



**Evaluación de la calidad y cantidad de aceite de palma aceitera O x G sometida a aplicaciones de ANA.**

Cedeño Montes Mauricio Sebastián, Zambrano Bravo Jordy Emanuel.

Departamento de Ciencias de la vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de Integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Mgs. Vaca Pazmiño, Eduardo Patricio

28 de agosto del 2023



## Plagiarism and AI Content Detection Report

### TRABAJO INTEGRACIÓN CEDEÑO MA...

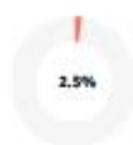
#### Scan details

Scan time:  
August 25th, 2023 at 15:27 UTC

Total Pages:  
57

Total Words:  
14132

#### Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	2.5%	355
Minor Changes	0%	0
Paraphrased	0%	0
Omitted Words	0%	0

#### AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	3.8%	533
Human text	96.2%	13599

[Learn more](#)

Firma:



EDUARDO PATRICIO  
VACA PAZMIÑO

Ing. Vaca Pazmiño Patricio Eduardo

Director



**Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura**

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de Integración curricular: "Evaluación de la calidad y cantidad de aceite de palma aceitera O x G sometida a aplicaciones de ANA" fue realizado por los señores **Cedeño Montes Mauricio Sebastián** y **Zambrano Bravo Jordy Emanuel**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Santo Domingo de los Tsáchilas, 28 de agosto de 2023**

Firma:



---

**Ing. Vaca Pazmiño Patricio Eduardo**

C. C: 1802127355



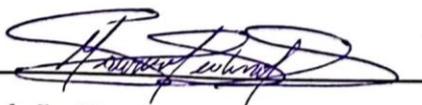
**Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura**  
**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

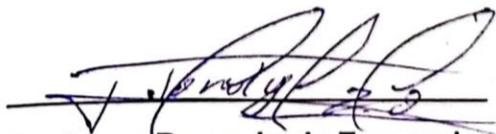
**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Cedeño Montes Mauricio Sebastián y Zambrano Bravo Jordy Emanuel**, con cédulas de ciudadanía N° 0803742824 y 2350105215, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: : **“Evaluación de la calidad y cantidad de aceite de palma aceitera O x G sometida a aplicaciones de ANA”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Santo Domingo de los Tsáchilas, 28 de agosto de 2023**

Firmas

  
**Cedeño Montes Mauricio Sebastián**  
C.C.: 0803742824

  
**Zambrano Bravo Jordy Emanuel**  
C. C: 2350105215



## Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura

### Carrera de Ingeniería Agropecuaria

#### Autorización de Publicación

Nosotros **Cedeño Montes Mauricio Sebastián** y **Zambrano Bravo Jordy Emanuel**, con cédulas de ciudadanía N° 0803742824 y 2350105215, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "**Evaluación de la calidad y cantidad de aceite de palma aceitera O x G sometida a aplicaciones de ANA**" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

**Santo Domingo de los Tsáchilas, 28 de agosto de 2023**

Firmas

**Cedeño Montes Mauricio Sebastián**

C.C.: 0803742824

**Zambrano Bravo Jordy Emanuel**

C. C: 2350105215

## **Dedicatoria**

Me complace dedicar este trabajo de investigación a mi familia, a Dios por brindarme la inteligencia, la sabiduría y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

De manera especial esta dedicatoria a mi madre Lila Cedeño, por ser el pilar fundamental de mi vida, por demostrarme siempre apoyo incondicional en aquellos momentos difíciles de esta trayectoria universitaria. En especial al Ing. Daniel Pailliacho quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera académica, me ha enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la nobleza ni decaer en el intento, por dar el mejor esfuerzo día a día para guiarme por el camino del conocimiento para ser una persona capaz de enfrentar los retos del futuro.

También dedico este trabajo a mis amigos con quienes compartí buenos momentos de esta etapa universitaria, además dedico esta investigación a mis docentes de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE, por el tiempo, por su apoyo así también como la sabiduría que me brindaron en el desarrollo de mi formación académica profesional.

Cedeño Montes Mauricio Sebastián

## **Dedicatoria**

Les dedico el resultado de este trabajo de investigación a Dios y a toda mi familia. Especialmente a mis padres que me apoyaron dando todo lo mejor de ellos, por estar siempre en los momentos que más los necesitaba. Me han enseñado afrontar las dificultades con responsabilidad y sabiduría, gracias a ellos tengo mis principios, mis valores, creando y moldeando a la persona que soy hoy.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Quiero dedicar este trabajo a los Ingenieros de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por su formación académica, por compartir su sabiduría y experiencias, para la formación de excelentes profesionales. También quiero dedicar este trabajo a mis amigos que a lo largo de la etapa universitaria han estado presente, compartiendo conocimientos y hemos pasados por buenos momentos.

Zambrano Bravo Jordy Emanuel

## **Agradecimientos**

A Dios por obsequiarme, la sabiduría, la actitud y por estar conmigo en aquellos momentos más difíciles del transcurso de esta carrera, por darme vida y salud para poder cumplir cada uno de mis objetivos.

A mi familia y compañeros que de una u otra manera formaron parte fundamental de este nuevo logro de mi vida.

Al mi compañero de investigación Jordy Zambrano, por su amistad y colaboración para el desarrollo y éxito de este trabajo de investigación.

A nuestro director de tesis Ing. Patricio Vaca, por su valiosa guía y asesoramiento por compartir sus conocimientos, siendo estos de gran utilidad para la elaboración de este trabajo de investigación.

A mis docentes de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE, por darme la oportunidad de formarme como profesional, obtener nuevos conocimientos que son importantes para mi desarrollo personal y académico.

Cedeño Montes Mauricio Sebastián

## **Agradecimiento**

A Dios por brindarme salud, sabiduría, fortaleza y por siempre estar presente en toda mi etapa universitaria.

A mi familia que gracias a sus consejos, apoyo y motivación; me permitieron seguir esforzándome para alcanzar mis objetivos.

A mis docentes de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE, por brindar sus conocimientos y experiencias para formarme como profesional.

A nuestro director de tesis Ing. Patricio Vaca, les agradecemos por su valiosa orientación y asesoramiento al compartir su conocimiento, que fue muy útil en la preparación de este trabajo de investigación.

A la Dra. Sungey Sánchez quien nos compartió su conocimiento para llevar acabo la etapa de laboratorio. A la Ing. Katty Medina por su asistencia en la fase de laboratorio brindando las especificaciones en el funcionamiento y manejo de los equipos.

A mi compañero de tesis Mauricio Cedeño, por su acompañamiento y sabiduría en esta trayectoria académica.

A mis amigos Yurmy, Romario, Kevin, Roberto y Freddy, quienes formaron parte de mi grupo de trabajo, proporcionando conocimientos y buenos momentos juntos.

Por último, a mis hijas Nala y Lía quienes, con su presencia y cariño, me brindaron momentos de distracción al final de esta etapa universitaria.

Zambrano Bravo Jordy Emanuel

## Índice de contenido

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido .....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autoría de publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimientos.....	8
Índice de contenido .....	10
Índice de tabla .....	16
Índice de figuras .....	18
Índice de Ilustraciones.....	19
Resumen .....	20
Abstract .....	21
Capítulo I: .....	22
Introducción.....	22
Objetivos .....	25
General.....	25
Específicos .....	25
Capítulo II .....	26
Revisión de Literatura.....	26
La palma africana .....	26
Importancia del cultivo .....	26

Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de palma aceitera.....	28
Características botánicas de la palma africana .....	29
Raíz.....	29
Estipe .....	29
Hojas .....	30
Inflorescencia Masculina y femenina .....	30
Racimos.....	31
Frutos .....	31
Semilla.....	33
La pudrición del cogollo o PC.....	34
Sintomatología.....	34
Agentes causales involucrados .....	34
Descripción de la PC .....	35
Importancia económica y social de la PC .....	35
Influencia de la PC en el rendimiento de palma de aceite .....	36
Materiales híbridos interespecíficos O X G.....	37
Descripción del desarrollo reproductivo O x G.....	37
Ventajas de los materiales híbridos O x G .....	42
Desventajas de los materiales híbridos O x G .....	43
Polinización asistida en materiales híbridos O x G .....	44
Clasificación de los frutos en híbridos interespecíficos OxG según su formación	44
Clasificación de los frutos en híbridos interespecíficos O x G según su posición	45
Descripción del híbrido O x G Taisha x Avros .....	46

	12
Ácido naftalenacético ANA .....	48
Acción fisiológica del ANA .....	48
El ANA y la importancia en la polinización en palma aceitera .....	49
Investigaciones de polinización con ANA.....	50
Capitulo III .....	52
Materiales y metodología .....	52
Ubicación de la aérea de investigación .....	52
Ubicación política.....	52
Ubicación geográfica .....	52
Ubicación ecológica.....	53
Materiales fase de campo.....	54
Manejo de polinización asistida con ANA .....	54
Material para realizar conformación y potencial de aceite del racimo .....	54
Materiales fase de laboratorio: Análisis de lípidos y grasas .....	55
Extracción de aceite por método Soxhlet.....	55
Porcentaje de extracción de grasa .....	55
Índice de Acidez. ....	56
Valoración de pH .....	56
Determinación de solubilidad.....	56
Determinación de coloración .....	57
Índice de Saponificación.....	57
Índice de peróxido .....	57
Determinación de cenizas .....	58

	13
Determinación de densidad .....	58
Determinación de absorbancia .....	59
Determinación de impurezas por método de centrifugación .....	59
Determinación de humedad.....	59
Métodos: Estadística descriptiva. ....	60
Variables evaluadas en fases de campo.....	60
Manejo de la polinización artificial con ANA.....	60
Porcentaje de cuajado de inflorescencias femeninas .....	62
Proyección del potencial de producción.....	62
Muestreo y evaluación de racimo en campo.....	62
Análisis de calidad de racimo. ....	63
Potencial de aceite y conformación de racimo del Híbrido O x G. (Fruit set) .....	65
Variables evaluadas en fase de laboratorio .....	70
Selección del racimo para análisis de calidad de aceite .....	70
Extracción de aceite por método de Soxhlet.....	70
Porcentaje de extracción de grasa. ....	71
Pruebas físico-químicas para evaluar la calidad del aceite del fruto de palma de aceite .....	71
Índice de acidez.....	71
Valoración de pH .....	72
Determinación de solubilidad.....	72
Determinación de coloración. ....	73
Índice de Saponificación.....	73

	14
Índice de peróxido .....	74
Determinación de cenizas .....	75
Determinación de densidad .....	75
Determinación de absorbancia. ....	76
Determinación de impurezas por el método de centrifugación. ....	76
Porcentaje de humedad.....	77
Análisis de costo – beneficio.....	77
Capitulo IV:.....	78
Resultados y Discusión .....	78
Análisis de calidad de la polinización y conformación de racimo en palma aceitera O x G en campo .....	78
Polinización .....	78
Porcentaje de inflorescencias cuajadas.....	79
Conformación de racimo.....	80
Peso de fruta fresca.....	81
Punto óptimo de cosecha .....	82
Análisis de calidad de racimo (fruit set) .....	83
Composición de los frutos de palma aceitera .....	83
Composición de los frutos normales en palma aceitera O x G .....	84
Composición de frutos a racimo en Hibrido O x G .....	85
Componentes del racimo de palma hibrida O x G .....	86
Calidad de aceite bajo el efecto de la hormona ANA en palma aceitera hibrida O x G .....	89
Características físico químicas del racimo de palma de aceite O x G.....	89

Características fisicoquímicas de los frutos internos y externos de racimo de palma aceitera O x G .....	90
Caracterización de solubilidad del aceite de palma aceitera O x G .....	97
Análisis costo beneficio .....	98
Historial de producción .....	98
Potencial de producción .....	99
Análisis costo beneficio de la aplicación de ANA/ha .....	100
Capítulo V:.....	101
Conclusiones y recomendaciones .....	101
Conclusiones .....	101
Recomendaciones .....	102
Bibliografía .....	103

## Índice de tabla

<b>Tabla 1</b> Requerimientos edafoclimáticos de la palma aceitera.....	28
<b>Tabla 2</b> Clasificación del fruto de acuerdo a la coloración.....	31
<b>Tabla 3</b> Emergencia de la inflorescencia de la palma aceitera O x G.....	37
<b>Tabla 4</b> Floración de palma aceitera híbrido O x G .....	38
<b>Tabla 5</b> Desarrollo del fruto de palma aceitera híbrido O x G .....	39
<b>Tabla 6</b> Maduración del fruto de palma aceitera híbrido O x G.....	40
<b>Tabla 7</b> Características físicas del racimo del híbrido O x G Taisha x Avros.....	47
<b>Tabla 8</b> Implementación para el manejo y aplicación del ensayo de polinización asistida artificial.....	53
<b>Tabla 9</b> Material para determinar la conformación del racimo y potencial de aceite.....	54
<b>Tabla 10</b> Materiales utilizados en la extracción de aceite mediante el equipo Sozhelt	55
<b>Tabla 11</b> Materiales utilizados para calcular el porcentaje de extracción de grasas ....	55
<b>Tabla 12</b> Materiales utilizados para determinar el índice de acidez.....	56
<b>Tabla 13</b> Insumos utilizados para determinar pH .....	56
<b>Tabla 14</b> Insumos utilizados para determinar solubilidad .....	56
<b>Tabla 15</b> Insumos utilizados para determinar coloración.....	57
<b>Tabla 16</b> Materiales utilizados para determinar el índice de saponificación.....	57
<b>Tabla 17</b> Materiales utilizados para determinar el índice de peróxido.....	57
<b>Tabla 18</b> Insumos para determinar cenizas.....	58
<b>Tabla 19</b> Insumos para determinar densidad .....	58
<b>Tabla 20</b> Materiales utilizados para determinar absorbancia.....	59
<b>Tabla 21</b> Materiales utilizados para determinar las impurezas mediante el método de centrifugación .....	59
<b>Tabla 22</b> Materiales utilizados para determinar humedad .....	59
<b>Tabla 23</b> Parametros determinantes de la calidad de aceite extraído de frutos de palma aceitera O x G .....	89

<b>Tabla 24</b> Pruebas fisico quimicas de frutos de palma aceitera hibrido O x G (Taisha x Avros).....	90
<b>Tabla 25</b> Determinación de solubilidad del aceite extraido de racimo de palma hibrida con polinización artificial ANA.....	97
<b>Tabla 26</b> Historial de producción en plantación de palma aceitera O x G.....	98
<b>Tabla 27</b> Potencial de producción en palma aceitera O x G bajo efecto de ANA .....	99
<b>Tabla 28</b> Costos estimados del proyecto de investigación/ha.....	100

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Emergencia de flores femeninas y porcentaje de cuajado bajo polinización asistida con aplicación de ANA.....	79
<b>Figura 2</b> Conformación del racimo en base a su estado de madurez y llenado .....	80
<b>Figura 3</b> Peso medio de racimo de fruta fresca en sus distintas clases de conformación del racimo.....	81
<b>Figura 4</b> Determinación del punto óptimo de cosecha de acuerdo al estado de madurez y al cuarteamiento de los frutos externos. ....	82
<b>Figura 5</b> Composición de los frutos de palma aceitera en híbrido O x G bajo efecto de ANA.....	83
<b>Figura 6</b> Componentes de los frutos normales en racimo Híbrido O x G bajo efecto de ANA.....	84
<b>Figura 7</b> Composición de Racimo en palma aceitera Híbrido O x G .....	85
<b>Figura 8</b> Componentes del Racimo de palma Híbrida O x G bajo efecto de aplicación de ANA .....	86

**Índice de Ilustraciones**

<b>Ilustración 1</b> Ubicación geográfica de la investigación. ....	52
---	----

## Resumen

La polinización asistida con ANA en palma aceitera O x G es la alternativa viable para elevar la capacidad productiva del sector palmicultor que fue afectado por la pudrición de cogollo (PC) y la pérdida de más de 120 000 hectáreas. El uso de bioestimulantes como el ácido  $\alpha$ -naftalenacético (ANA) en palma aceitera O x G es una opción viable como alternativa al uso de polen cosechado de *palmas E. guineensis*, debido a que mejora la conformación y producción de frutos partenocárpicos. Esta investigación fue realizada en la Hda. Zoila Luz (ESPE), km. 24 vía Santo Domingo – Quevedo, (0°02'25.24" S y 79°17'51.08" W), 224 msnm, temperatura 25°C, HR 85 %. Los objetivos planteados fueron: evaluar la calidad y cantidad de aceite de palma aceitera O x G (*Taisha*) sometida a aplicaciones de ANA (4 %) se evaluaron las siguientes variables: porcentaje de cuajado del fruto, conformación de racimo, peso fresco de racimo, estado óptimo de cosecha, potencial de aceite en racimo, obteniendo como resultado un porcentaje de formación de frutos del 98,96%, equivalente a 10,43 toneladas de fruta, la conformación del racimo fue del 83,75 % y su peso promedio de 16,25 kg. Los resultados en laboratorio fueron; humedad 0,49 %; extracción de grasa 54,68 %; pH de 5,83 y 0 % de impurezas, su potencial de aceite por racimo fue 21,11 %. Los costos de aplicación de este tratamiento representaron el 24,40 % de los ingresos brutos de la plantación \$ 1 421 en un periodo de 6 meses.

**Palabras clave:** Palma híbrida, ácido naftalenacético, fruit set palma, calidad de aceite de palma híbrida, ANA palma O x G.

### Abstract

Assisted pollination with ANA in O x G oil palm is the viable alternative to increase the productive capacity of the palm sector that was affected by bud rot (PC) and the loss of more than 120 000 hectares. The use of biostimulants such as  $\alpha$ -naphthalene acetic acid (ANA) in O x G oil palm is a viable option as an alternative to the use of pollen harvested from *E. guineensis* palms, since it improves the conformation and production of parthenocarpic fruits. This research was carried out in the Hda. Zoila Luz (ESPE), km. 24 via Santo Domingo – Quevedo, (0°02'25.24" S and 79°17'51.08" W), 224 masl, temperature 25°C, HR 85%. The proposed objectives were: to evaluate the quality and quantity of oil palm oil O x G (*Taisha*) subjected to ANA applications (4%), the following variables were evaluated: percentage of fruit set, bunch conformation, bunch fresh weight, optimal harvest state, oil potential in cluster, obtaining as a result a percentage of fruit formation of 98.96%, equivalent to 10.43 tons of fruit, the conformation of the cluster was 83.75% and its average weight of 16.25 kg. The laboratory results were; moisture 0.49%; extraction of fat 54.68%; pH of 5.83 and 0% impurities, its oil potential per bunch was 21.11%. The costs of applying this treatment represented 24.40% of the gross income of the plantation, \$1,421 in a period of 6 months.

**Keywords:** Hybrid palm, naphthalene acetic acid, palm fruit set, hybrid palm oil quality, O x G palm ANA.

## Capítulo I:

### Introducción

El cultivo de palma de aceite a nivel mundial, ocupa el 8 % de las áreas destinadas para el cultivo de oleaginosas. Este cultivo provee aproximadamente un tercio de la producción mundial de aceites y grasas vegetales. Entre los principales productores está Indonesia que representa el 59,7 % de la producción mundial, seguido de Malasia con el 40 %, de acuerdo con la FAO (Intagri, 2022). En Ecuador, este cultivo alcanzó aproximadamente 1,18 millones de toneladas para el año 2019, promoviendo que Ecuador sea el tercer país latinoamericano en producir esta fruta, solo por detrás de Colombia y Guatemala. En Ecuador, las provincias que presentan una mayor superficie destinadas a este cultivo son: Esmeraldas, Los Ríos, Sucumbíos y Santo Domingo. En el año 2021, Ecuador cosecho 152 529 hectáreas produciendo 2 418 855 toneladas métricas de fruta. La provincia de Santo Domingo aportó el 5 % de la producción, con un promedio de 11 642 hectáreas cosechadas y un rendimiento de 115 386 toneladas métricas con 9,9 tm/ha (CNF, 2022).

