

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



**Comparación morfoanatómica e histológica de flores femeninas, frutos y semillas de palma de aceite: *Elaeis oleífera* (Kunth) Cortés - *Elaeis guineensis* (Jacq.) y su híbrido interespecífico O×G.**

Hansell Adrian Filete Torres

CC. 1.116.555.918

Programa Ingeniería Agronómica

01 -12- 2022

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



**Comparación morfoanatómica e histológica de flores femeninas, frutos y semillas de palma de aceite: *Elaeis oleífera* (Kunth) Cortés - *Elaeis guineensis* (Jacq.) y su híbrido interespecífico O×G.**

Trabajo de grado bajo la modalidad de práctica empresarial presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Agrónomo.

Hansell Adrian Filete Torres

CC. 1.116.555.918

Director académico

I.A. *PhD.* Paola Andrea Hormaza Martínez

Tutor empresarial

I.A. *PhD.* Iván Mauricio Ayala Diaz

Cotutora empresarial

Bióloga- Stephany Guataquira García

Programa Ingeniería Agronómica

01- 12 -2022

## **Dedicatoria**

Este logro se lo dedico muy especialmente a mis padres y mi hermano quienes siempre han estuvieron ahí, entregándome su apoyo incondicional y dando los mejores mensajes de perseverancia ante las vicisitudes que se me presentaron en este camino, a todas aquellas personas que siempre creyeron sinceramente en mí y en mis capacidades para conseguir todo aquello que me propongo, a todos expreso mis más sinceros sentimientos de agradecimiento y cariño.

## **Agradecimientos**

Primero que todo dar gracias a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto de mi etapa universitaria a poco de culminar mi carrera profesional y alcanzar un logro más en la vida, de igual manera agradecer a mi familia por el apoyo incondicional que me brindaron en mi paso por la universidad, a mis amigos y cada una de las personas con las que compartí y aprendí grandes experiencias de vida.

A cada uno de los docentes que impartieron cada cátedra con el mejor profesionalismo, pero en especial aquellos que dedicaban una parte de la clase a transmitir un mensaje de compromiso y amor por nuestra profesión, por tener esa vocación de enseñar y de no solo formar profesionales en nuestra área sino también de educar mejores personas.

A la profe Paola Andrea Hormaza quien me oriento y acompaño durante el desarrollo de mi práctica profesional.

A Cenipalma por haberme brindado la oportunidad de llevar a cabo mis prácticas profesionales dentro de sus instalaciones y apoyarme financieramente durante en el transcurso de mi pasantía , a cada uno de sus colaboradores quienes compartieron conocimientos en su largo trayectoria en el oficio de la palma de aceite y en contribuir en las labores a fines a la realización de este proyecto, del mismo modo agradecer por poner a mi disposición todas las condiciones y recursos necesarios para alcanzar los objetivos planteados en mi trabajo de grado.

Muy agradecido con Stephany Guataquira, bióloga de profesión quien me brindo su acompañamiento y apoyo en cada una de las tareas referentes a mi proyecto y de manera general en mi pasantía, también manifestar mi agradecimiento al doctor Ivan Ayala por haber compartido de sus conocimientos y orientarme durante la ejecución del proyecto.

## Tabla de contenido

### Comparación morfo-anatómica e histológica de flores femeninas, frutos y semillas de palma de aceite: *Elaeis oleífera* (HBK), *Elaeis guineensis* (Jacq.) y su híbrido interespecífico O×G.

Resumen .....	11
Abstract.....	12
Introducción.....	13
1.Problema.....	15
1.1.Planteamiento y descripción del problema.....	15
2.Justificación.....	16
3.Objetivos.....	17
4.Marco de Referencia.....	18
4.1.Antecedentes.....	18
4.1.1. Internacionales.....	19
4.1.2 Nacionales .....	19
5.Marco Teórico .....	20
5.1. Morfología de la palma de aceite (flor).....	20
5.1.1. Flor femenina.....	20
5.1.2. Factores que pueden determinar el sexo de las flores de palma de aceite .....	21
5.1.3. Fases de desarrollo de las inflorescencias .....	22
5.1.4. Proceso de antesis y polinización .....	23
5.2. Morfología palma de aceite (fruto).....	24
5.2.1.Clasificación del fruto de acuerdo con la clasificación del endocarpio. ..	25
5.3. Morfología de palma de aceite (semilla) .....	26
5.4. Escala BBCH adaptada a palma de aceite .....	27
5.5. Bases conceptuales .....	28
5.5.1. Histología vegetal y técnica histológica .....	28
5.5.2. Corte en fresco.....	28

5.5.3. Fijación .....	29
5.5.3.1. Tipos de fijadores químicos.....	29
5.5.4. Inclusión .....	30
5.5.4.1. Inclusión en hielo .....	30
5.5.4.2. Inclusión en parafina .....	31
5.5.5. Tinción.....	31
6.Marco legal .....	33
7.Metodología.....	36
7.1.Área de estudio. ....	36
7.2. Material vegetal .....	36
7.3. Procedimiento (en campo).....	37
7.3.1. Esquema ilustrativo para colección de muestras en campo.....	37
7.4. Biometría de morfología externa de estadios BBCH definidos (607- 701-800-807) en comparativo de los tres genotipos.....	39
7.5. Procedimiento de laboratorio .....	39
7.5.1. Descripción general de trabajo en Vibrátomo .....	40
7.5.2. Guía general de operación en Vibrátomo ajustado a las estructuras .....	40
7.5.2.1. Flor femenina.....	40
7.5.2.2. Fruto .....	41
7.5.2.3. Semilla.....	41
7.6. Clareo .....	42
7.7. Tinción.....	42
7.8. Variables definidas .....	43
7.8.1. Variable cuantitativa:.....	43
7.8.1.2. Herramientas de medición .....	44
8.Resultados.....	44
8.1.Comparativo general del estudio histológico estructuras .....	44
8.1.1.Descripción de procesos aplicados .....	46
8.2.Descripción anatómica de las estructuras.....	47
8.2.1.Flor femenina (BBCH 607) .....	47
8.2.2.Fruto estadio BBCH 701 .....	48

8.2.3.Fruto estadio BBCH 800 .....	49
8.2.4.Fruto estadio BBCH 807 .....	50
8.2.5.Semillas estadio BBCH 000 .....	51
8.3.Resultados de biometría (largo de las estructuras) .....	51
8.3.1.Longitud de flores femeninas en anthesis (medida tendencia central y medida de dispersión).....	51
8.3.2.Biometría de frutos en crecimiento comparados entre los genotipos.....	53
8.3.3.Biometría comparada de semillas completa .....	54
9.Resultados y Discusión.....	55
9.1.Flores femeninas (BBCH 607) .....	55
9.2.Frutos estadios BBCH (701 -800 -807).....	56
9.3.Semilla BBCH 000 .....	57
10.2. Morfometría de frutos y semillas.....	57
10.Conclusiones.....	58
11.Recomendaciones .....	59
12.Bibliografía.....	60
13.Anexos.....	63

## Lista de tablas

Tabla 1. <i>Procedimiento de clareo detallado</i> .....	42
Tabla 2. <i>Instructivo de tinciones utilizada</i> .....	42
Tabla 3. <i>Cuadro comparativo de las estructuras por estadios BBCH</i> .....	44
Tabla 4 <i>Procedimientos histológicos utilizados para las fotografías mostradas anteriormente</i> .....	46
Tabla 5. <i>Longitudes obtenidas del largo de flores en antesis a través de ImageJ</i> .....	51
Tabla 6. <i>Estadística descriptiva de flores en antesis o estadio BBCH 607</i> .....	53
Tabla 7. <i>Promedios longitudinales de frutos en crecimiento</i> .....	53
Tabla 8. <i>Largo promedio de las semillas en los tres genotipos</i> .....	54



## Lista de figuras

Figura 1. Sistema de ramificación de la inflorescencia femenina de <i>E. guineensis</i> (Jacq.).....	20
Figura 2. Ilustrativo de raquila especie <i>E. guineensis</i> (Jacq.). .....	21
Figura 3. Cuadro comparativo de las etapas de desarrollo de las inflorescencias y racimo en <i>E. guineensis</i> y el híbrido interespecífico .....	22
Figura 4. Esquema ilustrativo de flor en antesis y sus partes .....	24
Figura 5. Organización estructural del fruto de palma de aceite observado transversalmente	25
Figura 6. Clasificación del fruto de acuerdo con el grosor del cuesco.....	25
Figura 7. Arreglo de las partes o composición de la semilla de palma de aceite .....	26
Figura 8. Vista satelital del centro experimental palmar de la Vizcaína .....	36
Figura 9. Instructivo de trabajo en campo .....	37
Figura 10. Ilustrativo de estructura donde se desarrolló los botones florales.....	38
Figura 11. Ilustrativo de espiga con frutos formados.....	38
Figura 12. Estadio BBCH 701 comparado entre los genotipos .....	48
Figura 13. Estadio BBCH 800 comparado entre los genotipos .....	49
Figura 14. Estadio BBCH 807 comparado entre los genotipos .....	50
Figura 15. Estadio BBCH 000 comparado entre los genotipos .....	51
Figura 16. Gráfico de columnas comparativas de las medidas hechas a los cortes .....	52
Figura 17. Análisis grafico de estadística descriptiva.....	53
Figura 18. Análisis del crecimiento longitudinal de los frutos.....	54
Figura 19. Medidas promedio de semillas BBCH 000 .....	55

## Lista de anexos

Anexo 1. <i>Ilustración de método de medición de semillas</i> .....	63
Anexo 2. <i>Medición de frutos E. oleífera por ImageJ</i> .....	63
Anexo 3. <i>Medición de frutos ImageJ E. guineensis</i> .....	63
Anexo 4. <i>Medición de frutos OxG</i> .....	64
Anexo 5. <i>Medición de corte flores en antesis.</i> .....	64
Anexo 6. <i>Consolidado de datos entregados por ImageJ (micrómetros)</i> .....	65

## Resumen

Este documento es el resultado de un trabajo de aporte científico a la labor investigativa a fin a la palma de aceite, con un enfoque biológico que lleva a estudiar campos como la anatomía de ciertas estructuras como las flores femeninas frutos y semillas definidos como patrones fundamentales en procesos reproductivos. Es de esta manera que se ejecutó un plan comparativo morfo-anatómico de genotipos de palma de aceite demarcados como las especies *E. oleífera* (Kunth) Cortés - *E. guineensis* Jacq. y un producto genético resultante del cruce de las especies conocido como híbrido OxG, esto se hizo con técnica histológica relativamente simple ajustada a condiciones propias de cada tejido. Además, se tuvo en cuenta patrones cuantitativos para registrar un valor cuantitativo que nos permitiera observar desarrollo vegetativo de cada uno de los genotipos, a partir de la etapa de floración y desarrollo completo del fruto siguiendo la escala BBCH definida para especies vegetales y adaptada a palma de aceite con los códigos 6 para floración, 7 fruto en desarrollo y 8 fruto en maduración. Los códigos BBCH que se trabajaron fueron (607- 701- 800- 807).

De forma general se consiguió identificar tendencias del largo de las estructuras florales, siendo las flores de *E. oleífera* (Kunth) Cortés, son pequeñas en relación con los otros dos genotipos con un poco más de tres milímetros por debajo los botones florales de *E. guineensis* Jacq. que fue el que represento mayor longitud. Por lo que concierne al estudio anatómico se obtuvieron importantes resultados de cada estructura señalados muy explícitamente en el respectivo compilado de imágenes que aquí se muestran.

**Palabras claves:** Vibrátomo, cortes en fresco, tejido floral, tejido aceitoso, genotipo.

## Abstract

This document is the result of a work of scientific contribution to the research work towards oil palm, with a biological approach that leads to study fields such as the anatomy of certain structures such as female flowers, fruits and seeds defined as fundamental patterns in reproductive processes. It is in this way that a comparative morphoanatomical plan of oil palm genotypes demarcated as the species *E. oleífera* (Kunth) Cortés - *E. guineensis* Jacq. and a genetic product resulting from the crossing of the species known as an OxG hybrid, this was done with a relatively simple histological technique adjusted to the conditions of each tissue. In addition, quantitative patterns were taken into account to register a quantitative value that would allow us to observe vegetative development of each of the genotypes, from the stage of flowering and full development of the fruit following the BBCH scale defined for plant species and adapted to palm. of oil with the codes 6 for flowering, 7 developing fruit and 8 ripening fruit. The BBCH codes that were worked on were (607-701-800-807).

In general, it was possible to identify trends in the length of the floral structures, with the flowers of *E. oleífera* (Kunth) Cortés being small in relation to the other two genotypes, with a little more than three millimeters below the flower buds of *E. guineensis* Jacq. which was the one that represented the greatest length. With regard to the anatomical study, important results were obtained for each structure, very explicitly indicated in the respective compilation of images shown here.

**Key words:** Vibratome, fresh cuts, floral tissue, oily tissue, genotype

## Introducción

La palma de aceite representa una de las principales fuentes de aceite vegetal en el mundo, que en concordancia a los datos de productividad más recientes entregados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, se proyecta que la producción del 2022 llegara a las 79.16 millones de toneladas, lo que representa un incremento del 4.23% en comparación con el año inmediatamente anterior, cuando se produjeron 75.95 millones de toneladas (USDA, 2022). Colombia se posiciona como el cuarto productor a nivel mundial con apenas el 2% del total producido (Fedepalma, 2022). Con una demanda cada vez mayor por la gran cantidad de usos domésticos y agroindustriales que tiene el aceite de palma, la producción nacional tiene grandes retos en busca de mejorar la productividad y ser más competitiva a nivel internacional.

