personal administrativo, auxiliar, estudiantes y cooperativas que apoyan a la empresa.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Mejorar la eficiencia de labores agronómicas de los cultivares del híbrido interespecífico OxG: (Manaos x Compacta, Coarí x La Mé y Brasil x Djongo) mediante la escala BBCH determinando fenológicamente el proceso de floración.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer el tiempo que tarda en transcurrir los estadios (601, 602, 603, 607) en inflorescencias femeninas comparando cada uno de los cultivares.
- Describir el periodo de antesis de inflorescencias femeninas sincrónicas y asincrónicas en tres cultivares del híbrido interespecífico OxG.
- Determinar la frecuencia de aparición de flores femeninas asincrónicas en el tiempo.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. ORIGEN DE LA PALMA AFRICANA

La palma de aceite tiene sus orígenes en el siglo XV, en las costas del Golfo de Guinea (África occidental), de ahí su nombre científico *Elaeis guineensis* Jacq, que significa **palma africana**. Hacia el siglo XVI, los colonizadores y comerciantes de esclavos portugueses proporcionaron el ingreso de la palma de aceite en América, utilizando los frutos de la palma como parte de la dieta alimenticia en sus viajes trasatlánticos, ingresando la palma de aceite por detrás de la línea costera por la región de San Salvador (antigua capital del Brasil). Este cultivo cobró importancia en algunos países africanos como Camerún, Costa de marfil, Benín y se convirtió en actividad fundamental en los planes de desarrollo. Entre 1.961 y 1.977 Malasia sembró más de 700 mil hectáreas y pasó a ser el principal exportador del mundo en el año 1.966 (Granados, 2010).

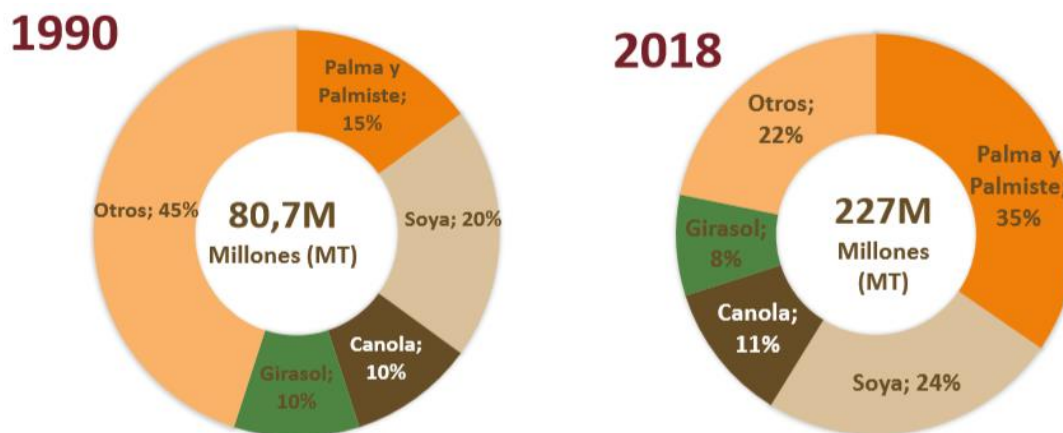
### 4.2. INTRODUCCIÓN A COLOMBIA

Se dice que el director del Museo y del Jardín Botánico de Brúcelas (Bélgica) el señor Florentino Claes; fue el encargado de introducir y darle comienzo al cultivo de palma africana en Colombia. Fue así que en el año 1932 importó algunas latas de semillas con fines ornamentales. El belga junto con un amigo; el Obispo Monconill sembraron muchas semillas en diferentes sitios del país, entre esos Sasaima (Cundinamarca), Florencia, Puerto Asis y Mocoa, estas palmas fueron conocidas en la región como “Palmas del Congo” y sus frutos como “Chontaduro del Obispo” (De la ossa, 2017). Fue entonces a mediados de 1945 cuando la empresa multinacional “United Fruit Company” destacada por la producción y comercialización de frutas tropicales se interesó en la siembra, producción y comercialización de la Palma de

Aceite empezando por Honduras, en la zona bananera del Departamento del Magdalena en donde sembró 172 hectáreas en la hacienda patuca, Sevilla (Granados, 2010).

### 4.3. PRODUCCIÓN MUNDIAL

Según Fedepalma (2019), los aceites de palma lideran desde el año 2004 la producción mundial de aceites y grasas vegetales, por encima de la Soya, Canola y Girasol. En el año 1990 los aceites de palma ocupaban el segundo lugar con una participación del 15%, pero para el 2018 se encontraba en el primer lugar con una participación del 35% de 227 millones de toneladas. Vea Figura 1.



**Figura 5.** Participación de especies oleaginosas en la producción de aceites vegetales. Fuente: Fedepalma (2019).

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) asegura que Colombia tuvo una producción de 1.529.000 ton en el año 2019 ocupando el cuarto lugar en producción de aceite de palma y de palmiste en el mundo. Con una participación

del 2,4 % Colombia se toma el primer lugar en el continente americano, atribuyéndole el resto de producción a Asia con una participación del 88%, África 4%, Oceanía 1% y el resto de América 4,6% de acuerdo a Oil world en 2017.

En Colombia, la zona más productiva en cuanto a producción de aceite es la Oriental, con una participación de 41,1% del total, posteriormente a ella le sigue la zona central con una participación del 30,7% luego la zona Norte con 25,9% y la zona Sur-Occidental con 2,3% vea Tabla 1. (Sistema de Información Estadístico del Sector Palmero (SISPA), 2019).

**Tabla 1.** Evolución histórica anual de Aceite de Palma extraído en Colombia (Toneladas).

Zonas	2015	2016	2017	2018	2019	Part (5)
<b>Oriental</b>	527.400	498.933	724.034	670.958	639.217	41,10%
<b>Norte</b>	370.285	304.859	393.255	421.911	365.558	25,90%
<b>Centro</b>	354.203	317.651	476.347	500.410	474.959	30,70%
<b>Sur-Occidental</b>	23.334	23.334	33.747	38.232	49.016	2,30%
<b>Colombia</b>	<b>1.275.222</b>	<b>1.146.203</b>	<b>1.627.383</b>	<b>1.631.509</b>	<b>1.528.750</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Sistema de información Estadístico del sector palmero (SISPA).

#### 4.4. GÉNERO *Elaeis*.

*Elaeis* es un género de la Familia *Arecaceae*. Este se deriva del griego *elaion*, que significa aceite. Algunos autores aseguran que el primero que describió el género *elaeis* fue el médico y botánico Lobelius quien le asignó el nombre al fruto como *Nucula índica* ("pequeña nuez de la India"). Y también fue el primero en decir que provenía de Guinea. El mismo autor afirma que *Elaeis* no aparece en el Species Plantarum de Carlo Linneo de 1753, fecha en la que aparece la primera publicación

de la nomenclatura botánica moderna. La primera descripción e ilustración, posterior a 1753, fue publicada en 1763 por Nicolaus Joseph von Jacquin sobre la base de una recopilación realizada en la isla de Martinica (Schultes, 1990). Actualmente hay aceptadas dos especies de este género las cuales son: ***Elaeis guineensis***, originaria de África; ***Elaeis oleifera***, originaria de América (Corley y Tinker, 1985).

#### **4.5. CARACTERÍSTICA DE LA PALMA AFRICANA *Elaeis guineensis*.**

La especie *E. guineensis* es una monocotiledónea perenne, que presenta un solo punto de crecimiento. Tienen un tallo erecto y solitario con entrenudos cortos, con una tasa de crecimiento anual promedio de 0.3 a 0.6 metros (Corley y Tinker, 1985). Sus hojas pinnadas miden entre 5 a 7 m, con folíolos dispuestos de lado a lado del raquis formando diversos planos, dándole una apariencia un poco desordenada. Generalmente es monoica; en las axilas de sus hojas se encuentran yemas florales, la cual pueden desarrollarse en una inflorescencia masculina, femenina o hermafrodita (De la Ossa, 2017). El fruto es una drupa sésil, que en su pulpa contienen de 45 a 50% de su peso fresco de aceite y de 15 a 20% de fibras celulósicas y coloides solubilizados en agua de constitución, y sales liofilizadas (Salinas, 1999).

#### **4.6. CARACTERÍSTICAS DE LA PALMA AMERICANA *Elaeis oleifera*.**

La palma americana o nolí, crece espontáneamente en Centroamérica y en el norte de Suramérica. En Colombia se encuentra dispersa en el Valle del Sinú y a lo largo del Magdalena Medio. (Rey, Gómez, Ayala, Delgado, y Rocha 2004) señalan que unas de las características más importantes reconocidas por más investigadores es su bajo crecimiento del estípote que oscila entre 5 a 10 cm al año, el cual se encuentra por debajo del crecimiento anual de *E. guineensis*. Otra característica

que nombran los autores es su resistencia a plagas y enfermedades que comúnmente afectan a la palma africana como Pudrición de Cogollo en Colombia y Marchitamiento Amarillo en Brasil. En el libro: Relatos sobre el híbrido interespecífico de palma de aceite OxG-Coarí x La Mé mencionan las causas probables de resistencia a plagas y enfermedades de esta especie, los autores señalan que existen químicos especiales en células del parénquima llamados taninos, éstos poseen generalmente propiedades toxicas de diferente índole (insecticida, fungicida, bactericida, etc.) que la protegen de foliadores. Son, a menudo, metabolitos secundarios de las plantas, es decir, compuestos fenólicos y polifenoles que existen en mayor proporción en los tejidos de la palma americana más que en las de la palma africana (Genty y Ujueta, 2013).