Las causas de las disminuciones de producción vienen ligadas a la enfermedad de la pudrición de cogollo (PC), enfermedad que tuvo su detección en la Amazonía Ecuatoriana en 1976. Para 1980 su poder de infestación era alto, acabando con 15 000 hectáreas de la empresa Palmar del Oriente. Para los años 2009 y 2012, la enfermedad ya había acabado con 35 mil hectáreas en la zona de San Lorenzo. A medida que más palmas se enferman, los focos de infección comienzan a formarse y la tasa de crecimiento de los casos puede aumentar del 7 al 16 % por año, con un porcentaje que supera el 50 % en tres años. La enfermedad pudrición de cogollo (PC), ocasiona una pudrición y secamiento de los tejidos del cogollo de la palma y amarillamiento de las hojas jóvenes causando la muerte de la planta si la afección llega al tejido meristemático, Las pérdidas de producción son significativas debido a los efectos de PC, con una

reducción del 8 % al 29 % en el número de racimos por palma, una reducción del 18 % al 29 % en el peso promedio por racimo, una disminución del 35 % y 39 % en el rendimiento por planta (Lasso, 2018). El cultivo de palma en Ecuador empleaba a más de 51 000 personas de forma permanente y al menos a 48 000 personas de forma temporal para 2018. Además, se registraron pérdidas sociales, incluyendo una disminución de 8 000 empleos directos y 16 000 empleos indirectos (Naranjo, 2021). Según (Primicias, 2018) la PC pérdida aproximada de 125 000 ha desde Quinindé hasta Santo Domingo generando pérdidas aproximadamente de USD 150 millones. Este problema fitosanitario afecta al material *Elaeis guineensis* Jacq. debido a su susceptibilidad genética, la única alternativa es la renovación con materiales tolerantes, como los híbridos interespecíficos O x G, cruzamiento de *Elaeis guineensis* con *Elaeis oleifera*. Los híbridos interespecíficos OxG son altamente productivos, tolerante a plagas y enfermedades, de crecimiento lento y vida útil prolongada. No obstante, presenta desafíos en el proceso de generar racimos, ya que la polinización natural se ve obstaculizada. Esto se debe a que ciertas estructuras florales como las brácteas y las estípulas que cubren la inflorescencia, lo que impide la polinización realizada por insectos. Los insectos polinizadores no muestran atracción hacia las inflorescencias femeninas de esta variedad híbrida. Se ha observado una presencia limitada de insectos curculiónidos (*Grasiduis hybridus* y *Couturerius* sp.) relacionados con *E. oleifera* (Ávalos, 2014). Otro factor es la baja emergencia de flores masculinas también el grano del polen de los híbridos presenta una morfología distorsionada y variable, asociado a una baja viabilidad y germinabilidad del polen (Alvarado, Escobar, & J, 2013, pág. 305). Estos factores determinaron que se realizara la polinización asistida para mejorar el llenado del fruto y la conformación del racimo, sin embargo los altos costos de extracción, conservación y aplicación del polen, además de la influencia de las variables climáticas se vio reflejado en baja eficiencia del polen evidenciado en la maduración del racimo asociado a las aberturas asincrónicas de las inflorescencias femeninas y un

llenado deficiente de frutos dando un porcentaje alto de malogro del racimo (García & Hernández, 2020).

Según lo señalado por (Atehortua, 2020), se ha sugerido que estimular la producción de lípidos en los racimos de las variedades híbridas O x G utilizando bioestimulantes como el ácido  $\alpha$ -naftalenacético (ANA) puede ser una alternativa viable en lugar del empleo de polen recolectado de palmas *E. guineensis*. Esto ofrece ventajas al evitar los gastos relacionados con la recolección, el almacenamiento y la aplicación del polen. Recientemente, se ha implementado la técnica de polinización artificial mediante la aplicación de ácido  $\alpha$ -naftalenacético (ANA), la cual ha demostrado mejorar la cantidad de inflorescencias potenciales por hectárea, aumentar la cantidad de frutos con capacidad de generar aceite y estimular la producción de frutos partenocárpico. Asimismo, esta práctica ha resultado en un aumento en el peso y el número de racimos, lo que se traduce en una mayor tasa de extracción de aceite (Daza & Romero, 2022). El objetivo del presente trabajo, consistió en la evaluación de la calidad y cantidad de aceite de palma aceitera O X G sometida a aplicaciones de ANA.

## **Objetivos**

### ***General***

- Evaluar la calidad y cantidad de aceite de palma aceitera O x G sometida a aplicaciones de ANA.

### ***Específicos***

- Evaluar la calidad y cantidad de aceite de palma aceitera O x G en laboratorio.
- Realizar el seguimiento de las aplicaciones de ANA en la época invernal a las nuevas inflorescencias.
- Evaluar el desarrollo de frutos en campo, en calidad, cantidad y conformación de inflorescencia cuajada.
- Establecer la relación costo/beneficio de la aplicación de ANA en una plantación comercial de palma híbrida.

## Capítulo II

### Revisión de Literatura

#### La palma africana

Es un cultivo perenne y de largo rendimiento, tuvo sus orígenes en el Golfo de Guinea. A partir del siglo XV, se extendió a otras regiones de África; en América fue introducida por primera vez por los portugueses en Brasil, no obstante, para el siglo XVI el cultivo ya se había introducido en Asia Oriental hacia los países más importantes como Indonesia y Malasia. La palma africana comienza su vida productiva a los dos años y medio después de su siembra, alcanzando un rango máximo de producción entre los 25 y 30 años, a partir de esa edad, existe una disminución en la producción de flores y una dificultad para cosechar las frutas debido a la altura que llega alcanzar la planta. Existen dos parámetros que se deben tener en cuenta para establecer un cultivo de palma africana, el primero es el suelo, deben ser suelos profundos con medida mayor a 15 dm, con una textura franca arenosa arcillosa que promueva un buen desarrollo de raíces y permita el drenaje interno del agua, además de ser suelos con pendientes menores a 15 %. Como segundo factor se tiene el clima, la temperatura óptima del cultivo va entre 25 - 28°C, con una precipitación de 2400 mm/año. Temperaturas superiores a 30°C producen abortos en la floración, llegando a tener pérdidas hasta 60 % de la producción. Otra característica importante de este cultivo es la alta demanda en nutrientes, requiriendo altas dosis de fertilización química (Pacheco & Ronquillo, 2010).

#### Importancia del cultivo

La palma africana se ha utilizado en diversas industrias desde la antigüedad para A lo largo de la historia, la palma africana ha desempeñado un papel fundamental en diversas industrias, siendo empleada en la elaboración de una amplia gama de productos que incluyen cremas faciales, margarinas, cosméticos, jabones, detergentes,

velas, entre otros. La necesidad de aceite de almendra y pulpa de palma ha experimentado un constante incremento a nivel mundial, especialmente desde que estos aceites se han convertido en materias primas esenciales para la fabricación de alimentos y productos industriales. Diversos factores han contribuido al alza en la demanda, tales como avances tecnológicos, un aumento en los ingresos per cápita, el crecimiento poblacional, entre otros. Esta tendencia ha propiciado la expansión de las plantaciones de palma en África. Muchos factores han contribuido al aumento de la demanda, tales como: el desarrollo tecnológico, el aumento de la renta per cápita, el crecimiento de la población, etc., situación que llevó a la expansión de la plantación de palma en África.

Ecuador cuenta con una extensión de 207 702 hectáreas dedicadas al cultivo de palma. Dentro de este panorama, la provincia de Esmeraldas destaca con una extensión de 721 378 hectáreas destinadas a este cultivo, representando así un notable 34,40% de la producción frutícola nacional. Posteriormente, le siguen en importancia las provincias de Los Ríos con un 16,5%; Sucumbíos con un 10,4%; y Santo Domingo de los Tsáchilas con un 10,1% de la producción total (CFN, 2022). En términos de exportación, Ecuador envió al exterior 187 494 toneladas de aceite de palma durante el año 2019. De acuerdo al informe del USDA, en el período 2020/2021, Ecuador ocupó el tercer lugar como mayor productor en América Latina, posicionándose después de Colombia y Guatemala en términos de producción de aceite de palma (Borja, 2020).

En 2021, habrá 76 empresas dedicadas a actividades relacionadas con las plantaciones, que crearán 3256 puestos de trabajo. Las mayores concentraciones de empresas se encuentran en Santo Domingo (23%), Guayas (21%), Pichincha (20%) y Esmeraldas (20%). En cuanto a las actividades relacionadas con la manufactura, 27 empresas están ubicadas principalmente en Esmeraldas (26%), Guayas (18%) y Manabí (15%). En 2021, la producción de palma africana decayó un 1 % menor que en 2020. A noviembre de 2022, el precio al productor fue de \$164,35 por tonelada, 31 % inferior al precio de noviembre de 2021. El precio internacional para noviembre de 2022 fue de \$945,74 por

tonelada, 29 % inferior al precio reportado para noviembre de 2021. Se espera que los precios internacionales del aceite de palma alcancen los \$1050 por tonelada para fines de 2023. Además, el costo de obtener aceite de palma aceitera de otras plantas es menor que el de otras plantas, por lo que es un cultivo fundamental para satisfacer las necesidades alimentarias básicas de la creciente población ecuatoriana, y el precio del ingreso familiar es muy alto en comparación con salarios básicos (CNF, 2022).

### **Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de palma aceitera.**

**Tabla 1**

*Requerimientos edafoclimáticos de la palma aceitera.*

<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
Luminosidad	1800 a 2000 horas/ luz/ año
Humedad ambiental	75 a 80%
Altitud	0 a 500 msnm
Topografía	pendientes menores al 15%
Temperatura	25.5°C
Precipitación	superior a 1800mm
Déficit hídrico	inferior a 150mm/año
Drenaje	bien drenados, con un perfil de 60-100 cm
pH	4,5 a 7
Textura	franco arcilloso o franco arenoso

*Nota:*

Obtenido de Pacheco & Ronquillo (2010)

## **Características botánicas de la palma africana**

La palma aceitera es clasificada como una especie monocotiledónea, integrante del orden Palmales, de la familia Palmáceas y del género *Elaeis*. Estas palmas presentan una única zona de crecimiento predominante denominada meristemo apical, a partir del cual surgen de manera constante los nuevos brotes foliares. La expansión inicial de las hojas ocurre de manera pausada, y desde la fase de brotación hasta la apertura de los folíolos en el centro del dosel, su desarrollo abarca un período de dos a tres años.

### ***Raíz***

Inicialmente, emerge una raíz pivotante que pronto da paso a un bulbo carnosos, el cual dará origen a la base del tallo (estipe). Luego, se desarrolla una raíz fasciculada que emerge de manera radial a partir del bulbo. Este proceso se acompaña de un abundante crecimiento de raíces primarias, cuya longitud puede variar entre 1 metro y 15 metros, asegurando una sólida fijación para la palma. Las raíces secundarias, de diámetro más reducido en comparación con las primarias, desempeñan la función de anclar las raíces terciarias y cuaternarias. Además, actúan como bombas de succión, desempeñando un papel crucial en la absorción de agua y nutrientes del suelo (Cesar, 2014).

### ***Estipe***

El estipe o tronco de la palma aceitera se desarrolla en tres a cuatro años, es cilíndrico, en estado silvestre puede alcanzar una altura de 30 metros y en plantaciones cultivadas puede alcanzar una altura adulta de 4 a 8 metros. Las bases de inserción de los pecíolos permanecen vivas durante mucho tiempo, formando gruesas escamas que le dan al árbol su aspecto liso y negro. La característica primordial de la palma de aceite radica en su tallo singular de tipo pleonántico, lo que implica que las inflorescencias

emergen en las axilas de las hojas y se desarrollan de manera concomitante al crecimiento vegetativo constante de la planta. ( Hernández & Hormaza , 2012).

### **Hojas**

Hojas verdes y pinnadas, 5-8 m de largo, 5-8 kg de peso, hojas compuestas que consisten en 100-160 pares de folíolos. Su pecíolo está bastante desarrollado y presenta un gran número de espinas. Las hojas se forman a partir de primordios florales, que están presentes en la parte principal del estipe, de donde surgen las hojas y las inflorescencias. La producción de hojas es de notable importancia para la producción de frutos a corto plazo, ya que cada hoja corresponde a una inflorescencia, y su tamaño y desarrollo dependen del estado de la planta.

### ***Inflorescencia Masculina y femenina***

La palma de aceite es una planta monoica porque ambos sexos de la planta están presentes, pero separados. Las flores se encuentran agrupadas en espigas que forman conglomerados y se desarrollan en cavidades protectoras denominadas "espigas", las cuales emergen en la base de las hojas. Esta inflorescencia puede ser masculina o femenina. Consta de un eje central en el que se insertan las espigas y las que a su vez llevan las flores. Las espigas femeninas son carnosas, fibrosas, con fuertes espinas. Las flores se insertan en espiral sobre el eje de la espiga. La flor femenina tiene un ovario esférico que contiene tres cavidades, cada una de las cuales contiene un óvulo. Por lo general, solo uno fertiliza, rara vez dos o tres. Las espigas de los machos son más largas que las de las hembras y tienen forma cilíndrica. Cuando madura, las anteras se parten longitudinalmente, produciendo copiosas cantidades de polen amarillo con el olor característico del anís ( Hernández & Hormaza , 2012).

### **Racimos**

Una vez fecundadas las inflorescencias femeninas, se agrupan en racimo, sostenidas por un fuerte pedúnculo fibroso, ovoide y con espinas. Hay un período de 5 a 6 meses entre la fertilización y la maduración del fruto. El peso y tamaño de los racimos depende de la variedad, así como de la edad de las plantas, los racimos obtenidos varían de 4 a 60 y 70 kilogramos.

### **Frutos**

El fruto es una drupa sécil, que puede ser de forma esférica, ovoide o alargada, con una longitud de 2 a 7 cm ( Hernández & Hormaza , 2012). El mesocarpio de estos frutos contiene una gran cantidad de aceite, representando alrededor del 80% de la materia seca. Al contener una gran cantidad de aceite, el endocarpio o cáscara que protege a la almendra es duro, endurecido, de color marrón oscuro a negro, y cualidades como el espesor y la consistencia son características variables. Los frutos, encerrados en espiguillas, rodean la varilla espiral, formando racimos, cuyo peso varía de 5 a 40 kg. Generalmente representa un peso promedio de 25 kilogramos, el promedio de frutos a granel es 1 000-3 000.

### **Clasificación del fruto de acuerdo al grosor del cuesco y coloración del exocarpio.**

#### **Tabla 2**

*Clasificación del fruto de acuerdo a la coloración del exocarpio y grosor del cuesco.*

<b>Variable</b>	<b>Terminología</b>	<b>Descripción</b>
	Nigrescens	Ápice negro o pardo en el fruto, concentración de antocianina en el exocarpio.

---

	Rubio	Base anaranjada. Ápice pardo rara vez abarca la mitad del
<b>Tipo de</b>	Nigrescens	fruto
<b>coloración en</b>	Rutilo	Base roja más clara. Ápice negruzco, frecuentemente
<b>el exocarpio</b>	nigrescens	abarca la mitas del curso.
	Virescens	Fruto verde cuando esta inmaduro, anaranjado con puntos verdes cuando madura, sin concentración en el exocarpio
<b>Color del</b>	Albescens	Presenta una coloración amarilla pálida, indica baja
<b>mesocarpio</b>		concentración de caroteno.
<b>Morfología del</b>	Paisani, doble	Fruto rodeado de hasta seis carpelos secundarios
<b>fruto</b>	envoltura	derivados de los principales.
	Dura	El mesocarpio de la fruta representa aproximadamente el 35-50% de su peso total. Sin embargo, en términos de contenido de aceite, es relativamente bajo, situándose en torno al 17-18% en relación con el peso del racimo completo. Además, el cuesco del fruto es de mayor grosor, con dimensiones que oscilan entre 2 y 8 mm. Es importante notar que este tipo de fruto carece de un anillo fibroso que rodea la nuez.
<b>Formas de los</b>		
<b>frutos y</b>		
<b>espesor del</b>		
<b>cuesco</b>	Piscifera	Este tipo de fruto carece de cuesco y suele presentar esterilidad en su parte femenina. La mayor parte de los racimos experimenta un proceso de aborto en las primeras etapas de su desarrollo.

---

---

Tenera	Este tipo de fruto exhibe un endocarpio delgado, con un grosor que varía entre 0,5 y 4 mm. La proporción del mesocarpio en relación al peso total del fruto abarca un rango de 60 a 90%. En comparación con las variedades previas, estas palmas producen una cantidad mayor de racimos. La cantidad de aceite contenida por racimo oscila entre el 22% y el 25%.
--------	---

---

*Nota:* Obtenido de (Corley R. H., 2003), (Beirnaert, 1941).

### **Semilla**

El fruto se caracteriza por albergar una nuez en su núcleo central. Esta nuez cuenta con un endocarpio o capa exterior dura, que presenta un ancho de entre 0,5 y 5 mm. El fruto también contiene de una a tres amígdalas, que derivan de un ovario triple conformado por una capa exterior, que se manifiesta como una piel delgada y de color marrón oscuro, cubierta de tejido fibroso. El endospermo de la semilla es firme y presenta una estructura hueca en su centro, con un tono blanco y gris. El embrión se ubica frente al poro germinal y se encuentra separado por una estructura llamada opérculo, compuesta por células de endospermo delgadas. Las semillas de los híbridos OxG tienen forma ovalada y cuentan con un número variable de espigas puntiagudas de color marrón oscuro. En promedio, miden 21,7 mm de largo, 18,1 mm de ancho y 2,5 mm de espesor, y su peso medio es de 3,6 g. Cada semilla suele contener una almendra, aunque ocasionalmente pueden presentarse dos o tres almendras en una sola semilla (Hernández & Hormaza, 2012).

## **La pudrición del cogollo o PC**

### ***Sintomatología***

La pudrición del cogollo (PC) persiste como la plaga más devastadora de la palma aceitera en América Latina. Los signos distintivos de esta enfermedad se manifiestan a través de la descomposición completa de los tejidos recientes, mientras que las hojas generadas previamente a la infección permanecen intactas. La enfermedad presenta síntomas como una destrucción de las flechas jóvenes a nivel de raquis, cabe recalcar que la enfermedad inicialmente no afecta al área del meristema; en una temprana detección de la enfermedad se podría realizar una poda de la flecha joven afectada y junto con un control químico, se puede controlar la enfermedad según expertos. Cuando la enfermedad es severa, se produce una destrucción de las flechas y del área del meristema, causando una pudrición acuosa, con una coloración que va de blanquecina a amarillenta, con la presencia de un olor desagradable. Paralelamente se produce un amarillamiento de las hojas jóvenes que más adelante se necrosan y mueren. En etapas avanzadas, al realizar un corte longitudinal en el estípite, es posible observar cómo la pudrición se extiende hasta alcanzar el punto de crecimiento, lo que resulta en el fallecimiento de la planta (INIAP, 2020).

### ***Agentes causales involucrados***

Durante un período de más de cuarenta años, no se pudo identificar adecuadamente al agente causante de esta enfermedad. No obstante, gracias a los esfuerzos del Centro de Investigaciones en Palma de Aceite (Cenipalma) en Colombia, recientemente se logró identificar a *Phytophthora palmivora* Butl como el organismo responsable de las primeras lesiones. Posteriormente, emergen patógenos oportunistas como hongos (*Fusarium spp.*, *Colletotrichum sp.*, *Thielaviopsis sp.* y *Rhizoctonia sp.*, entre otros), bacterias (*Pseudomonas sp.* y *Erwinia sp.*) e insectos (*Rhynchophorus*

*palmarum*). Estos factores contribuyen al proceso de descomposición, que se origina en los tejidos inmaduros de las inflorescencias en desarrollo. (Torres & Martínez, 2010).

### ***Descripción de la PC***

La pudrición del cogollo (PC) se manifiesta con una textura húmeda y desprende olores desagradables. Sus síntomas se inician con una decoloración en el área central de las hojas jóvenes, seguida de un cambio a tonalidades amarillentas y eventualmente necróticas, comenzando desde el extremo superior y extendiéndose hacia la base de la hoja. En la parte inferior, la hoja flecha presenta manchas necróticas que progresan y causan la necrosis y descomposición de los folíolos internos desplegados. La pudrición se propaga hacia abajo en las flechas, llevando al colapso de aproximadamente un tercio inferior. En última instancia, cuando la necrosis y la pudrición alcanzan el cogollo y afectan el meristemo, esto culmina en la muerte de la planta (Rivas , Moreno, Rivera, Herrera, & Mora, 2017). La pudrición se manifiesta a través de un patrón que puede ser ascendente o descendente desde la hoja flecha. La zona afectada se torna seca y adquiere una tonalidad marrón rojiza. Posteriormente, se vuelve notable un grupo central de hojas que presenta un color amarillo característico en un estado clorótico. Al mismo tiempo, la hoja número 1 o hoja bandera se encuentra doblada debido a los efectos de la pudrición. Se observa un proceso de licuefacción en los tejidos meristemáticos. En una fase avanzada de la infección, se visualiza un área de deterioro en el cogollo, creando lo que podría describirse como un cráter (Zambrano & Rivera, 2023).

### ***Importancia económica y social de la PC***

La palma aceitera ocupa un lugar destacado entre los cultivos agroindustriales más relevantes de Ecuador, ya que juega un papel significativo en la generación de ingresos mediante la producción de aceite. En el año 2016, se extrajeron 564 000 toneladas de aceite crudo (FEDAPAL, 2017), lo que representó aproximadamente el 4

% del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola de ese mismo año (MCE, 2017). Sin embargo, la palma aceitera, conocida como *Elaeis guineensis*, enfrenta un desafío fitosanitario emergente de alta relevancia denominado Pudrición del Cogollo (PC), el cual ha causado estragos en numerosas hectáreas y ha planteado una amenaza real para el sector palmero (Ponce, P, 2016).

Este cultivo genera entre 0,12 y 0,2 empleos permanentes y 0,19 temporales por hectárea sembrada (Lasso, 2018). Según estas cifras, el cultivo de palma en Ecuador empleaba a más de 51.000 personas de forma permanente y al menos a 48.000 personas de forma temporal para 2018.

Se estima que desde la aparición del PC en el Ecuador en 1979 para el 2016 se han perdido unas 50.000 hectáreas, mientras que desde el 2017 se tienen registros de que esta plaga ha destruido más de 90.000 hectáreas de terreno cubierto de *Fusarium Raza Tropical 4* para banano o Covid-19 para personas. Las pérdidas también fueron sociales, entre ellas se obtuvo una pérdida de 8.000 empleos directos y 16.000 indirectos (ANCUPA, 2013).