Con un panorama un poco más detallado de la realidad del sector palmero en Colombia tenemos que a nivel geográfico la palma de aceite tiene presencia en 21 departamentos con alrededor de 595.722 ha sembradas, en el ámbito económico las cifras son bastantes contundentes, en el 2021 ingresaron al país 7.7 billones de COP por la venta de su aceite y una participación en el PIB agrícola del 14% (Fedepalma, 2022). Dicho de esta manera los centros de investigación a fines al sector palmero se encuentran en la obligación de enriquecer los recursos genéticos con los que disponen los palmicultores. Es por lo que el aporte de la ciencia va a ser el núcleo fundamental para intentar dar solución a los obstáculos y condicionantes que surgen en campos de mejoramiento genético, con trabajos como el que se presenta en este contenido.

Como la mayoría de las especies vegetales que son cultivadas siempre hay un órgano de interés, que posee un valor comercial, en la palma de aceite el interés se centra el fruto que es rico en aceites. Comercialmente la especie que se explota es *Elaeis guineensis* (Jacq.) y un híbrido interespecífico OxG resultante del cruce de *Elaeis oleífera* (Kunth) Cortés y *Elaeis guineensis* (Jacq.). El fruto proviene de una inflorescencia femenina que es polinizada de forma natural por insectos (entomófila) o por polinización artificial con el uso de fitoreguladores.

A nivel morfológico se pueden denotar ciertas diferencias entre las especies mencionadas anteriormente y el híbrido interespecífico, pero para la ciencia los detalles son muy importantes, para dar explicación a los diferentes procesos biológicos que suceden a partir de las etapas de crecimiento y desarrollo en las especies vegetales; es allí donde se necesario apoyarse en ciencias aplicadas como la anatomía e histología vegetal. Por su parte la anatomía vegetal incluye un estudio comparativo y del desarrollo de células y órganos de las especies vegetales, por otra parte, muy de la mano la histología se encarga de estudiar la organización celular de los tejidos y su estructura microscópica (Megias, 2017).

En este trabajo de pregrado tiene como propósito fundamental aplicar la técnica histológica, un procedimiento un poco riguroso, pero a la vez sencillo si tenemos en cuenta que este es un campo poco explorado en palma de aceite; aún más si involucramos en el estudio tres genotipos enfocados en tres órganos (flor femenina- fruto - semilla). Además, se trabajó bajo una escala fenológica (BBCH) adaptada para las especies que permite trabajar los materiales en ciertas etapas de crecimiento vegetativo. La descripción histológica en la palma de aceite es relativamente pobre para las estructuras de estudio es por eso que se quiso entregar un reporte técnico científico con el fin entender los procesos de transición morfo-anatómica por los que pasa la palma aceitera.

## 1. Problema

### 1.1. Planteamiento y descripción del problema

En la actualidad se puede identificar y caracterizar algunos aspectos morfológicos basados en la escala BBCH, en las estructuras reproductivas y productivas del género *Elaeis* y su híbrido interespecífico OxG. Sin embargo, no se tienen antecedentes de tipo comparativo de las inflorescencias, el fruto y la semilla desde el punto de vista morfo-anatómico e histológico durante el desarrollo de sus diferentes fases entre los tres genotipos definidos para este estudio.

A nivel morfológico, existen cambios muy evidentes en las estructuras de estudio entre las especies *Elaeis oleífera* (Kunth) Cortés - *Elaeis guineensis* (Jacq.) y su cruce OxG. Estas variaciones, permiten diferenciar y comparar las etapas de desarrollo desde la apertura floral, la anthesis, la polinización y el desarrollo de las estructuras productivas (Semillas y fruto) en los diferentes genotipos y sus variedades. Esto, con la finalidad de seleccionar los materiales adecuados desde el punto de vista de mejoramiento genético, que inciden directamente en las variables de desarrollo y rendimiento de la palma. Histológicamente, se desconoce la disposición de las reservas en los tejidos del mesocarpio y de la semilla (embrión y endospermo) a lo largo del tiempo, en los mismos estados de desarrollo en los dos géneros *Elaeis* y el híbrido interespecífico OXG. Éste, conocimiento es necesario para establecer planes de implementación, manejo y extracción de aceite, además, del establecimiento de técnicas de determinación de cosechas de fruto para la germinación de semilla, mantenimiento de vigor y almacenamiento de ellas.

Se busca establecer protocolos morfo-anatómicos e histoquímicos en diferentes cortes para comparar la conformación de los estigmas, específicamente de la zona papilar, el tubo polínico y el ovario. Además, se busca establecer la organización de las células en el mesocarpio y la deposición de las reservas en las estructuras del eje hipocotíleo y endospermo en el embrión de las especies estudiadas. Las determinaciones antes mencionadas, pueden ser una guía complementaria en los procesos de selección y posterior cruzamiento intra e inter especies.

Es por esto por lo que el centro de investigación en palma de aceite (CENIPALMA) busca por medio de este proyecto aplicar una metodología de cortes en fresco en Vibrátomo de rotación y poder obtener un nivel de detalle mucho más profundo de la forma, arreglo y diferenciación de las células que conforman los tejidos antes mencionados.

## **2. Justificación**

El proyecto se enmarca en el déficit de información documentada y comparativa de la anatomía de flores femeninas, frutos y semillas en la palma de aceite de las dos especies *Elaeis oleífera* (Kunth.) Cortés - *Elaeis guineensis* (Jacq.) y su cruce interespecífico (O×G). La generación de esta información, es importante para entender los procesos del cultivo, desde el punto de vista productivo, partiendo de la formación floral hasta la de frutos, extracción de aceite o producción de semillas cigótica, germinación y la posibilidad de almacenamiento con buenos estándares de vigor, siendo algunos de los nichos productivos y comerciales. Para el cumplimiento de estas metas es necesario, la aplicación del conocimiento en ciencia básica de estos procesos reproductivos buscando obtener diferentes beneficios en el sistema productivo.

Una de las principales incógnitas es establecer el origen de la dormancia; el proceso de germinación de las semillas de palma aceite difícil, no solo por los procesos de quiebra de dormancia, como también por los procesos de escarificación que pueden ser largos oscilando entre 40 a 80 días mediante el uso de altas temperaturas (Cui et al., 2020; Kouakou, 2009) sin embargo, las tasas de germinación son menos de lo esperado. Estas variables, pueden estar relacionadas desde las etapas iniciales del desarrollo de las estructuras reproductivas.

Algunos factores de impacto en procesos de germinación de las semillas, que tienen cierto grado de dificultad para ocurrir en ciertos genotipos de interés por el tipo de dormancia que presentan, algo que aún no es del todo claro para quienes han realizado estudios en germinación semillas; por otro lado, el fruto representa un interés muy particular ya que de allí



es donde resulta el aceite que da el valor comercial. En esta estructura es de gran importancia poder observar posibles cambios o similitudes dentro los genotipos y si hubiese sido el caso contrastar estos aspectos cualitativos que ocurren en el mesocarpio en estadios de maduración cuando sucede la formación de sustancias lipídicas dentro del mismo, así como posibles cambios generados al aplicarse tecnologías como la polinización artificial vía fitorregulador ANA y sus efectos en formación y llenado de racimos.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, la realización de este trabajo tiene como propósito la aplicación del conocimiento consolidado para el fortalecimiento y generación de un posible valor agregado por su aplicación.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Comparar anatomía e histología general de estructuras florales, frutos y semillas de *E. oleífera* (Kunth) Cortés - *E. guineensis* (Jacq.) y su híbrido interespecífico OxG.

#### **3.2. Objetivos específicos**

Describir histológicamente flores femeninas, frutos y semillas de *E. oleífera* (Kunth) Cortés, *Elaeis guineensis* (Jacq.) y su híbrido interespecífico OxG.

Comparar en términos biométricos flores femeninas, frutos y semillas de *E. oleífera* (Kunth) Cortés, *E. guineensis* (Jacq.) y su híbrido interespecífico OxG.

## **4. Marco de Referencia**

### **4.1. Antecedentes**

Los primeros datos que se conocen de la palma de aceite nos trasladan al siglo XV en las costas del Golfo de Guinea (África Occidental), a partir de allí se fue expandiendo alrededor del mundo por los diferentes viajes de conquista a nuevos territorios, fue así que para el siglo XVI fue introducida en el continente americano por la región de San Salvador (antigua capital de Brasil).

Entre 1800 -1900 su producción como cultivo empezó a crecer en Europa y África, tanto así que para mediados de este siglo se empieza comercializar como materia prima para producir artículos como lubricantes para ferrocarriles y velas principalmente, pero con el transcurso del tiempo su industria se dinamizó al utilizar el aceite de palma para fabricar grasas de consumo humano y jabones. Para el caso particular de Asia la palma de aceite se introdujo para en 1948, originando plantaciones en países como Malasia e Indonesia. En solo Malasia entre 1961 – 1977 se sembraron una cantidad mayor a las 700 mil hectáreas, convirtiéndose rápidamente en el mayor exportador en el mundo.

Para Colombia la historia nos transporta a 1932 cuando el señor Florentino Claes trajo al país los primeros ejemplares de palma africanas con fines ornamentales para la estación agrícola de palmira en el departamento del Valle del Cauca y ciertos lugares de la amazonia. La planta como tal representaba una belleza natural y sus frutos eran comestibles, algo que llamo mucha la atención de la multinacional “United fruit company”, para implementar la producción y comercialización del aceite de palma, ejecutando su iniciativa en el 1945 en la zona bananera del departamento de Magdalena. El alto rendimiento por unidad de superficie de la palma de aceite fue el principal factor que impulso su siembra masiva en las diferentes zonas del país(Kushairi, 2019).

#### **4.1.1. Internacionales**

En 2005 un grupo de investigadores franceses en Montpellier, abordaron el estudio plantas de la familia Aracaceae particularmente palma de aceite *Elaeis guineensis* (Jacq). Debido a que estas plantas eran muy diversas en sus inflorescencias y morfología floral, aspectos que podrían ayudar a conocer un poco de su desarrollo reproductivo y evolución.

Se reportaron análisis a nivel citológico de inflorescencia y desarrollo de flores de la palma, mediante el uso de micrografías electrónicas y material seleccionado. Se observaron dos tipos de crecimiento distinguidos por dos tipos de células diferentes.

El primer tipo de célula poseía un núcleo bastante pequeño involucradas en un crecimiento lento; el segundo tipo de célula tenía una mayor proporción de núcleo un factor que se ligaba a activar un potencial meristemático y por tanto la formación de inflorescencias y órganos florales(Adam et al., 2005).

En 2015 en Malasia se hizo un estudio con el fin de analizar la estructura celular y anatomía del desarrollo de semillas de palma aceitera *Elaeis guineensis* (Jacq). Para ello las semillas se analizaron por técnicas como histoquímica y microscopía óptica. De este estudio resultaron varios acontecimientos importantes como que a medida que se desarrollaba la semilla, había un aumento del tamaño del endospermo en simultaneo de mayor secularización. El conjunto azúcares simples o polisacáridos se almacenaron en forma de paredes engrosadas, mientras que las proteínas y lípidos se almacenaron en el citoplasma todo esto ocurriendo 10 semanas luego de la anthesis(SauYee et al., 2015).

#### **4.1.2 Nacionales**

En 2020 apoyándose en parámetros de la escala BBCH se hicieron comparaciones de los estadios de floración en tres tipos de materiales de palma (Brasil x Djongo – Coarí x La Me - Manaus x compacta). Es importante aclarar que el estadio principal de floración en palma de aceite corresponde a 600 y de 601 a 609 se marca su desarrollo. Y se pudo concluir

que para este estudio el material de palma que mayor frecuencia asincrónica que se presentó fue Manaos x compacta con respecto a las condiciones climáticas de ese entonces (Tuiran, 2020).

Entre 2021 y 2022 se estableció una metodología de seguimiento histológico de flores femeninas y frutos para la especie *Elaeis oleífera* (Kunth) y el híbrido interespecífico O x G, realizando la obtención de las secciones por medio del Vibrátomo. Para el caso de las muestras se experimentó con diferentes fijadores químicos como Formaldehído y metanol. Por otra parte, en el fruto de acuerdo con el estado fenológico, lograron observar estructuras como el embrión, poro germinativo, plúmula y radícula (Gómez, 2022).

## 5. Marco Teórico

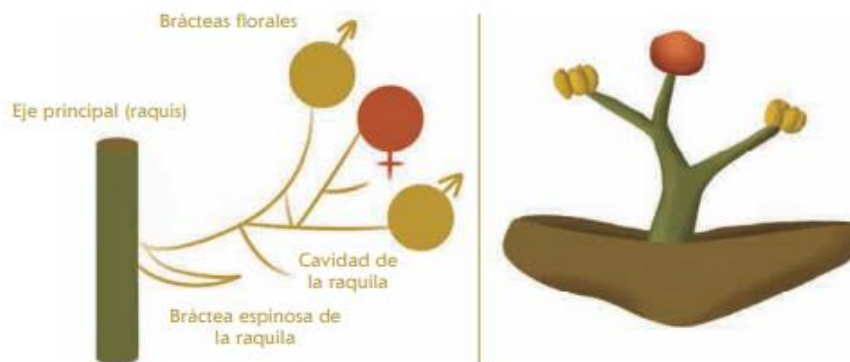
### 5.1. Morfología de la palma de aceite (flor)

#### 5.1.1. Flor femenina

Es un tipo de flor tipo “pistilada” lo que quiere decir que son flores unisexuales que se componen de pistilos, un órgano con estructuras femeninas, esta se forma en una triada de flores masculinas que la acompañan y se denominan “estaminadas”, una característica típica de plantas monocotiledóneas. Las flores se disponen en forma de espiral en su estructura conocida como raquila, a la vez esta raquila está protegida por una bráctea espinosa, clasificada como un tipo de inflorescencia compleja simpodial. (Adam et al., 2005).

Entiéndase mejor su morfología en el siguiente esquema:

**Figura 1. Sistema de ramificación de la inflorescencia femenina de *E. guineensis* (Jacq.)**



*Nota.* Diagrama adaptado del libro de generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite (pag.41)(Dransfield & Uhl, 2008; Romero *et al.*, 2012).