#### **4.7. CARACTERÍSTICA DEL HÍBRIDO INTERESPECÍFICO (OxG)**

El desarrollo de un híbrido interespecífico nace a finales de los sesenta y principios de los setenta, motivados por la búsqueda de materiales que fueran resistentes a enfermedades como la Pudrición del Cogollo (pc), plagas y que presentaran índices de producción y contenidos de aceite competitivos con el mercado de cultivos de *E. guineensis* (Barba y Baquero, 2013).

Corley y Tinker (1985) en el capítulo dos de su libro, definen que los híbridos interespecíficos presentan de forma general las siguientes características:

- Hojas considerablemente más grandes que sus progenitores y mayor área foliar, pero conserva los foliolos en un solo plano como la madre *E. oleífera*.
- Numero de foliolos intermedio entre sus padres
- Racimos grandes y compactos parecidos a los de *E. oleífera*
- Andromorfismo en hojas jóvenes.



- Caída de bases de las hojas, espatas persistentes, partenocarpia, forma y color del fruto al igual que la madre.
- Desprendimiento de frutos y formación de ácidos grasos libres lenta en comparación con *E. guineensis*.

Otros autores como Torres, Rey, Gelves, y Santacruz (2004) señalan otras características como:

- Son resistentes a la enfermedad Pudrición de Cogollo
- Presentan baja emisión de inflorescencias masculinas, que aportan con una viabilidad del 2 al 6% afectando sensiblemente la formación del racimo.
- Presentan mayor porcentaje de frutos partenocárpicos en el racimo que, aunque aportan aceite, también dificultan su extracción.
- Crecen 50% menos que el híbrido ténera, aumentando así su vida productiva.

Otra característica que se podría mencionar, es que el híbrido hereda de la palma Nolí un alto contenido de taninos y de compuestos fenólicos el cual se le atribuye como un factor de resistencia en cuanto a plagas y enfermedades. Jacques Meunier asegura que el híbrido OxG contiene el doble de polifenoles que la misma *E. guinnensis* (Genty y Ujueta, 2013).

#### **4.8. HÍBRIDO COARÍ X LA MÉ**

El entomólogo Philippe Genty en su búsqueda de encontrar un cultivar resistente a plagas, debido al elevado costo en cuanto a manejo fitosanitario del cultivo, obtuvo con persistencia el desarrollo del híbrido interespecífico OxG (Coarí x La Mé) utilizando un material genético brasilero, originario de la población de Coarí. El

investigador no solo encontró buenos resultados en su objetivo central, sino que observó en esta nueva progenie, una resistencia a la enfermedad (PC) y que además proyectaba interesantes resultados de producción semejantes a los de *E. guineensis* y un aceite de buenas características. Ahora bien, la producción de semillas del híbrido OxG (Coarí x La Mé) se inició en la primera década del presente siglo, presentándose como una alternativa genética digna de interés para los palmicultores. El mismo Genty junto con Ujeta detallan las ventajas y desventajas del híbrido OxG (Coarí x La Mé), dándonos así una idea de lo competitivo y promisorio que resulta la implementación de este cultivar como alternativa contra problemas fitosanitarios del cultivo de palma (Genty y Ujueta, 2013).

#### **4.8.1. Ventajas del híbrido**

- Bajo crecimiento del estípote.
- Resistencia natural a enfermedades y plagas.
- Su extracción de aceite es competitiva con el de *E. guineensis* debido a al alto porcentaje de frutos partenocárpico.
- Aceites con mayores niveles de oleína
- Aceite más estable con menos taza de acidificación.
- Mayor cantidad de racimos.

#### **4.8.2. Desventajas de híbrido**

- Floración Andrógina
- Polinización asistida
- Menor extracción de aceite entre 19% y 20,5%
- Menor extracción de almendra por inflorescencia.

#### **4.9. INFLORESCENCIA FEMENINA**

Se sabe que las especies del género *Elaeis* producen en la misma planta inflorescencias que pueden ser generalmente masculina o femeninas. Esta condición se llama diclinia la cual consiste en aquella especie que posee el androceo y gineceo en flores distintas. La diclinia se divide en dos categorías: monoicas donde las flores masculinas y femeninas se producen en la misma planta, y dioicas, donde existen por separados plantas de ambos sexos. *E. guineensis* se puede clasificar como monoica o dioica en un periodo determinado (Forero et al., 2012). El híbrido interespecífico OxG muestra cierta particularidad en la producción de estructuras reproductivas y es el surgimiento de flores andróginas durante el primer año de inflorescencias. Se ha evidenciado que el híbrido en su edad joven muestra aparición de flores bisexuales y luego se normaliza en flores femeninas normales. Esta condición se puede presentar posiblemente por situaciones adversas como suelos muy permeables, pobres o sequias prolongadas. En este caso, en vez tener ciclos fuertes masculinos como guineensis, el híbrido evidencia una nueva formación de flores andróginas (Genty y Ujueta, 2013).

Las inflorescencias requieren de un tiempo considerable para crecer y desarrollarse desde el primordio floral hasta la emergencia y apertura. Estas comienzan aparecer, en las axilas de las hojas, a partir de los 20 a 24 meses después de trasplantadas en campo. Cayon (1999) asegura que el desarrollo inicial de la inflorescencia dura de 2,5 a 3 años, tiempo durante el cual la inflorescencia permanece completamente cubierta por las hojas, y un poco antes de la antesis emerge de la axila de éstas. El mismo autor señala que según Corley y Gray (1982) en palmas jóvenes (de dos a cuatro años), la antesis se presenta en la axila de la hoja 20, mientras que en palmas adultas se presenta en un número de dos hojas de categoría inferior, hasta llegar a la hoja 15 en palmas de 12 años o más.

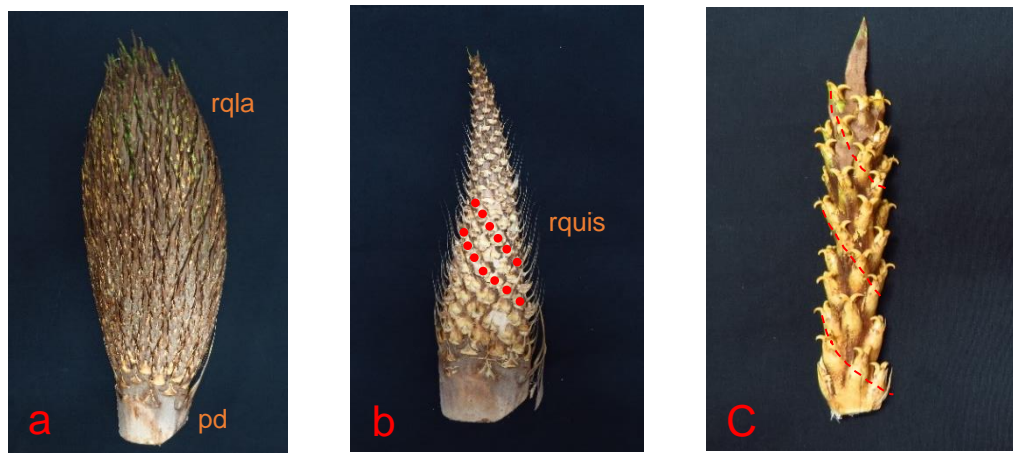
La inflorescencia femenina pueden llegar a medir de 30 cm o más antes de su apertura, cada inflorescencia dispone de un pedúnculo robusto de 30 a 45 cm según Corley y Tinker (1985). Éste se encuentra unido al raquis; en donde están dispuestas aproximadamente 150 raquillas en forma de espiral (Figura 3) y en ellas, se pueden observar de 10 a 20 flores en una cavidad poco profunda acompañadas de una bráctea filosa y espinosa en el caso de *E. guineensis*. Además, presentan una región distal estéril que se convierte en una espina de punta generalmente roma y de tamaño variable. Mientras que en el híbrido interespecífico OxG las inflorescencias son más grandes, pueden medir de 36 a 44 cm de longitud (Figura 2), tienen mayor número de raquillas (100 – 120) y flores, (21 – 25). Las brácteas que rodean las flores son más cortas, sus extremos no son puntiagudos y su tonalidad es marrón claro (Figura 4 ) (Forero et al., 2012).