### ***Influencia de la PC en el rendimiento de palma de aceite***

Las pérdidas de producción son significativas debido a los efectos de PC, con una reducción del 8 % al 29 % en el número de racimos por palma, una reducción del 18 % al 29 % en el peso promedio por racimo, una disminución del 35% y 39% en el rendimiento por planta. La incidencia es baja en el primer año a medida que la pudrición se extiende por el área del cultivo. A medida que más palmas se enferman, los focos de infección comienzan a formarse y la tasa de crecimiento de los casos puede aumentar del 7 al 16 % por año, con un porcentaje que supera el 50 % en tres años, y a partir del cuarto año puede empeorar dramáticamente. Investigaciones reportan que la enfermedad en un año puede causar reducciones del 46 % de los ingresos regionales ( Santacruz , Zambrano, & Amézquita , 2004).

## **Materiales híbridos interespecíficos O X G**

El camino genético brinda una solución para reducir el impacto de la enfermedad de la PC, este camino tiene como objetivo la exploración de características de resistencia a la enfermedad transmitidas por la palma americana y híbridos interespecíficos *E. oleífera* x *E. guineensis*. Los desafíos relacionados con problemas fitosanitarios han impulsado la introducción de nuevos materiales que poseen cierta resistencia a enfermedades, como los híbridos interespecíficos OxG. Estos híbridos incorporan rasgos heredados de sus progenitores, *E. oleífera* (madre) y *E. guineensis* (padre), y presentan características distintivas tal como se menciona en el trabajo de (Corley & Tinker, 2015). Estos son algunos de los rasgos notables:

- Hoja: Las hojas son más largas en comparación con *E. guineensis*, pero mantienen la forma del folíolo de *E. oleífera*.
- Características internas del fruto: Estas características dependen de la forma de la madre (*E. guineensis*). Los frutos pueden mostrar la presencia de frutos partenocárpicos, y conservan la misma forma y color que el progenitor.
- Diferencias notables: A pesar de compartir similitudes con sus parientes, los híbridos también presentan características distintivas. Esto incluye una mayor altura, hojas que caen, flores persistentes y una madurez de racimo que se destaca por su inusualidad (Corley & Tinker, 2015).

### ***Descripción del desarrollo reproductivo O x G.***

**Estadio principal de crecimiento: Emergencia de la inflorescencia**

#### **Tabla 3**

*Emergencia de la inflorescencia de palma aceitera híbrido O x G.*

Fase	Estadios	Descripción
500	Inicio de la formación de la estructura dentro del estípite	Se encuentra aplanada, adherida a la base peciolar
501	Aparición de la estructura floral	Cubierta por dos estructuras fibrosas, bráctea peduncular y prófalo, es visible en un 10 %
503	Alargamiento de estructura floral	Ha alcanzado el 30 % de su tamaño total ocurre un alargamiento antes que un engrosamiento.
505	Visibilidad de inflorescencia	La inflorescencia ha alcanzado el 50 % de su tamaño final. El prófalo inicia su fragmentación, su textura es más fibrosa
509	Apertura de inflorescencia	La estructura floral alcanza el 90 % del tamaño total, inicia su rasgamiento muy leve

*Nota:* Desde la fase 500 a la 601 pasan entre 98-100 días, y se puede diferenciar si la flor es masculina o femenina. Tomado de: (Tandon, 2001)

### Estadio principal de crecimiento: Floración

**Tabla 4**

*Floración de palma aceitera híbrido O x G.*

Estadios	Femenina	Masculina
Preantesis 601	I No se aprecian claramente los botones florales, período es de cinco días	Bráctea peduncular se rasga y se observan las espiguillas de color marrón,
Preantesis 602	II La bráctea peduncular se rasga en un 30 % de su longitud total. Duración 5 días después de preantesis.	Las espiguillas cilíndricas parcialmente expuestas, duración 8 días.

Preantesis 603	III	Se pueden observar los botones florales femeninos engrosados, coloración pasando de marrón a amarillo, 4 días después de preantesis	O las espiguillas y las brácteas florales están más separadas, siendo fácil la observación de los botones florales.
		II.	
Antesis 607		O el estigma sésil con sus tres lóbulos inicia su etapa receptiva, la bráctea peduncular es leñosa, fibrosa y continúa firmemente adherida a la superficie, duración 24 horas.	En la inflorescencia masculina, el término "estadio de antesis" se emplea cuando más del 70% de las flores han florecido desde la base de cada espiguilla en dirección a la parte apical, es decir, en un patrón ascendente.
Fin de la floración 609	la	El estigma muestra un período de receptividad limitado cuando los lóbulos se abren parcialmente, y esta fase dura aproximadamente 24 horas.	Las flores adquieren un tono marrón debido al proceso de secado de sus anteras, lo que resulta en la ausencia de polen y el comienzo de la degradación de las espiguillas.

*Nota:* Obtenido de (Corley R. H., 2003), (Tandon, 2001).

### **Estadio principal de crecimiento: Desarrollo del fruto**

#### **Tabla 5**

*Desarrollo del fruto de palma aceitera híbrido O x G.*

<b>Fase</b>	<b>Estadios</b>	<b>Descripción</b>
-------------	-----------------	--------------------

---

700	Ocurre de 24 – 48 post polinización	Hinchamiento del ovario. Fase de crecimiento de 45 días. Racimos color marrón pálido.
701	8 días después de antesis	No se identifica endospermo ni se diferencia el cuesco, coloración verde turquesa a negro grafito.
703	15 días después de la antesis	Esta coloración persiste durante un período de hasta 30 días después de la antesis. Durante este tiempo, no es posible distinguir visualmente entre el cuesco y el endospermo del fruto.
705	45 días post antesis	Algunos frutos pueden tener una formación inicial de cuesco, la coloración externa de las drupas es verde claro a verde oscuro.
709	46 a 100 días post antesis	El crecimiento en diámetro del fruto es mínimo y su coloración es marrón nuez

---

*Nota:* Obtenido de (Corley R. H., 2003)

### **Estadio principal de crecimiento: Maduración del fruto y racimo**

Durante las etapas iniciales de desarrollo del fruto, el mesocarpio está principalmente compuesto por carbohidratos. A medida que el fruto madura, los niveles de carbohidratos disminuyen mientras que aumentan los contenidos de aceite y carotenoides (Alvarado A. B., 1993). A lo largo del proceso de desarrollo del fruto, se generan nuevos compuestos, como clorofila y carotenos, los cuales pueden acumularse o disminuir. En contraste, los carotenos permanecen en su forma, incrementando su concentración a medida que el fruto llega a su madurez completa. Esta acumulación de carotenos es la responsable del cambio de color en el fruto maduro. La concentración de aceite en el mesocarpio tiende a ser más elevada entre las 16 y 20 semanas después de la floración, coincidiendo con la fase de madurez del fruto.

**Tabla 6**

*Maduración del fruto de palma aceitera híbrido O x G.*

<b>Estadio</b>	<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>
800	101 – 115 DDA	Coloración del exocarpio del fruto cambia de forma generalizada a verde amarillento. Se presenta el cuesco que inicia su proceso de lignificación
803	116 – 125 DDA	Presenta frutos que varían entre un estado completamente verde y otros con tonos amarillos y naranjas suaves en su coloración. En el interior del fruto, se observa que el cuesco se ha vuelto lignificado, adquiriendo una consistencia leñosa. El endospermo, por su parte, es sólido y exhibe una coloración blanco cremosa. Además, el mesocarpio muestra la presencia de fibras en su estructura.
805	126 - 139 DDA	Coloración amarilla oscura o un tono anaranjado suave. El cuesco ha alcanzado su formación completa, presentando una estructura sólida y definida. El endospermo también es sólido y ha desarrollado fibras en su interior. Además, es posible observar la presencia de frutos partenocárpicos en esta etapa.
807	155 DDA	Coloración externa va desde amarillo oscuro a naranja medio, se evidencia formación de aceite.
809	170 DDA	Se inicia el proceso de sobre maduración, el fruto presenta de 10 a 40 % color pardo y con grietas, mayor apertura y lignificación.

*Nota:* Obtenido de (Azcón-Bieto, 2000), (Salisbury, 1994).

### ***Ventajas de los materiales híbridos O x G***

- Baja tasa de crecimiento del estípote (< 35 cm por año)
- Vida comercial útil más larga: Otra ventaja es el crecimiento lento del estipe a comparación de los materiales africanos, lo cual facilita las labores agronómicas del cultivo y extiende su vida útil de producción.
- La tolerancia a la enfermedad de la PC, es una de las ventajas más importantes de estos materiales, cuando se presenta la enfermedad, con una cirugía se puede eliminar la región infectada y controlar el avance de la enfermedad
- Floración precoz: El 50 % al 70 % de las palmas del híbrido OxG florecen antes de 24 meses después de la siembra en campo, y el 100 % florece a los 30 meses.
- Alta producción de RFF: madurez temprana de la producción, primera producción entre los 30 y 36 meses en campo y su potencial productivo, según (Alvarado, 2013) dependiendo del tipo de material, los híbridos de Amazon producen 227,5 kg de fruta fresca/palma al año, mientras que híbridos como Deli x Avros producen 174,8 kg de fruta fresca/palma al año. En general, (Romero y Ayala, 2021) mencionan que estos materiales tienen una alta producción de RFF con un rendimiento mayor de 33 t/ha / año.
- Alta calidad de aceite (contenido de ácido oleico más alto y menor proporción de grasas saturadas esto por la mayor cantidad de frutos partenocárpico).
- Altos contenidos de carotenoides y vitamina E
- Menor porcentaje de acidez del aceite (< 2 %)
- La densidad de siembra va desde las 115 a 148 plantas por hectárea.

### **Desventajas de los materiales híbridos O x G**

- En comparación con *E. guineensis*, se está utilizando un rango de dosis de fertilizante que va desde un 20% hasta un 60% más en los materiales híbridos.
- Los híbridos son más vulnerables al exceso de agua debido a sus raíces menos profundas, lo que enfatiza la necesidad de una mejor planificación de drenaje.
- Los híbridos presentan un nivel reducido de polinización entomófila, ya que los insectos *Elaeidobius kamerunicus* no se sienten atraídos hacia las inflorescencias femeninas. Aunque otros curculiónidos (como *Grasidius hybridus* y *Couturerius sp.*) llegan a las inflorescencias en pocas ocasiones.
- En condiciones de polinización natural, el llenado de frutos, la formación de racimos y la extracción de aceite son muy bajos en los híbridos O x G, un 30 % menos de aceite que *E. guineensis*, por lo cual requieren de polinización asistida para obtener mejores rendimientos.
- Los factores que limitan el llenado de los racimos pueden estar la viabilidad y la tasa de germinación del polen es decir que la viabilidad del polen es baja 2 a 20%.
- La polinización asistida con polen se ve afectada por factores como: la variación en las condiciones climáticas, variabilidad genética, fertilidad y germinabilidad del polen y la dificultad de aplicar el polen por el aumento en altura de las palmas.
- Cuando la flor femenina inicia una formación temprana, las brácteas no se rompen, la ruptura es incompleta, impidiendo así la polinización por insectos y posibilitando que la polinización artificial se convierta en una actividad esencial (Corley & Tinker, 2015).
- Las altas demandas de personal e insumos, adquisición, conservación y aplicación de polen esta es una práctica costosa ya que requiere visitas de alta frecuencia a las parcelas para identificar las inflorescencias en estado receptivo

- El costo anual de este trabajo se estima en alrededor del 14% del costo total de la cosecha. (Romero H. , 2018) (Santacruz & Rosero, 2016) han observado que los híbridos O x G alcanzan rendimientos de hasta 22 toneladas por hectárea al año cuando se emplea polinización asistida. En contraste, los rendimientos sin esta asistencia se mantienen en niveles más bajos, llegando a alrededor de 17,6 toneladas por hectárea.

### ***Polinización asistida en materiales híbridos O x G***

La práctica de polinización asistida de los híbridos interespecíficos O x G debe hacerse bajo las estrictas condiciones de calidad y de oportunidad para que sea efectiva. Así, si las inflorescencias no son polinizadas cuando las flores están receptivas o si la aplicación del polen no se hace cubriendo la mayor parte posible de la inflorescencia, el resultado es la pérdida de racimos por aborto, malogros y pudriciones o tasas bajas de extracción que pueden llegar a hacer inviable el negocio. Incluso, se calcula que en caso de contar con una polinización de alta calidad y una supervisión cuidadosa de la labor, existe la posibilidad de perder hasta un 15 % de los racimos debido a la incapacidad de llevar a cabo la polinización en el momento adecuado. Además, 15 % o más de los frutos dentro de los racimos no se forman, razón por la cual el potencial de producción de los híbridos no se expresa en su totalidad (Romero H. M., 2018).

### ***Clasificación de los frutos en híbridos interespecíficos OxG según su formación***

#### **Frutos normales o fértiles**

Los frutos considerados normales exhiben un mesocarpio que se ha vuelto lignificado, el cual encapsula el endocarpio que contiene una almendra en desarrollo. En el endospermo, que es el embrión de la futura planta, pueden surgir nuevas plantas bajo condiciones óptimas de factores como humedad, temperatura y oxigenación. Los

híbridos interespecíficos se distinguen por poseer frutos normales que cuentan con un cuenco de mayor tamaño ( Hernández & Hormaza , 2012).

### **Frutos partenocárpicos**

Son frutos provenientes del desarrollo de las paredes del ovario sin fecundación, no hay entrada de polen por el estigma. Estos frutos son más frecuentes en materiales híbridos, presentando características como un menor tamaño a comparación de los frutos normales, presentan un alto contenido de aceite y, por último, no presentan semilla (endocarpio y endospermo), es decir el fruto solo posee un exocarpio y mesocarpio ( Hernández & Hormaza , 2012).

### **Frutos abortados**

Los frutos abortados se pueden generar por tres motivos, el primero es cuando las flores no fueron fecundadas; la segunda es porque los frutos no se desarrollaron como fruto partenocárpico; y por último tenemos que hay una formación del fruto, pero este no alcanza su óptimo desarrollo hasta llegar a la síntesis de ácidos grasos. Este último puede ser causa de factores genéticos o condiciones climáticas inadecuadas ( Hernández & Hormaza , 2012).

### ***Clasificación de los frutos en híbridos interespecíficos O x G según su posición***

#### **Frutos Externos**

Son frutos que están en la parte superior o media del racimo, su área apical es de forma alargada, y si están en la parte inferior del racimo, son aplanadas. En las especies de Palma africana (*E. guineensis*) estos frutos alcanzan su madurez primero, mientras que en los híbridos interespecíficos O x G estos frutos son los últimos en madurar ( Hernández & Hormaza , 2012).

## **Frutos Internos**

Son aquellos frutos más pequeños y de color más claro del racimo, se ubican en la base de la espiga, principalmente en material híbrido cuando no hay la labor de polinización asistida, estos tienden a madurar antes que el fruto exterior, lo que provoca asincronía y conduce a el establecimiento de la complejidad de los parámetros de cosecha porque cuando maduran, los frutos externos no están maduros (Hernández & Hormaza , 2012).

### ***Descripción del híbrido O x G Taisha x Avros***

El material vegetal Taisha x Avros es el resultado de elegir madres de E. oleífera y posterior cruzamiento con polen Avros obtenido de Nueva Guinea. Barba y Baquero (2013, pp. 1-12), mencionan Los materiales derivados del cruce entre Taisha y Avros presentan una serie de características valiosas. A continuación, se resumen estas características:

- **Floración Temprana:** Este híbrido, en comparación con otros híbridos OxG, muestra una tendencia a iniciar la floración en un período más temprano, alrededor de 17 a 18 meses.
- **Rendimiento Inicial:** En los primeros tres años, este material alcanza un rendimiento de alrededor de 10.6 toneladas por hectárea al año. A partir del tercer año, supera significativamente esta cifra, llegando a más de 24 toneladas por hectárea al año.
- **Tolerancia a la Pudrición del Cogollo (PC):** Este híbrido demuestra ser resistente a la Pudrición del Cogollo, lo que es un rasgo valioso para su cultivo.
- **Número de Brácteas Reducido:** La cantidad limitada de brácteas en el racimo permite una polinización asistida, lo que facilita la producción de frutos.
- **Tallos Largos:** Los tallos largos de este híbrido resultan favorables para la cosecha y manejo de los racimos.

- Tasa de Crecimiento y Uniformidad: El híbrido presenta una baja tasa de crecimiento anual y su desarrollo es uniforme.

(Barba & Baquero, 2013) concluyen que estos rasgos son heredados de su progenitor hembra, E. oleífera. Además, según sus observaciones, este material logra un rendimiento comparable al de E. guineensis.

### **Características físicas del racimo del híbrido OxG**

En los racimos del híbrido O x G, se estima que aproximadamente el 28.33% de los frutos son partenocárpicos, lo que influye directamente en la tasa de extracción de aceite.

#### **Tabla 7**

*Características físicas del racimo del híbrido OxG Taisha x Avros.*

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Frutos por racimo, unidades	1 985
Peso medio del fruto, g	21,42
Descripción	Valor
Frutos en racimo, %	73,5
Frutos normales en racimo, %	45,26
Frutos partenocárpicos en racimo, %	28,33
Frutos vanos y blanco en racimo, %	9,5
Mesocarpio en fruto, %	88,64

*Nota:* Valores promedio de las progenies evaluadas. Palmar del Río (Orellana, Ecuador) (Barda, 2013).

### **Ácido naftalenacético ANA**

Los reguladores de crecimiento desempeñan un papel esencial en el desarrollo y crecimiento de las plantas. Aunque se generan de manera endógena en las plantas, es posible inducir sus efectos a través de aplicaciones exógenas con el fin de obtener beneficios en la cantidad, desarrollo y formación de frutos, lo que a su vez mejora el rendimiento y genera mayores ingresos. Entre estos reguladores, las auxinas tienen una función crucial en procesos fisiológicos como la elongación y división celular. Se ha observado resultados positivos al aplicar auxinas de forma exógena en cultivos como cítricos, melocotones, nísperos y palmeras (Méndez N. M., 2009).

En este contexto, el ácido alfa-naftalenacético se destaca como una auxina sintética derivada del naftaleno. Se emplea para promover y regular etapas reproductivas, como la floración y fructificación, en diversas especies vegetales. Su utilización puede tener efectos beneficiosos en el ciclo reproductivo de las plantas y, por ende, en la producción de frutos (Fischer, 2006).

### ***Acción fisiológica del ANA***

El ácido  $\alpha$ -naftalenacético se dispersa diferencialmente entre las células y tejidos, se almacena localmente en una célula o ciertos grupos de células, su distribución depende principalmente del metabolismo y transporte célula-célula (García F. M., 2019). Después de la polinización, el cuajado se activa mediante un estímulo de crecimiento y división celular a través de la acción de auxina, el crecimiento del fruto se da mediante un período de expansión celular y endorreducción regulado por fitohormonas semejantes a las del cuajado (McAtee, 2013).

### ***El ANA y la importancia en la polinización en palma aceitera***

La ampliación de ANA en inflorescencias femeninas en estado de antesis , presenta un aumento significativo en la formación de frutos partenocárpicos, el ANA permite recuperar aquellas inflorescencias no polinizadas que se pierden por alguna eventualidad (Ochoa, 2021) en donde la formación de frutos totales que aportan aceite se presenta en un rango entre el 43 % y el 77 %, el fitorregulador favorece la recuperación de las inflorescencias en un estadio fenológico de post antesis de tal forma que garantiza la formación de frutos hasta en un 77 % (Linares-Leguizamón, 2020).

Se puede mencionar que puede ser utilizada para obtener frutos más grandes, además de incrementar racimos por hectárea (Romero H. &, 2021), así como también mejorar la conformación y cuajado de frutos que, en la polinización asistida, de tal forma que, las plantaciones comerciales pueden producir más de 40 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> RFF con alto rendimiento de aceite obtenido con este regulador de crecimiento aproximadamente 27 % tasa de extracción de aceite o más.

Es relevante destacar que el uso del regulador de crecimiento ANA puede tener un efecto negativo en la viabilidad y germinación del polen. Esta repercusión puede tener un impacto desfavorable en la formación de frutos normales y limita la cantidad de almendra, por tal razón, no se recomienda la mezcla polen + ANA para la polinización de los híbridos interespecíficos O x G, en donde se termina incurriendo en un costo adicional de en la labor de polinización por la compra del polen, mismo que no cumple mayor función al ser usado en esta forma, sin embargo, si se aplica polen y ANA, se recomienda utilizar el regulador de crecimiento ANA de manera independiente, con la precaución de aplicar polen solo en la primera aplicación para las inflorescencias que estén en la etapa fenológica 607 (antesis). Posteriormente, en días subsiguientes, se recomienda aplicar únicamente ANA, considerando la frecuencia de aplicación (Forero, 2012).

En híbridos O x G Amazon al aplicar ANA se ha logrado un potencial de aceite de 26 % a 32 %, considerando que el fruto pierde la almendra debido a la partenocarpia (Camperos, 2020). Estos datos concuerdan con los obtenidos en híbridos interespecíficos O x G (Coarí x La Mé), el ANA aumento el potencial de aceite en racimos hasta 37,2 %, mientras que al aplicar solo polen el contenido de aceite fue de 25,8 %

### ***Investigaciones de polinización con ANA***

#### **Uso de polen y ANA en híbridos O x G en Ecuador**

La desventaja de los materiales híbridos O x G es que carecen de polinización natural y para aprovechar la productividad del material se recomienda la polinización asistida para mitigar este efecto y aumentar peso, tamaño, estructura y calidad. Al principio de los experimentos, se emplearon reguladores de crecimiento como las auxinas. Sin embargo, se constató que el ácido 1-naftilacético (ANA) resulta efectivo en el proceso de floración incluso sin la asistencia de polinización. Este compuesto tiene la capacidad de inducir la formación de frutos partenocárpico, es decir, frutos que se desarrollan sin fecundación (Romero H. M., 2018).