**Figura 2.** *Ilustrativo de raquilla especie E. guineensis (Jacq.).*



*Nota.* Disposición flor femenina en la raquilla de *Elaeis guineensis* Jacq. (Filete, 2022)

### **5.1.2. Factores que pueden determinar el sexo de las flores de palma de aceite**

En la palma aceitera hay discontinuidad en la producción del tipo flor (femenina o masculina) es por lo que se demarcan ciclos alternos en la floración, y que está altamente

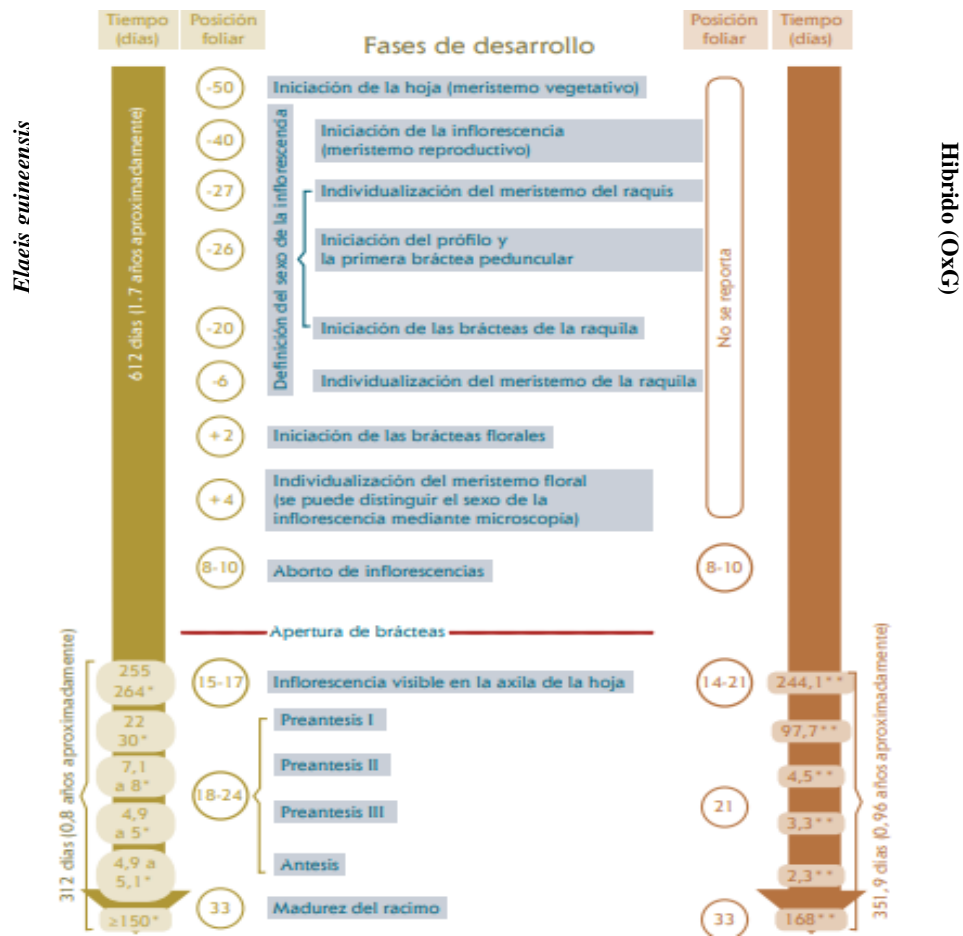
influenciados por diversos factores como la edad del material, las condiciones ambientales y la genética, pero hay varios indicios que hay factores abióticos como el “estrés hídrico” que favorece la producción de inflorescencias masculinas (Corley,1976). No obstante, este mismo autor experimento como la aplicación de reguladores de crecimiento, específicamente con la hormona ácido naftalanacético (ANA), determinando que esta tenía influencia en la producción de flores femeninas en un periodo posterior a 24 meses de aplicado el tratamiento.

Por otro lado, en un ensayo similar con la hormona ácido giberélico arrojó resultados contrarios donde su aplicación incremento la producción de inflorescencias masculinas y por consiguiente disminuyendo las femeninas. (Corley, 1976)

### ***5.1.3. Fases de desarrollo de las inflorescencias***

Las inflorescencias se forman a partir de un primordio floral en las axilas de las hojas. En el siguiente mapa comparativo se puede observar cómo se da este desarrollo de las inflorescencias tanto en *Elaeis guineensis* (Kunth) y el híbrido interespecífico (OxG):

**Figura 3. Cuadro comparativo de las etapas de desarrollo de las inflorescencias y racimo en *E. guineensis* y el híbrido interespecífico**

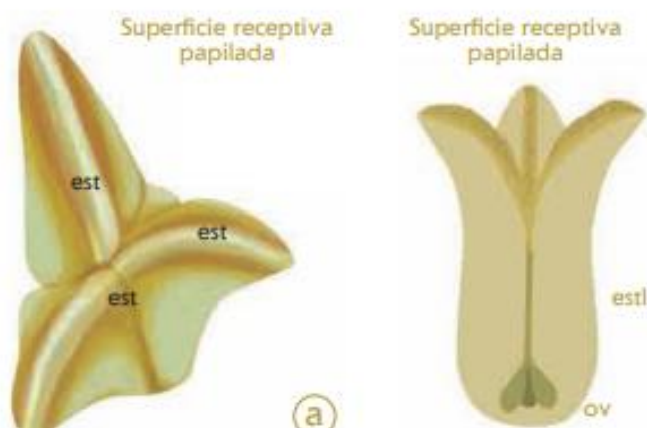


Nota. Diagrama adaptado del libro de generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite (pag.38), (Adam et al., 2005; Romero *et al.*, 2012).

#### 5.1.4. Proceso de antesis y polinización

La antesis es un periodo de receptividad donde la flor se dispone a ser polinizada, para palma de aceite la estructura floral está integrada por tres lóbulos estigmáticos, estos presentan una superficie papilada y humedad. Pero de acuerdo con el tipo de sexo de la flor, se tornan receptivas y completamente abiertas durante un cierto rango de tiempo; que en el caso de las flores femeninas es de cuatro días y se da en un lapso horario de 9 a 10 de la mañana con base en diferentes investigaciones fisiológicas ((Tandon *et al.*, 2001)). El esquema nos muestra la estructura de la flor femenina:

**Figura 4. Esquema ilustrativo de flor en antesis y sus partes**



*Nota.* Flor femenina en antesis. **est**(estigma); **estl**(estilo); **ov**(ovario). Adaptado del libro de generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite (pag.43)(Forero *et al.*, 2012).

## 5.2. Morfología palma de aceite (fruto)

La palma de aceite presenta un fruto tipo drupa sésil (mesocarpio carnoso) de acuerdo con el tipo de material genético, su forma puede variar de esférica – ovoide o alargada y el tamaño puede estar entre 2 y 5 cm incluso un poco más. Es aquí donde se centra el interés comercial de la especie vegetal, el mesocarpio que tiene alto contenido de aceite, un producto de alta demanda en la industria.

Podemos describir su constitución de afuera hacia adentro por una envoltura conocida como pericarpio, que se forma por una estructura de protección llamada exocarpio que tiene un aspecto brillante, liso y duro, seguido encontramos el mesocarpio cuyo aspecto cromático es de amarillo anaranjado formado por un parénquima de almacenamiento rico en aceite. Seguido tenemos el endocarpio que es el encargado de proteger la almendra, está conformado por células esclerotizadas que le brindan rigidez y su color es un marrón oscuro.



El endospermo es una capa más interior que las mencionadas anteriormente y está integrado por otras partes adyacentes como el tegumento, el albumen, y el embrión. Por su parte el tegumento es delgado y se adhiere al albumen que posee cartílago y es rico en aceite, de donde se extrae el aceite de palmiste. (Forero *et al.*, 2012)

**Figura 5. Organización estructural del fruto de palma de aceite observado transversalmente**



*Nota.* Adaptado del libro de generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite (pag.49)(Forero *et al.*, 2012)

### **5.2.1. Clasificación del fruto de acuerdo con la clasificación del endocarpio.**

Existe una clasificación que divide los frutos con base al grosor del cuesco, y esto es porque hay palmas tipo “dura” que presentan un cuesco grueso; en el otro extremo tenemos palmas “piscíferas” que carecen de cuesco y producto del cruzamiento de palmas de frutos con los aspectos anteriores tenemos el tipo “tendera” cuya característica es que posee un cuesco delgado obsérvese en figura 6.(Corley & Tinker, n.d.)

**Figura 6. Clasificación del fruto de acuerdo con el grosor del cuesco**



*Nota.* Clasificación del fruto de palma de aceite.

### 5.3. Morfología de palma de aceite (semilla)

La semilla tiene forma de nuez y se localiza en el centro de la drupa. De acuerdo con características genéticas varía sus caracteres entre palma africana- americana y el híbrido. Por ejemplo, *Elaeis guineensis* (Kunth) presenta semillas con un endocarpio de consistencia dura (ancho de 0,5 - 5mm), puede tener una a tres almendras provenientes de un ovario tricarpelar, el endospermo es duro y de color blanco a gris; el embrión es lineal y está situado frente al poro germinal (Hartley, 1988). El detalle se describe en la figura 7.

**Figura 7.** Arreglo de las partes o composición de la semilla de palma de aceite



*Nota.* Esquema ilustrativo de semilla de palma. a) semilla de palma de aceite, b) almendra, c) endospermo y embrión, d) embrión, e) corte longitudinal de la semilla. Adaptado del libro de generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite (pág. 24)(Forero *et al.*, 2012).

En *Elaeis oleífera* las semillas se tornan más oscuras (negro) cubierto por fibras, los poros germinativos se encuentran en el ápice de la semilla. Caso contrario de palma de africana, la semilla de palmas americana es poco común que se desarrollen más de una almendra que se dispone hundida hacia la base. El embrión es basal y alcanza un largo de 4,5mm con un grosor de 1 mm (Vallejo, 1976).

La semilla del híbrido OxG tiene una forma más ovoide, color pardo oscuro, pero en comparación de parentales filogénicos, tiene un mayor tamaño con medidas de 21,7mm de largo y 18,1 mm de ancho. El peso de la semilla es de aproximadamente 3,6g, por su parte la almendra pesa 0,6g (Romero *et al.*, 2012).

#### **5.4. Escala BBCH adaptada a palma de aceite**

Se han establecido ciertos criterios básicos para codificar la escala fenológica para las plantas de manera general de acuerdo con su etapa de desarrollo vegetativo, todo con el propósito fundamental de masificar la información y conectar la comunidad científica a nivel mundial. La adaptación de la escala BBCH a palma de aceite se da siguiendo los principios básicos de la misma, lo que parece importante mencionar alguno de los más destacados y que ayudaran a entender mejor la estandarización de los estadios.

- Los estadios deben ser claramente reconocibles y diferenciables
- Los estadios principales se codifican en dígitos de 0 – 9
- El tratamiento a la semilla antes de la siembra corresponde a 00.

- En términos generales los estadios principales para palma de aceite se estandarizan así:
  1. Desarrollo del embrión (semilla) = estadio principal: **0**
  2. Desarrollo de hojas tanto en la etapa de vivero como el establecimiento definitivo en campo = Estadio principal: **1**.

3. Alargamiento del tallo o estípites horizontal y verticalmente= Estadio principal: **3**
4. Crecimiento de órganos reproductivos (formación de inflorescencias) = Estadio principal: **5**
5. Etapa de floración (formación completa de botones florales – polinización = Estadio principal: **6**.
6. Crecimiento y llenado de fruto = Estadio principal: **7**
7. Maduración del fruto = Estadio principal: **8**
8. Senescencia = Estadio principal: **9**

## **5.5. Bases conceptuales**

### ***5.5.1. Histología vegetal y técnica histológica***

Los organismos vegetales están compuestos por tejidos de (protección, sostenimiento y conductores o dicho de una forma más técnica; tejidos dérmicos – fundamental – vascular) no obstante la forma en como están organizadas las células dentro de cada uno es muy versátil, haciendo que las discrepancias estructurales entre plantas sea algo muy notable, es por esta razón que al momento de ejecutar un procedimiento de histología el procesamiento del material puede ser variable. De tal forma que debemos tener en cuenta aspectos fundamentales como el corte en fresco y (la fijación) esto como primer paso del proceso.

### ***5.5.2. Corte en fresco***

Es la forma más simple de hacer histología porque no se realiza ningún tipo de alteración a la muestra recolectada, lo que quiere decir que no hay aplicación de sustancias químicas o mecanismos físicos, en tejidos vegetales es más práctico y factible realizar este procedimiento por dos opciones, una es la histología dirigida a especies cultivadas en laboratorio y por otro lado tenemos el factor fisiológico donde los procesos de lisis celular se prolonga un poco más con respecto al mismo proceso en tejidos animales. Pero cabe mencionar que muchas veces se hace necesario hacer fijación de tejidos por las características anatómicas y fisiológicas de cada especie vegetal (Reyes et al., n.d.)

### ***5.5.3. Fijación***

La fijación se entiende como una técnica de manejo de un organismo vivo o una parte de él, que tiene por objetivo conservar la arquitectura y estructura química, garantizando que no se altere en la medida de lo posible, de tal manera que las características celulares se mantengan en las mismas condiciones de cuando este estaba vivo. Se deben tener en cuenta diferentes criterios como los compuestos que componen la estructura celular para que estos no reaccionen con el fijador; como es el caso fundamental de las macromoléculas proteicas que pueden llegar a determinar la eficacia del fijador.

Además, el compuesto de fijación también le confiere al tejido una preparación para luego ser tratado en un posible proceso de inclusión si es necesario, favoreciendo la afinidad del colorante dependiendo de la naturaleza.