Por otro lado, las inflorescencias están cubiertas por dos estructuras; el prófalo y la bráctea peduncular (Figura 2), las cuáles se van rasgando a medida que la inflorescencia se desarrolla. El prófalo alcanza una longitud final de 45 cm de longitud y la bráctea de 2 a 4 cm menos, las dos estructuras forman una capa continua de protección. El híbrido tiene cierta característica que a su vez es una desventaja a el momento de la polinización asistida y es que; la bráctea peduncular se mantiene

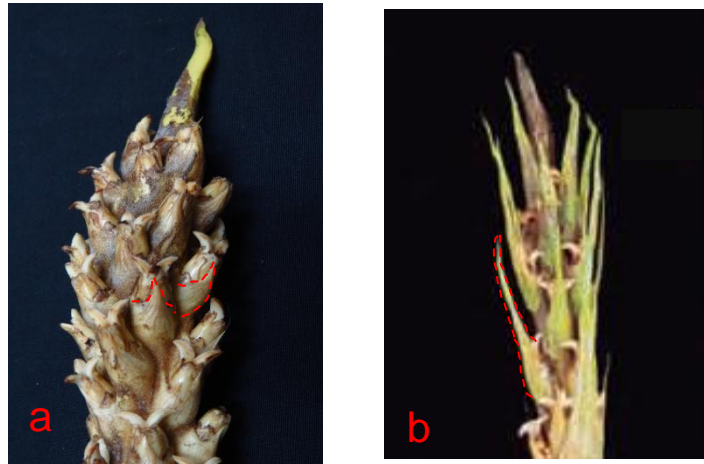
adherida a la inflorescencia incluso cuando esta esta finalmente desarrollada (Forero et al., 2012).



**Figura 6.** Partes de la inflorescencia femenina OxG. a) prófilo como última capa de protección de la inflorescencia, b) bráctea peduncular acompañando la inflorescencia, c) Inflorescencia liberada de sus dos capas protectoras. Fuente: Tuiran, 2020.



**Figura 7.** Partes de la inflorescencia femenina del híbrido interespecífico OxG. a) Inflorescencia en preantesis II, **pd** (pedúnculo), **rqla** (raquillas) b) **rquis** (raquis), identificación de la espiral c) Raquilla con flores en antesis. Fuente: Tuiran, 2020.



**Figura 8.** Raquillas en antesis. a) brácteas cortas de la flor del híbrido OxG b) brácteas de la flor largas y espinosas de *E. guineensis*. Fuente a: Tuiran, 2020. Fuente b: Hormaza, 2010.

La flor femenina se desarrolla en una tríada, ésta se encuentra acompañada por dos flores masculinas no funcionales, se dice que es una característica típica de las monocotiledóneas. Corley y Tinker (1985) afirmaron que el primero en hablar sobre esto fue Beirnaert (1935b) y lo explica con más detalle van Heel et al. (1987). Las flores están dispuestas en un espiral alrededor de la raquilla (Figura 3c) y cada flor está protegida por una bráctea espinosa (Figura 4) esta conformación y disposición se clasifica como una inflorescencia compleja simpodial tipo cincino (Forero et al., 2012).

#### 4.10. ASINCRONÍA FLORAL

En comparación con *E. guineensis*, el híbrido OxG en algunas de sus inflorescencias femeninas presenta cierta asincronía en el momento de darle apertura sus florecillas. La asincronía floral no es más que la apertura irregular de los botones florales, siendo esta, al igual que otras, características indeseables para la actividad de polinización asistida, por consiguiente, esto podría afectar la buena formación de los racimos, generando también la maduración irregular de los frutos (Sánchez, Daza, Ruiz, y Romero 2011).



**Figura 9.** Inflorescencias femeninas asincrónicas del híbrido interespecífico OxG.  
Fuente: Tuiran, 2020.

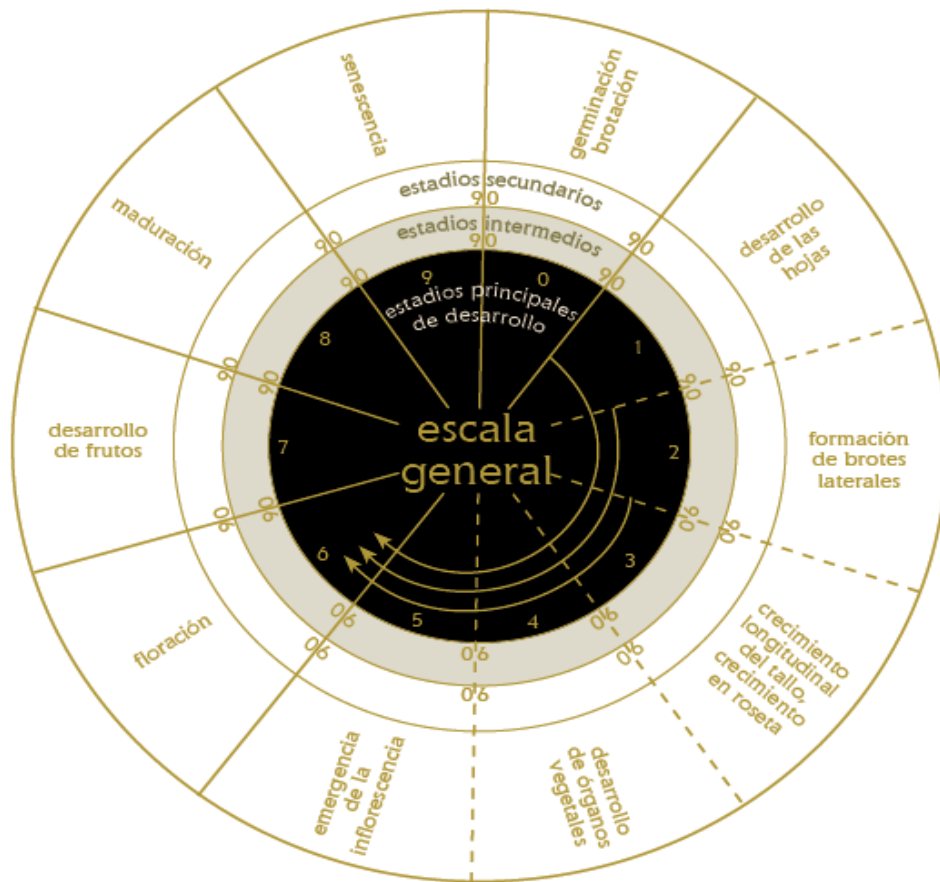
En la Figura 5 se aprecia las inflorescencias asincrónicas en distintos estadios; en la Figura 5a se observa flores en el ápice en plena receptividad (607) y en el resto de la inflorescencia botones hinchados esperando abrir (603). En la Figura 5 b se ve como en el ápice y algo del centro los estigmas florales están totalmente negros revelando indicios de formación del fruto, mientras que en el resto de la inflorescencia se mantiene con un color beige. En la Figura 5 c se identifica en el ápice flores ya polinizadas (609) y en el resto de la inflorescencia botones sin abrir.

#### **4.11. ESCALA EXTENDIDA BBCH**

La escala extendida BBCH es utilizada para la estandarización y descripción de los estadios fenológicos de crecimiento de especies monocotiledóneas y dicotiledóneas. Ésta se basa en utilizar un código decimal que identifica el desarrollo de las plantas con estadios principales y secundarios describiendo el proceso de desarrollo de crecimiento de estos estadios. Esto fue gracias a un grupo de trabajo conformado por el Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura (BBA) de la República Federal Alemana, el Instituto Federal de Variedades (BSA) de la República Federal de Alemania, la Asociación Alemana de Agroquímicos (IVA) y el Instituto para Horticultura y Floricultura en Grossbeeren/ Erfurt, Alemania (IGZ) (Weiber et al., 1998).

Para la palma de aceite, Cenipalma desarrolló la codificación de la escala BBCH de este cultivo, el cual usa 8 de 10 estadios principales (Figura 6). Inicia con el estadio 0 germinación y emergencia (semilla seca- inicio del hinchamiento del embrión y germinación); el estadio 1 (diferenciación y desarrollo hojas) y el ultimo del desarrollo vegetativo; el estadio 3 (elongación y crecimiento del estípite). Posteriormente siguen los estadios reproductivos: 5 (emergencia y crecimiento de la inflorescencia), 6 (Crecimiento de botones florales y polinización), 7 (crecimiento y desarrollo del fruto), 8 (Maduración del fruto) y 9 (senescencia) (Forero et al., 2017).






**Figura 10.** Estructura general de la escala BBCH, se puede observar estadios primarios, mesoestadios y etapas de crecimiento secundarios. Tomado de (Forero et al., 2017).

#### 4.12. ESTADIO DE FLORACIÓN DEL HÍBRIDO OXG

En el capítulo 7 del libro Generalidades sobre la morfología y fenología de palma de aceite describen los estadios fenológicos del híbrido, en donde dividen el estadio principal de floración en 5 subestadios; Preantesis I (601), preantesis II (602), preantesis III (603), antesis (607) y fin de la floración (609). (Tabla 2).

**Tabla 2.** Descripción de subestadios en la floración del híbrido interespecífico O×G. tomado de (Forero et al., 2017), zona central. Fuente:Tuiran, 2020.