En un estudio realizado por (Bravo, 2022), se llegó a la conclusión de que la combinación de polen y ANA no resultaba efectiva debido a la inhibición de la germinación del polen. Además, se determinó que el ANA promueve la formación de frutos partenocárpico en inflorescencias sin la asistencia de polinización, mediante la aplicación de 3 tratamientos de mejora con un intervalo de 2 días entre cada uno. Este estudio reveló que, al utilizar esta combinación, se logró un aumento en la potencia del aceite de hasta 3 veces en comparación con otros métodos. Comparando con otros estudios en los que se aplicó ANA 2 veces después de la polinización, así como aquellos en los que se utilizó ANA 2 veces con un intervalo de 2 días después de la primera aplicación de polen, los resultados obtenidos con el uso exclusivo de ANA fueron estadísticamente equivalentes.

### **Aplicación exógena de ANA en palma de aceite híbrida**

La aplicación externa de ANA implica la necesidad de ajustar aspectos logísticos, como la frecuencia y dosis de la mezcla por cada inflorescencia, así como considerar otros equipos utilizados en el proceso. Es fundamental tener en cuenta que el éxito en la formación de frutos depende en gran medida del contacto preciso de la mezcla con los botones florales presentes en las inflorescencias femeninas (Ponce, P, 2016). ANCUPA realizó estudios donde utilizaron diferentes cantidades de polen, polen-ANA y ANA en pre, antesis y post-inflorescencias de inflorescencias, evaluando variables como peso del racimo, diámetro del fruto y estructura del fruto (normal, abortado, partenocárpico y estudio de ácidos esenciales) en esta investigación se observó que es fundamental aplicar el ácido naftalenacético en inflorescencia femenina cuando la inflorescencia es antesis, esparciendo 2 refuerzos a los 7 y 14 días, cuando aumenta el número de frutos partenocárpico, lo que significa un aumento en la potencia y extracción de aceite (Bravo, 2022).

### **Aplicación de ANA en suspensión líquida y en mezcla sólida.**

(García, 2020) evaluó aplicaciones de ANA en diversas formas de presentación. Se determinó que, utilizando una suspensión líquida de ANA, dos trabajadores lograron cubrir un área de 4.8 hectáreas en un día. Esto equivalió a la aplicación de 637 aplicaciones de ANA por día por hectárea. Por otro lado, con la forma sólida de mezcla, el rendimiento fue de 4.1 hectáreas por día, lo que se tradujo en la aplicación de 541 aplicaciones de ANA por día. El costo por hectárea por año se estimó en 253 USD para ANA líquido y 192 USD para ANA sólido, pero el peso medio fresco de fruto (PMR) obtenido en suspensión líquida con ANA favoreció su uso sobre la rentabilidad debido a que el PMR de la mezcla fue de 19,4 %, la dificultad del tratamiento del agua en campo, las investigaciones de (García, Munevar, & Montoya, 2020) indican que en términos de rendimiento de operación, dos operarios que aplican ANA en suspensión líquida logran

cubrir solamente un 17% más de área en comparación con un solo operario que aplica ANA en suspensión sólida. Esta diferencia podría atribuirse a las actividades repetitivas involucradas en el proceso, como desplazarse por los lotes, cargar agua y buscar inflorescencias.

### **Capítulo III**

#### **Materiales y metodología**

##### **Ubicación de la aérea de investigación**

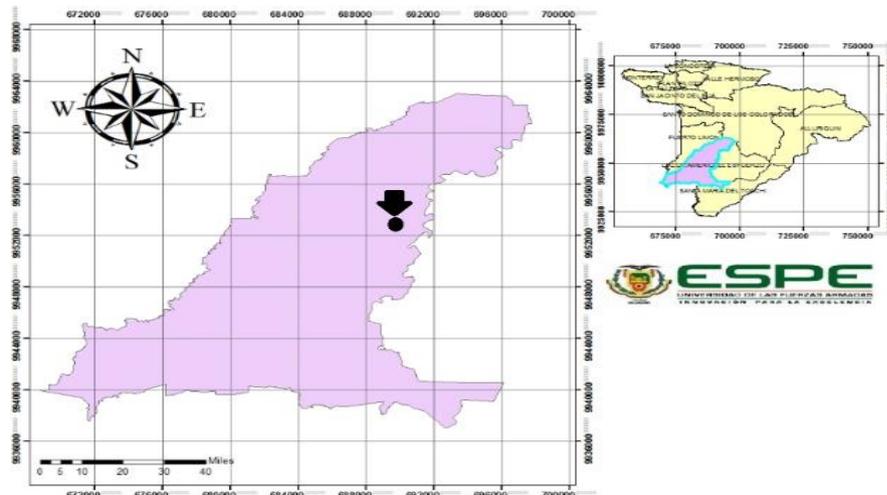
###### ***Ubicación política***

- País: Ecuador
- Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas
- Cantón: Santo Domingo de los Colorados
- Parroquia: Luz de América
- Sector: Km24 – Vía Quevedo

###### ***Ubicación geográfica***

###### ***Ilustración 1***

*Ubicación geográfica de la investigación*



Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE SD, se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas:

- Latitud:  $0^{\circ}02'25.24^{\circ}\text{S}$
- Longitud:  $79^{\circ}17'51.08\text{W}$

#### ***Ubicación ecológica***

- Zona de vida : Bosque Húmedo Tropical
- Temperatura :  $24 - 26^{\circ}\text{C}$
- Altitud : 224 msnm
- Precipitación : 2860 mm
- Humedad relativa : 85%
- Heliofanía : 680 horas luz/año
- Suelo : Franco Arenoso

## Materiales fase de campo

### *Manejo de polinización asistida con ANA*

**Tabla 8**

*Implementos para el manejo y aplicación del ensayo de polinización asistida artificial.*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>
Libreta de campo	Equipo de polinización	Ácido Naftalenacético (ANA)
Machete	Balanza	Talco neutro
Spray	Dispositivo GPS	
Guantes		
Mascarilla		
Gafas		

### *Material para realizar conformación y potencial de aceite del racimo*

**Tabla 9**

*Material para determinar la conformación del racimo y potencial de aceite*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
<b>Palín o cuchillo malayo para cosecha</b>	1 balanza o báscula de más de 50 kg	Hexano o éter de petróleo
<b>Hachas pequeñas o hachuelas</b>	1 balanza con capacidad de alrededor de 6 kg	Sílica para el desecador
<b>Bolsas plásticas de 5 x 8 cm o de similar tamaño</b>	1 horno microondas	
<b>Moldes de aluminio con tapa o cápsulas de porcelana</b>	Calculadora básica	

<b>Gafas de seguridad</b>	1 estufa de secado con
<b>Cascos de seguridad</b>	resistencia
<b>Guantes de nitrilo</b>	
<b>Sacos de fibra</b>	1 licuadora casera
<b>Recipientes plásticos de unos 20 x 20 x 20 cm o similar tamaño</b>	Planchas de calentamiento
	Cabina de extracción para eliminar vapores de solventes
	Equipo Soxhlet
	Desecado

### **Materiales fase de laboratorio: Análisis de lípidos y grasas**

#### ***Extracción de aceite por método Soxhlet***

**Tabla 10**

*Materiales utilizados en la extracción de aceite mediante el equipo Soxhlet.*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Vaso de precipitación 250 ml	Estufa 220 v	Éter de petróleo	Mesocarpio seco y triturado del fruto
Pinza metálica	Balanza analítica		
Papel Filtro N°1	Extractor de grasa Soxhlet		
Espátulas			

#### ***Porcentaje de extracción de grasa***

**Tabla 11**

*Materiales utilizados para calcular el porcentaje de extracción de grasa*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Muestra</b>
Vaso de precipitación 250 ml	Balanza Analítica	Mesocarpio seco y triturado de fruto de aceite de palma
Probeta graduada 50 ml		

### ***Índice de Acidez.***

**Tabla 12**

*Materiales utilizados para determinar el índice de acidez*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivo</b>	<b>Muestra</b>
Vaso de precipitación 250 ml	Balanza analítica	Fenolftaleína	Aceite de palma

### ***Valoración de pH***

**Tabla 13**

*Insumos utilizados para determinar pH*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Muestra</b>
Vaso de precipitación 250 ml	Balanza analítica	Aceite de palma
	Potenciómetro	

### ***Determinación de solubilidad***

**Tabla 14**

*Insumos utilizados para determinar solubilidad*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Tubos de ensayos	Agitador	Éter etílico	Aceite de palma
Gradilla		Agua destilada	
Pipeta graduada		Cloroformo	
		Alcohol etílico	

### ***Determinación de coloración***

**Tabla 15**

*Insumos utilizados para determinar coloración*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivo</b>	<b>Muestra</b>
Tubos de ensayo	Sudán III	Agitador	Aceite de palma
Gradilla			
Pipeta graduada			

### ***Índice de Saponificación***

**Tabla 16**

*Materiales utilizados para determinar el índice de saponificación*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Vasos de precipitación 250 ml	Agitador	Ácido clorhídrico	Aceite de palma
Matraz Erlenmeyer 250 ml	Equipo de titulación	KOH (0,5N)	
	Plancha térmica magnética	Fenolftaleína	

### ***Índice de peróxido***

**Tabla 17**

*Materiales utilizados para determinar el índice de peróxido*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Vasos de precipitación de 250 ml	Agitador magnético	Ácido acético	Aceite de palma
Matraz Erlenmeyer 250 ml	Equipo de titulación	Cloroformo	
	Plancha térmica magnética	Yoduro de Potasio	
		Tiosulfato sódico	
		Solución de almidón	

*Determinación de cenizas***Tabla 18***Insumos para determinar cenizas*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Muestra</b>
Desecador	Estufa 220 V	Agua destilada	Aceite de palma
Crisoles	Mufla		
Mechero de alcohol	Camara de flujo laminar		
Pinza metálicas			

*Determinación de densidad***Tabla 19***Insumos para determinar densidad*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Muestra</b>
----------------	----------------	----------------

Picnómetro 10 ml	Cocineta eléctrica	Aceite de palma
	Termómetro	

### ***Determinación de absorbancia***

**Tabla 20**

*Materiales utilizados para determinar absorbancia*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Muestra</b>
Cristal de cuarzo	Espectrofotómetro thermo spectropic	Aceite de palma
	Genesys 10 Llylvis	

### ***Determinación de impurezas por método de centrifugación***

**Tabla 21**

*Materiales utilizados para determinar las impurezas mediante el método de centrifugación*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Muestra</b>
Tubos para centrifugación 10 ml	Centrifuga	Aceite de palma

### ***Determinación de humedad***

**Tabla 22**

*Materiales utilizados para determinar humedad*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Muestra</b>
Pinzas metálicas	Balanza analítica	Aceite de palma
Caja Petri	Estufa 220 V	
	Desecador	

### **Métodos: Estadística descriptiva.**

Para esta investigación se aplicó la estadística descriptiva la cual permitió organizar, caracterizar, analizar y ordenar los datos registrados tras la aplicación de la mezcla ANA + Talco en inflorescencias en estado de anthesis y postanthesis, se evaluaron variables como cuajado de fruto, conformación de fruto, peso de racimo, punto óptimo de cosecha, potencial de aceite y análisis químico de lípidos y grasas de las frutas con la aplicación de ANA + Talco como: el porcentaje de extracción de grasa, índice de acidez, pH, coloración, índice de saponificación, solubilidad, Índice de peróxido, absorbancia, densidad, análisis de cenizas, impurezas, con la finalidad de analizar como interactúa el ANA en la calidad del aceite de la palma aceitera O x G. La plantación experimental tiene un área de 1,5 hectáreas con distanciamiento de siembra de 9x9 entre planta y calle, la plantación tiene nueve años, variedad Taisha y cuenta con 125 plantas productivas.

### **Variables evaluadas en fases de campo**

#### ***Manejo de la polinización artificial con ANA***

#### **Preparación de mezcla talco + ANA (4%)**

Se utilizó 480 gramos de talco neutro y se colocó en un recipiente, se añadió 20 gramos de ANA correspondiente al 4% de la mezcla, se integró hasta conseguir una mezcla homogénea. Luego se procede a colocar 180 gramos en el equipo de polinización asegurando una buena dispersión de la mezcla en la inflorescencia.

### **Calibración del equipo de polinización**

Este proceso consistió en espolvorear la mezcla en una bolsa plástica y contar el número de bombeadas que se realiza para distribuir los 15 gramos, se procedió a pesar y calibrar la presión de la bomba.

### **Identificación de inflorescencias femeninas**

Se recorrieron las hileras en zigzag y la unidad experimental en media luna, garantizando el cubrimiento de toda la planta, la planta debe ser productiva de buen estado fitosanitario. Se tomó en cuenta características morfológicas de la flor como: coloración crema, blanca o amarilla de los pétalos, además se identificó con el olor intenso a anís en la mayoría de los casos.

- Inflorescencia en antesis: estado fenológico 607, el cual se caracteriza por la presencia de más del 80% de sus flores abiertas.
- Inflorescencia en fin de floración 609: Se polinizaron inflorescencias cuando los lóbulos del estigma se tornan púrpuras.
- Inflorescencia andrógina: Se polinizo aquellas que presenten una mayor proporción del sexo femenino
- Inflorescencias ayudada o pasada: se polinizo cuando la coloración de los lóbulos del estigma de color amarillo muy oscuro, luego café y finalmente negro.

### **Aplicación de talco + ANA (4%)**

- Se retiró las estructuras profilo y bráctea para permitir una mejor dispersión de la hormona ANA.
- Se realizó la aspersión de 12 a 15 gramos de la mezcla por cada inflorescencia.
- Las aplicaciones fueron realizadas dos veces por semana (lunes y viernes) y 3 ciclos de aplicación cada 7 días, es decir la primera polinización y refuerzo a los 7 y 14 días.

- se llevó un registro de las aplicaciones: Número de semana, Lunes sin asterisco, Viernes con asterisco, y el número de aplicaciones con rayas (I,II, III), fueron marcadas en la hoja de donde sale la inflorescencia.
- El horario de trabajo siempre fue en las horas más frescas de la mañana, trabajando mayormente de 9 a 12 a.m.

### ***Porcentaje de cuajado de inflorescencias femeninas***

Esta actividad se realizó al 100% de la plantación y se evaluó a los 45 días después de la primera aplicación de ANA el número de flores cuajadas, es decir que estén en estadio 705 (fase de desarrollo 4).

### ***Proyección del potencial de producción***

Se identificó el número de plantas productivas, se seleccionó 50 plantas sistemáticamente, se contó el número de racimos cuajados sin tomar en cuenta el estado de desarrollo. Se toma en cuenta el número de racimos promedio por planta y se lo multiplica por el número de plantas. Y esto equivale a 6 meses de producción. El resultado de la proyección se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Núm. total plantas/ha} * \text{Prom de racimos/planta}$$

### **Muestreo y evaluación de racimo en campo**

Se realizó un muestreo siguiendo el protocolo de selección para lote experimental de 1,5 ha. Lo cual se trabajó con una precisión del 10% y confiabilidad del 95%. Por lo cual se seleccionó 16 racimos en punto óptimo de cosecha, entre las 22 y 23 semanas después de la antesis.

**Peso promedio fruta fresca (RFF):** De los 16 racimos seleccionados se calculó el promedio y se eligió el racimo con el peso más cercano a la media, se realizó 3 toma de datos respectivamente y se calculó peso mínimo, máximo, promedio y el coeficiente de variación.

**Estimación de punto óptimo de cosecha:** Se analizó la conformación, opacidad, cuarteamiento de los frutos por cada racimo evaluado y se los califico al estado fenológico que pertenecen.

- Estadio 805: Sin desprendimiento, cuarteamiento bajo.
- Estadio 806: Desprendimiento desde 10 frutos hasta el 25 % en su capa externa. Pueden presentar o no cuarteamiento.
- Estadios 807: Uno a cinco frutos desprendidos cuarteamiento alto.
- Estadio 809: > 15 frutos desprendidos, Cuarteamiento muy alto.

**Análisis de calidad de aplicación de ANA:** Se evaluó 16 racimos cualitativamente, en la cual por racimo se dividió en 8 partes, cuatro caras frontales y posteriores, se procedió a contar los frutos externos tanto normales como partenocárpicos maduros, verdes y podridos u abortados, después se procedió a calificar por cuarto en porcentaje y se procedió a calcular el promedio por racimo teniendo la calidad de conformación del racimo. Llenado de los racimos de acuerdo con el rango de formación de frutos normales y partenocárpicos de (Cenipalma).

- Clase I: Es un racimo que contienen un llenado igual o superior al 90 %, posee pocos frutos abortados.
- Clase II: Es aquel racimo que tienen un llenado entre el 70 y 90 %.
- Clase III: Es aquel racimo que tiene un llenado entre el 50 y 70 %.
- Clase IV: Es un racimo que tiene un llenado inferior al 50%.

#### ***Análisis de calidad de racimo.***

**Selección de racimo y recepción:** Se seleccionó el racimo con peso más cercano al promedio de la producción y que este en estado fenológico 807 siguiendo la clasificación BBCH de Cenipalma. Se procedió a trasladar desde la plantación al laboratorio y se procede a pesar el racimo fresco.

**Componentes del racimo, remoción de las raquillas:** Se removió las raquillas del pedúnculo del racimo, para permitir su homogenización y cuarteo. Luego se pesa el pedúnculo.

**Muestreo de raquillas:** Se tomó una muestra de 5kg de raquillas ya que el racimo supero el peso de 15 kg.

**Desfrutado:** Se removieron los frutos normales y partenocárpicos y solamente se dejan los abortados en las raquillas. Los frutos abortados se contaron y registraron para estimar el Fruit set. Se clasificaron los frutos de acuerdo con el tipo, normales y partenocárpicos, se cuentan, se pesan. Se calcula el peso promedio de los frutos, además se cuentan y se registra el número de raquillas.

**Muestreo de los frutos:** Se tomó la muestra de 400 - 500 g de frutos normales y se despulpan de manera manual hasta que la nuez quede completamente limpia. Las nueces limpias se pesan. La cantidad de mesocarpio se determina por diferencia con el peso del fruto.

Se homogeniza el mesocarpio de los frutos normales y partenocárpicos y para los dos casos se pesan 50 g respectivamente y se colocan en capsula de porcelana y se colocaron en la estufa por 24 horas a 60°C para después determinar extracción de aceite mediante Soxhlet.

**Muestreo de nueces:** Las nueces provenientes de la muestra de 400 - 500 g de frutos se colocaron en un recipiente de porcelana y se pusieron en la estufa por 12 horas a 105 °C. Se sacó la muestra de nueces sacan y se dejó reposar a temperatura ambiente. Se partieron y se retiró completamente la almendra del cuesco, se recolecto y se pesó. En los cálculos se debe tuvo en cuenta la pérdida de humedad del cuesco seco por efectos del secado de la nuez para poder determinar su peso y de esta manera calcular la proporción de cuesco y almendra en el fruto.