Existe una importante diferenciación que se debe aclarar, y es que en algunas ocasiones se tiende a confundir un fijador con un conservador, este puede ser inducido como un fenómeno físico (frio) u otro, que evita la autólisis, pero luego de sustraído dicho efecto se activan los procesos enzimáticos impulsando la destrucción celular masiva, caso contrario sucede con el fijador que actúa como un bloqueador de químico de la actividad celular, siendo un proceso permanente (Reyes et al., n.d.).

#### ***5.5.3.1. Tipos de fijadores químicos***

Existen varios fijadores de naturaleza química que son de los más utilizados en histología y que es pertinente traer a colación en este texto, se pueden clasificar de forma muy general en (simples y compuestos) o en su acción específica (oxidantes – reductores).

- Fijador simple: Hace referencia a una sola sustancia cuya composición está dada por un único ingrediente; por ejemplo, el “formaldehído” cuya acción es la de coagular proteínas. Esta sustancia viene en presentación en forma líquida, es

claro, incoloro y arroja vapores bastante irritantes para las vías respiratorias (Ramírez, 2010).

- Fijador compuesto: Este tipo fijadores es el resultado de mezclas entre varias sustancias, debido a que una sola sustancia difícilmente reúne todas las condiciones necesarias de fijación, por eso que es aconsejable realizar mezclas de fijadores de acuerdo con la necesidad y afinidad de los mismos. Ejemplo: F.A.A. (mezcla entre formaldehído – alcohol etílico- ácido acético), esta mezcla ha dado buenos resultados de fijación en tallos, raíces y hojas; además endurece las muestras (Reyes et al., n.d.)
- Clasificación por acción específica
  - Reductores: tetraóxido de osmio, ácido crómico, ácido acético.
  - Oxidantes: formaldehído, alcohol etílico, alcohol metílico (Ramírez, 2010).

#### **5.5.4. Inclusión**

Este paso posterior de la fijación del tejido, donde este mismo adquiere una consistencia más o menos dura, pero que en algunas ocasiones no es la suficiente para obtención de cortes aptos para la observación microscópica, es por eso que “se puede utilizar sustancias de inclusión para que se infiltren dentro del tejido y la célula formando un bloque homogéneo, para así otorgarle consistencia y firmeza”(Ramírez, 2010) , con el único objetivo de que al realizar el corte el tejido no se deforme y se destruya.

Se cuenta con una gama de sustancias usadas actualmente para inclusión, que se categorizan por su solubilidad en agua y solventes orgánicos; sustancias como: gelatina - carbowax – glicol metacrilato, son solubles en agua y las soluble en solventes orgánicos tenemos la parafina, celoidina y resinas epoxicas.

##### **5.5.4.1. Inclusión en hielo**

Es el método de inclusión más sencillo en histología vegetal puesto que es muy rápido de realizar la inclusión, pero hay que tener presente varios criterios en la congelación. La inclusión en hielo puede facilitar el estudio de productos metabólicos en productos polares y apolares, que puede ser eliminados de los tejidos cuando hay uso de otros métodos de inclusión. Pero esta técnica puede llegar a tener algunas desventajas debido a que los cortes pueden presentar variación en el grosor y también requiere de mucha delicadeza en la manipulación de las secciones por que puede dañarse fácilmente(Ramírez, 2010).

#### **5.5.4.2. Inclusión en parafina**

La parafina resulta de la mezcla de hidrocarburos saturados de cadenas que oscilan entre 22 -28 átomos de carbono. Luego del proceso de fijación y el lavado de las muestras estas no se pueden sumergir en agua y alcohol por lo que este medio inclusión es insoluble en esos dos compuestos, además para la inclusión en parafina se requiere de las siguientes fases:

- a) Deshidratación: extraer el agua completamente el agua del tejido, para que el solvente de inclusión actúe adecuadamente y alcance la dureza requerida. Se recomienda alcohol etílico a varias concentraciones
- b) Impregnación en el solvente (aclaración – diafanización): ya con las muestras de deshidratadas e impregnadas en alcohol etílico, se debe reemplazar el alcohol por su no afinidad a la parafina, además se es necesario agregar una sustancia que disuelva la parafina; este compuesto puede ser un diafanizadores como el: xilol, tolueno y benceno.
- c) Inclusión y formación de la parafina: pueden ser blandas- semiduras y duras (Ramírez, 2010).

#### **5.5.5. Tinción**

La tinción es la etapa previa a la observación en el microscopio en la coloración de la estructura celular, adquiriendo un tono visual específico de acuerdo con la acción de la sustancia

colorante, y se comprueba de que la muestra o corte de tejido se ha teñido cuando es sometido a un lavado parcial y este no se decolora.

El objetivo de ponerle color a la muestra fue demarcar las estructuras que conforman el tejido y así lograr diferenciarlas, haciendo más práctico el trabajo de observación, si disponemos una muestra sin realizar tinción se va a dificultar bastante el reconocimiento de las estructuras debido a que por procesos como la diafanización los tejidos pueden llegar a igualar los índices de refracción. Existen algunas teorías que explican la forma en que actúa el colorante.

- Teoría física: esta explica la coloración como un suceso de absorción, de forma que las partículas colorantes disueltas entran en los espacios inter- intracelulares manteniéndose adheridas por cohesión molecular.
- Teoría química: El colorante se combina al objeto de coloración (tejido – célula) como producto de agrupaciones moleculares básicas o ácidas en los componentes celulares que se unen a los cromógenos básicos y ácidos de los colorantes formando sales insolubles. Además, también se apoya enlaces iónicos que ocurren cuando el colorante y la sustancia a tinter generar cargas eléctricas atrayéndose de una a la otra (Ramírez, 2010).
- 

Existe varios tipos de colorantes o tinciones que se usan en el campo de estudio de histología vegetal y que tienen afinidad con las diferentes estructuras estos son algunos:

- 1) Azul de lactofenol: se usa para demarcar las cribas de los elementos del floema.
- 2) Azul de metileno: tiñe las paredes celulares y además sirve para hacer contrastes de coloración.
- 3) Fucsina básica – verde luz: colorea muy bien la cutícula y los pelos de la epidermis.



- 4) Safranina: tiene excelente tinción de tejidos con alta presencia de lignina(xilema) teniéndolo de rojo y verde para los demás tejidos.
- 5) Lugol: remarca el almidón con una coloración de azul a morado intenso, también se usa en tejidos lignificados.
- 6) Sudan IV: afinidad con compuestos lipídicos, utilizado normalmente para teñir suberina y cutina.
- 7) Fast green: Es una tinción que se asocia a tejidos no lignificados y contrasta muy bien con safranina.
- 8) Azul de Toluidina: Es una tinción metacromática que tiñe de verde brillante a purpura, con una sola tinción tiñe diferentes colores, partes u organelos. Tejidos lignificados color azul o verde y tejidos no lignificados color purpura(Reyes *et al.*, n.d.).

## 6. Marco legal

Para la realización del trabajo de grado de estudiantes de la Universidad de Pamplona se deben seguir los lineamientos del reglamento estudiantil según el acuerdo número 186 del 02 de diciembre de 2005. En el cual el Capítulo VI de Trabajo de Grado menciona a los artículos 35 y 36:

- ❖ ARTÍCULO 35: Define Trabajo de Grado como el Plan de Estudios de los programas, en el cual la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “trabajo de grado”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite:

A. Diagnosticar problemas y necesidades, utilizando los conocimientos adquiridos en la Universidad.

B. Acopiar y analizar la información para plantear soluciones a problemas y necesidades específicas.

C. Desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones.

D. Formular y evaluar proyectos.

E. Aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión (Universidad de Pamplona, 2005).

**ARTÍCULO 36.- Modalidades de trabajo de grado:** El Trabajo de Grado puede desarrollarse en las siguientes modalidades:

a) Investigación: Comprende diseños y ejecución de proyectos que busquen aportar soluciones nuevas a problemas teóricos o prácticos, adecuar y apropiar tecnologías y validar conocimientos producidos en otros contextos. Para los estudiantes que se acojan a esta modalidad, deberá presentar al director de departamento el anteproyecto que debe contener: propuesta para la participación en una línea de investigación reconocida por la universidad, tutor responsable del trabajo de grado y cronograma, previo estudio y aprobación de esta, del respectivo grupo de investigación.

☒ Acuerdo No.004 de 12 de enero de 2007

b) Pasantía de Investigación: Es la que se realiza en un grupo de investigación reconocido por Colciencias. Con la propuesta, el estudiante debe presentar el cronograma de trabajo y la carta de aceptación del grupo y un informe avalado por el director de este.

- c) Práctica Empresarial: Comprende el ejercicio de una labor profesional del estudiante en una empresa, durante un período de tiempo. Cuando el estudiante seleccione esta modalidad, deberá presentar al director de departamento el anteproyecto, que debe contener: nombre de la empresa, descripción de las características de la empresa, objetivos de la práctica, tipo de práctica a desarrollar, tutor responsable de la práctica en la empresa, cronograma de la práctica, presupuesto (si lo hubiere) y copia del convenio interinstitucional Universidad – empresa o carta de aceptación de la empresa.

**Ley 138 de 1994** “Por la cual se establece la cuota para el fomento de la agroindustria de la palma de aceite y se crea el Fondo de Fomento Palmero” en el congreso de Colombia.

- ❖ **ARTICULO 8º: Asignación de recursos a CENIPALMA.** Los recursos de la cuota para el fomento de la agroindustria de la palma de aceite destinados a promover la investigación, divulgación y promoción de tecnologías se asignarán al centro de investigación en palma de aceite, Cenipalma.
  
- ❖ **PARAGRAFO:** Los recursos recibidos por Cenipalma podrán utilizarse en proyectos específicos de investigación en palma de aceite, como contrapartida de los recursos que aporten las corporaciones mixtas de investigación, creadas para el fin por el gobierno nacional.

## 7. Metodología

El presente trabajo busca entender de forma general, el desarrollo de las estructuras estudiadas (inflorescencias, fruto y semilla). De forma, que sus hallazgos serán el punto de inicio para futuras investigaciones aplicadas de tipo descriptivo o correlacional. Por lo anterior, este trabajo se enmarca en el tipo exploratorio

### 7.1. Área de estudio.

El proyecto de práctica empresarial tendrá lugar en el Centro de Investigación en Palma de Aceite – Cenipalma, sede central conocido como el Palmar de la Vizcaína, ubicado en la vereda Peroles del municipio de Barrancabermeja en jurisdicción del departamento de Santander con coordenadas geográficas de; latitud  $7.067$  y longitud  $-73.867$   $7^{\circ} 4' 1''$  norte,  $73^{\circ} 52' 1''$  oeste, con una altura de  $76$  msnm, y temperatura promedio de  $32^{\circ}\text{C}$ .

**Figura 8.** *Vista satelital del centro experimental palmar de la Vizcaína*



*Nota.* Localización del sitio donde se realizó estudio(Google maps, 2022)

### 7.2. Material vegetal

El tipo de material vegetal a utilizar va a ser inflorescencias femeninas, frutos y semillas de las especies *Elaeis guineensis* (Jacq.) - *Elaeis oleífera* (Kunth.) y el producto de su híbrido interespecífico colectados en estadios principales de desarrollo BBCH y sus respectivos códigos de crecimiento dentro del estadio.

Para el espécimen de *Elaeis oleífera* (Kunth.) Se trabajó con un material de origen peruano, la especie *Elaeis guineensis* (Jacq.) y el cruce interespecífico OxG se utilizaron materiales comerciales.

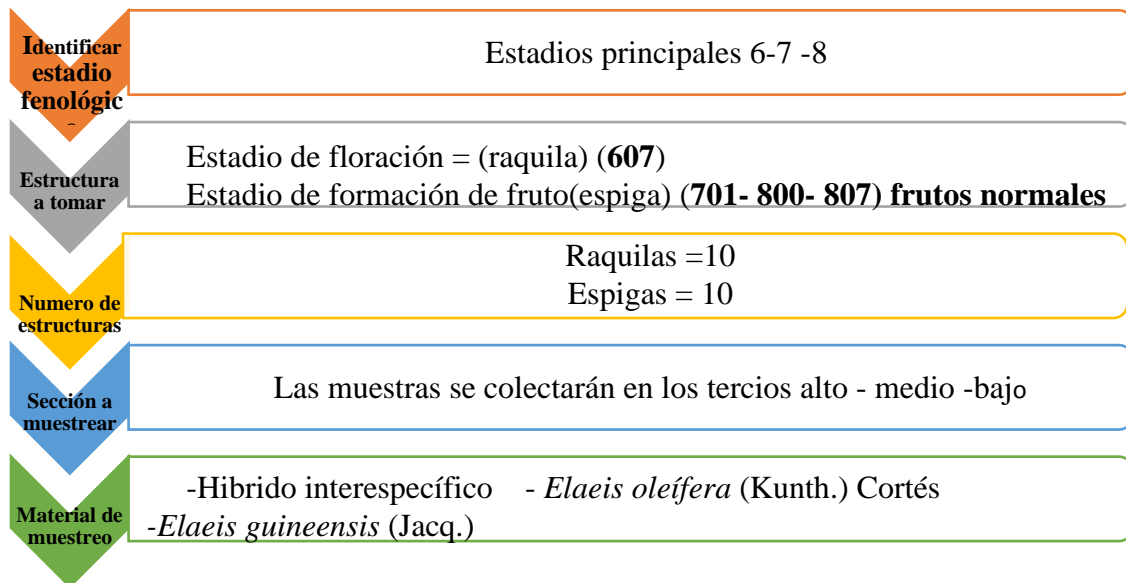
### **7.3. Procedimiento (en campo).**

Para la colección del material en campo se hizo un buen trabajo de identificación de los estadios para cada genotipo apoyado en referentes ilustrativos y personal con algo grado de experiencia en campo. Seguido de la identificación se procedió a la toma de las muestras y de inmediato someterlas a un proceso de conservación en frío con geles hidro refrigerantes. Esto fue en lo correspondiente al traslado de las muestras al laboratorio para su debido procesamiento y corte en fresco.