<p><b>601</b></p>	<p>Rasgamiento de la bráctea peduncular hacia la mitad de la estructura y raquillas marrón oscuro apretadas hacia el centro. No se observan los tépalos. Generalmente se encuentra en la posición de la hoja 20.</p>	
<p><b>602</b></p>	<p>Rasgamiento de la bráctea peduncular en un 30 % del total de la superficie y raquillas más abiertas color marrón oscuro. Se ven los tépalos marrones oscuro de los botones florales y en algunos casos verdes amarillentos. La posición filotáctica donde se presenta este estadio es generalmente en la hoja 21.</p>	
<p><b>603</b></p>	<p>Rasgamiento de la bráctea peduncular entre el 50 al 70 % del total de la superficie, esta puede estar rodeando la inflorescencia, prófalo desintegrado, raquillas totalmente separadas color marrón claro, botones florales anchados, de color amarillo quemado. Puede cambiar una posición de la hoja.</p>	

<p><b>607</b></p>	<p>Bráctea peduncular fibrosa, leñosa, desintegrada y firmemente adherida a la superficie floral. Apertura de los tépalos exponiendo los lóbulos del estigma color beige. Estadio receptivo de la inflorescencia.</p>	
<p><b>609</b></p>	<p>Lóbulos estigmáticos producen antocianinas creando un cambio progresivo de coloración purpura, luego marrón y finalmente negro en un período de 24 horas. Presencia de exudado pospolinización en los estigmas.</p>	

## **5. METODOLOGÍA**

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se desarrollaron una serie de actividades; en cada una de ellas se hará una breve descripción de metodologías y procesos utilizados. Las actividades que se realizaron para el desarrollo del proyecto de investigación son las siguientes:

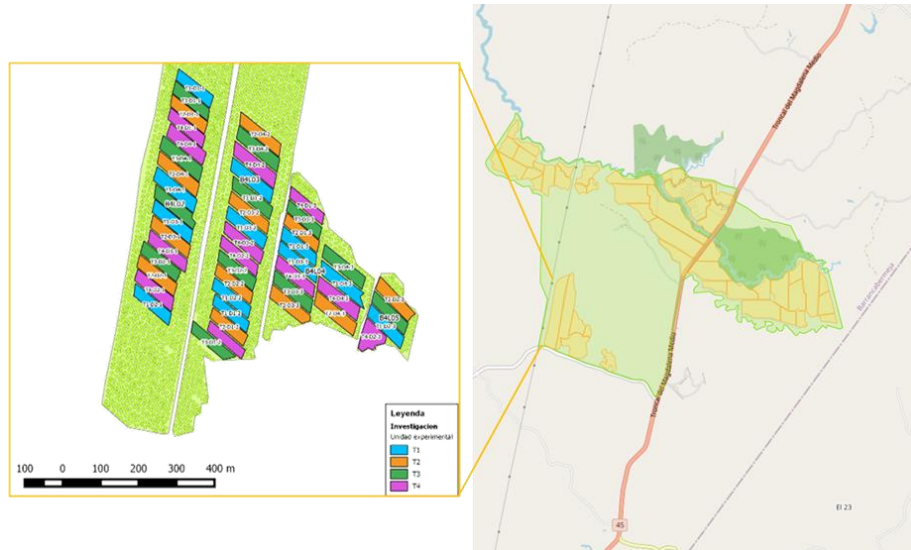
### **5.1. INDUCCIÓN DEL TEMA A TRATAR**

Se llevó a cabo una inducción por parte de Cenipalma al estudiante, en un periodo de dos meses, en donde se le indicó el tema a desarrollar y su finalidad. Esta introducción se hizo mediante documentos técnico-científicos brindados por la empresa y visitas a campo; en donde el estudiante reconoció estadios fenológicos de inflorescencias femeninas, se familiarizó con la filotaxia de la palma y con otras actividades que se realizaron en distintas investigaciones en el área de fisiología tales como: medidas vegetativas, censos de producción, punto óptimo de cosecha, aplicaciones de hormonas para la expresión del sexo y aplicación de hormonas para la resistencia inducida de la enfermedad PC.

### **5.2. SELECCIÓN DE LOTES**

El ensayo se llevó a cabo en los lotes dos (2) y tres (3) del Bloque cuatro (4) del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína (CEPV) (Barrancabermeja-Santander) en donde se encuentran establecidos cultivares híbridos OxG de cruzamientos Coarí x La Mé, Manaos x Compacta y Brasil x Djongo (Figura 7). El área experimental es de 6 hectáreas (ha); dos por cada cultivar, allí se realizaron actividades como marcación de inflorescencias para la determinación del tiempo de

los estadios, identificación de inflorescencias asincrónicas y sincrónicas, y frecuencia de asincronía.



**Figura 11.** Ubicación de los lotes del Campo Experimental Palmar de la Vizcaína con siembras de cultivares Coarí x La Mé, Brasil x Djongo y Manaos x Compacta del año 2015. Fuente: Cenipalma.

### 5.3. MARCACIÓN DE INFLORESCENCIAS FEMENINAS

Se llevó a cabo dos ciclos de selección de inflorescencias en el estadio 601 o preantesis 1 en todo el tiempo de la investigación. Dicho estadio se caracteriza de acuerdo a la escala BBCH por el rasgamiento de la bráctea peduncular hacia la mitad, se puede diferenciar el sexo, y sus raquillas están cerradas de color marrón oscuro (Figura 8 a). Estos dos ciclos permitieron observar el comportamiento de las inflorescencias en distintos meses del año y facilitó la toma de datos en campo. Tanto para el primero como para el segundo ciclo se seleccionaron 20 inflorescencias por cada cultivar, es decir 60 inflorescencias por ciclo; para un total de 120 estructuras femeninas. La metodología consistió en recorrer toda el área



experimental en donde están establecidos los 3 cultivares evaluados, identificando así el estadio inicial de la floración para su posterior seguimiento. Se hizo la identificación de las inflorescencias con una cinta de peligro, un registro escrito y fotográfico en donde se describió la ubicación exacta de la palma, posición filotaxica y hora de visita.



**Figura 12.** Estadio 601 e identificación de inflorescencias. a) En este momento la bráctea peduncular empieza a rasgarse hacia la mitad. Fuente: Hormaza,2010. b y c) Marcación de inflorescencias. Fuente: Tuiran, 2020.

#### **5.4. SEGUIMIENTO Y TOMA DE DATOS DE INFLORESCENCIAS**

Para esta actividad se realizó una visita diaria al lote o en ocasiones día de por medio. El recorrido consistió en ubicar las inflorescencias ya marcadas para identificar el estadio fenológico; para esto se llevó un registro fotográfico y uno escrito en donde se consignó la fecha y la hora, el estadio, la posición fitotóxica e identificación de asincronía. Este registro permitió determinar el tiempo que demora en transcurrir cada estadio fenológico en los tres cultivares de 601 a 609.

## **5.5. IDENTIFICACIÓN DE INFLORESCENCIAS ASINCRÓNICAS Y SINCRÓNICAS**

Se quería seleccionar 30 inflorescencias asincrónicas y 30 sincrónicas de cada cultivar en cada ciclo, para la determinación del tiempo de apertura de las inflorescencias. Sin embargo, solo se alcanzaron a seleccionar para el cultivar Brasil x Djongo: 6 asincrónicas y 28 sincrónicas, para Coarí x La Mé: 8 asincrónicas y 25 sincrónicas y para Manaos x Compacta: 11 asincrónicas y 24 sincrónicas.

## **5.6. SEGUIMIENTO Y TOMA DE DATOS DE INFLORESCENCIAS ASINCRÓNICAS Y SINCRÓNICAS**

El seguimiento y registro de las inflorescencias seleccionadas se realizó diario o en ocasión día de por medio; mediante un formato físico y fotográfico con descripción del progreso de la antesis: fecha, hora, proporciones de apertura (parte proximal, media o distal de la raquila y la inflorescencia) y ubicación filotáctica de cada estadio fenológico en cada inflorescencia.

## **5.7. TOMA DE DATOS PARA DETERMINAR FRECUENCIA DE ASINCRÓNICA**

Para determinar la frecuencia de la asincronía floral se seleccionó un lote de mediano a altamente productivo en el cual se hizo un registro mensual del número de inflorescencias femeninas sincrónicas y asincrónicas, número de inflorescencias masculinas y con androginia en cada cultivar. Una inflorescencia se consideró asincrónica cuando más del 10% de los botones florales presentaran un estadio de desarrollo diferente. El número de palmas por cultivar seleccionadas fue de 240 que suman 6 hectáreas totales.

## **5.8. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Se realizó revisiones bibliográficas en todo el transcurso de la investigación, mediante artículos y libros técnicos relacionados con el tema central. Estos ayudaron a darle contexto y apoyo al contenido y a los posibles resultados del presente informe.

## **5.9. TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS**

Una vez finalizada la etapa de campo, se procedió a el análisis y comparación de datos entre cultivares, mediante el programa de Excel, tablas y gráficas. De esta actividad se derivaron posibles resultados para la conclusión y finalidad de la investigación.

## **5.10. INFORME FINAL**

Se elaboró un informe final exigido por la universidad, en donde cumplió con todos los objetivos propuestos.



## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cultivares seleccionados provienen de diferentes casas comerciales. El cultivar Coarí x La Mé desarrollado por Semillas La Cabaña® distribuidores autorizados de semillas CIRAD. El cultivar Manaos x Compacta desarrollado por ASD Costa Rica cuyo origen genético involucra palmas madres de Manaos (Brasil), cruzadas con Pisíferas de la población compacta de ASD, la cual también posee genes oleífera (6-12%), dentro de su composición genética (Alvarado et al., 2000). El híbrido Brasil x Djongo, distribuido por Unipalma S.A. proviene de colectas de *E. oleifera* de la región amazónica del Brasil y cruzadas con palmas Pisíferas de la especie africana *E. guineensis* utilizadas en el programa de mejoramiento de la Unilever en Yaligimba (Unipalma, s.f). Toda esta variedad de orígenes utilizados genera que cada cultivar presente un comportamiento diferente entre ellos y características fisiológicas y morfológicas únicas.





**Figura 13.** Registro de los estadios de desarrollo de la floración. En el orden de cada fila 601, 602, 603, 607 y 609 para cada cultivar híbrido evaluado: (A) Brasil x Djongo, (B) Coari x La Mé, (C) Manaus x Compacta. Fuente: Tuiran, 2020.

### 6.1. DURACIÓN DE ESTADIOS FENOLÓGICOS.

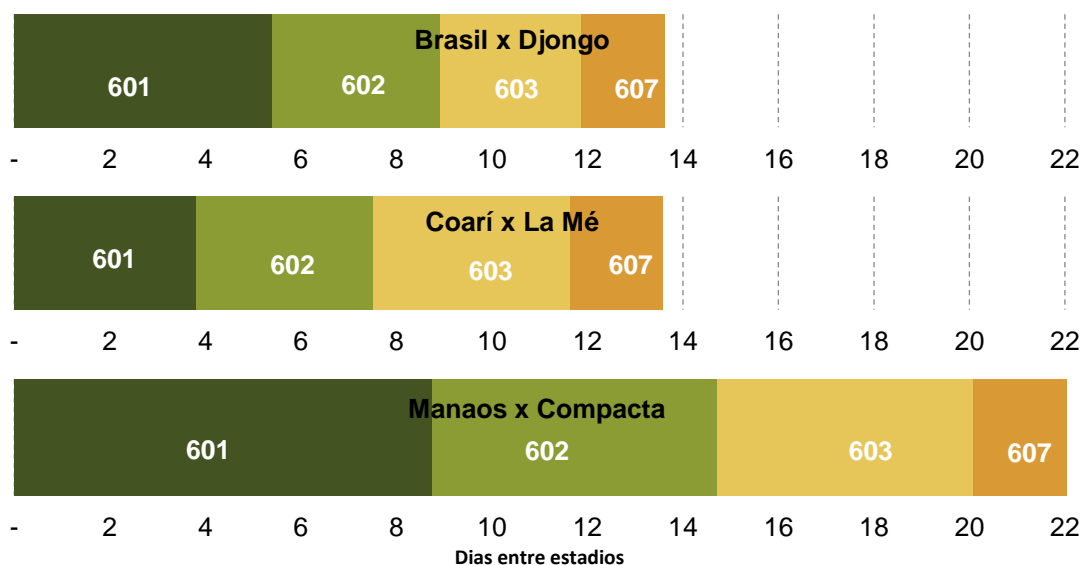
Las observaciones realizadas a las inflorescencias iniciaron al comienzo del estadio 601 basado en los criterios reportados por Forero et al., (2017) en cuyo caso además de observar el porcentaje de rasgamiento de la bráctea peduncular, se tuvo en cuenta el desarrollo de los botones florales y la separación de raquillas.

Los cultivares Brasil x Djongo y Coarí x La Mé presentaron la misma duración en el periodo comprendido entre 601 y 607 el cual fue de 13,6 días (Tabla 3). Sin embargo, la diferencia entre estadios no es tan marcada. Solamente se apreció que el 601 en Brasil x Djongo fue un par de días más largo (1,6) y en el Coarí x La Mé se observó el estadio 603 de mayor duración.

Por otro lado, el cultivar Manaus x Compacta presentó una duración de los estadios mucho mayor que los otros dos códigos (Tabla 3). Básicamente, este cultivar requiere alrededor de 22 días para pasar de estadio 601 a 607. La Figura 10 muestra de una forma más ilustrativa la duración de cada estadio de los híbridos.

**Tabla 3.** Días de duración de los estadios de desarrollo de las inflorescencias en los cultivares Brasil x Djongo, Coarí x La Mé y Manaos x Compacta.

Cultivar	Estadio	n	Duración (d)	DS	Mín (d)	Máx (d)
<b>Brasil x Djongo</b>	601	5	5,4	1,5	4,0	7,0
	602	14	3,5	1,5	1,6	6,0
	603	27	2,9	1,5	0,9	7,0
	607	28	1,8	0,4	0,8	2,1
<b>Coarí x La Mé</b>	601	10	3,8	1,4	2,0	7,1
	602	11	3,7	1,4	2,0	6,0
	603	22	4,1	1,3	2,0	7,0
	607	25	1,9	0,3	0,8	2,4
<b>Manaos x Compacta</b>	601	14	8,8	1,2	6,0	10,9
	602	34	6,0	2,3	2,0	11,0
	603	38	5,4	2,2	2,0	9,0
	607	24	2,1	0,8	1,0	3,9



**Figura 14.** Número de días transcurridos entre cada estadio de desarrollo de las inflorescencias en los híbridos evaluados.

Efectivamente se pudo corroborar estos resultados con lo evidenciado en campo, cuyos lotes en donde está establecido el cultivar Manaos x Compacta, tuvieron mayores frecuencias de visitas para su evaluación y un retraso evidente en sus estadios de floración comparándolo con los dos cultivares restantes.

Ahora bien, si se compara el tiempo de duración de los estadios, entre los tres cultivares híbridos y la palma africana, podemos encontrar que todos muestran diferencias. Forero et al. (2017) describieron la duración del desarrollo floral de *E. guineensis* (cultivar IRHO) bajo las mismas condiciones medioambientales de la presente investigación. (Tabla 4) Ellos encontraron que este material tarda en pasar de 601 a 607 un aproximado de 20,9 días, siendo casi igual a lo que tarda Manaos x Compacta con una duración aproximada de 22 días. Mientras que Brasil x Djongo y Coarí x La Mé presentan menos tiempo en el transcurrir de sus estadios comparándolos con *E. guineensis*, con una diferencia cercana a 7,3 días.

En resumen, tendríamos; 22 días para Manaos x Compacta, 13.6 días para Brasil x Djongo, al igual que Coarí x La Mé y 20,9 días para *E. guineensis*.

**Tabla 4.** Día de duración de los estadios de los estadios de desarrollo de inflorescencias de *Elaeis guineensis* (material IRHO) zona central.

Estadio	Número de días promedio	Posición filotáctica
Preantesis I a preantesis II (601-602)	7,16 ± 0,27	17,33 ± 0,15
Preantesis II a preantesis III (602-603)	6,92 ± 0,12	17,67 ± 0,11
Preantesis III a antesis (603-607)	6,82 ± 0,11	18,32 ± 0,16

Fuente: Cenipalma.

La ubicación foliar de cada estadio de las inflorescencias también fue determinada (Tabla 4). Entre Brasil x Djongo y Coarí x La Mé no se muestran diferencias en el periodo transcurrido entre 601 y 609, puede ocurrir un cambio de posición foliar

(entre la hoja 20 y 21). Estos resultados concuerdan con un estudio realizado en el híbrido Coarí x La Mé por Hormaza et al. (2012), en el cual reportan que el híbrido más comercial (Coarí x La Mé) solo presenta un cambio de posición foliar entre estadios 601 a 609, es decir de la hoja 20 a la 21. Señalando que estas dos investigaciones comparadas fueron evaluadas bajo condiciones climáticas diferentes; zona central y zona oriental. En cuanto al híbrido Manaos x Compacta, las inflorescencias se encuentran en hojas más maduras y pueden ocurrir hasta dos cambios en la posición foliar (entre las hojas 22 a 24). Esto se debe a que este material presentó un mayor número días para la finalización del estadio de floración; dándole oportunidad a nuevas emisiones foliares.

Si comparamos las posición foliar en donde se encuentra los estadios de floración de *E. guineensis* (cultivar IRHO) que reporta Forero et al. (2012) con respecto a los tres híbridos evaluados, encontramos que los estadios de 601 a 607 se presentan en hojas más jóvenes, entre la hoja 17 y 18 (Tabla 4) Mientras que los híbridos se evidencian en hojas más antiguas como en el caso de Coari x La Mé y Brasil x Djongo en el cual la posición foliar en donde se encuentran estos estadios oscilan entre la hoja 20 a la 21 y en cuanto Manaos x Compacta entre la hoja 22 a la 24. Sin embargo, existe una similitud entre *E. guineensis* y los cultivares Coarí x La Mé y Brasil x Djongo; y es que, estos presentan un solo cambio de posición foliar entre los estadios 601 y 607.

Esta información nos podría dar una vista más amplia y precisa al momento de planificar actividades en campo; especialmente en la zona central de Colombia, teniendo en cuenta que cada cultivar presentan comportamientos únicos, a los cuales se les deberían sincronizar actividades agronómicas acordes a los tiempos fenológicos de cada uno.