**Potencial de aceite y conformación de racimo del Híbrido O x G. (Fruit set)**

**AMS (fn)= Aceite en el mesocarpio de frutos normales %**

$$AMS(fn) = \frac{Msa(g) - [(Pmsna(g)) - (Ppc(g))]}{Msa(g)} \times 100$$

- Msa: Mesocarpio seco aceitoso
- Pmsna: Peso mesocarpio seco no aceitoso
- Ppc: Peso papel de celulosa

**AMF(fn) = Aceite en el mesocarpio fresco de frutos normales, %.**

$$AMF(fn) = AMS(fn) \times \frac{[(Pcmsa(g)) - (Pc(g))]}{Mfa(g)}$$

- AMS (fn): Aceite en el mesocarpio de frutos normales %
- Mfa: Mesocarpio fresco aceitoso
- Pcmsa: Peso cápsula + mesocarpio seco aceitoso, g
- Pc: Peso cápsula o molde de aluminio, g

**HM(fn) = Humedad en el mesocarpio de frutos normales, %.**

$$HM(fn) = \frac{Mfa(g) - [(Pcmsa(g)) - (Pc(g))]}{Mfa(g)} \times 100$$

- Mfa: Mesocarpio fresco aceitoso, g
- Pcmsa: Peso cápsula + mesocarpio seco aceitoso, g
- Pc: Peso cápsula o molde de aluminio, g

**MF = Mesocarpio a fruto, %.**

$$MF = x \frac{[(Pfn(g)) - (Pnf(g))]}{Pfn(g)} \times 100$$

- Pfn: Peso frutos normales, g

- Pnf: Peso nueces frescas, g

**FR(fn) = Fruto a racimo de frutos normales, %.**

$$FR(fn) = \frac{Pfn(g)}{Pmr} \times \frac{[(Pr(kg)) * 1000(g) - (Pp(g))]}{Pr(kg) \times 1000} \times 100$$

- Pr: Peso racimo(s), kg
- Pp: Peso pedúnculo(s), g
- Pfn: Peso frutos normales, g
- Pmr: Peso muestra de raquillas, g

**AMS(fp) = Aceite a mesocarpio seco frutos partenocárpicos, %.**

$$AMS(fp) = \frac{Msa(g) - [(Pmsna(g)) - (Ppc(g))]}{Msa(g)} \times 100$$

- Msa: Mesocarpio seco aceitoso
- Pmsna: Peso mesocarpio seco no aceitoso
- Ppc: Peso de papel de celulosa

**AMF(fp) = Aceite a mesocarpio fresco de frutos partenocárpicos, %.**

$$AMF(fp) = AMS(fp) \times \frac{[(Pcmsa(g)) - (Pc(g))]}{Mfa(g)} \times 100$$

- AMS (fp): Aceite en el mesocarpio de frutos normales %
- Mfa: Mesocarpio fresco aceitoso
- Pcmsa: Peso cápsula + mesocarpio seco aceitoso, g
- Pc: Peso cápsula o molde de aluminio, g

**HM (fp) = Humedad en el mesocarpio de frutos partenocárpicos, %**

$$HM(fn) = \frac{Mfa(g) - [(Pcmsa(g)) - (Pc(g))]}{Mfa(g)} \times 100$$

- Mfa: Mesocarpio fresco aceitoso, g
- Pcmsa: Peso cápsula + mesocarpio seco aceitoso, g
- Pc: Peso cápsula o molde de aluminio, g

**FR (fp) = Fruto a racimo de frutos partenocárpicos, %**

$$FR(fp) = \frac{Pfp(g)}{Pmr} \times \frac{[(Pr(kg)) - 1000(g) - (Pp(g))]}{Pr(kg) \times 1000} \times 100$$

- Pr: Peso racimo(s), kg
- Pp: Peso pedúnculo(s), g
- Pfp: Peso frutos partenocárpicos, g
- Pmr: Peso muestra de raquillas, g

**AR = Aceite a racimo, %.**

$$AR = AR(fn) + AR(fp) = \frac{FR(fn) + MF + AMF(fn)}{1000} + \frac{FR(fp) \times AMF(fp)}{100}$$

- AR (fn): Aceite a racimo de frutos normales
- AR (fp): Aceite a racimo de frutos partenocárpicos
- FR(fn) = Fruto a racimo de frutos normales, %.
- AMF(fn) = Aceite en el mesocarpio fresco de frutos normales, %.
- FR (fp) = Fruto a racimo de frutos partenocárpicos, %
- AMF(fp) = Aceite a mesocarpio fresco de frutos partenocárpicos, %.
- MF = Mesocarpio a fruto, %.

**FS, formación de frutos normales %**

$$FS = \frac{Nfn(g)}{Nfa(g) + Nfp(g) + Nfn(g)} X100$$

- Nfn: Numero de frutos normales
- Nfa: Numero de frutos abortados
- Nfp: Numero de frutos partenocárpicos

**FP, formación de frutos partenocárpicos %**

$$FP = \frac{Nfn(g)}{Nfa(g) + Nfp(g) + Nfn(g)} X100$$

- Nfn: Numero de frutos normales
- Nfa: Numero de frutos abortados
- Nfp: Numero de frutos partenocárpicos

**FA, frutos abortados %**

$$FS = \frac{Nfa(g)}{Nfa(g) + Nfp(g) + Nfn(g)} X100$$

- Nfn: Numero de frutos normales
- Nfa: Numero de frutos abortados
- Nfp: Numero de frutos partenocárpicos

**PMFN = Peso medio de los frutos normales, g**

$$PMFN = \frac{Pfn(g)}{Nfn(g)} X100$$

- Pfn: Peso de frutos normales
- Nfn: Numero de frutos normales

**PMFP = Peso medio de los frutos partenocárpicos, g.**

$$PMFN = \frac{Pfp(g)}{Nfp(g)} \times 100$$

- Pfp: Peso de frutos partenocárpicos
- Nfp: Numero de frutos partenocárpicos

**CF = Cuesco en fruto, %**

$$CF = \frac{Pcs(g) \times 1,16}{Pfnm} \times 100$$

- Pcs: Peso cuesco seco
- Pfnm: Peso de frutos normales muestra

**AF = Almendra en fruto, %**

$$AF = \frac{Pnf(g) - [(Pcs) \times (1,16)]}{Pfnm} \times 100$$

- Pnf: Peso nuez fresca
- Pcs: Peso cuesco seco
- Pfnm: Peso fruto normales muestra

**PMN = Peso medio de las nueces, g**

$$PMN = \frac{Pnf}{Nfnm} \times 100$$

- Pnf: Peso nuez fresca
- Nfnm: Numero de fruto normales muestra

**AcFN = Aceite en los frutos normales, %.**

$$AcFN = AMF(fn) \times MF$$

- AMF(fn) = Aceite en el mesocarpio fresco de frutos normales, %.
- MF = Mesocarpio a fruto, %.

**AlmR = Almendra a racimo, %**

$$AlmR = \frac{FR(fn) \times AF}{100}$$

- FR (fn) = Fruto a racimo de frutos normales, %.
- AF = Almendra en fruto, %

**CR = Cuesco a racimo, %**

$$CR = \frac{FR(fn) \times CF}{100}$$

- FR (fn) = Fruto a racimo de frutos normales, %.
- CF = Cuesco en fruto, %

### **Variables evaluadas en fase de laboratorio**

#### ***Selección del racimo para análisis de calidad de aceite***

Se seleccionó el racimo con peso más cercano al promedio de la producción y que este en estado fenológico 807 siguiendo la clasificación BBCH de Cenipalma. Se pesó el racimo y se procedió a retirar las raquillas se tomó en cuenta 3 kg de muestra, después se procedió a remover frutos internos y externos, después se procedió a triturar y a secar el mesocarpio por 24 horas a 60°C y se realizó la extracción de aceite por Soxhlet. Esta metodología se realizó con fines comparativos para parámetros de calidad de aceite con estudios anteriores.

#### ***Extracción de aceite por método de Soxhlet***

Para la extracción por método de Soxhlet se utilizó mesocarpio del fruto de palma pre-secado, donde se colocó mesocarpio fresco del fruto de palma en la estufa a

60°C por 24 horas y luego se trituró la muestra. La extracción se realizó mediante un extractor de grasa por método de Soxhlet con seis sitios, cada una de ellos con papel filtro que contenía 15 g de muestra, adicional se utilizó 50 ml de éter de petróleo para cada sitio.

### ***Porcentaje de extracción de grasa.***

Se evaluó el porcentaje de extracción de grasa por diferencia de pesos, mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$G = \frac{W2 - W1}{W0} \times 100$$

Donde:

- W0: Peso de la muestra
- W1: Peso del vaso beaker vacío
- W2: Peso del vaso más la grasa

### ***Pruebas físico-químicas para evaluar la calidad del aceite del fruto de palma de aceite***

#### ***Índice de acidez***

Respecto a la norma técnica INEN 38: 1973-08, se utilizó la siguiente metodología:

En un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se colocó 50 gramos de la muestra de aceite, seguido se añadió 100 ml de alcohol neutro y tres gotas de fenolftaleína, por último, se tituló con una solución de Hidróxido de sodio al 0.1 N, hasta que se presentó el indicador final (coloración rosado claro durante aproximadamente 30 segundos). El índice de acidez fue expresado mediante la siguiente ecuación:

$$IA = \frac{56,1 V \times N}{m}$$

Donde:

- IA: índice de acidez de la muestra
- V: volumen de la solución NaOH 0.1 N, usado en valoración
- N: normalidad de la solución NaOH 0,1 N
- m: masa de la muestra analizada

### ***Valoración de pH***

Según la norma INEN 389, se realizó el siguiente procedimiento para su análisis.

Para realizar la valoración de pH de la muestra de aceite, se realizó la calibración del potenciómetro usando una solución buffer de pH 4 a 30°C, luego se colocó 10 ml de la muestra de aceite en un vaso de precipitados, finalmente se introdujo el electrodo del potenciómetro hasta obtener una lectura final constante para cada muestra.

### ***Determinación de solubilidad.***

Para esta prueba se consideró la guía de laboratorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-SD, código de documento DCVI-GUI\_VI-2020\_010, para determinar la solubilidad de lípidos que se detalla a continuación:

En una gradilla se colocó cuatro tubos de ensayo, se agregó 0,5 ml de la muestra de aceite en cada uno, por consiguiente, se añadió 1ml de los diferentes solventes orgánicos: Alcohol etílico, cloroformo y éter etílico, respectivamente en cada tubo, además se agregó uno con agua destilada. Finalmente se dejó reposar por un periodo de 5 minutos y se observó el comportamiento del aceite sometidos a diferentes solventes orgánicos y agua.

***Determinación de coloración.***

Se consideró la guía de laboratorio de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE-SD, código de documento DCVI-GUI\_VI-2020\_010, para determinar la coloración de lípidos que se detalla a continuación:

Se colocó en una gradilla 2 tubos de ensayo, a cada uno se agregó 2 ml de la muestra de aceite de frutos internos y externos, respectivamente, se añadió de 4-5 gotas de solución alcohólica de Sudán III, se agitó de forma constante por 30 segundos y se dejó reposar para observar los resultados.

***Índice de Saponificación.***

Para esta prueba se utilizó la norma INEN 40, que se detalla a continuación:

Se agregó en un matraz con tapón esmerilado 2 gramos de la muestra de aceite de los frutos externos e internos, luego se agregó 25 ml de solución alcohólica de hidróxido de potasio 0.5 N, se colocó el matraz a baño maría durante 30 minutos con una agitación constante, luego se dejó enfriar a temperatura ambiente. Luego se agregó dos gotas de fenolftaleína y se procedió a titular con una solución de ácido clorhídrico 0,5 N hasta llegar al indicar correspondiente, adicional a ello se realizó un blanco sin el uso de la muestra de aceite.

El índice de saponificación fue determinado mediante la ecuación siguiente:

$$I.S = \frac{(C1 - C2) \times 28,05}{P}$$

Donde:

- I.S: índice de saponificación del producto en mg/g
- C1: gasto del blanco de valoración

- C2: gasto en la valoración con la muestra
- P: gramos de muestra

### ***Índice de peróxido***

Para el desarrollo de esta variable se empleó la metodología que dicta la norma NTE INEN 277, 1978, la cual se detalla a continuación:

En un matraz Erlenmeyer con tapa esmerilada de 250 ml, se colocó una muestra de 5 ml de aceite de frutos externos e internos, luego se agregó 30 ml de la solución de ácido acético y cloroformo, realizando una agitación constante, se añadió 0,5 ml de la solución saturada de yoduro de potasio nuevamente agitando el contenido por un minuto, posteriormente se agregó 30 ml de agua destilada, luego empleando una solución de tiosulfato de sodio 0.1 N se tituló gradualmente, agitándose de forma constante hasta que la coloración amarilla reduzca su intensidad y casi desaparezca, luego de ello se agregó 0,5 ml de solución indicadora de almidón y se procedió nuevamente a realizar la titulación con la solución de tiosulfato de sodio 0.1 N, hasta que la coloración azul que se tornó hasta desaparecido de manera permanente. Posteriormente se realizó un blanco donde se desarrolló el mismo procedimiento descrito anteriormente con la diferencia que no se agregó los 5 ml de la muestra de aceite de los frutos, para finalmente obtener el índice de peróxido expresado al resolver la ecuación siguiente:

$$I = \frac{vN}{m} \times 1000$$

Donde:

- I: índice de peróxido en meq. de O<sub>2</sub> por kilogramo del producto
- v: volumen de la solución de tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la muestra (cm<sup>3</sup>). Corregido del blanco
- N: normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

- m: masa de la muestra analizada en gramos

### ***Determinación de cenizas***

Para el desarrollo de esta variable se implementó la metodología dictada por la norma técnica NTE INEN 348,1978, la cual se detalla a continuación:

En primera instancia se tomó el peso de los crisoles, luego se agregó 3 gramos de la muestra de aceite en cada uno de ellos, luego se los colocó en la cámara de flujo laminar, luego de los llevo al mechero de alcohol y se incineró la muestra que contenía cada uno de los crisoles, luego de haber culminado este proceso se puso los crisoles en la mufla a una temperatura de 600°C por un lapso de tiempo de cuatro horas, posteriormente las muestras fueron llevadas al desecador por 45 minutos, finalmente se procedió a tomar datos del peso para el desarrollo de la ecuación siguiente para determinar el porcentaje de cenizas de las muestras de aceite:

$$\%C = \frac{m3 - m1}{m2 - m1} \times 100$$

Donde:

- %C: porcentaje de cenizas
- m1: masa de la cápsula vacía en gramos
- m2: masa de la cápsula con la muestra en gramos
- m3: masa de la cápsula con las cenizas en gramos

### ***Determinación de densidad***

Se empleó la metodología establecida por la norma NTE INEN 35: 2012, la cual se detalla a continuación:

Se procedió a pesar los picnómetros de 10 ml vacíos, luego se añadió agua destilada hervida y enfriada a 20°C, se los sumergió a baño maría a 25°C por un periodo de tiempo de 30 minutos, finalmente se pesaron nuevamente los picnómetros; para

determinar la densidad de la muestra de fruto externos e internos, se utilizó el mismo procedimiento anterior, finalmente para determinar la densidad de la muestra se desarrolló la siguiente ecuación:

$$d_{25} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m}$$

Donde:

- $d_{25}$ : densidad relativa a 25/25 °C
- $m$ : masa del picnómetro vacío en gramos
- $m_1$ : masa del picnómetro con agua destilada en gramos
- $m_2$ : masa del picnómetro con la muestra en gramos

#### ***Determinación de absorbancia.***

Para la determinación de esta variable se utilizó un espectrofotómetro o termospectronic genesys 10 Uv/vis, en primera instancia se colocó 1 ml de la muestra de aceite de frutos externos e internos en el cuarzo y se introdujo al equipo con 550.0 nm por 20 segundos y finalmente se observó la lectura que marcó el equipo.

#### ***Determinación de impurezas por el método de centrifugación.***

Se agregó 5 ml de la muestra de aceite de frutos externos e internos en el tubo respectivamente, se procedió a colocar a centrifugar a 3 000 rpm por un periodo de tiempo de 5 minutos, además, se colocó un blanco con la misma cantidad de la muestra para equilibrar el uso del equipo, finalmente se observó la parte inferior del tubo que contenía la muestra para medir la cantidad de material que estaba en la base.

### **Porcentaje de humedad.**

Se consideró la guía de laboratorio de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE-SD, código de documento DCVI-GUI\_VI-2020\_010, para determinar la coloración de lípidos que se detalla a continuación:

Primeramente se tomó el peso de las cajas Petri, luego se agregó 5 gramos de la muestra de aceite de los frutos internos y externos respectivamente, una vez rotuladas, se colocaron en la estufa a una temperatura de 130°C durante un periodo de 3 horas, posteriormente las muestras fueron llevadas al desecador por 45 minutos, finalmente se procedió a tomar el peso para el desarrollo de la ecuación siguiente para determinar el porcentaje de humedad de las muestras de aceite:

$$H = (m_0 - m_s) \times \frac{100}{m_0}$$

Donde:

- H: humedad en porcentaje de la masa
- m<sub>0</sub>: masa de la muestra inicial en gramos
- m<sub>s</sub>: masa de la muestra seca en gramos

### **Análisis de costo – beneficio**

Para elaborar el análisis, se realizó una estimación de los costos de producción y de los ingresos estimados generados en una proyección potencial de producción, dando un resultado tentativo de la posible producción de fruta y los ingresos generados por la venta de ella. Para este análisis se usó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{beneficio}} = \frac{\text{ingreso total estimado}}{\text{costo total}}$$

## Capítulo IV:

### Resultados y Discusión

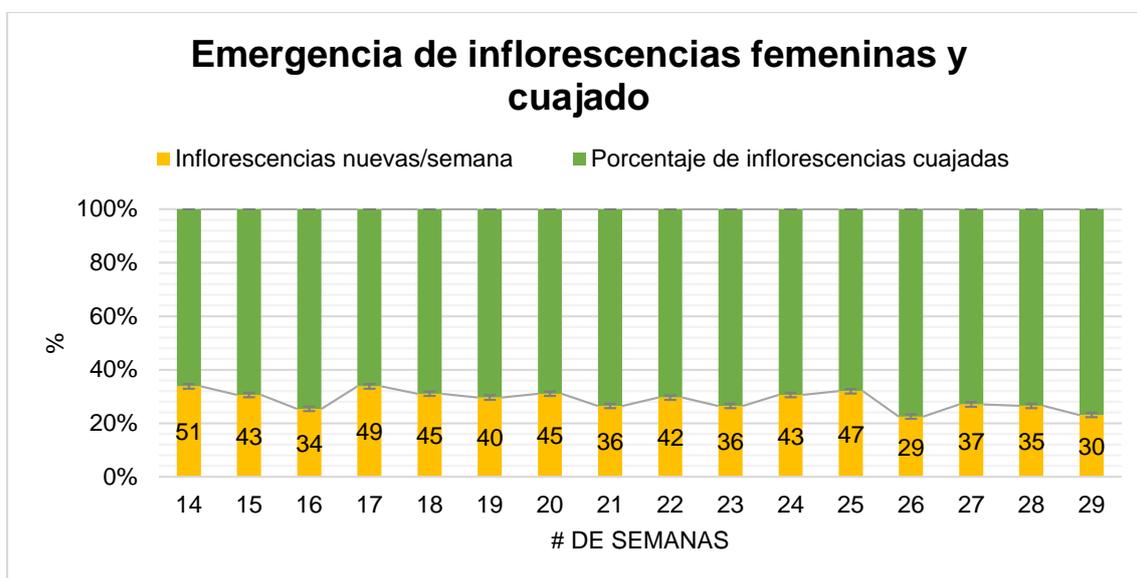
#### **Análisis de calidad de la polinización y conformación de racimo en palma aceitera O x G en campo**

##### ***Polinización***

El periodo de evaluación se llevó a cabo entre los meses de abril y julio del 2023, para esta actividad se utilizó el equipo de polinizar, que tiene como objetivo la apertura de las brácteas pedunculares de las inflorescencias y la cobertura de la mezcla de ANA más talco neutro sobre las inflorescencias. Durante este periodo fueron tratadas 642 inflorescencias, con tres aplicaciones asistidas sobre la misma inflorescencia de la mezcla en intervalo de 7 días, dando un total de 1.926 aplicaciones. En la cual se utilizó un total de 45 gramos de mezcla por inflorescencia dando un total de 28,89 Kg, ocupando 27,73 kg de talco y 1,11 kg de la Hormona ANA en los 4 meses del ensayo. En la figura 1 se observa la emergencia de inflorescencias por semana, teniendo un promedio de 40 inflorescencias por semana en época lluviosa, con una emergencia por planta aproximada de 21 días, que se puede extender hasta los 28 días dependiendo de las condiciones de la planta y clima. Antes de la aplicación de ANA en las inflorescencias de la palma, se tenía un promedio de 25 inflorescencias por semana, investigaciones realizadas por (Romero H. &, 2021) mencionan que al utilizar análogos de auxina, especialmente ANA, puede aumentar el número de racimos por hectárea y obtener frutos de mayor tamaño.

**Figura 1**

*Emergencia de flores femeninas y porcentaje de cuajado bajo polinización asistida con aplicación de ANA.*

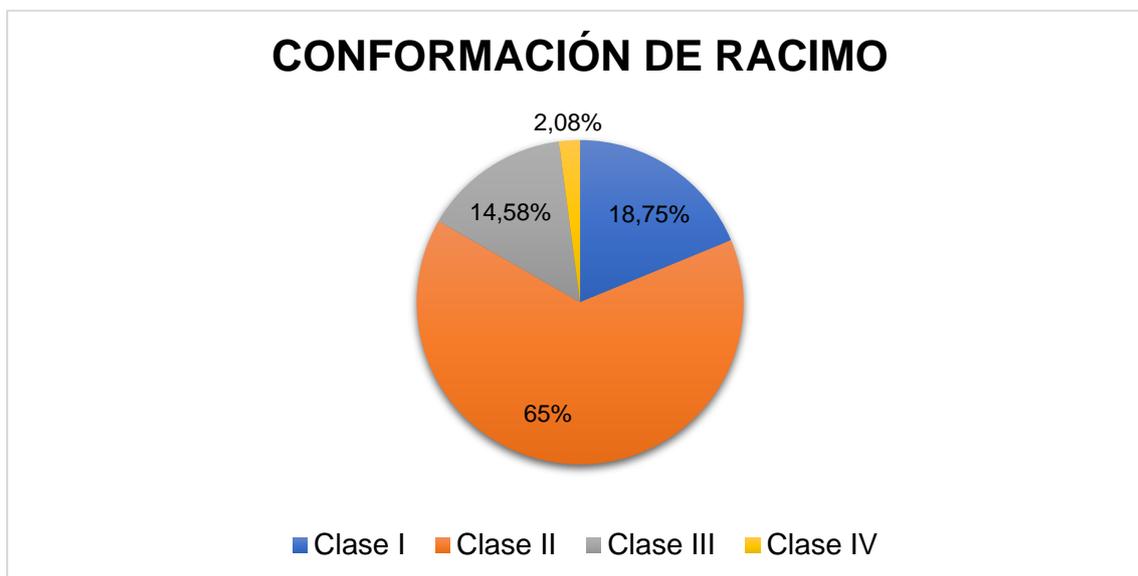
**Porcentaje de inflorescencias cuajadas**

En la figura 1 se observa el porcentaje de inflorescencia cuajada, de las 642 inflorescencias polinizadas con la mezcla, se obtuvieron 635 inflorescencias cuajadas dando un promedio de 98,96 %. Existen factores que pueden influir en el cuajado de las inflorescencias, entre ellos los climáticos, nutricionales, calidad del ANA, calidad y cantidad de aplicación de la mezcla. La aplicación de ANA favorece la recuperación de aquellas inflorescencias que no fueron polinizadas y que se han perdido por alguna eventualidad que encuentran en estado fisiológico post antesis; (Linares-Leguizamón, 2020) reporta que existe una formación de frutos hasta en un 77 % cuando se aplica ANA en las inflorescencias en post antesis. Otros trabajos de investigación realizados por (Romero H. , 2018) se determinó que la aplicación de ANA puede estimular la lipogénesis en inflorescencias hasta 20 días post antesis, teniendo como resultados altos porcentajes de cuajado de inflorescencias.