- Materiales utilizados para la colecta en campo
  - bolsas ziplock (sellables)
  - Cava de icopor con hielo para refrigerar muestras.
  - Marcador (identificación de las muestras)
  - Guantes de protección
  - Gurbia (corte)

#### ***7.3.1. Esquema ilustrativo para colección de muestras en campo***

**Figura 9. Instructivo de trabajo en campo**



Nota. parámetros de ejecutables en campo (Filete, 2022).

**Figura 10. Ilustrativo de estructura donde se desarrolló los botones florales**



Nota. Esquema de raquila hibrido OxG (Filete, 2022).

**Figura 11. Ilustrativo de espiga con frutos formados**



*Nota.* Espiga frutos desarrollados estadio BBCH 800 en especie *E. oleifera* (HBK.)(Filete, 2022).

#### **7.4. biometría de morfología externa de estadios BBCH definidos (607- 701-800-807) en comparativo de los tres genotipos.**

Se extrajeron diez estructuras individuales por estadio fenológico de cada genotipo, estas estructuras se les hicieron fotografías mediante el scanner EPSON con resolución de 600 ppp., de morfología de frutos y semillas y para flor morfoanatomía, para luego ser procesadas por el software ImageJ; este es un programa informático desarrollado con lenguaje Java que ofrece una gran diversidad de herramientas de procesamiento, edición y análisis de imágenes en múltiples formatos como (jpg- png- bmp – tif- raw entre otros). En relación con el componente de análisis, ImageJ está en la capacidad de tomar medidas sobre las imágenes o en sitios específicos de la imagen calculando medidas de área, perímetros, diámetros, distancias y otras funciones (Sanchez, 2014).

Aquí se pudo tener un referente cuantitativo con respecto a parámetros de crecimiento (largo de la estructura) en su proceso de desarrollo vegetativo de cada uno de sus estadios.

#### **7.5. Procedimiento de laboratorio**

Las muestras colectadas son almacenadas mediante método físico de conservación en frío en temperaturas de (5- 10 °C). Este procedimiento se aplicó para los tres tipos de estructuras.

La metodología aplicada para este trabajo es de “corte fresco en Vibrátomo”, elegida por ser un método práctico de estudio histológico que se adaptó al equipo disponible. Por motivos de practicidad y del tipo tejidos a trabajar se elige esta metodología de estudio histológico, donde no se somete el tejido a ningún tipo fijador, inmediatamente obtenida la muestra se arreglaron las mismas y se ejecutaba el respectivo el montaje en el equipo de corte. El procedimiento aplicado para cada estructura se explica en apartados posteriores.

### ***7.5.1. Descripción general de trabajo en Vibrátomo***

El Vibrátomo con el que se trabajó es un equipo de la marca Leica y modelo VT 1000 S que cuenta con unas especificaciones técnicas que son parte fundamental en la calidad de los cortes a obtener. El equipo posee una zona de corte de 1- 40 mm ajustable a la necesidad, frecuencias de 1 a 10 Hz y velocidades de 1- 10 mm/s dentro de los aspectos variables que se puede manipular. Además, dentro de su diseño integra una pieza dispuesta para agregar el conocido como baño tampón con soluciones antioxidantes o simplemente para hidratar los cortes obtenidos. Para el caso particular de este trabajo solamente se utilizó agua destilada y alcohol a concentraciones de 25-50%.

Mencionado los factores anteriores se ajustó una metodología fija de trabajo que se adaptó principalmente a la consistencia de cada tejido cuya característica era de importancia para la obtención del corte, teniendo en cuenta que cada estructura poseía características de dureza distintas.

### ***7.5.2. Guía general de operación en Vibrátomo ajustado a las estructuras***

#### ***7.5.2.1. Flor femenina***

En las flores femeninas era obtener una vista parcialmente completa de cada una de las partes que conforman el aparato reproductor femenino en su estado 607 donde la flor es receptiva para ser polinizada, es por eso que se escogió un rango en el tamaño del corte ( $\mu\text{m}$ ), encontrando así un óptimo entre 25- 35 micras para flores femeninas de *E. oleífera* – *E.*



*guineensis*- Híbrido OxG, dicho intervalo nos proporcionó láminas suficientemente delgadas lo que permite una vista completa del sistema reproductor del botón floral y una buena absorción de la tinción que se agregó generando un efecto de contraste en la observación al microscopio.

Para los otros dos criterios de ejecución en Vibrátomo, correspondiente a velocidad y frecuencia se establecieron valores de 4 mm/s para velocidad y 5 Hz para frecuencia; por último y no menos importante la posición de la flor en el porta muestras se posicionó en paralelo con respecto a la dirección de avance de la cuchilla. Con base en este método de trabajo se sacaron los 10 cortes longitudinales de cada genotipo para analizar el parámetro cuantitativo (longitud) y estudio anatómico.

#### **7.5.2.2. Fruto**

Se trabajó con frutos normales, que fueron polinizados naturalmente (entomófila) y por consiguiente pueden formar semilla, algo que no sucede en la polinización artificial con ANA, para los frutos se decidió hacer cortes transversales y longitudinales. El factor dureza y consistencia aceitosa en estadios 807 hizo variar los grosores de corte y la dinámica de trabajo en el Vibrátomo, quedando para cada subestadio de fruto de la siguiente manera:

-Estadio BBCH 701: cortes transversales y longitudinales a 30 micras (velocidad: 7mm/s – frecuencia: 4,5 Hz).

-Estadios BBCH 800- 807: cortes longitudinales y transversales a 45 micras (velocidad: 5mm/s – frecuencia: 4 Hz.).

#### **7.5.2.3. Semilla**

Esta estructura por estar conformada por una capa externa conocida como endocarpio que es extremadamente duro, y al no existir un método de corte histológico establecido para ablandar el endocarpio no se puede incluir esta parte en el estudio anatómico de la semilla como estructura completa, es por eso que se utilizó la almendra o endospermo donde este contenido

el embrión, que si fue posible realizar los cortes histológicos y la estandarización de ejecución en el Vibrátomo fue así:

-Estadio 00: cortes longitudinales y transversales a 20 micras (velocidad:8 mm/s – frecuencia: 3,5).

### 7.6. Clareo

**Tabla 1. Procedimiento de clareo detallado**

	<b>Estadio BBCH</b>	<b>Tiempo de clareo</b>	<b>Agente de clareo</b>
Flor femenina	607	60 s.	Hipoclorito de sodio 5.25%
Fruto	701	100 s.	Hipoclorito de sodio 5.25%
	800	100 s.	Hipoclorito de sodio 5.25%
	807	120 s.	Hipoclorito de sodio 5.25%
semilla	00	30 s.	Hipoclorito de sodio 5.25%

*Nota.* elaborado por (Filete, 2022).

### 7.7. Tinción

Previo a comenzar el proceso de tinción se hizo un doble lavado con agua destilada para retirar los restos de hipoclorito de sodio.

**Tabla 2. Instructivo de tinciones utilizada**

	<b>Estadio BBCH</b>	<b>Tiempo de reacción del colorante</b>	<b>Tinciones aplicadas</b>
Flor femenina	607	(1)45 s. - Contrate-(2) 30s. (3) 30 s.	(1) safranina x (2) fast green (3) azul de toluidina
Fruto	701	(1)50 s. (2)40 s.	(1) Azul de toluidina (2) Safranina
	800	(1)50 s. (2)30 s.	(1) Azul de toluidina (2) Safranina
	807	(1)50 s. (2)30 s. (3) 20 s. (4) 150 s.	(1) Azul de toluidina (2) Safranina (3) fast green (4) Sudan IV
semilla	000	(1) 120 s.	(1) Sudan IV

*Nota.* elaborado por (Filete, 2022).

Luego del procedimiento de tinción se pasaron las muestras por diferentes concentraciones de alcohol (100% - 70% - 50%) con el fin de quitar los excesos de colorante en las muestras, aplicado para las tinciones de safranina y Fast green ya que estas son un poco intensas y dificulta la claridad al momento de observar al microscopio, para las tinciones de azul de toluidina y sudan IV simplemente se hace un lavado del colorante con agua destilada.

## **7.8. Variables definidas**

Se estableció un tipo de variable cuantitativa para alcanzar uno de los objetos de este trabajo, de tal forma que la variable se explica de la siguiente forma:

### **7.8.1. Variable cuantitativa:**

- 1) Longitud o largo de las estructuras (flores femeninas- frutos – semillas): Esto se desarrolló con base a los estadios establecidos en el marco metodológico, aplicado a diez repeticiones por estadio. Para las flores femeninas se fue un poco más riguroso y se usó estadística descriptiva con medidas de tendencia (media) y medida de dispersión (desviación estándar) para analizar los datos obtenidos de esta estructura, ya para fruto y semilla simplemente se aplicó la media aritmética para graficar y analizar los datos de las 10 repeticiones por estadio.

### ***7.8.1.2. Herramientas de medición***


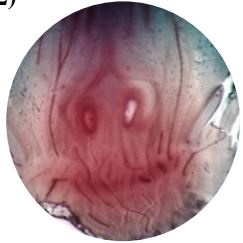
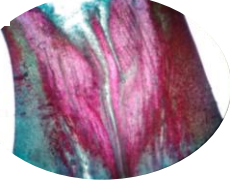
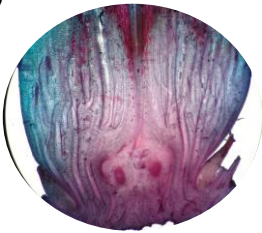

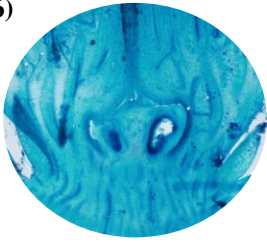
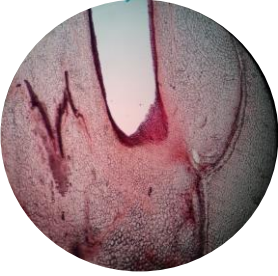
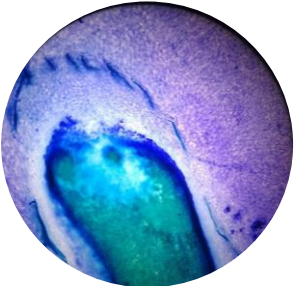
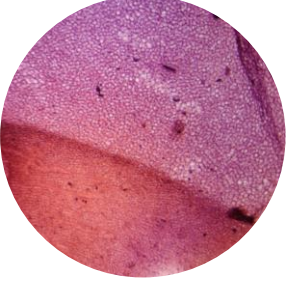
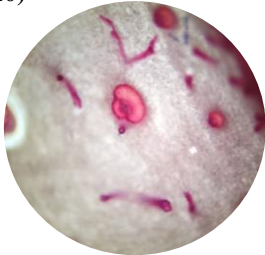
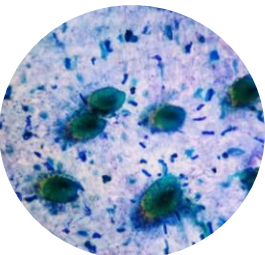
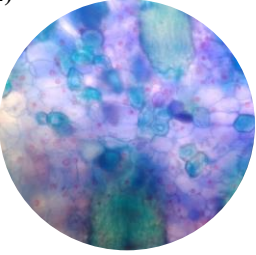
La herramienta que se usó para ejecutar la medición de las estructuras fue **ImageJ** en este software se subieron las imágenes en formato (tif) luego de pasar por el scanner EPSON. Se hizo la calibración del programa para adecuarlo a tomar las medidas en un contexto real, las medidas entregadas por el software fueron en una unidad de medida de micrómetros, esto implicó que para procesar la información se eligiera (mm) como unidad absoluta de medición.

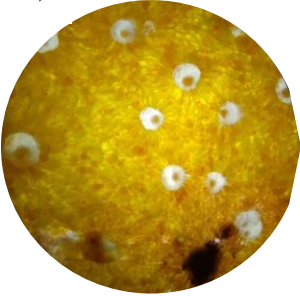
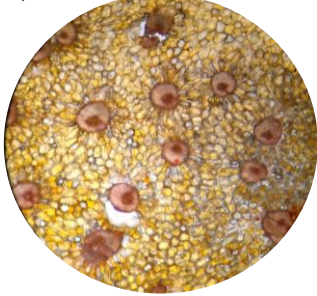
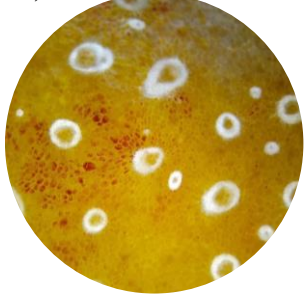

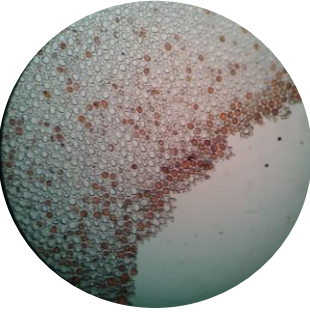
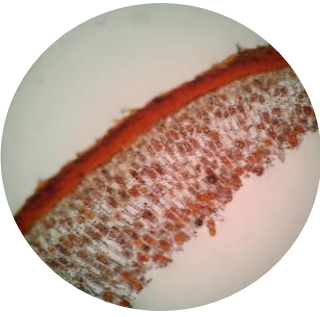
## **8. Resultados**

### **8.1. Comparativo general del estudio histológico estructuras**

**Tabla 3. Cuadro comparativo de las estructuras por estadios BBCH**

<b>ESTADIO</b>	<b><i>E. guineensis</i></b>	<b>OxG</b>	<b><i>E. oleífera</i></b>
----------------	-----------------------------	------------	---------------------------

FLOR	BBCH 607	<p>1) </p> <p>2) </p>	<p>3) </p> <p>4) </p>	<p>5) </p> <p>6) </p>
FRUTO	BBCH 701	<p>7) </p>	<p>8) </p>	<p>9) </p>
FRUTO	BBCH 800	<p>10) </p>	<p>11) </p>	<p>12) </p>

	<b>BBCH 807</b>	13) 	14) 	15) 
<b>SEMILLA</b>	<b>BBCH 000</b>	16) 	17) 	18) 

Nota. elaborado por(Filete, 2022).