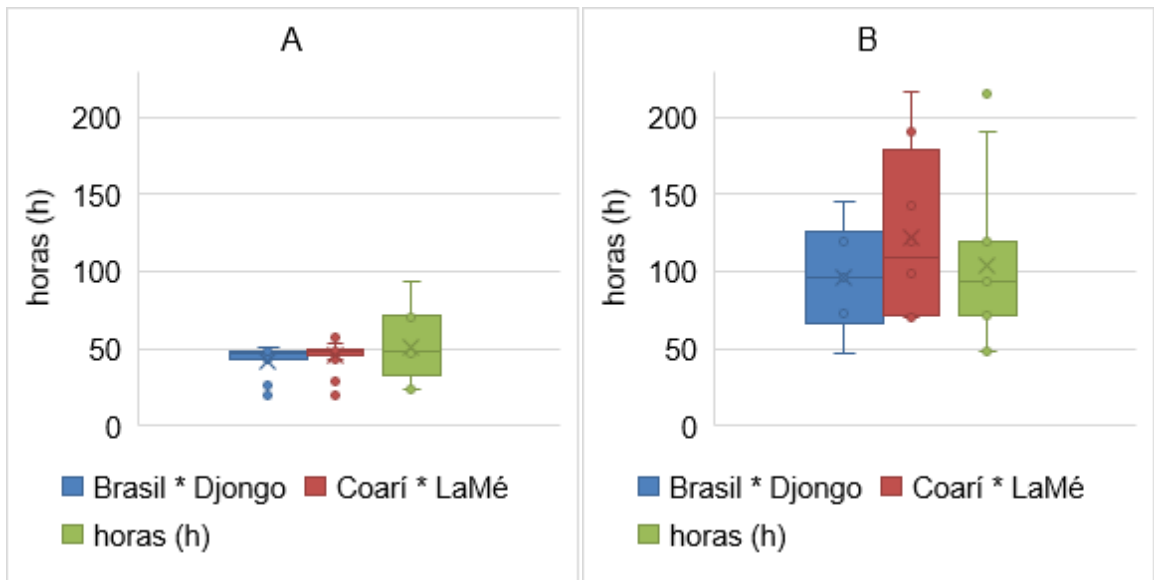
**Tabla 5.** Ubicación foliar de los estadios en los híbridos evaluados.

<b>Cultivar</b>	<b>Estadio</b>	<b>Posición foliar</b>	<b>Desviación Estándar</b>
<b>Brasil x Djongo</b>	601	20,6	2,1
	602	20,1	1,9
	603	20,6	1,8
	607	20,7	1,7
	609	21,1	1,8
<b>Coarí x La Mé</b>	601	20,2	2,5
	602	20,1	2,0
	603	21,2	2,1
	607	21,2	2,0
	609	21,2	1,8
<b>Manaos x Compacta</b>	601	22,5	2,5
	602	22,9	2,3
	603	23,9	2,1
	607	24,0	2,3
	609	24,0	2,4

## **6.2. DESCRIPCIÓN DEL PERIODO DE ANTESIS EN INFLORESCENCIAS FEMENINAS SINCRÓNICAS Y ASINCRÓNICAS.**

Para la descripción del periodo de antesis en inflorescencias asincrónicas no se obtuvo una cantidad considerable en el número de muestras, debido a que la mayoría de las inflorescencias marcadas no presentaban asincronía. En la Figura 11 se muestra un diagrama box plot de las horas de duración de flores abiertas o receptoras al polen sincrónicas (Figura 11A) y asincrónicas (Figura 11B). Una

inflorescencia sincrónica se catalogó a aquella que presentó una apertura foliar simultánea o pareja. Este tipo de estructuras presentaron una duración entre los 42 a 51 horas en los tres híbridos con algunos datos máximos mayores en el Manaos x Compacta (Tabla 5).



**Figura 15.** Diagrama box plot para la variable intervalo de tiempo (horas) de flores en estado de anthesis en inflorescencias (A) sincrónicas y (B) asincrónicas en los híbridos evaluados.

Por otro lado, las inflorescencias asincrónicas fueron catalogadas a aquellas estructuras con apertura foliar desuniforme en donde al menos el 10% de los botones florales presentaron desigualdad. Para el Brasil x Djongo, Coarí x La Mé y Manaos x Compacta, el intervalo de tiempo de flores en estado de anthesis fue en promedio de 96,123 y 104 horas respectivamente (Tabla 6) con valores máximos de hasta 215 horas para Coarí y Manaos.



**Tabla 6.** Duración del periodo de tiempo del estado de antesis en flores sincrónicas y asincrónicas en tres cultivares híbrido.

Cultivar	Tipo de estructura	n	Duración (horas)	Min.	Max.
<b>Brasil x Djongo</b>	Asincrónica	6	96,0 ± 34	47,7	144,8
	Sincrónica	28	42,2 ± 10	20,2	50,4
<b>Coarí x La Mé</b>	Asincrónica	8	122,7 ± 57	70,0	216,4
	Sincrónica	25	46,4 ± 8	19,8	57,9
<b>Manaos x Compacta</b>	Asincrónica	11	104,2 ± 55	48,0	215,7
	Sincrónica	24	51,3 ± 20	23,7	94,2

Existen datos de asincronía floral en el híbrido Manaos x Compacta Amazon en la zona suroccidental de Colombia reportados por (Ayala y Romero, 2019) (Tabla 7). Estos datos son diferentes a los resultados obtenidos en esta investigación. Nos encontramos con un tiempo de receptividad floral de 17,62 días, más o menos 422 horas y unos datos máximos y mínimos de 213 y 717 horas respectivamente.

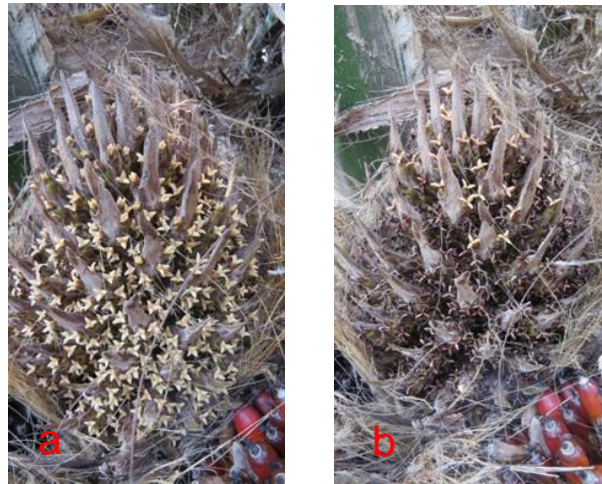
**Tabla 7.** Características de la antesis en las inflorescencias femeninas del híbrido interespecífico OxG Amazon (Manaos x Compacta). Palmas de 7 años de edad.

Cultivar	Tipo de estructura	n	Duración (Días)	Min.	Max.
<b>Manaos x</b>	Asincrónica	41	17,62 ± 4,97	8,89	29,96
<b>Compacta</b>	Sincrónica	29	3,6 ± 0,99	1,86	5,18

Fuente: Cenipalma



En algunas ocasiones en campo, se apreció una asincronía baja en inflorescencias de los tres cultivares, es decir; no hubo diferencia de tiempo entre los estadios para considerar que dichas inflorescencias fuesen asincrónicas. Una prueba de esto es la (Figura 12) donde se puede observar que la inflorescencia de la (Figura 12 a) se encuentra en el estadio 607, pero en el ápice; las flores no se encuentran tan abiertas como lo están en la mitad y en la base. Mientras que en la (Figura 12 b) el ápice de la inflorescencia presenta flores en plena receptividad, en cambio en la parte media y basal la floración ya ha terminado todo esto ocurrió en tiempo de 24h.

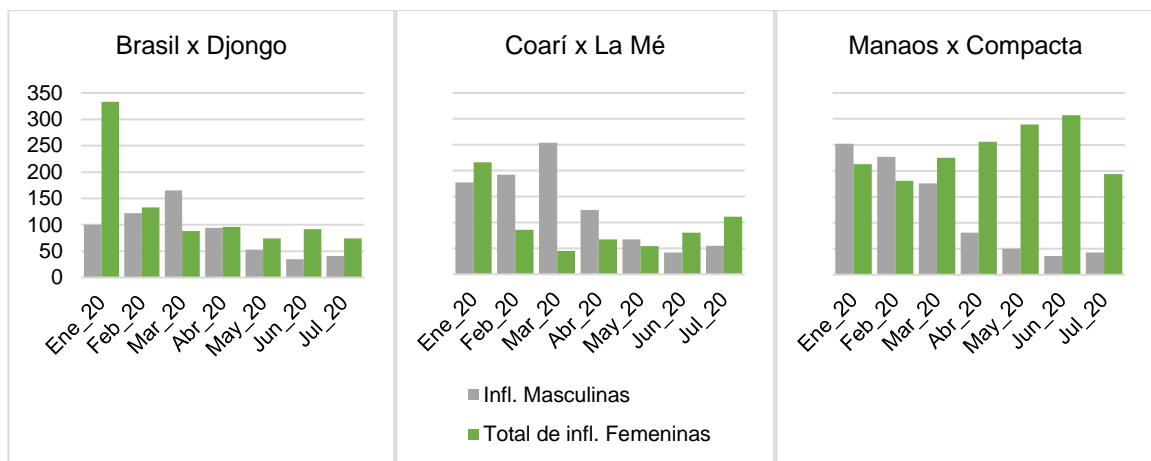


**Figura 16.** Asincronía leve de inflorescencias. Fuente: Tuiran, 2020)

(Ayala y Romero, 2019) aseguran que, para garantizar una buena formación de racimos, un alto peso de racimos y un mayor contenido de aceite, es necesario polinizar a estos cultivares, ya sea asistidamente o artificialmente. Por eso es importante tener en cuenta; que tanto tiempo dura el periodo de receptividad de las inflorescencias (sincrónicas o asincrónicas) esto nos podría dar una mayor eficiencia en la polinización y tener buenos resultados en cuanto a producción.