### Conformación de racimo

**Figura 2**

Conformación del racimo en base a su estado de madurez y llenado.

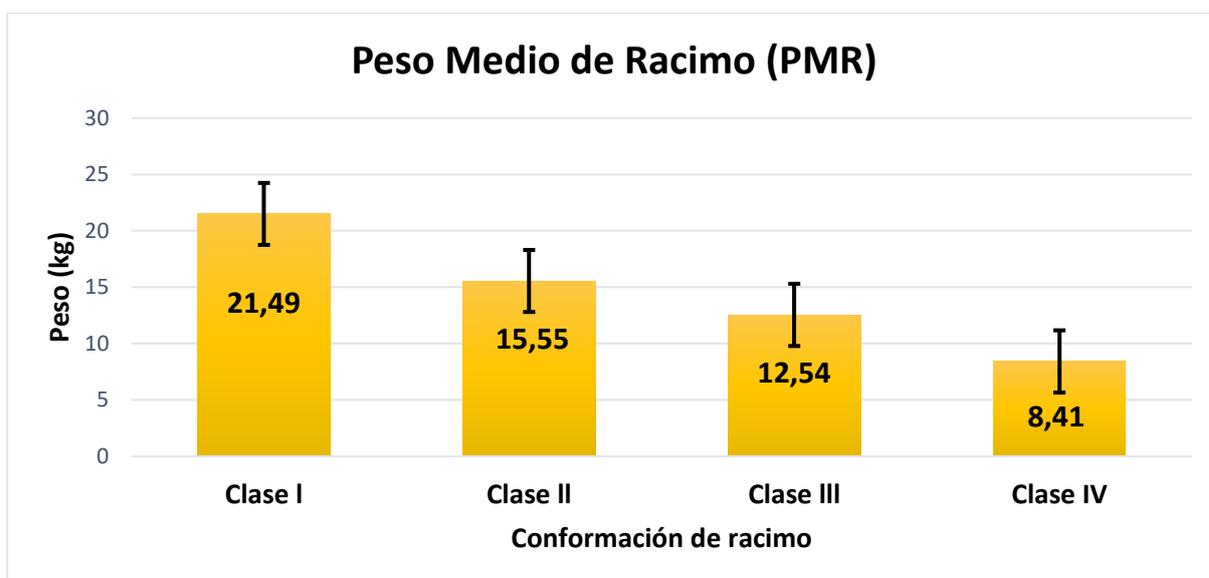


La conformación de racimo determina su calidad, con la escala de Cenipalma que indica el llenado de los racimos, en la cual se determinó que el 65% de los racimos se encuentran en la clase II y el 18,47% en clase I, dando como resultado un llenado de frutos superior al 70 % (Figura 2). Una fertilización eficiente asociada a una correcta identificación floral (antes, post antes) y una buena cobertura de la mezcla, determinan buenos resultados en la conformación del racimo, promoviendo obtener racimo de clase I. En la investigación de (Ochoa 2020) indica que la conformación con polen que presentó un 76,9% de racimos clase 1, para todas las dosis de ANA aplicadas a inflorescencia en postantesis solo fue del 52,2%. Una baja concentración de ANA tiene como resultado racimos con clases 3 y 4, por esta razón se necesita aumentar la dosis de la mezcla en las inflorescencias que se encuentran en postantesis.

## **Peso de fruta fresca**

**Figura 3**

*Peso medio de racimo de fruta fresca en sus distintas clases de conformación del racimo.*



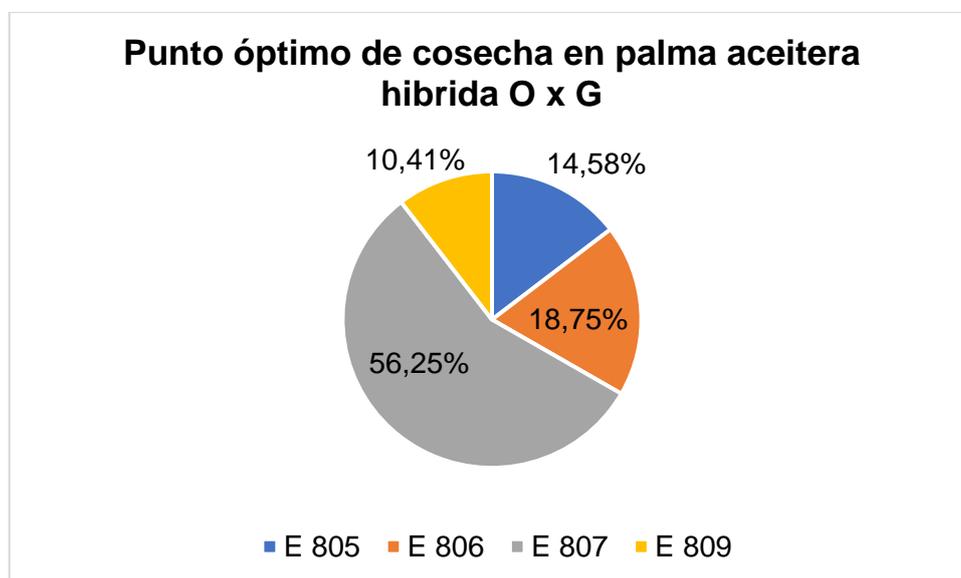
La conformación del racimo influyó en el peso de racimos (PMR), los racimos que pertenecieron a la clase I tuvieron el PMR más alto, con un valor igual a 21,49 kg. Los racimos de clase II tuvieron un peso igual a 15,55 kg, el PMR más bajo fue de 8,41 kg conformado por los racimos pertenecientes a la clase IV (Figura 3). El PMR es directamente proporcional a la clase del racimo, a medida que disminuye la clase del racimo, disminuye su peso. Cabe recalcar que se puede obtener racimos de clase I con menor peso, dependerá de la edad de la plantación y del tamaño del racimo (Romero H. &, 2021) mencionan que las aplicaciones de ANA mejoran la conformación y cuajado de los frutos. Una investigación realizada por (Méndez D. A., 2023) obtuvieron que el número de racimos por ha era mayor en plantaciones sometidas a la aplicación de ANA en comparación con la aplicación de polen; los racimos provenientes de la polinización con polen tuvieron mayor peso en comparación con ANA, la aplicación de esta fitohormona induce a la formación de frutos partenocárpicos que tiene la característica

de no presentar semilla, en consecuencia no presenta cuesco que es la parte sólida y más pesada del fruto. Esta característica ocasiona que los racimos sometidos a la aplicación de ANA sean menos pesados que los racimos polinizados con polen.

### ***Punto óptimo de cosecha***

#### ***Figura 4***

*Determinación del punto óptimo de cosecha de acuerdo al estado de madurez y al cuarteamiento de los frutos externos.*



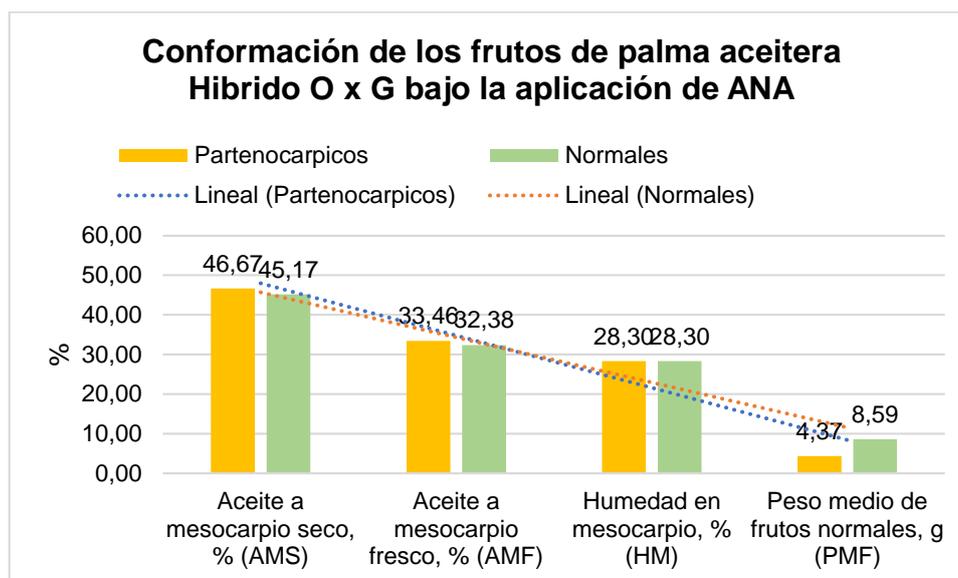
Al caracterizar los racimos de fruta según los estados fenológicos del patrón de cosecha de la plantación de la hacienda Zoila Luz, se encontró que el 56,25% racimos cosechados se encontraban en E 807 y el 18,75% se encontraban en E 806. En estos estados fenológicos de cosecha, los racimos presentan las características de tener entre 150 a 160 días después de antesis y de 0 a 5 frutos desprendidos, alcanzado su máximo rendimiento en peso y contenido potencial de aceite.

## Análisis de calidad de racimo (fruit set)

### Conformación de los frutos de palma aceitera

Figura 5

Conformación de los frutos de palma aceitera en híbrido O x G bajo efecto de ANA



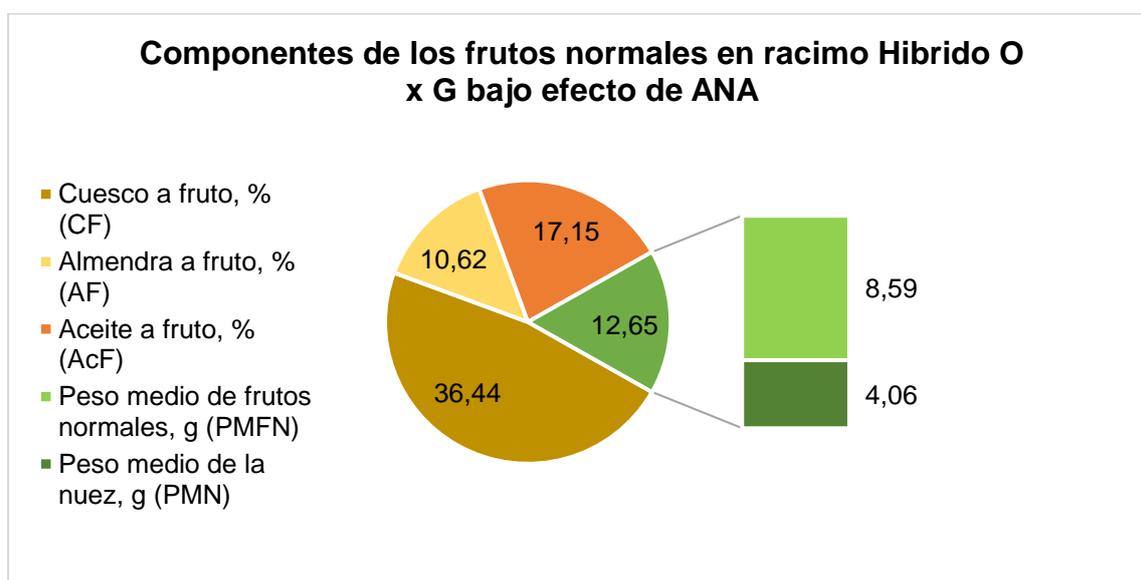
En frutos normales se obtuvo en aceite a mesocarpio seco y fresco valores de 45,17 % y 32,38 % respectivamente, la humedad del mesocarpio fue de 28,30 % y el peso medio del fruto normal fue de 8,59 g comparando estos valores con lo mencionado por (Chaparro & Romero, 2012) que utilizaron polinización asistida se obtuvo 61,2 % de aceite a mesocarpio y el 37,4 % de aceite a fruto fresco con una humedad de 38,9 % y un peso de fruto del 11,7 g. Sin embargo para frutos partenocárpicos se obtuvo 46,67 % de aceite seco a mesocarpio y 33,46% de aceite fresco a mesocarpio y una humedad de 28,30 % y un peso promedio de fruto de 4,37 g comparando con (Chaparro & Romero, 2012) que obtuvieron 58, 2 y 24,9 % de aceite a mesocarpio seco y fresco respectivamente y una humedad de 57,2 % y un peso promedio de fruto de 2,9 g. Esto nos indica que al utilizar ANA mejora la calidad de conformación y cantidad de frutos partenocárpicos, lo cual se evidencia obteniendo una relación de aceite a mesocarpio fresco y seco similar entre los frutos normales y partenocárpicos, y una humedad más

baja lo cual es proporcional a un mayor rendimiento. A pesar de ello, al emplear ANA, se observa una tendencia a reducir el peso de los frutos normales. No obstante, se observa un aumento tanto en el número como en el peso de los frutos partenocárpicos.

### **Composición de los frutos normales en palma aceitera O x G**

**Figura 6**

*Componentes de los frutos normales en racimo Híbrido O x G bajo efecto de ANA.*

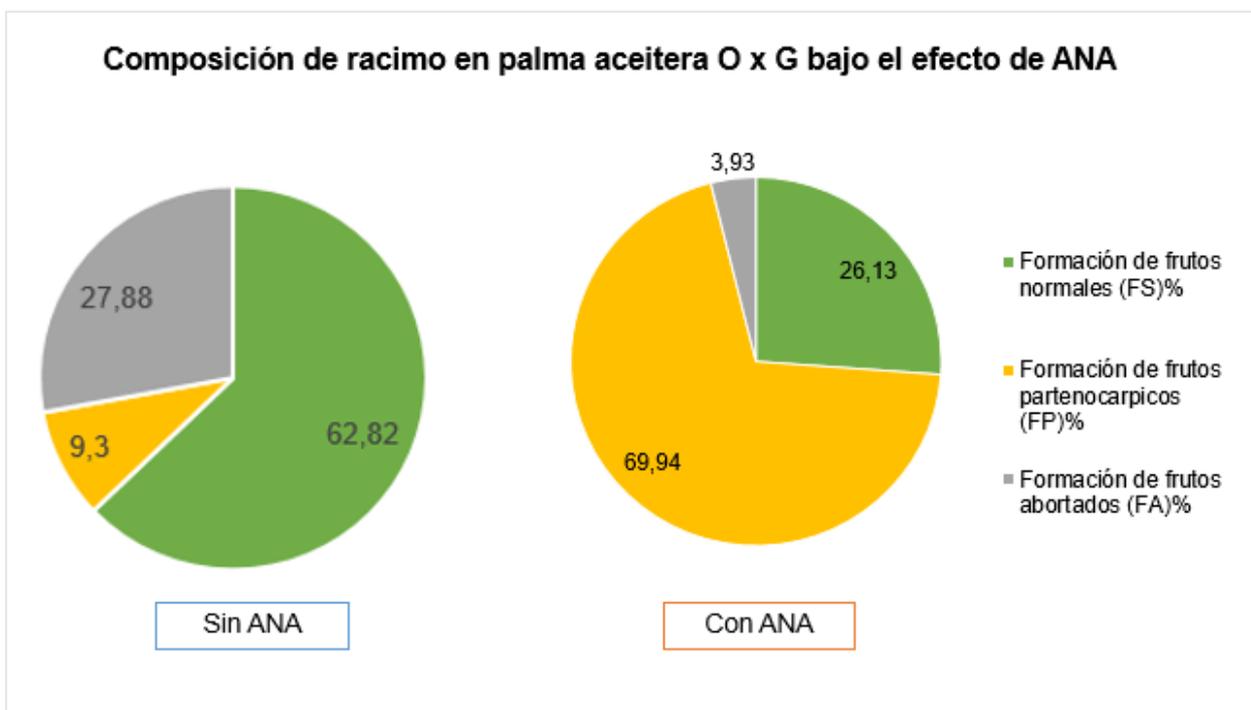


En la figura 6 se observa que el peso medio de los frutos normales es de 8,59 g, el peso promedio de la nuez es de 4,06 g es decir el 47,26% del fruto, la cual está constituido por 36,44% de cuesco y 10,62% de almendra, este fruto tiene una relación de 17,15% de aceite por fruto. Comparando con (Chaparro & Romero, 2012) con trabajos de polinización asistida, el peso promedio del fruto fue 11,7 g el peso de la nuez de 4,5 g es decir 38,46% del fruto, la cual está constituido por 25,9 % y 6,9 % de cuesco y almendra respectivamente, con un potencial de 25,1 % de aceite a fruto. Se observa que la dinámica disminuye en relación a un fruto con polinización asistida, lo cual reduce el peso de racimo, la extracción de aceite en frutos normales debido al número de frutos y al tamaño reducido del mesocarpio.

### Composición de frutos a racimo en Híbrido O x G

**Figura 7**

Composición de Racimo en palma aceitera Híbrido O x G



En el gráfico 7 se refleja que al aplicar ANA el incremento de frutos partenocárpicos fue 69,94 %, ante la formación de frutos normales que es del 26,13 % y formación de frutos abortados 3,93 %, obteniendo una conformación de 96,07 % lo cual comparando con la investigación de (Zambrano & Rivera, 2023) obtuvieron el 62,82 % de frutos normales, el 27,88 % de frutos abortados y 9,3 % de frutos partenocárpicos en palma aceitera híbrida O x G sin realizar polinización. En efecto, se observó un incremento del 53.52% en la cantidad de frutos partenocárpicos, mientras que disminuyó un 36.82% el número de frutos normales y un 23.95% la cantidad de frutos abortados. Estos resultados concuerdan con los resultados de (Bravo, 2022), cuya investigación también reportó una disminución del 61.7% en la cantidad de frutos normales, una

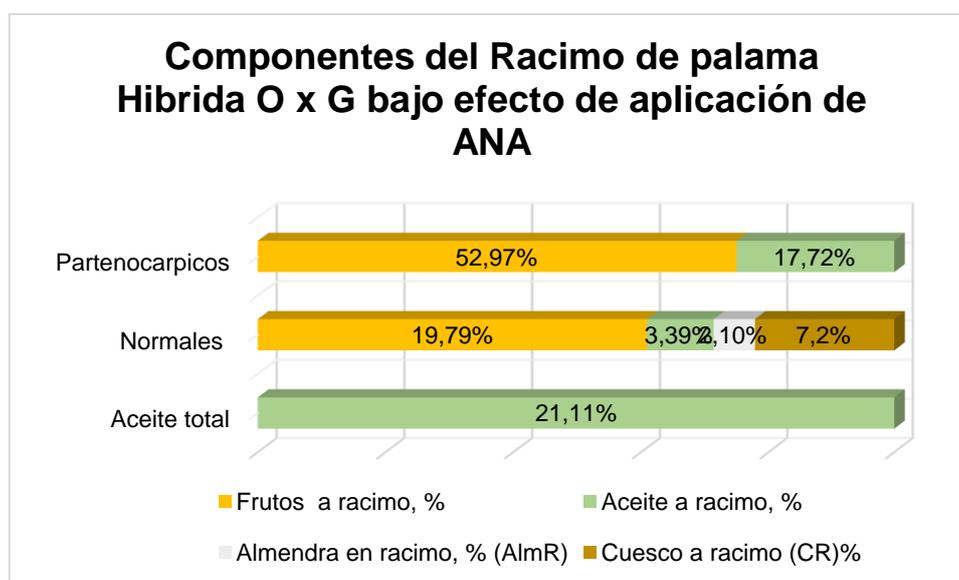
reducción del 69.9% en los frutos abortados y un aumento del 37.7% en los frutos partenocárpicos en comparación con los testigos.

Los resultados concuerdan con lo observado por (Ochoa, 2021) Al aplicar ANA el aporte de frutos partenocárpicos va desde un rango de 61,6 a 80,5 %, comparado a una polinización asistida con polen que llega hasta un 54 %, sin embargo, a la conformación del racimo con ANA los rangos óptimos están entre el 83 a 91,2% en comparación que con polen se llega al 72 %. Al comparar con la investigación realizada por (Bravo, 2022), en la cual se mezcló polen y ANA con frecuencias de 2 y 7 días, se obtuvieron porcentajes de frutos partenocárpicos que oscilaron entre el 65.4% y el 72%. En cuanto a los frutos normales, se encontró un rango de 22% a 27.5%. Además, el rango de frutos abortados fue de 4.9% a 7%. Estos resultados demuestran cierta variabilidad en la formación de los distintos tipos de frutos al combinar polen y ANA en diferentes intervalos de tiempo.