### 8.1.1. Descripción de procesos aplicados

**Tabla 4 Procedimientos histológicos utilizados para las fotografías mostradas**

*anteriormente*

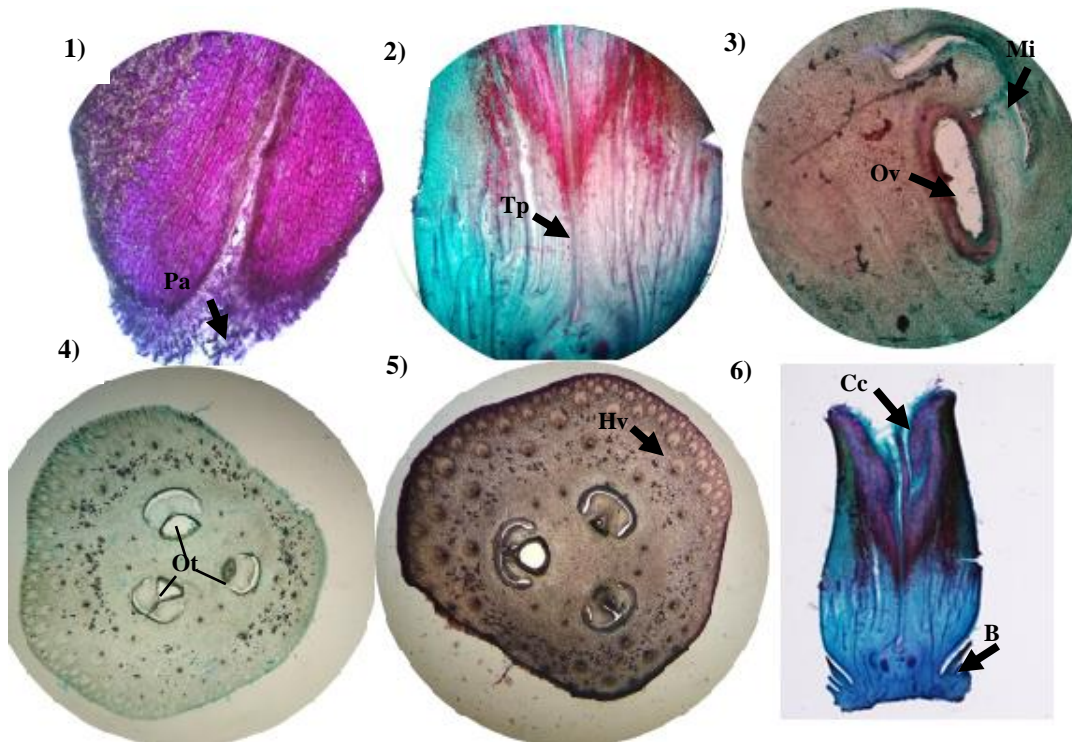
		<b>Estructura</b>				
		<b># Foto</b>	<b>Dirección de corte</b>	<b>Tinción usada</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Zona de corte</b>
<b>Flor</b>		1-2-3-4-5	Longitudinal	Safranina- fast green	10x	Estigmas – Ovario
		6	Longitudinal	Fast green	10x	Ovario
<b>Fruto</b>		7-8-9	Longitudinal	7)safranina- 8) azul de toluidina-9) safranina- A. Toluidina	10x	Ovario en crecimiento

Fruto	10-11-12	Transversal	(clareo) (10) safranina-(11 y 12) azul de toluidina- sudan IV	10x	Mesocarpio
	13-14-15	Transversal	Sudan IV	10x	Mesocarpio
Semilla	17-18-19	Longitudinal	Sudan IV	10x	Almendra

*Nota.* elaborado por (Filete, 2022).

## 8.2. Descripción anatómica de las estructuras

### 8.2.1. Flor femenina (BBCH 607)



*Nota.* Anatomía de flores femeninas en estadio BBCH 607, “fotografías de los tres genotipos”.

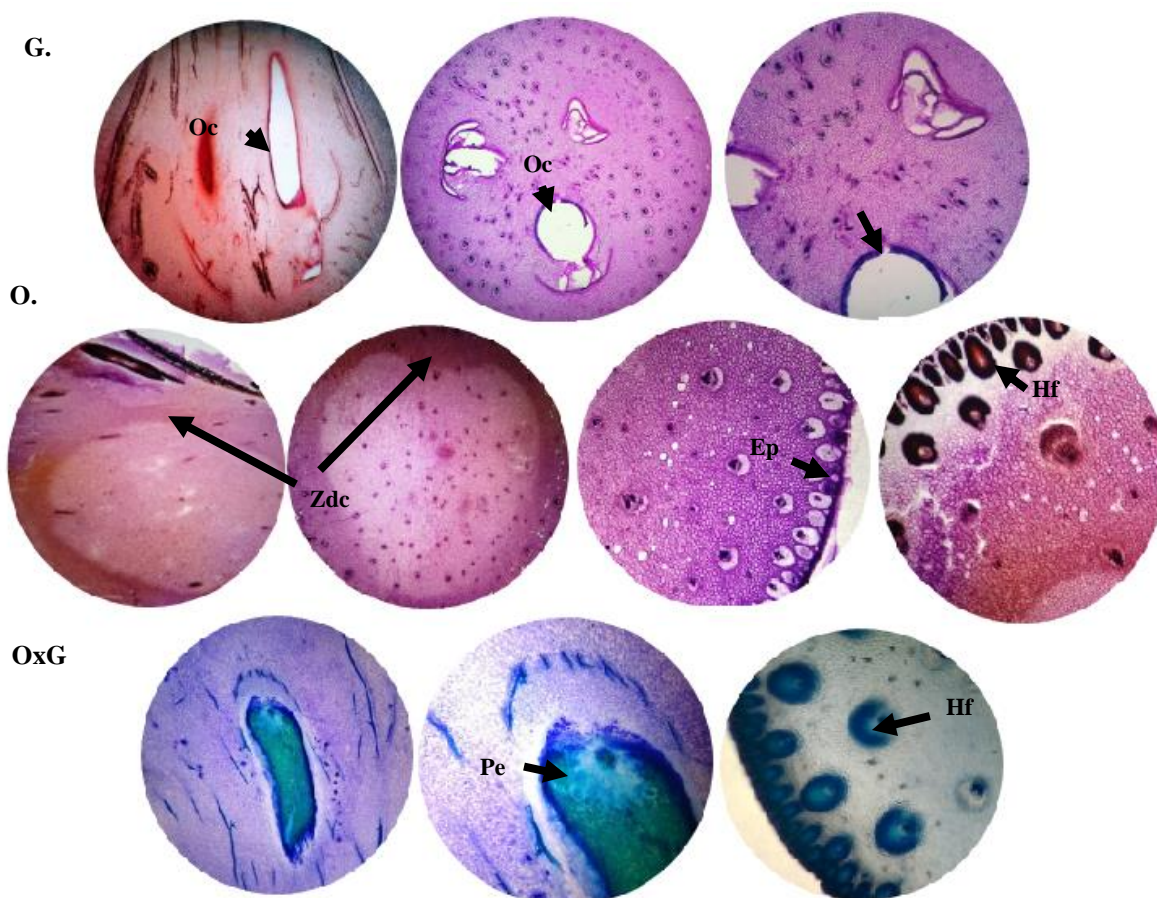
Abreviación: **Pa.**: Papilas estigmáticas; **Tp.**: Tubo polínico; **Ov.**: Ovario; **Mi.**: Micropilo; **Ot.**: Ovario tricarpelar; **Hv.**: Haz vascular; **B.**: Bráctea; **Cc.**: Corte estructura completa.



Descripción fotográfica: **1)** corte longitudinal del estigma de *E. guineensis* teñido con safranina y observado a 10x, **2)** Corte longitudinal de OxG visto a 4x (tinción: fast green-safranina); **3)** Vista del ovulo de flor *E. oleífera* a 10x (tinción: fast green, corte longitudinal) **4)** y **5)** Corte transversal de botón floral de *E. oleífera*, vista 4x (tinción: fast green – safranina) **6)** Corte completo botón floral de *E. oleífera*. (fotografía normal – tinción: safranina – fast green) (Filete, 2022)

### 8.2.2. Fruto estadio BBCH 701

**Figura 12. Estadio BBCH 701 comparado entre los genotipos**



*Nota.* Anatomía de frutos estadio BBCH 701. “Fotografías de los tres genotipos”. (cortes longitudinales y transversales), Abreviaciones: **Oc:** Ovulo en crecimiento; **Zdc.:** zona de

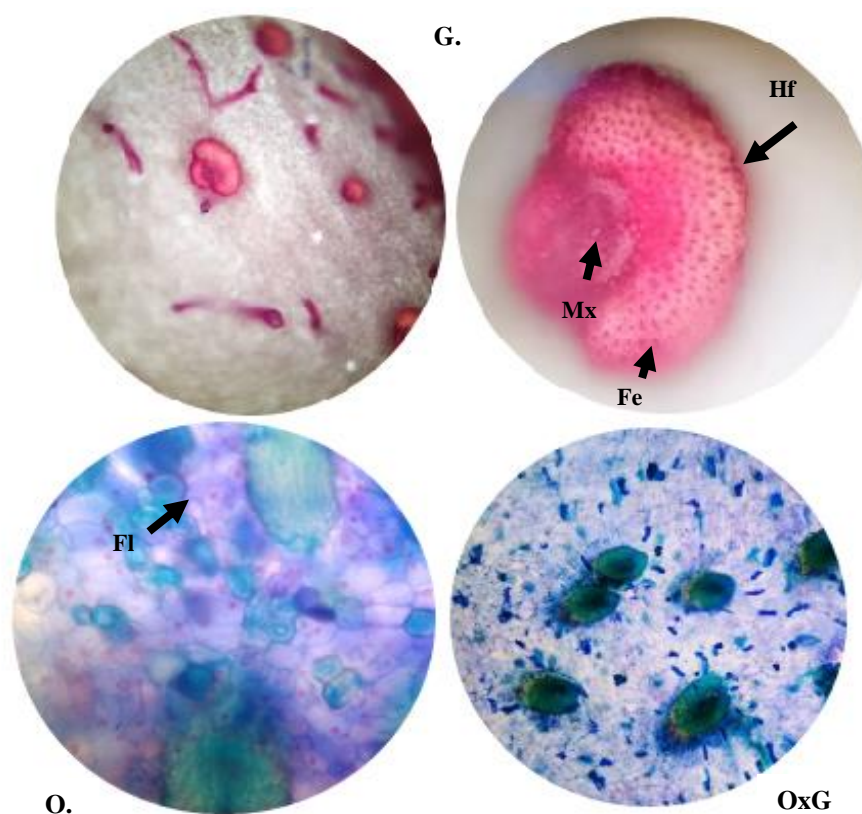


diferenciación celular; **Hf.**: Haces fibrovasculares; **Pe.**: Posible crecimiento de endospermo; **Ep.**: Epidermis.

Descripción fotográfica: **G.**: guineensis; **O.**: oleífera; **OxG.**: Híbrido interespecífico. La organización de las imágenes de izquierda a derecha esta dado de objetivos 4x a 10x. Tinciones: **G.**: Safranina y azul de toluidina; **O.**: Azul de toluidina – safranina; **OxG.**: Azul de toluidina. (Filete, 2022).

### 8.2.3. Fruto estadio BBCH 800

**Figura 13.** *Estadio BBCH 800 comparado entre los genotipos*

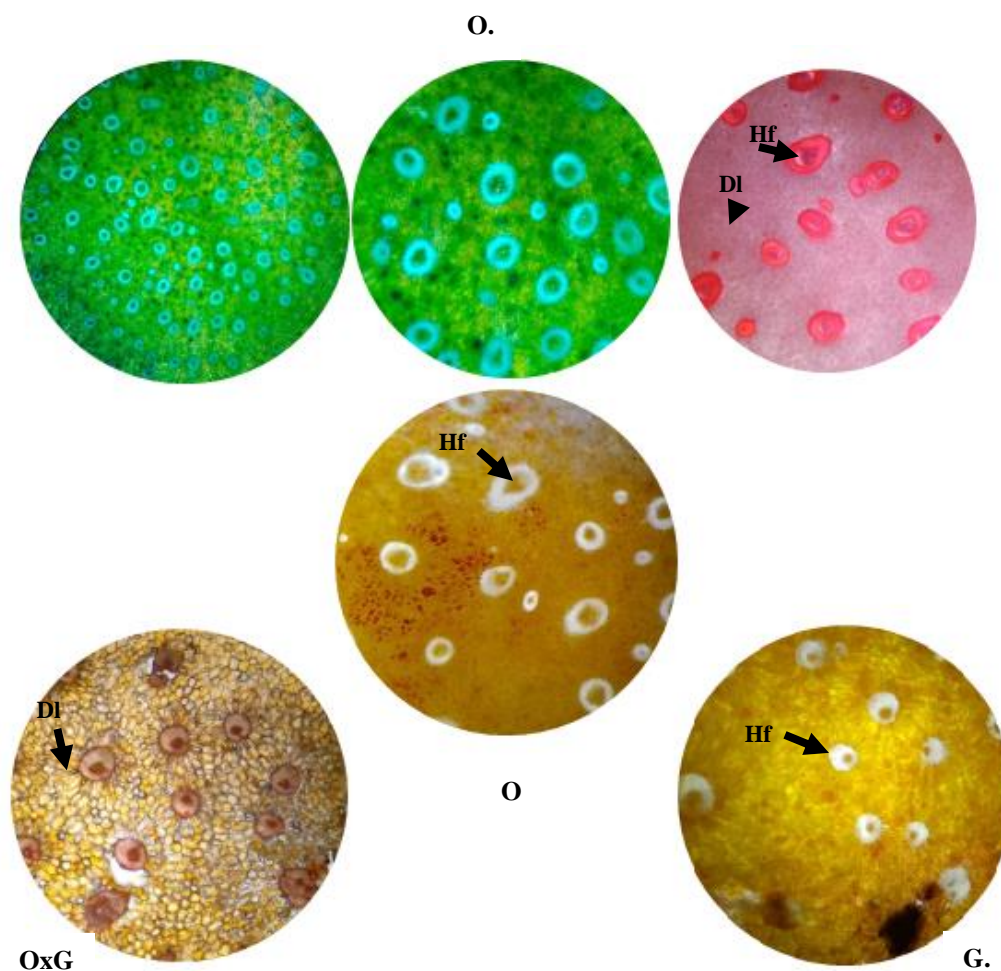


*Nota.* Anatomía de fruto estadio BBCH 800.” Fotografías de los tres genotipos”. (cortes transversales) Abreviaciones: **Hf.**: Haz fibrovascular; **Fl.**: Formación de lípidos; **Mx.**: Metaxilema; **Fe.**: Fibras de esclerénquima.