### 6.3. FRECUENCIA DE APARICIÓN DE FLORES FEMENINAS ASINCRÓNICAS.

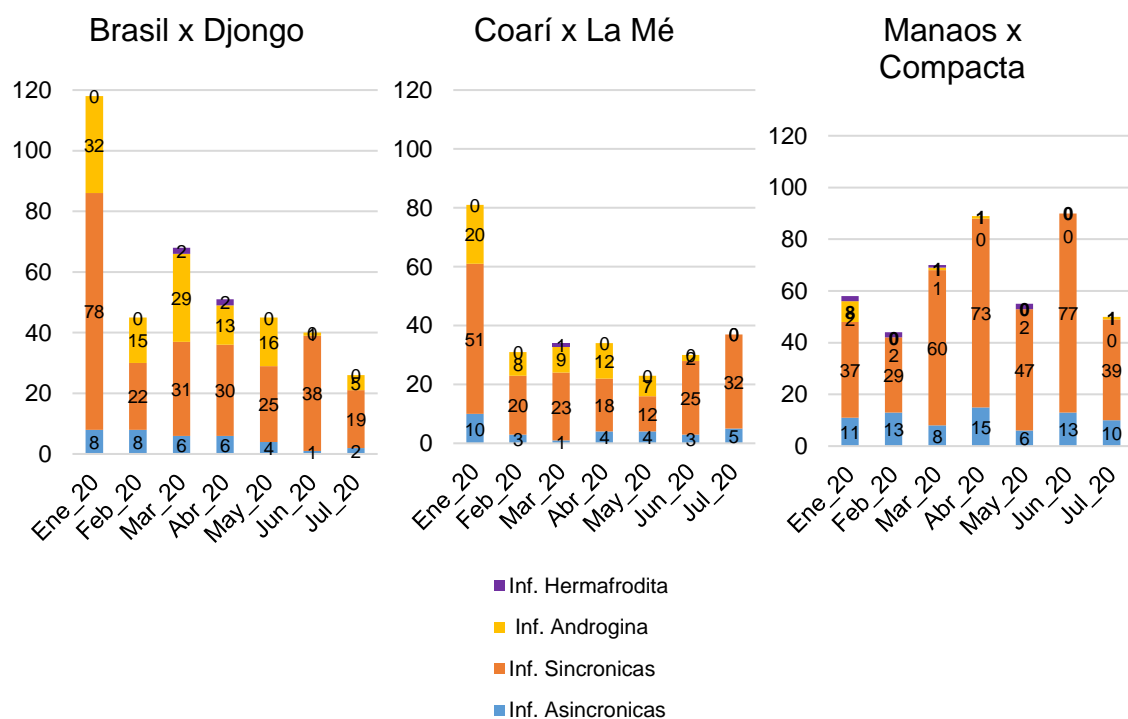
El conteo de estructuras se realizó durante enero y julio del 2020. Inicialmente se contaron las inflorescencias femeninas y masculinas cada mes en estadios 601, 602, 603, 607 y 609. Durante los primeros tres meses del año todos los híbridos presentaron cantidades altas de inflorescencias masculinas, las cuales fueron disminuyendo progresivamente hacia el final de las evaluaciones. Esto posiblemente pudo haber ocurrido por condiciones medioambientales desfavorables meses atrás. Sin embargo, solamente el cultivar Manaos x Compacta presentó un incremento de inflorescencias femeninas (Figura 13).



**Figura 17.** Cantidad de inflorescencias femeninas y masculinas totales contabilizadas durante los siete meses evaluados.

Adicionalmente se contabilizaron las estructuras que presentaban flores abiertas y se catalogaron como sincrónicas o asincrónicas según los criterios anteriormente mencionados. En todos los híbridos predominó la presencia de inflorescencias sincrónicas. Sin embargo, el híbrido manaos presentó una mayor cantidad de inflorescencias sincrónicas y asincrónicas en comparación con los otros dos

cultivares (Figura 14). Además, se puede observar que en los primeros meses los híbridos Brasil y Coarí presentan una cantidad considerable de inflorescencias andrógina como lo indica (Genty y Ujueta, 2013) el cual asegura que por lo general, los híbridos bajo una condición de sequía reemplaza la producción de flores masculinas por andróginas. Por otro lado, la producción de flores hermafroditas fue muy baja para los tres cultivares.



**Figura 18.** Frecuencia de aparición de estructuras sincrónicas, asincrónicas, inflorescencias masculinas, andróginas y hermafroditas en los híbridos evaluados.

Esto no solo nos da una visión general de que tan asincrónico puede ser cada cultivar, sino que también podemos conocer la producción de otras estructuras no deseadas que afectan la producción, como lo son las inflorescencias andróginas y hermafroditas comunes en los híbridos.

## 7. CONCLUSIONES

Se pudo determinar y comparar mediante los criterios de la escala BBCH, el tiempo que transcurrió los estadios de floración en los tres diferentes cultivares, siendo el híbrido Manaos x Compacta el que más demoró en finalizar su ciclo floración, con un promedio de 22 días aproximadamente, duplicando casi a Brasil x Djongo y a Coarí x La Mé con periodos de 13,6 días. Estos dos últimos se comportaron similares en el tiempo de cada estadio excepto en el estadio 601 y 603.

Con respecto a la posición filotaxica en donde se encontraban las inflorescencias en diferentes estadios de los híbridos Coarí x La Mé y Brasil x Djongo se encontró que estos tuvieron un solo cambio de posición foliar. En cambio, el Manaos x Compacta se comportó diferente; evidenciando dos cambios de la posición de la hoja.

Se evidenció que el cultivar con mayor tiempo con inflorescencias sincrónicas receptivas fue Manaos x Compacta. Mientras que el cultivar con el rango de tiempo más prolongado en inflorescencias asincrónicas fue Coarí x La Mé. Siendo esta una información relevante y útil para las actividades de polinización en campo.

El híbrido que mostró mayor frecuencia de asincronía en el primer semestre de 2020 fue Manaos x Compacta, se puede decir que es el cultivar más asincrónico bajo las condiciones climáticas de la zona central, señalando también que fue el que mayor número de inflorescencias femeninas y masculina tuvo.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se debe obtener la mayor cantidad de datos posibles para futuras investigaciones en cuanto a duración de receptividad de inflorescencias asincrónicas de los tres cultivares. Ya que la presente investigación tuvo como dificultad localizar en el tiempo oportuno estas inflorescencias. Con una mayor cantidad de datos, mayor será la precisión de los resultados.
- Realizar este mismo ensayo en dos diferentes tiempos marcados de lluvia y de sequía para futuras comparaciones de resultados.
- Sincronizar las actividades agronómicas acordes a estos posibles resultados para quienes deseen implementar estos cultivares en la zona central de Colombia facilitando así el proceso productivo.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, A, Bulgarelli, J., & Moya, B. (2000). Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis* Jacq. y *E. oleifera* HBK, Cortes. *ASD Oil Palm Papers*, 20(20), 35–36. [http://www.asd-cr.com/images/PDFs/OilPalmPapers/Polen\\_OxG\\_OPP\\_20.pdf](http://www.asd-cr.com/images/PDFs/OilPalmPapers/Polen_OxG_OPP_20.pdf)
- Alvarado, Amancio. (2013). El híbrido OxG Amazon : una alternativa para regiones afectadas por Pudrición del cogollo en palma de aceite. *Palmas*, 34, 305–314.
- Ayala, I., & Romero, H. (2019). Cultivares Híbrido OxG y la reactivación productiva de zonas con problemáticas de PC. *Xv Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*.
- Barba, J., & Baquero, Y. (2013). Híbridos OxG obtenidos a partir de oleíferas Taisha Palmar del Río ( PDR ), Ecuador . *Revista Palmas*, 34, 315–325. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10690/10675>
- Bayona, C. J., & Romero, H. M. (2019). Physiological and agronomic behavior of commercial cultivars of oil palm (*Elaeis guineensis*) and OxG hybrids (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) at rainy and dry seasons. *Australian Journal of Crop Science*, 13(3), 424–432. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.03.p1354>
- Cayon Salinas, D. G. (1999). Apuntes sobre fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Palmas*, 20(3), 43–54.
- Cenipalma. (n.d.). *Nosotros*. <https://www.cenipalma.org/>
- Corley, H., & Tinker, B. (1985). The oil palm industry. In *Outlook on Agriculture* (Vol. 14, Issue 4). <https://doi.org/10.1177/003072708501400408>
- De la Ossa, L. F. (2017). *Palma Africana de aceite*.
- Fedepalma. (n.d.). *¿Quiénes somos?* S.F. <http://web.fedepalma.org/quienes-somos-cenipalma>
- Fedepalma. (2019). *Presentación de desempeño : La palmicultura en Colombia*.
- Forero, C., Hormaza, P., Moreno, L., & Ruiz, R. (2017). Escala BBCH para la