### **Componentes del racimo de palma híbrida O x G**

#### **Figura 8**

*Componentes del Racimo de palma Híbrida O x G bajo efecto de aplicación de ANA*



En la figura 8 se obtuvieron valores de composición de frutos a racimo del 52,97 % y una relación de aceite a racimo de 17,72 %, sin embargo, en frutos normales la dinámica fue adversa componiéndose por un 19,79 % a racimo, en relación de aceite aporta con un 3,39 % dando un total de potencial de aceite del 21,11 %. Concediendo por lo mencionado por (Ochoa, I. & Palacio, N., 2019) en relación a la proporción de aceite en los racimos de frutos normales, se encontró una reducción significativa del 53.3%, debido a la menor cantidad de frutos normales en el racimo. No obstante, en cuanto a la relación de frutos partenocárpicos en el racimo, se evidenció un incremento notable de 10.4 puntos en promedio (equivalente al 115.6%) en comparación con el grupo de control que solo recibió polen. En términos de la proporción total de aceite en los racimos, considerando tanto los frutos normales como los partenocárpicos, se observó que para la dosis alta (25.7%), hubo una leve tendencia al aumento del rendimiento total de aceite. Este hallazgo sugiere que a medida que se incrementa la concentración de la hormona, podría haber un aumento en el rendimiento total de aceite en los racimos.

(Bravo, 2022) destaca que el efecto del ANA sobre el contenido de aceite es directamente proporcional, lo que significa que a mayor presencia de frutos partenocárpicos (FP) debido al uso de ANA, se observa un incremento en el contenido de aceite. Los resultados mostraron que el contenido de aceite puede variar en un rango de 133.4% a 138% en diferentes frecuencias de aplicación de ANA (cada 2 y 7 días). Esto se traduce en un potencial de aceite en los racimos que va desde un 35% hasta un 37% de aceite por racimo, respectivamente. Además, se resalta que el estímulo temprano generado por el ANA en las flores tiene un impacto significativo en el potencial de aceite. Al estimular las flores más cerca del período de antesis (momento de apertura de la flor), se logra obtener un mayor potencial de contenido de aceite en los racimos.

En la relación almendra a racimo se obtuvo el 2,10 % y el 7,2 % en cuesco a racimo, por lo cual a altas dosis de ANA según (Ochoa, I. & Palacio, N., 2019) se observó

que el uso de ANA tiene un impacto en la viabilidad y germinabilidad del polen, lo que a su vez afecta la formación y desarrollo de la almendra y el cuesco en los frutos. En términos porcentuales, se registró una reducción del 69.2% en la almendra y del 65.4% en el cuesco debido a la pérdida de viabilidad del polen.

El mismo estudio indica que a dosis bajas de ANA (4mg) no se observó un efecto inhibitorio en la viabilidad del polen. También se menciona el trabajo de (Ruiz, 2020), donde se encontró que a dosis bajas de 4mg de ANA, la reducción en la viabilidad del polen fue del 1.6%, lo que sugiere que en estas dosis bajas no hay un efecto negativo en la germinabilidad del polen.

En cuanto al peso de la almendra, los tratamientos con aplicación de ANA mostraron reducciones en el rango del 49.8% al 52.3%. Además, el uso de ANA también influyó en el desarrollo de la almendra, con reducciones en el peso que oscilaron entre el 14.1% y el 33.4% en mezcla con polen. En relación a la relación entre el peso de la almendra y el peso total del fruto, se observó que esta proporción varió desde un 1.8% hasta un 1.9%. Sin embargo, cuando se utilizó ANA junto con polen, esta relación aumentó a valores entre el 2.5% y el 3.2%, mientras que solo con polen fue del 3.8%. Esto indica que las frecuencias de aplicación de ANA más cercanas al estadio fenológico 607 pueden afectar el peso de la almendra, posiblemente debido a la influencia de las auxinas en la regulación del crecimiento del ovario después de la fertilización (Pandolfini, 2009).

Con los resultados obtenidos de 9,30 % de nuez a racimo se atribuye al material genético de la plantación que es caracterizada por tener un cuesco representativo comparadas con otros materiales sin embargo se asemeja al valor de *Elaeis guineensis* que es un 10 % de nuez a racimo para el adecuado prensado en condiciones de planta de beneficio.

## Calidad de aceite bajo el efecto de la hormona ANA en palma aceitera híbrida O x G

### *Características físico químicas del racimo de palma de aceite O x G*

**Tabla 23**

Parámetros determinantes de la calidad de aceite extraído de frutos de palma aceite O x G

Parámetros	Racimos con aplicación de ANA	Racimos sin aplicación de ANA	Valores Óptimos para Híbrido O x G
Porcentaje de extracción de grasa %	54,68	44,80	50 – 60
Porcentaje de Pulpa %	77,79	63,02	80 – 95
Índice de Acidez %	3,29	2,82	0,30
Valoración de pH	5,83	5,39	4,5 – 5,1
Porcentaje de Impurezas %	0	0	0,05
Porcentaje de humedad %	0,49	0,54	0,5

*Nota:* Resultados generales sobre los principales indicadores de calidad de aceite entre racimos con aplicación de ANA, polinización natural en Híbrido O x G y polinización asistida.

En tabla 23 podemos observar que al utilizar ANA mejora la calidad del aceite obteniendo un mayor porcentaje de pulpa y una mayor extracción de grasa, se pudo determinar que mientras la humedad es baja el porcentaje de extracción de aceite aumenta, por lo cual aumenta la calidad del aceite y características físico químicas se acercan a los rangos óptimos para el aceite de palma híbrida O x G según las Normas INEN, los resultados obtenidos en el estudio de (Romero H. M., 2018) muestran similitudes con los resultados anteriores. La aplicación de ANA para inducir la formación

de frutos partenocárpicos resultó en una tasa de extracción estimada de aceite (TEA) que variaba entre el 47% y el 58% en pulpa fresca. Esto resalta la contribución de los frutos partenocárpicos en la producción total de aceite.

Por otro lado, en la investigación de (Cala, 2011) se encontró una tasa de extracción del 48.30% en promedio para los frutos de híbridos Coarí x La Mé. La diferencia en los resultados puede explicarse por varios factores, como la cantidad de frutos en el racimo, el peso promedio de los frutos, el contenido de pulpa en los frutos y el contenido de aceite en la pulpa. Estos factores influyen en el potencial de extracción de aceite en el racimo. Además, la presencia de racimos improductivos debido a malformaciones en los frutos o frutos con un gran tamaño de nuez también puede afectar la tasa de extracción de aceite.

En resumen, diferentes factores relacionados con la composición y calidad de los frutos, así como las condiciones específicas de cada estudio, pueden influir en los resultados de la tasa de extracción de aceite obtenidos en investigaciones diferentes

### ***Características fisicoquímicas de los frutos internos y externos de racimo de palma aceitera O x G***

#### **Tabla 24**

*Pruebas Fisicoquímicas de frutos de palma aceitera Híbrido O x G (Taisha x Avros).*

<b>Pruebas fisicoquímicas</b>	<b>Frutos Internos</b>	<b>Frutos externos</b>
<b>Porcentaje de extracción de grasa</b>	46,7	62,66
<b>Índice de acidez (%)</b>	3,29	3,29
<b>Valoración pH</b>	5,98	5,69
<b>Determinación de coloración</b>	Teñido	Teñido
<b>Índice de saponificación</b>	1,68	1,72

<b>Índice de peróxido</b>	1,67	1,95
<b>Porcentaje de cenizas</b>	1,33	1,66
<b>Determinación de densidad</b>	0,82	0,81
<b>Determinación de absorbancia</b>	2,18	3,15
<b>Determinación de impurezas</b>	0	0
<b>Porcentaje de humedad</b>	0,66	0,33

---

*Nota:* Resultados de las pruebas físicas químicas realizados en frutos externos ubicados en la zona apical de la espiguilla y frutos internos desde la base hasta un 50% de las raquillas

Los resultados de las pruebas fisicoquímicas de calidad del aceite de palma provenientes de racimos sometidos a la aplicación de ANA indicados en la tabla 24 demuestran un porcentaje de extracción de grasa en frutos internos de 46,7 % y externos de 62,66 %. En la investigación realizada por (Zambrano & Rivera, 2023) obtuvieron un porcentaje de frutos internos de 44,71 % y en frutos externos de 44,90 %, cabe recalcar que los racimos que evaluaron eran provenientes de una polinización natural. Al comparar el porcentaje de extracción de grasa, se observó un incremento en el porcentaje de extracción en los frutos externos de 17,76 %; mientras que en frutos internos el 1,99 %, como resultado de que los frutos internos no han alcanzado una etapa de madurez final, por ende, no han alcanzado una lipogénesis total. Una investigación realizada por (Cala, 2011) se determinó que el porcentaje de extracción de aceite en palma híbrida Deli x Ghana de tres variedades distintas, obtuvieron valores de 47,90 % y 50,90 % en frutos internos y externos, respectivamente. Como resultado se tiene que la aplicación de ANA en las inflorescencias, incrementa el porcentaje de extracción de aceites, especialmente en frutos externos. El índice de acidez es una medida que indica la cantidad de ácidos libres presentes en un aceite, y puede ser utilizado como indicador de la calidad del aceite (Chaves, Ortiz, & Ordoñez, 2020). Se

obtuvo un índice de acidez de 3,29 para frutos internos y externos, mientras que en la investigación de (Zambrano & Rivera, 2023) obtuvieron un valor de 2,82.

El Índice de Deterioro de la Blanqueabilidad (DOBI) es un parámetro utilizado para evaluar la calidad y estabilidad del aceite de palma. Indica la susceptibilidad del aceite a la oxidación y puede ser un indicador de su capacidad para resistir cambios en la calidad durante el procesamiento industrial. Valores inferiores a 1,68 indican un peor estado de oxidación del aceite. Es decir, el aceite tiene una mayor susceptibilidad a la oxidación y puede perder calidad más rápidamente. Valores por encima de 3,24 indican una excelente calidad del aceite y sugieren que el aceite tiene una mayor estabilidad ante la oxidación. Además, estos valores sugieren que el aceite mantiene antioxidantes incluso después de procesos como la desodorización (Gee, 2011). Un valor superior a 2,3 en el DOBI generalmente se considera favorable en términos de facilidad de blanqueo. Indica que el aceite crudo tiene una mayor capacidad para ser tratado en el proceso de blanqueo y refinación, lo que puede llevar a un producto final de aceite con una mejor calidad y estabilidad (Cheng-Yong, 2017).

La determinación de pH fue de 5,98 y 5,69 para frutos internos y externos, respectivamente. Existe una disminución en el pH del aceite de los frutos externos sometidos a la aplicación de ANA en comparación con el pH de 6,10 del aceite de los frutos externos con polinización natural. Por lo contrario, el aceite de frutos internos sometidos a la aplicación de ANA presentó un aumento en comparación del pH de 4,69 del aceite de los frutos de polinización natural. (Chaves, Ortiz, & Ordoñez, 2020) Obtuvo un pH 5,1 en el trabajo realizado sobre el análisis del perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma híbrida, reflejando valores aproximados a los obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Referente a la determinación de coloración, las muestras de frutos internos y externos se tiñeron; una investigación realizada por (Lumpur, 1996) menciona que la presencia de caroteno, otros compuestos oxidantes en menores concentraciones como

el licopeno y xantofilas determinan la coloración del aceite. El caroteno se encuentra en concentraciones que van de 500 a 700 mg/kg. La estabilidad y las propiedades nutritivas del aceite de palma los constituyen principalmente los carotenoides, tocoferoles y tocotrienoles.

El índice de saponificación para frutos internos fue de 168 mg/g y externos de 172 mg/g, el trabajo de investigación realizado por (Zambrano & Rivera, 2023) obtuvo valores de 191 mg/g para frutos internos y 195 mg/g para los frutos externos. Los valores obtenidos en los trabajos de investigación son aceptables según la normativa (INEN, 2012), por lo que se considera un rango aceptable aquellos valores que van desde 189 mg KOH/g hasta 199 mg KOH/g de aceite, respecto al índice de saponificación. Estos valores indican las diferencias en la longitud promedio de las cadenas de ácidos grasos en los aceites extraídos de los diferentes tipos de frutos. Valores más altos de índice de saponificación sugieren la presencia de cadenas más cortas de ácidos grasos en el aceite. Las variaciones en estos valores pueden influir en las propiedades y usos del aceite, como su capacidad para saponificar o formar jabón, entre otros aspectos, (Chaves, Ortiz, & Ordoñez, 2020) en un estudio sobre las propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de mil pesos *Oenocarpus bataua*, obtuvo un valor de índice de saponificación bajo de  $189 \pm 7.2$ , lo que demuestra que los ácidos grasos en las muestras de aceite pertenecían a ácidos grasos de cadena larga.

El índice de peróxido fue de 1,67 meq. de  $O_2$  /Kg para frutos internos y 1,95 meq. de  $O_2$  /Kg para frutos externos, en comparación con el índice de peróxido del aceite de los frutos provenientes de la polinización natural (1,85 meq. de  $O_2$  /Kg y 2,1 meq. de  $O_2$  /Kg), se observó una disminución en este parámetro. Estos valores hacen referencia al valor obtenido por (Chaves, Ortiz, & Ordoñez, 2020) donde se obtuvo un índice de peróxido de  $2 \pm 0,3$ . El índice de peróxidos es un parámetro importante para evaluar el estado de oxidación y la calidad del aceite, y se utiliza para determinar si el

aceite ha experimentado un deterioro oxidativo que pueda afectar sus propiedades organolépticas y nutricionales

El contenido de cenizas de los frutos interno y externos dieron valores de 1,33% y 1,66% respectivamente sin embargo esto valores no coinciden con los de (Zambrano & Rivera, 2023) quienes obtuvieron en aceite de palma sin aplicación de ANA valores de 7,11 y 4 %. Lo cual nos indica que al utilizar ANA el contenido de minerales en aceite se reduce significativamente. Desde el punto nutricional en las cenizas tienen un escaso valor sin embargo analíticamente esto es útil para conocer el contenido de carbohidratos según (Marquez, 2014) que también menciona que el índice de calidad de cenizas optimo en aceite va desde el 2 – 12 %.

Los resultados de densidad que se describen en la tabla 24 se obtuvieron valores de 0,82 y 0,81 para frutos internos y externos respectivamente, nos indica que no hay diferencia entre los tipos frutos y estos valores están dentro del rango óptimo de calidad según las norma NTE INEN 360 que va desde un mínimo de 0,89 a un máximo de 0,91. Estos valores concuerdan con las investigaciones de (Rincon, 2009) en propiedades del aceite de palma que obtuvieron valores entre 0,910 y 0,920 a 25°C, en esta investigación nos indica que mientras el aceite sea menos denso y es de mejor calidad debido a la densidad de sus componentes presentes, según lo mencionado por (Badui, 2006) se deduce que los componentes presentan un grado de instauración similar al aceite de oliva, soya y canola, debido que se afectado el grado de instauración y peso molecular los ácidos grasos y glicéridos presentes en el aceite. por lo Comparando los resultados obtenidos con la investigación realizada por (Zambrano & Rivera, 2023) donde obtuvieron valores de 0,91 y 0,90 en frutos internos y externos sin polinización asistida con ANA, se puede deducir que con la aplicación del ANA se observa que la densidad baja considerablemente y aumenta la calidad del aceite.

Dentro del parámetro de absorbancia de la muestra de grasa se obtuvieron valores para frutos internos y externos de 2,18 y 3,15 lo cuales se encuentran entre un

rango calificado como aceptable considerando la investigación de (Gutiérrez, 2018) que nos indica que un DOBI mayor a 3,24 es un aceite de buena calidad, sin embargo menor a 1,68 es considerado aceite de mala calidad, según la (IUPAC, 1987) la absorbancia nos indica la calidad del material graso, las transformaciones de sus componentes mientras el proceso tecnológico y su estado de conservación. Estos valores están por debajo de lo obtenido por (Zambrano & Rivera, 2023) que obtuvieron 3,15 y 3,93 en el análisis de aceite sin la aplicación de ANA, lo cual se puede relacionar que al aplicar la hormona este parámetro se reduce, pero sigue manteniendo en su rango óptimo de calidad sin embargo se concuerda parcialmente con la investigación de (Gutiérrez, 2017) que al analizar aceite crudo de palma aromatizado con canela se obtuvieron resultados en el rango de 2,9 a 3,8 a 446nm.

En el porcentaje de humedad se obtuvieron valores de 0,66 % para frutos externos y 0,33 % para frutos internos respectivamente existiendo diferencias considerables entre los tipos de frutos, para ser considerado un aceite de excelente calidad de poseer hasta un 0,05 % de humedad de acuerdo a la norma NTE INEN 39, aplicable a los aceites crudos y refinados en híbrido O x G. La humedad es un factor crítico en la calidad del aceite de palma y en los procesos relacionados con su obtención y refinamiento. Considerando la investigación de (Barba S. E., 2016) menciona que un contenido de humedad en el rango de 0.15 % - 0.3 % es considerado excelente para el aceite de palma. Considerando lo mencionado por (Fonfalvo, 2014) nos indica que una humedad tan baja es deseable ya que reduce la probabilidad de proliferación de microorganismos y la degradación del aceite. Los aceites con un contenido de humedad superior a 50 % son propensos a tener una mala calidad, ya que un alto contenido de humedad crea un ambiente favorable para la acción de microorganismos y reacciones no deseadas que pueden afectar la estabilidad y calidad del aceite. Un alto contenido de humedad en el aceite puede influir en procesos como la trans-esterificación, que es la reacción química clave en la producción de ésteres grasos y glicerina. Una elevada

humedad puede afectar negativamente la eficiencia de estos procesos y reducir el rendimiento. El control y monitoreo de la humedad en el aceite de palma son esenciales para garantizar su calidad, estabilidad y rendimiento en los procesos industriales. Un contenido de humedad óptimo es crucial para prevenir la degradación del aceite y garantizar que cumpla con los estándares de calidad requeridos en la industria. De acuerdo con los valores obtenidos por (Zambrano & Rivera, 2023) que obtuvieron valores de 0,73 y 0,37 para frutos internos y externos respectivamente sin aplicación de polinización artificial, podemos observar que al aplicar ANA la humedad disminuye y se encuentra en rango más cercano a hacer un aceite de buena calidad, sin embargo la proporción en humedad se mantiene es decir que en frutos externos es más alto y en fruto internos más bajo, por lo cual en esta investigación la calidad del aceite de los frutos internos es de alta calidad.

En la determinación de impurezas se obtuvieron de valores de 0 %, por lo cual concuerda con lo que está considerado por la norma ISO 663 lo cual expone que para aceite crudo de palma aceitera O x G de excelente calidad se considera el 0,05 % m/m, se reportan los mismos valores que la investigación de (Zambrano & Rivera, 2023) en lo cual el ANA no interfiere en este parámetro, ya que esto está relacionado con factores físicos como el estado de madurez y la metodología de la extracción de aceite, sin embargo lo mencionado por (Herrera, 2019) el que el aceite crudo de palma obtuvo

valores de impureza entre 0,01% y 0,07 % y considerando un máximo de 0,10 %, por lo cual nos indica que el aceite es de buena calidad.

### **Caracterización de solubilidad del aceite de palma aceitera O x G**

**Tabla 25**

*Determinación de solubilidad del aceite extraído de racimo de palma con asistencia a la polinización.*

<b>Solvente</b>	<b>Frutos externos</b>	<b>Frutos Internos</b>
<b>Alcohol etílico</b>	Insoluble	Insoluble
<b>Cloroformo</b>	Soluble	Soluble
<b>Éter etílico</b>	Soluble	Soluble
<b>Agua destilada</b>	Insoluble	Insoluble

*Nota: Comportamiento del aceite de palma híbrida O x G bajo el efecto de ANA en varios solventes.*

La solubilidad en diferentes solventes proporciona información sobre la composición de lípidos, grasas y otros componentes presentes en el aceite de palma, lo que es esencial para entender su calidad, pureza y posibles usos en diferentes aplicaciones industriales y culinarias. En este caso, la solubilidad en cloroformo y éter etílico sugiere que el aceite contiene componentes que son más solubles en solventes orgánicos de naturaleza apolar. Estos solventes tienen una estructura molecular similar a la de los lípidos y grasas presentes en el aceite, lo que les permite disolverlos eficazmente. Por otro lado, la insolubilidad en alcohol etílico y agua destilada se debe a que estos solventes son más polares en naturaleza. Las moléculas polares como el agua y el alcohol etílico tienen una afinidad por otros compuestos polares y tienden a formar enlaces de hidrógeno y fuerzas intermoleculares con ellos. Dado que los lípidos y grasas en el aceite de palma son predominantemente apolares, tienden a separarse de estos solventes polares, resultando en la formación de una capa de grasa en la parte superior (Manrique, 2015).

## Análisis costo beneficio

### *Historial de producción*

**Tabla 26**

#### *Historial de producción de palma aceitera O x G*

<b>Año</b>	<b>Kg Fruta</b>	<b>Valor Ingresado</b>
<b>2021</b>	26 640	3 689,30
<b>2022</b>	16 520	3 352,85
<b>2023(Abril-Agosto)</b>	9 650	1 421

*Nota:* para el año 2023 la producción y el ingreso es parcialmente considerando 8 meses desde 31/01 hasta 10/08/2023, con aplicación con ANA, en 1,10 ha.