Descripción fotográfica: **G.**: guineensis: imagen superior izquierda a 10x, derecha 40x teñidas con safranina; **O.**: vista a 10x con tinción azul de toluidina y sudan IV; **OxG**: Vista a 10x tinción de azul de toluidina. (Filete, 2022).

#### 8.2.4. Fruto estadio BBCH 807

**Figura 14. Estadio BBCH 807 comparado entre los genotipos**



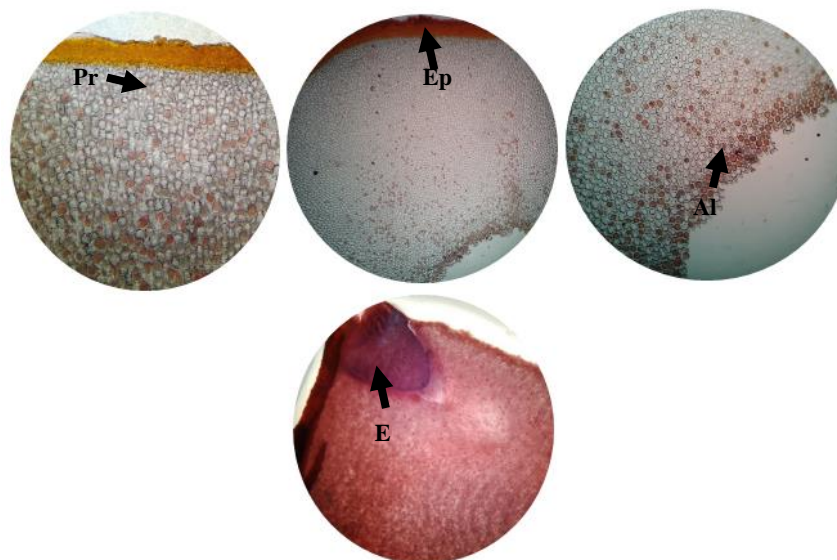
*Nota.* Anatomía de frutos estadio BBCH 807.” Fotografías de los tres genotipos” (cortes transversales). Abreviaciones: **Hf**: Haces fibrovasculares; **DI**: Deposito de lípidos.

Descripción fotográfica: **O.**: correspondiente a las tres imágenes superiores y la ubicada en el centro, tinciones de azul de toluidina- fast green, safranina, sudan IV vistas en 4x y 10x;

**OxG.:** teñida con sudan IV en objetivo 10x; **G.:** teñida con sudan IV en objetivo 10x.(Filete, 2022).

### 8.2.5. Semillas estadio BBCH 000

**Figura 15. Estadio BBCH 000 comparado entre los genotipos**



*Nota.* Anatomía de semilla estadio BBCH 000. “fotografías de los tres genotipos”. (cortes longitudinales) Abreviaciones: Pr.: Parénquima de reserva; **Ep.:** Epidermis; **Al.:** Acumulación de lípidos; **E.:** Embrión.

Descripción fotográfica: imágenes de izquierda a derecha organizadas como **G - OxG - O**, fueron observadas con objetivo 10x y teñidas con sudan IV.(Filete, 2022).

## 8.3. Resultados de biometría (largo de las estructuras)

### 8.3.1. Longitud de flores femeninas en antesis (medida tendencia central y medida de dispersión)

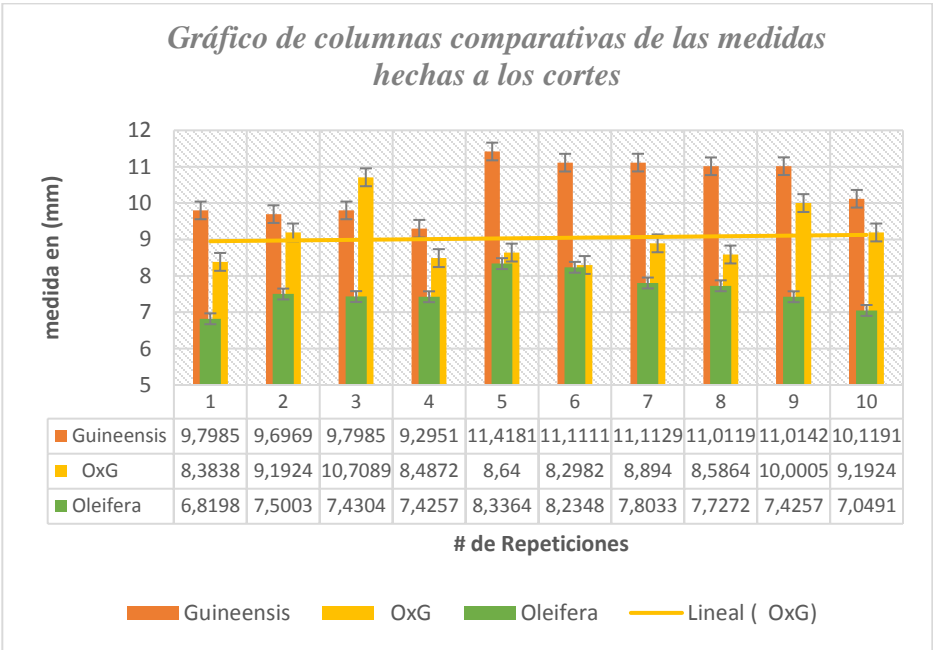
**Tabla 5. Longitudes obtenidas del largo de flores en antesis a través de ImageJ**

comparativo medidas longitudinales(mm) cortes de flores 607		
Guineensis	OxG	Oleifera
9,7985	8,3838	6,8198
9,6969	9,1924	7,5003
9,7985	10,7089	7,4304
9,2951	8,4872	7,4257
11,4181	8,64	8,3364
11,1111	8,2982	8,2348
11,1129	8,894	7,8033
11,0119	8,5864	7,7272
11,0142	10,0005	7,4257
10,1191	9,1924	7,0491
<b>PROMEDIO</b>	<b>10,43763</b>	<b>9,03838</b>
<b>DESV. ESTANDAR</b>	<b>0,767795057</b>	<b>0,776583344</b>
	<b>0,472383916</b>	

Nota.

elaborado por (Filete, 2022).

Figura 16. Gráfico de columnas comparativas de las medidas hechas a los cortes



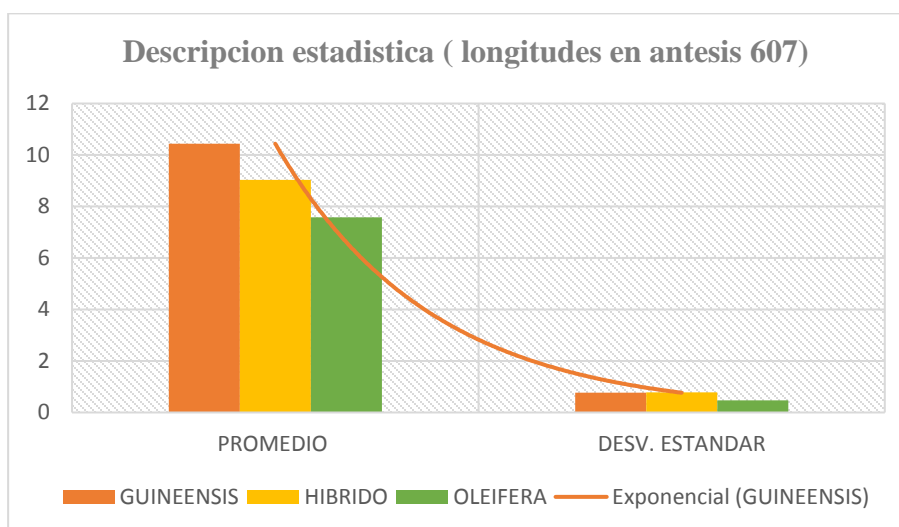
Nota. elaborado por (Filete, 2022).

**Tabla 6. Estadística descriptiva de flores en antesis o estadio BBCH 607**

<b>D. ESTADISTICA</b>	<b>GUINEENSIS</b>	<b>HIBRIDO</b>	<b>OLEIFERA</b>
PROMEDIO	<b>10,43</b>	<b>9,03</b>	<b>7,57</b>
DESV. ESTANDAR	<b>0,76</b>	<b>0,77</b>	<b>0,47</b>

Nota. elaborado por (Filete, 2022).

**Figura 17. Análisis grafico de estadística descriptiva**



Nota. elaborado por (Filete, 2022).

### 8.3.2. Biometría de frutos en crecimiento comparados entre los genotipos.

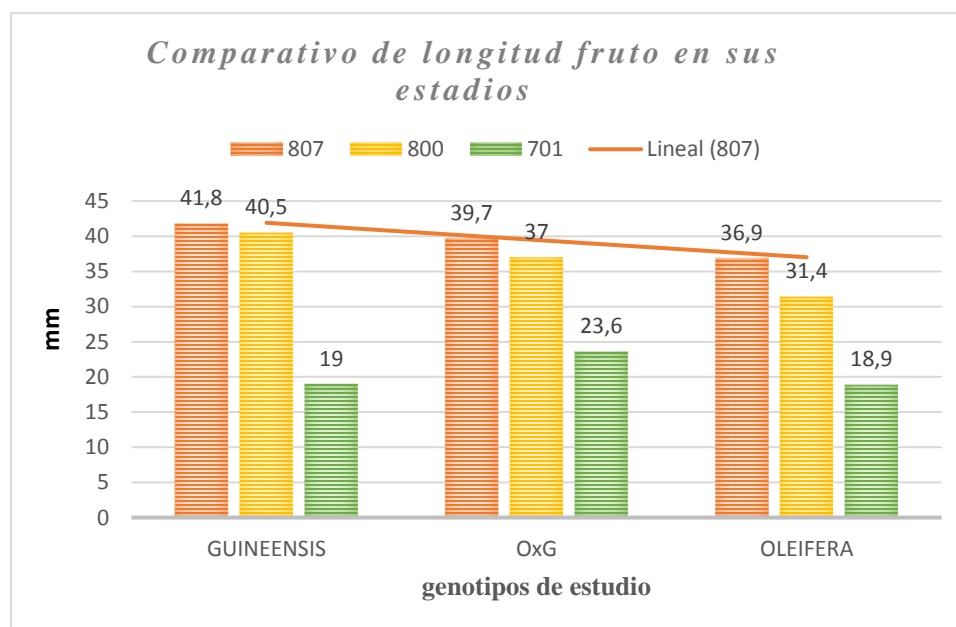
**Tabla 7. Promedios longitudinales de frutos en crecimiento**

<b>COMPARATIVO DE CRECIMIENTO DE FRUTOS (LONGITUD (mm)) PROMEDIOS</b>			
<b>ESPECIE</b>	<b>ESTADIO BBCH</b>		
	<b>807</b>	<b>800</b>	<b>701</b>
<b>GUINEENSIS</b>	41,8	40,5	19
<b>OxG</b>	39,7	37	23,6

<b>OLEIFERA</b>	36,9	31,4	18,9
-----------------	------	------	------

Nota. elaborado por (Filete, 2022).

**Figura 18. Análisis del crecimiento longitudinal de los frutos**



Nota. elaborado por (Filete, 2022)

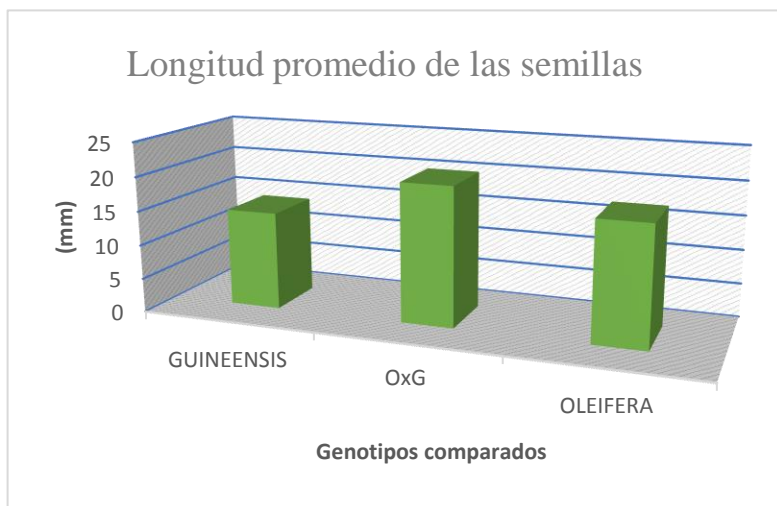
### 8.3.3. Biometría comparada de semillas completa

**Tabla 8. Largo promedio de las semillas en los tres genotipos**

LONGITUD PROMEDIO DE LA SEMILLA	
ESPECIE	PROMEDIO OBTENIDO
<b>GUINEENSIS</b>	<b>14,3</b>
<b>OxG</b>	<b>20,3</b>
<b>OLEIFERA</b>	<b>17,4</b>

Nota. elaborado por (Filete, 2022)

**Figura 19. Medidas promedio de semillas BBCH 000**



*Nota.* elaborado por (Filete, 2022).