- descripción del desarrollo vegetativo en *Elaeis guineensis* Jacq., *Elaeis oleifera* y el híbrido interespecífico OxG. In *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite* (Area 51 Pu, p. 123). Hernán Mauricio Romero Angulo.
- Forero, D. C., Hormaza, P. A., Moreno, L. P., & Ruiz, R. (2012). *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite*.
- Genty, P., & Ujueta, M. R. (2013). *Relatos sobre el híbrido interespecífico de palma de aceite OxG-Coari x La Mé: esperanza para el trópico*. Yolanda Moreno Muñoz.
- Granados, C. mujica. (2010). *Evolucion del sector palmicultor* (p. 72). [udi.edu.co/images/investigaciones/publicaciones/libros/porter/08/Libro-EvoluciondelSectorPalmicultor.pdf](http://udi.edu.co/images/investigaciones/publicaciones/libros/porter/08/Libro-EvoluciondelSectorPalmicultor.pdf)
- Hormaza, P., Mesa, E., & Romero, H. M. (2012). *Scientia Agricola Scientia Agricola*. Estatutos, Pub. L. No. Presentacion, 3 (2001).
- Rey B., L., Gómez, P. L., Ayala D., I., Delgado A., W., & Rocha S., P. (2004). Colecciones genéticas de palma de aceite *Elaeis guineensis* (Jacq.) y *Elaeis oleifera* (H.B.K.) de Cenipalma: Características de importancia para el sector palmicultor. *Palmas*, 25(Especial), 39–48. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1065/1065>
- Romero, H. (2018). Polinización artificial de híbridos OxG para la obtención de frutos partenocárpicos y la producción de aceite ( *Elaeis oleifera* Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq .). *El Palmicultor*, 558, 15–18.
- Sánchez, Á., Daza, E., Ruiz, R., & Romero, H. (2011). Polinizaión del híbrido OxG. In *Cenipalma* (Issue 00086). <http://www.palmasana.org/bigdata/fito/renovar/guiiametodologicapolinizaciona sistida.pdf>
- Schultes, R. E. (1990). *Notas Taxonómicas , Etnobotánicas y de Nomenclatura sobre la Elaeis* \*. 2(3), 17–21.
- Sistema de Información Estadístico del Sector Palmero (SISPA). (2019). *Evolución histórica anual de los rendimientos de aceite de palma en Colombia*. 1.

<http://sispaweb.fedepalma.org/SitePages/Home.aspx>

Torres V., M., Rey B., L., Gelves R., F., & Santacruz A., L. H. (2004). Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*, en la plantación de Guaicaramo S. A. *Revista Palmas*, 25(especial, tomo 2), 350–357.

<http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1099>

Weiber, E., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., Hess, M., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., & Van den Boom, T. (1998). Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida. *Compendio Para La Identificación de Los Estadios Fenológicos de Especies Mono- y Dicotiledóneas Cultivadas Escala BBCH Extendida*, 123.



## 10. ANEXOS

### Anexo 1. Formato para la toma de datos de frecuencia de asincronía

Plantación: \_\_\_\_\_  
 Material: \_\_\_\_\_ Lote: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
 Realizó: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_



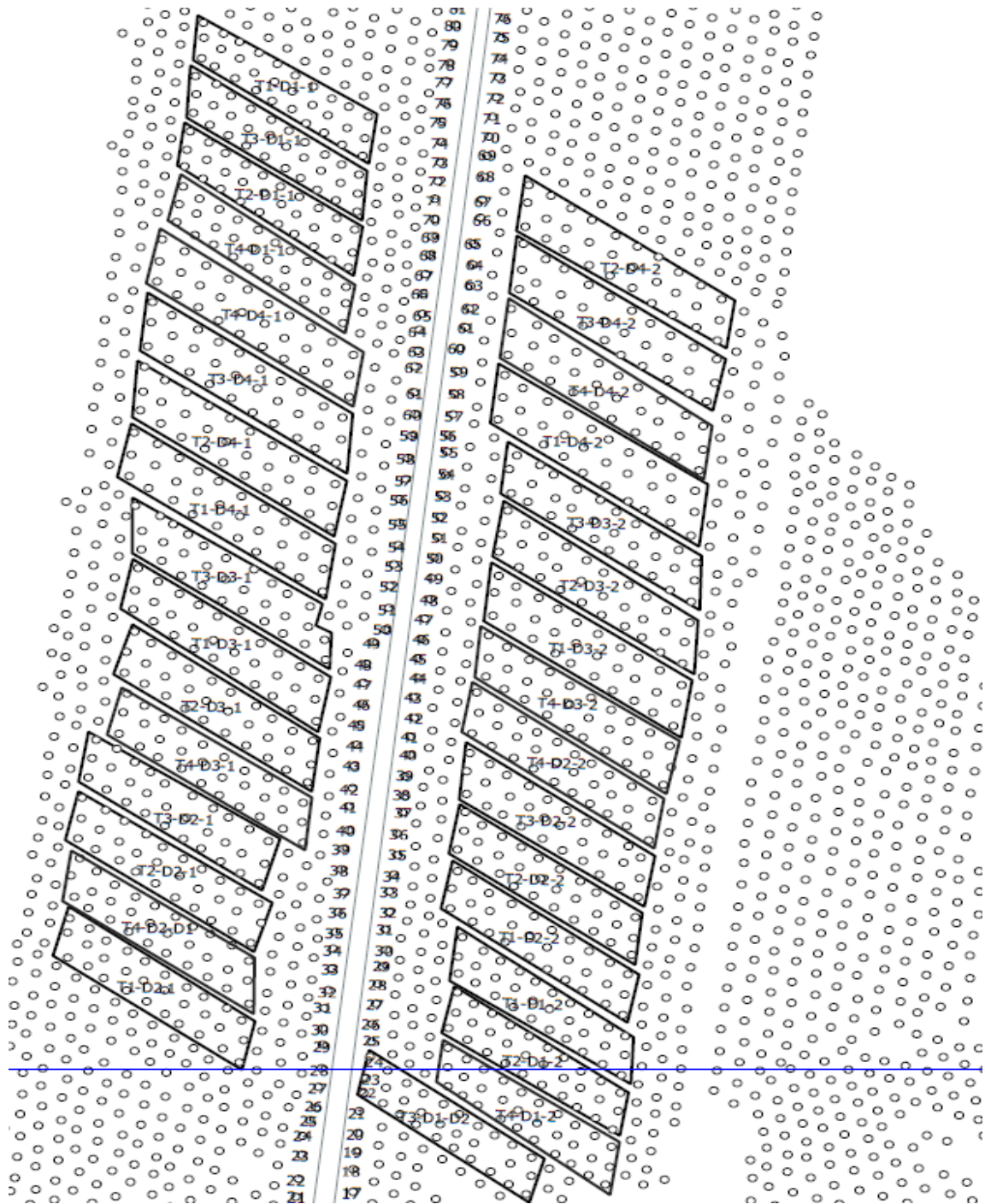
	Linea	Palma	TTO	REP	Inf. Fem. Asincronicas	Inf. Fem. Sincronicas	# Total de Inf. Fem.	Inf. Masculina	Inf. Androgina	Inf. Hermafrodita	Observaciones
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44											
45											
46											
47											
48											
49											
50											

**Anexo 2. Formato para la toma de datos de la duración de estadios de inflorescencias sincrónicas y asincrónicas**

FECHA: \_\_\_\_\_

TTO	RE	LIN	PAL	Asin / Sinc	Estado	#HOJA	Fecha registro	Hora registro	Aparición floral						Detalles
									Apice		Medio		Base		
									607	609	607	609	607	609	
T1 - D2	1	26	7												
T1 - D2	1	26	14												
T1 - D2	1	27	8												
T2 - D2	1	32	14												
T2 - D2	1	34	10												
T2 - D2	1	34	7												
T3 - D2	1	35	5												
T3 - D2	1	35	12												
T3 - D2	1	36	5												
T3 - D2	1	36	6												
T2 - D3	1	41	12												
T2 - D3	1	41	9												
T2 - D3	1	41	7												
T2 - D3	1	42	10												
T2 - D3	1	42	9												
T2 - D3	1	42	5												
T1 - D3	1	44	6												
T1 - D3	1	44	3												
T1 - D3	1	45	11												
T3 - D3	1	47	3												
T3 - D3	1	47	6												
T3 - D3	1	47	7												
T3 - D3	1	47	8												
T3 - D3	1	47	11												
T3 - D3	1	48	6												
T3 - D3	1	49	11												
T3 - D3	1	49	5												
T1 - D4	1	51	8												
T1 - D4	1	52	8												
T2 - D4	1	53	10												
T2 - D4	1	53	6												
T2 - D4	1	53	4												
T2 - D4	1	54	10												
T2 - D4	1	54	9												
T3 - D4	1	58	12												

### Anexo 3. Mapa del bloque 4.



**Anexo 4. Algunos materiales utilizados.**