La tabla x indica la producción obtenida años anteriores sin polinización asistida con ANA, lo cual indica una mayor producción para el año 2021 de 26 toneladas con un precio de \$138 la tonelada, sin embargo, la dinámica para el año fue decreciente obteniendo una menor producción 16 toneladas con un precio de \$200 la tonelada por lo cual el ingreso fue similar al del año anterior debido al valor del precio de la tonelada de palma. Sin embargo, para el año 2023 con la aplicación de ANA se hizo una proyección parcial de producción de 8 meses y hasta actualidad el ingreso es de 9 650 toneladas con un precio de \$ 1 421. La producción de palma híbrida bajo una asistencia a la polinización e inducción a formación de frutos con hormonas puede llegar a las 12 toneladas/ha/año en su primer año de producción, en su etapa adulta llega a 30 toneladas/ha/año, reportándose producción de hasta 50 toneladas/ha/año en variedad Coarí x LaMé, (Cheme, 2022).

## **Potencial de producción**

**Tabla 27**

*Potencial de producción de palma aceitera O x G bajo efecto de ANA/ha.*

<b>Número de plantas productivas</b>	<b>de Promedio de racimo/planta</b>	<b>de N° Total racimo</b>	<b>Peso promedio racimo</b>	<b>Total, de producción (tn)</b>
125	8	1 000	16,25	16 250

*Nota:* Proyección de producción estimada con aplicación de ANA desde el 10/08/2023 hasta 02/2024. Sin embargo, la cantidad de racimos aumenta por la emergencia de nuevas inflorescencias.

Es importante tener en cuenta que los resultados de la proyección son basados en muestreos y estimaciones, por lo que los rendimientos reales pueden variar debido a una serie de factores como el clima, la salud de las plantas, la disponibilidad de nutrientes, entre otros. Sin embargo, el hecho de que se estén obteniendo rendimientos mayores a los estimados es una señal positiva de que la aplicación de ANA está contribuyendo a mejorar la formación de frutos y, en última instancia, el rendimiento de la plantación de palma aceitera. En lo que va del año se estima una producción de 16 250 kg de fruta, en los próximos 6 meses. Continuar monitoreando y ajustando las prácticas de asistencia a la polinización es fundamental para asegurarse de mantener y optimizar estos resultados positivos en el tiempo. Las proyecciones pueden servir como guía, pero es importante realizar seguimientos regulares y ajustar las estrategias según sea necesario para garantizar un rendimiento sostenible y rentable de la plantación.

### **Análisis costo beneficio de la aplicación de ANA/ha**

**Tabla 28**

*Costos estimados del proyecto de investigación.*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo USD</b>
<b>Fase de campo</b>		
Talco neutro (chino)	27, 73 kg	14,72
ANA	1, 155 kg	50,60
Balanza	1 unidad	7,50
Equipo de polinización	1 unidad	22
Mano de obra (10,43 t. de fruta)	10,43 t	139,24
Varios		20
Total costos en fase de campo		254
<b>Fase de laboratorio</b>		
Papel filtro	18 u	3,50
Bandejas de Aluminio	4 u	1,00
Total de inversión en fase de laboratorio		4,50
Total inversión		258,50

*Nota:* Se utilizó reactivos e insumos que ya fueron adquiridos por la universidad.

Para el costo de mano de obra se consideró un salario del jornal de 2,5 USD, en nuestro caso, 3,5 horas con 40 inflorescencias, un valor de 0,11 ctv. por día. Como resultado se obtiene una inversión de 20,05 USD por tonelada. Tomando en cuenta un número estimado de inflorescencias polinizadas (642), un peso promedio de racimo (PPR) de 16,25 kg, con proyección de producción estimada de 10,43 toneladas de fruta, el costo considerando otros insumos es de 258,50 USD, el precio de fruta fresca es de 170 USD actualmente se obtiene que la aplicación con ANA representa el 1,5 toneladas es decir el 15,62% de los ingresos brutos que en este caso fueron \$ 1.421 es decir lo cosechado y gastado desde abril hasta el mes de agosto del presente año.

## Capítulo V:

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- La aplicación de ANA permite que las características físico químicas del aceite mejoran significativamente en porcentaje de extracción de aceite; la humedad disminuye y el porcentaje de pulpa incrementa la tasa de extracción y calidad de aceite.
- La composición de frutos partenocárpicos y normales fue 52,97 % y 19,79 % respectivamente, con el 9,30 % de nuez por racimo, se obtuvo un potencial de extracción de aceite del 21,11% por racimo.
- Se asistió a 642 inflorescencias, obteniéndose un porcentaje de formación de frutos del 98,96 %, lo que representa 10,43 tn de fruta, la conformación del racimo fue de 83,75 % y peso promedio del racimo fue de 16,25 kg, con un punto óptimo de cosecha de 75 % lo que mejora el rendimiento y potencial de aceite.
- Los costos de aplicación de este tratamiento representan el 15,62 % de los ingresos brutos de esta plantación que en este caso fueron \$ 1 421 es decir lo cosechado y gastado desde abril hasta el mes de agosto del presente año

## Recomendaciones

- Se recomienda utilizar 18 gramos de mezcla (ANA al 4 % + TALCO) por inflorescencia en cada aplicación, tres aplicaciones cada 7 días para mejorar el contacto y la prevalencia de la hormona durante el periodo de la asincronía floral.
- Es recomendable realizar las labores culturales especialmente la fertilización y la poda de inflorescencias masculinas y andrógenos, para evitar la formación de frutos normales al producirse una polinización natural.
- Utilizar ANA líquido y evaluar la dispersión de la hormona en el racimo para así disminuir costos y mejorar los parámetros de calidad de racimo y potencial de aceite, obtenidos con el ANA sólido.
- Identificar la etapa fenológica de antesis, post antesis para mejorar la calidad de la aplicación de ANA y evaluar mediante un análisis de composición de racimo (*fruit set*).
- Se recomienda realizar investigaciones enfocados en el punto óptimo de cosecha en la plantación y determinar el potencial de aceite en diferentes estadios fenológicos de madurez.

## Bibliografía

- Alvarado, A. B. (1993). *Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis* Jacq. y *E. oleifera* HBK Cortes*. ASD papers, 20, 35-36.
- Alvarado, A., Escobar, R., & J, H. (2013). El híbrido OxG Amazon: una alternativa para regiones afectadas por Pudrición del cogollo en palma de aceite. *Palmas*.
- ANCUPA. (2013). *Agrocalidad*. Obtenido de <https://asopropal.com/wp-content/uploads/2021/09/foc21-1.pdf>
- Atehortua, C. (2020). *Uso Del Ácido Naftalenacético (ANA) sobre la formación de frutos partenocarpicos en palma de aceite (HIBRIDO OxG) En el Municipio De San Vicente, Santander*. Montería, Córdoba: UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.
- Ávalos, D. (2014). *Biología Del Comportamiento, Reproducción Y Alimentación De Polinizadores De La Familia Curculionidae En Híbridos De Palma de aceite (O x G)*. Obtenido de Biología Del Comportamiento, Reproducción Y Alimentación De Polinizadores De La Familia Curculionidae En Híbridos De Palma de aceite (O x G): <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2452/1/UDLA-EC-TIAG-2014-17%28S%29.pdf>
- Azcón-Bieto, J. &. (2000). *Fisiología*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos\_Universidad Iberoamericana,campus Ciudad de México*. Obtenido de Obtenido de Pearson\_Addison Wesley: : [https://www.academia.edu/31337237/Qu%C3%ADmica\\_de\\_los\\_Alimentos\\_4\\_Edici%C3%B3n\\_Salvador\\_Badui\\_Dergal](https://www.academia.edu/31337237/Qu%C3%ADmica_de_los_Alimentos_4_Edici%C3%B3n_Salvador_Badui_Dergal)

- Barba, J., & Baquero, Y. (2013). Híbridos OxG obtenidos a partir de oleíferas Taisha Palmar del Río (PDR), Ecuador. Variedad-PDR (Taisha x Avros). *Palmas vol 34*, 315-325.
- Barba, S. E. (2016). *Incidencias de la calidad del aceite en el proceso de desodorización*. . Obtenido de Obtenido de Congreso palmeroC//PAL- Grepalma: <https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/09/AI-M1.-EE3-INCIDENCIAS-DE-LA-CALIDAD-DEL-ACEITE-EN-PROCESO-DESODOR.>
- Beirnaert, A. &. (1941). Belgian Congo: Publications de l'Institut National .
- Borja, S. (2020). *Ley de palma en Ecuador promueve aceite genera temor en comunidades*. Ecuador: Mongabay.
- Bravo, V. S. (2022). *Use of Pollen and  $\alpha$ -Naphthalenacetic Acid in OxG Oil Palm Trees in Ecuador. Does Pollination without Mixing them Grant Any Benefits*. *Palmas*, 43(1), 10 - 21 Obtenido de <https://publicaciones.fed.>
- Cala, S. Y. (Septiembre de 2011). *Manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio*. . Obtenido de Cenipalma Manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio: <https://repositorio>
- Camperos, J. P. (2020). *Estudio de tiempos y movimientos para la polinización artificial: estudio de caso en una plantación de Santander (Colombia)*. Obtenido de Revista *Palmas*, 41(3), 11-23: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13227>
- Cayon, G. (1996). *Aspectos fisiológicos y bioquímicos de la maduración de los frutos de palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.)*. Bogotá: Cenipalma: Primer curso internacional sobre el cultivo de la palma de aceite (pp. 294-306).
- Cayon, G. (1999). *Apuntes sobre fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.)*. . *Palmas*, 20(3), 45-54.

- Cesar, B. (2014). *Infoagro*. Obtenido de [https://www.infoagro.com/documentos/cultivo\\_palma\\_aceite\\_\\_parte\\_i\\_.asp](https://www.infoagro.com/documentos/cultivo_palma_aceite__parte_i_.asp)
- Chaparro, F. P., & Romero, H. M. (2012). *Cenipalma*. Obtenido de Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite : Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite pdf
- Chaves, J. A., Ortiz, D. P., & Ordoñez, G. A. (6 de July de 2020). *Análisis del perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de mil pesos (Oenocarpus Bataua)*. Recuperado el 9 de February de 2023, de SciELO Colombia: <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v22n2/0124-4108-penh-22-02-175.pdf>
- Cheme, L. (18 de Abril de 2022). *El Productor*. Obtenido de El Productor: <https://elproductor.com/2022/04/ecuador-la-palma-africana-con-un-futuro-mas-alla-de-la-plaga/#:~:text=La%20variedad%20h%C3%ADbrida%20es%20m%C3%A1s,apenas%20llegar%C3%ADa%20a%206.5%20toneladas.>
- Cheng-Yong, A. (7 de June de 2017). *Changes in oxidation indices and minor components of low free fatty acid and freshly extracted crude palm oils under two different storage conditions*. Recuperado el 9 de February de 2023, de NCBI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5495698/>
- CNF. (Diciembre de 2022). *Cooperación Financiera Nacional*. Obtenido de Cooperación Financiera Nacional: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-4-trimestre/Ficha-Sectorial-Palma.pdf>
- Corley, R. H. (2003). *The oil palm*. Oxford: BlackwellScience Ltd.
- Corley, R., & Tinker, P. (2015). *La Palma de aceite*. Wiley-Blackwell.

Daza , E., & Romero, H. (2022). Producción de aceite de palma alto oleico (APAO) a partir de frutos partenocárpicos en híbridos interespecíficos de palma de aceite utilizando ácido naftalenacético. *Palmas*.

Fischer, G. (2006). *El ácido alfa - naftalenacético ANA y el ácido giberélico GA influyen en la producción y calidad del fruto de durazno influyen en la producción y calidad del fruto de durazno Melocotón Amarillo (Prunus persica L.)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Fonfalvo, M. &. (2014). Obtenido de El aceite de palma africana *elae guineensis*: Alternativa de recurso energético para la producción de biodiesel en Colombia y su impacto ambiental.: Obtenido de Scielo.org:  
<http://www.scielo.org.co/scielo.php?scr>

Forero, D. H. (2012). *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite*. Obtenido de Cenipalma:  
<http://52.200.198.20/bitstream/handle/123456789/107644/Generalidades%20sob>  
b

Garcia. (2020). *Artificial Pollination: ¿NAA in Liquid Suspension or NAA in Solid Mixture?* Polinizacion\_artificial <https://www.researchgate.net/publication/350353309>.

García, A., & Hernández, J. (2020). Polinización artificial: ¿ANA en suspensión líquida o ANA en mezcla sólida? *Palmas* 41(4), 15-26.

Garcia, A., Munevar, D., & Montoya, M. (Octubre de 2020). *Artificial Pollination: ¿NAA in Liquid Suspension or NAA in Solid Mixture?* Recuperado el 01 de 02 de 2023, de Researchgate:  
[https://www.researchgate.net/publication/350353309\\_Polinizacion\\_artificial\\_ANA\\_en\\_suspension\\_liquida\\_o\\_ANA\\_enmezcla\\_solid\\_Artificial\\_Pollination\\_NAA\\_in\\_Liquid\\_Suspension\\_or\\_NAA\\_in\\_Solid\\_Mixture](https://www.researchgate.net/publication/350353309_Polinizacion_artificial_ANA_en_suspension_liquida_o_ANA_enmezcla_solid_Artificial_Pollination_NAA_in_Liquid_Suspension_or_NAA_in_Solid_Mixture)

- García, F. M. (2019). *Morfogénesis in vitro de brotes adventicios del pinabete mexicano Pseudotsuga*. Obtenido de Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Vol. 10(56),: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322019000600113](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322019000600113)
- Gee, P. (2011). *Deterioration of Bleachability Index (DOBI) for palm oil analysis*. Obtenido de Thermo Fisher Scientific: <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/MSD/Application-Notes/SN53139-deterioration-bleachability-index>.
- Gutierrez, M. D. (2018). Obtenido de RECUPERACIÓN DE VITAMINAS PRESENTES EN EL ACEITE CRUDO HÍBRIDO DE PALMA POR MEDIO DE TRANSESTERIFICACIÓN Y DESTILACIÓN MOLECULAR. Obtenido de TRANSESTERIFICACIÓN Y DESTILACIÓN MOLECULAR Facultad de Ciencias Natu.
- Gutierrez, C. Y. (2017). *Universidad Politecnica de Valencia*. . Obtenido de Obtenido de EFECTO DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA EN LOS PARAMETROS QUIMICOS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DEL ACEITE DE PALMA DURANTE UN TRATAMIENTO DE ALMACENAMIENTO ACELERADO.
- Hernández, D., & Hormaza, P. (Noviembre de 2012). *Cenipalma*. Obtenido de Cenipalma: <https://repositorio.fedepalma.org/bitstream/handle/123456789/107644/Generalidades%20sobre%20la%20morfolog%C3%ADa%20y%20fenolog%C3%ADa%20de%20la%20palma%20de%20aceite.pdf?sequence=1>
- Herrera, A. R. (2019). *Análisis fisicoquímico del aceite crudo de palma proveniente del híbrido interespecífico fortuna en una plantación ubicada en Cabuyaro-Meta*. . Obtenido de Obtenido de Rev. Sist Prod Agroecol: Estudio/Downloads

- INEN. (2012). Obtenido de INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Obtenido de GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. ACEITE DE PALMA (OxG) ALTO OLEICO. : <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2421-2.pdf>
- INIAP. (2020). *INIAP*. Obtenido de INIAP: [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5397/1/GU%C3%8DA%20%20PC%20FINAL%20%20\\_opt%20%281%29.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5397/1/GU%C3%8DA%20%20PC%20FINAL%20%20_opt%20%281%29.pdf)
- Intagri. (2022). *Intagri*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/frutales/cultivo-de-palma-africana-o-de-aceite>
- IUPAC. (1987). *Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives*. Obtenido de Obtenido de International Union of Pure and Applied Chemistry Commission on Oils, Fats and Derivatives:: [https://old.iupac.org/publications/books/ISBN0632033371\\_compress.pdf](https://old.iupac.org/publications/books/ISBN0632033371_compress.pdf)
- Lasso, G. (2018). LA PALMA ACEITERA EN EL ECUADOR: ¿UN CULTIVO SOCIAL Y SUSTENTABLE? . *La línea de Fuego*, 0-3.
- Linares-Leguizamón, O. S.-A.-E. (2020). *Evaluación de la polinización artificial en el material híbrido OxG (Elaeis oleifera x Elaeis guineensis)*. *Revista Palmas*, 40(4), 96-105. <https://publicaciones.fedepalma.org/>.
- Lumpur, K. (1996). Obtenido de FEDEPALMA-Refinación del aceite rojo de palma. Obtenido de Repositorio fedepalma: [Estudio/Downloads/gecortes,+Gestor\\_a+de+la+revista,+1998\\_19\\_1\\_61-67.pdf](Estudio/Downloads/gecortes,+Gestor_a+de+la+revista,+1998_19_1_61-67.pdf).
- Manrique, G. D. (15 de 05 de 2015). *CARACTERIZACIÓN DE GRASAS Y ACEITES*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES: [https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/Grasas\\_y\\_Aceites.pdf](https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/Grasas_y_Aceites.pdf)

- Marquez, B. M. (2014). *Repositorio UNSA*. Obtenido de Obtenido de Cenizas y grasas-teoría del muestreo :: [http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isA#:~:text=c\)%20Determinaci%C3%B3n%20de%20cenizas%20en,materia%20seca%20de%20](http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isA#:~:text=c)%20Determinaci%C3%B3n%20de%20cenizas%20en,materia%20seca%20de%20)
- McAtee, P. K. (2013). *A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation, and ripening*. Obtenido de *Revist Frontiers in Plant Science*, 4, 79.: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2013.00079/full>
- Méndez, D. A. (2023). *Fortalecimiento en la Polinización Asistida con Ácido Naftalenacético (ANA) en Híbrido de Acacias – Meta*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/54892/dabarahonam.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Méndez, N. M. (2009). Efecto del ácido indol acético y ácido naftaleno acético sobre el rendimiento en melón (*Cucumis melo L.*) . *UDO Agrícola* 9 (4), págs. 793 - 801.
- Naranjo, M. (2021). Palmicultores luchan contra la plaga para no perder la bonanza de precios. *Primicias*, <https://www.primicias.ec/noticias/economia/sector-palma-plaga-buenos-precios/>.
- Ochoa, I. & Palacio, N. (2019). Obtenido de Evaluación preliminar del efecto del Ácido  $\alpha$ -naftalenacético en palma aceitera híbrida.
- Ochoa, I. &. (2021). *Contribución al diseño de racimos con ácido  $\alpha$  naftalenacético (ANA)*. Obtenido de *Revista Palmas*, 42(1), 107-118.: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13456/13195>
- Pacheco , A., & Ronquillo, N. (2010). *Estudio del Proceso de Producción del cultivo de Palma Africana (*Elaeis guineensis Jacq*) en la zona de San Lorenzo Provincia de*

Esmeraldas. Guayaquil: Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Agrarias.

Pandolfini, T. (2009). *Seedles Fruit Production by Hormonal Regulation of Fruit Set*. .

Ponce, P. (2016). *Biología de insectos polinizadores en palma aceitera y sus híbridos interespecíficos (Elaeis oleifera x Elaeis guineensis)*. Bogotá: Revista Palmas .

Primicias. (18 de 09 de 2018). *Ecuador y Colombia se unen para rescatar a la palma africana*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/combate-pudricion-cogollo-palma-ecuador/>

Rincon, & M. (2009). *Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria*. Obtenido de Obtenido de Cenipalma: : [gecortes,+Gestor\\_a+de+la+revista,+2009\\_30\\_2\\_11-24%20\(7\).pdf](https://www.cenipalma.com/imagenes/2009_30_2_11-24%20(7).pdf)

Rivas , F., Moreno, F., Rivera, G., Herrera, L., & Mora, M. (2017). Incidencia, progresión e intensidad de la Pudrición del Cogollo de *Elaeis guineensis* Jacq. en San Lorenzo, Ecuador. *Cielo*, 1-6. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852017000100004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000100004)

Romero, H. &. (2021). *Cómo alcanzar 10 toneladas de aceite por hectárea: tecnologías de manejo de los híbridos interespecíficos OxG hacia una producción altamente eficiente*. . Revista Palmas, 42(1), 55-64. .

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.)*. . Revista el Palmicultor. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palm>.

- Romero, H. M. (2018). *Polinización artificial de híbridos OxG para la obtención de frutos partenocárpicos y la producción de aceite*. Fedepalma: <https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/Nota-tecnica.pdf>.
- Ruiz, E. D.-M. (2020). *Análisis económico de la polinización asistida de forma líquida y sólida*.
- Salisbury, F. &. (1994). *Fisiología vegetal (cuarta)*. Mexico: Grupo Editorial .
- Santacruz, L., & Rosero, G. (Agosto de 2016). *Fedepalma*. Obtenido de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11028/11013>
- Tandon, R. M. (2001). *Pollination and Pollen-pistil Interaction in Oil Palm, Elaeis . .* Annals of botany, 87, 831-838. doi:10.1006/anbo.2001.1421.
- Torres, G., & Martinez, G. (2010). Avances en la investigación de Phytophthora palmivora, el agente causal de la pudrición del cogollo de la palma de aceite en Colombia. *Palmas* 31(1), 55–63.
- Tranbarger, T. J. (2011). *Regulatory mechanisms underlying oil palm fruit mesocarp maturation, ripening, and functional specialization in lipid and carotenoid metabolism*. Plant physiology, 156(2), 564-84. doi:10.1104/pp.111.175141.
- Zambrano, A., & Rivera, C. (2023). *Evaluación del ANA para mejorar la cantidad y calidad de la fruta de palma aceitera OxG en la Hda. Zoila Luz*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35996/1/T-ESPESD-003272.pdf>