## 9. Resultados y Discusión

### 9.1. Flores femeninas (BBCH 607)

A nivel morfoanatómico se puede destacar que no se encontraron ningún tipo de diferencia desde el estudio histológico realizado, por otra parte, se pudo comprobar criterios anatómicos señalados por otros autores como Tandon (2001) que señalo que en la zona de los estigmas se disponía una superficie papilada que en una etapa de antesis plena es la encargada de recibir el polen. Esta característica anatómica se observó en los tres genotipos, además dentro de los procedimientos histológicos aplicados se pudo evidenciar la afinidad de las tinciones al tipo de adherencia al tejido, como por ejemplo los contrastes con “safranina y fast green”, por un lado, la safranina a fin a tejido lignificado se unía a la parte superior de los estigmas, el estilo y parte del tubo polínico marcando estas zonas con la presencia de lignina dentro del órgano floral.

En el componente de morfometría a través del ImageJ se logró hacer una correlación de las especies y el híbrido interespecífico denotando pequeñas diferencias en cuanto al tamaño

que tiene las flores femeninas en el estadio 607, los datos de la medida de tendencia central arrojan que *E. guineensis* (Jacq.) presenta flores más grandes que los otros dos genotipos, no obstante al aplicar la medida de dispersión se encontró que para este estudio en particular hay cierta similitud entre los datos obtenidos de *E. guineensis* (Jacq.) y el híbrido interespecífico (OxG) con (0.76 -0.77) apenas 0.01 puntos de variabilidad comparado con el valor obtenido de *E. oleífera* (HBK.) con 0.47 de desviación estándar.

## **9.2. Frutos estadios BBCH (701 -800 -807)**

Dentro del estadio BBCH 701 con tiempo de 10- 12 días después de la antesis donde el botón floral ya convertido en fruto comienza a tener un crecimiento leve del ovario, se aprecia por medio de cortes transversales una conformación de haces vasculares concéntricos grandes ubicados principalmente en la periferia de la estructura y otros haces fibrovasculares más pequeños que forman una especie de anillo posicionados alrededor de la zona trilocular. Asimismo, a través de cortes longitudinales se consigue visualizar una diferenciación celular (células de parénquima de diferente tamaño) en donde probablemente se posiciona anatómicamente el ovulo fecundado proceso de crecimiento. Esta característica se observa de igual modo en las flores de los tres genotipos.

El estadio BBCH 800 ya con un tiempo transcurrido después de la antesis, entre los (80 -100 días) estimando que este tiempo varía de acuerdo con cada genotipo, ya este estadio tenemos que hay una etapa de crecimiento casi terminado. Morfoanatómicamente se halla ya un fruto una semilla totalmente formada y una corteza o endocarpio demasiado duro que no fue posible cortar, el análisis histológico se efectuó en el mesocarpio por medio de cortes transversales donde se alcanzó a detectar en detalle la presencia de haces fibrovasculares con una figura reniforme un tanto más grandes dentro del mesocarpio y tanto más difíciles de cortar algo que nos indica una ligera lignificación, se evidenciar con la tinción de Sudan IV que aquí empezamos a tener formación de lípidos que se observan como pequeñas gotas teñidas de rojo.

Durante el estadio BBCH 807 ya se contaba con frutos de 140 – 152 días después de antesis un estado total de maduración donde se ha alcanzado el punto óptimo de síntesis de



aceites; aquí se trabajó solamente cortes en dirección transversal por lo difícil que resulto obtenerlos en dirección longitudinal, desprendiendo demasiado aceite y deformando el tejido. Se observaron una importante cantidad fibras en todo el mesocarpio hasta donde se encontraba la semilla. Anatómicamente se consiguió verificar el grado de lignificación que poseían las fibras a las cuales se hacía referencia con anterioridad y esto porque al realizar al aplicar el colorante a fin a tejido lignificado “safranina” este se demarco considerablemente; por otro lado, se realizó la tinción de Sudan IV verificar el alto contenido de lípidos presentes en la muestra. Igualmente es importante resaltar el hecho de que las células que contienen las sustancias lipídicas tienen una forma alargada y se disponen alrededor del haz vascular asemejando la forma en cómo se organizan los pétalos en una flor.

### **9.3.Semilla BBCH 000**

En semilla se logró obtener cortes longitudinales de la almendra compuestas por (exospermo- endospermo – embrión). Dentro de la revisión anatómica se pudo observar al detalle el ordenamiento de las células parenquimatosas propias de un parénquima de reserva, el procedimiento histológico implicó ejecutar la fase de clareo para retirar un poco los excesos de aceite o lípidos presentes, las células tenían una forma irregular y se arreglaban en forma de columna hacia el exospermo. Por otra parte, se pudo ver con el contraste Sudan IV- safranina la diferenciación del embrión y el endospermo.

### **10.2. Morfometría de frutos y semillas**

El parámetro de medición usado (longitud) nos arrojó datos cuantitativos para apreciar el crecimiento del fruto en su desarrollo completo hasta maduración, resultando leves diferencias entre los genotipos, es así como la medida longitudinal de los frutos de *E. oleífera* tuvieron largo inferior al final de su crecimiento con relación a los otros dos genotipos donde el fruto de *E. guineensis* presento un promedio de medidas que sobresalieron del comparativo.

La semilla como estructura competa fueron medidas y se consiguieron resultados del largo de la semilla de OxG de 20,3mm en promedio algo similar a lo publicado por (Guerrero

*et al.*, 2011) que señalo que las dimensiones del hibrido OxG rondaban los 21,7mm de largo; en comparación los genotipos restantes este fue la semilla de tamaño sobresaliente, caso contrario de *E. guineensis* Jacq. que fue el promedio de medida más pequeño.

## 10. Conclusiones

Se logro obtener un parámetro de medición cuantitativa para flores en antesis comparadas entre las especies y su cruce interespecífico (OxG), dicho dato nos permite marcar un precedente de caracteres fenotípicos encontrados, como la cercanía que existe entre la longitud de los botones florales de *Elaeis guineensis* Jacq. y el hibrido (OxG).

Durante este estudio de histología se comprobó que los procedimientos deben ajustarse de acuerdo a las características propias del tejido y se debe revisar de primera mano todas aquellos condicionantes que puedan afectar drásticamente el éxito de la investigación.

La aplicación de la metodología de corte fresco en microtomo de vibración, para estructuras florales de palma de aceite se recomienda siempre mantener las muestras bajo conservación en frio y trabajar el tejido en un tiempo óptimo de por lo menos 4-5 horas después de colectado para mejores resultados; sin embargo, el tejido puede durar en condiciones aceptables en un tiempo máximo de 48 horas manteniendo la temperatura de conservación, superado este tiempo el botón floral tiende a deshidratarse demasiado y a perder sus características naturales.

Los estadios de fruto BBCH 701 para *Elaeis guineensis* Jacq. y el hibrido OxG son más susceptibles a la oxidación en comparación con *E. oleífera* (Kunth.) Cortés, y ya en estadios 800- 807 para los tres genotipos las muestras se amplían un poco más el tiempo de conservación en por lo menos cuatro días en buenas condiciones.

## **11. Recomendaciones**

Continuar con este tipo de estudios investigativos para seguir fortaleciendo el referente científico en relación a la palma de aceite. El equipo con el que se realizó este estudio comparativo entregó resultados muy prometedores acorde a los lineamientos implementados, no obstante, para futuras investigaciones se recomienda ejecutar los estudios histológicos con otro tipo de dispositivo o equipo de corte un poco más especializado para contrastar los resultados y hacer inferencia en los logros alcanzables entre uno y otro, teniendo este trabajo como precedente.

## 12. Bibliografía

- Adam, H., Jouannic, S., Escoute, J., Duval, Y., Verdeil, J.-L., & Tregear, J. W. (2005). Reproductive developmental complexity in the African oil palm (*Elaeis guineensis*, Arecaceae); Reproductive developmental complexity in the African oil palm (*Elaeis guineensis*, Arecaceae). *American Journal of Botany*, 92(11), 1836–1852. <https://doi.org/10.3732/ajb.92.11.1836>
- Corley & Tinker. (n.d.). the oli palm. *Blackwell Science Ltd*.
- Corley, R. H. V. (1976). Photosynthesis and productivity. *Oil Palm Research* , 55–76.
- Cui, J., Lamade, E., & Tcherkez, G. (2020). Seed Germination in Oil Palm ( *Elaeis guineensis* Jacq.): A Review of Metabolic Pathways and Control Mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(12), 1–13. <https://doi.org/10.3390/IJMS21124227>
- Dransfield & Uhl. (2008). *The evolution and classification of palms* (segunda edicion).
- Fedepalma. (2022). *Balance 2021 y perspectivas 2022 de la agroindustria de la palma de aceite*. Revista Fedepalma. [https://web.fedepalma.org/sites/default/files/04032022\\_Balance2021\\_y\\_perspectivas\\_2022delaagroindustria\\_de\\_la\\_palma\\_de\\_aceite\\_CMG.pdf](https://web.fedepalma.org/sites/default/files/04032022_Balance2021_y_perspectivas_2022delaagroindustria_de_la_palma_de_aceite_CMG.pdf)
- Filete, H. (2022). *fotografias trabajo de grado* .
- Forero, D. C., Hormaza, P., & Romero, H. M. (2012). Phenological growth stages of African oil palm (*Elaeis guineensis*). *Annals of Applied Biology*, 160(1), 56–65. <https://doi.org/10.1111/J.1744-7348.2011.00520.X>
- Gomez, J. (2022). *Estandarización de Metodología Para Seguimiento Histológico de la Biología FloralFemenina y Formación de Frutos de Genotipos de Palma Americana Elaeis oleifera(Kunth) Cortés, eHíbrido Interespecífico O×G*.
- google maps. (2022). *GOOGLE MAPS*.
- Hartley, C. (1988). *the oli palm*.
- Kouakou, et al. (2009). (PDF) *Effect of storage and heat treatments on the germination of oil palm(Elaeis guineensis Jacq.) seed*. [https://www.researchgate.net/publication/255614340\\_Effect\\_of\\_storage\\_and\\_heat\\_treatments\\_on\\_the\\_germination\\_of\\_oil\\_palm\\_Elaeis\\_guineensis\\_Jacq\\_seed](https://www.researchgate.net/publication/255614340_Effect_of_storage_and_heat_treatments_on_the_germination_of_oil_palm_Elaeis_guineensis_Jacq_seed)

- Kushairi, A. . (2019). *Vista de Reseña histórica, estado actual y perspectivas futuras de la agroindustria global de la palma de aceite*. Revista Palmas. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13007/12841>
- Megias, M. ,Molist,P. ,Pombal,M. . (2017, September). *Presentación. Atlas de Histología Vegetal y Animal*. <https://mmegias.webs.uvigo.es/presentacion.php>
- Ramírez, H. (2010, August). *TÉCNICA HISTOLÓGICA CÉSAR EDUARDO MONTALVO ARENAS*. Academia.Edu . [https://www.academia.edu/23112601/TÉCNICA\\_HISTOLÓGICA\\_CÉSAR\\_EDUARDO\\_MONTALVO\\_ARENAS](https://www.academia.edu/23112601/TÉCNICA_HISTOLÓGICA_CÉSAR_EDUARDO_MONTALVO_ARENAS)
- Reyes, D., Reig, J., Francisco, A., & Breijo, G. (n.d.). *TÉCNICAS DE HISTOLOGÍA VEGETAL TÉCNICAS DE HISTOLOGÍA VEGETAL por*. Retrieved November 16, 2022, from [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/42881454/2.\\_Tecnicas\\_de\\_histologia\\_vegetal-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/42881454/2._Tecnicas_de_histologia_vegetal-)
- Romero, et al. (2012). *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite*.
- Sanchez, D. (2014). *Análisis del software ImageJ para el análisis científico de imágenes*. Universidad Politecnica de Madrid. [https://oa.upm.es/33069/1/TFG\\_daniel\\_sanchez\\_valenciano.pdf](https://oa.upm.es/33069/1/TFG_daniel_sanchez_valenciano.pdf)
- SauYee, K., Ong-Abdullah, M., Ee ChengLian [Ee, C. L. G. ], & Namasivayam, P. (2015). A histological study of oil palm (*Elaeis guineensis*) endosperm during seed development. *Journal of Oil Palm Research*, 27(2), 107–112.
- Tandon, R., Manohara, T. N., Nijalingappa, B. H. M., & Shivanna, K. R. (2001). Pollination and Pollen-pistil Interaction in Oil Palm, *Elaeis guineensis*. *Annals of Botany*, 87(6), 831–838. <https://doi.org/10.1006/ANBO.2001.1421>
- Tuiran, J. (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*. UNIVERSIDAD DE CORDOBA.
- USDA. (2022, October). *Palm Oil 2022World Production*. International Production Assessment Division. [https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=4243000&sel\\_year=2020&rankby=Production](https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=4243000&sel_year=2020&rankby=Production)
- Vallejo, G. (1976). *Estudio de poblaciones espontáneas de la palma noli (*Elaeis oleifera*)*

(H.B.K.) Cortes en Colombia. Repositorio AGROSAVIA.  
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/33025>