



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Evaluación del ANA para mejorar la cantidad y calidad de la fruta de palma aceitera  
OxG en la Hda. Zoila Luz**

Rivera Macas, Carlos Andrés y Zambrano Balseca, Cristhian Alexander

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

27 de febrero del 2023





Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

### Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Evaluación del ANA para mejorar la cantidad y calidad de la fruta de palma aceitera OxG en la Hda. Zoila Luz”** fue realizado por los señores: **Rivera Macas Carlos Andrés y Zambrano Balseca Cristhian Alexander**, 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, 27 de febrero 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, **Rivera Macas Carlos Andrés** y **Zambrano Balseca Cristhian Alexander**, con cédula de ciudadanía N° 1722351234 y 1724659899, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Evaluación del ANA para mejorar la cantidad y calidad de la fruta de palma aceitera OxG en la Hda. Zoila Luz"**, 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, 27 febrero 2023.

Firmas:

**Rivera Macas Carlos Andrés**

C.C.: 1722351234

**Zambrano Balseca Cristhian Alexander**

C.C.: 1724659899



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

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**Autorización de Publicación**

Nosotras **Rivera Macas Carlos Andrés y Zambrano Balseca Cristhian Alexander**, con cédulas de ciudadanía N°: 1722351234 y 1724659899, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **"Evaluación del ANA para mejorar la cantidad y calidad de la fruta de palma aceitera OxG en la Hda. Zoila Luz"** en el repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Santo Domingo de los Tsáchilas, 27 de febrero de 2023**

Firmas:

**Rivera Macas Carlos Andrés**

C.C.: 1722351234

**Zambrano Balseca Cristhian Alexander**

C.C.: 1724659899

## **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 Celmira Macas, por ser el pilar más importante de mi vida, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional en aquellos momentos difíciles de esta trayectoria universitaria. A mi padre Amado Rivera 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.

**Carlos Andrés Rivera Macas**

## **Dedicatoria**

Este trabajo se lo dedico a toda mi familia, por haberme acompañado durante estos 5 largos años, donde me han brindado todo su apoyo, tanto económico, como emocional, por haberme inculcado la constancia, perseverancia y esfuerzo, nada de esto sería posible sin ustedes.

Una especial dedicatoria a Janneth Balseca, mi madre, quien día a día hizo esfuerzos que los recordaré toda la vida, por haberme tenido esa paciencia, por tantos gestos de amor y bondad, por sus deliciosos desayunos, almuerzos que hicieron que mi vida universitaria sea más sencilla, por sus consejos y por hacerme sentir que siempre puedo lograr lo que deseo si me esfuerzo lo suficiente.

También este trabajo se lo dedico a los Ingenieros de la Universidad de las Fuerzas Armadas quienes formaron parte de mi formación académica, además también dedico este trabajo a mis amigos con quienes compartí esta vida universitaria.

Sobre todo, este trabajo me lo dedico a mí mismo, fui valiente, dedicado y capaz, ¡me siento muy feliz por haberlo logrado!

**Cristhian Alexander Zambrano**

## **Agradecimientos**

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

A mi familia, amigos y a todas aquellas personas que de una u otra manera formaron parte elemental de este nuevo logro de mi vida.

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

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.

Al Ing. Javier Romero, por su orientación y colaboración para el éxito de este trabajo de investigación.

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 Cristhian Zambrano, por su dedicación y lealtad en esta trayectoria académica.

Al grupo GAR 2.0, liderado por Jennifer B. y Alisson A., segunda al mando, por la amistad y compromiso para el éxito de este trabajo de investigación.

**Carlos Andrés Rivera Macas**



## **Agradecimientos**

En primer lugar, me siento muy agradecido con Dios, quien me dio fortaleza y la sabiduría para concluir con mis estudios universitarios

Agradezco a mis padres y hermanos por estar presentes y aportando con su ayuda durante toda mi carrera

A mi tutor de tesis, MSc. Patricio Vaca, quien es un excelente mentor y nos apoyó durante toda la etapa del trabajo de tesis, aportando con ideas y soluciones para que este proyecto se concluya de la mejor manera.

A la Dra. Sungey Sánchez quien nos ayudó mucho en la etapa de laboratorio, al igual que Jennifer B y Alisson A., se les queda eternamente agradecido.

A mi compañero de carrera y de tesis Carlos Rivera, gracias por el compañerismo y el apoyo brindado.

Quedo profundamente agradecido con la universidad en general, la cual marcó cambios positivos en mi vida, me llenó de conocimiento, sabiduría, valores, los cuales llevaré por siempre.

**Cristhian Alexander Zambrano**

## Índice de contenidos

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimientos .....	8
Índice de contenidos.....	10
Índice de tabla.....	14
Índice de figuras.....	16
Resumen.....	17
Abstract .....	18
Capítulo I: Introducción.....	19
Objetivos.....	21
Objetivo general .....	21
Objetivos específicos.....	21
Capítulo II: Revisión de literatura .....	22
La palma africana.....	22
Importancia del cultivo .....	22
Características botánicas de la Palma Africana.....	23
Raíz.....	23
Hojas.....	23
Inflorescencias.....	23
Racimos.....	24
Frutos.....	24
Semilla.....	24
La pudrición del cogollo o PC .....	25
Importancia económica y social de la PC.....	25
Cronología de la aparición de la PC .....	25
Descripción de la PC.....	26
Los materiales híbridos OxG .....	27

Desventajas de los materiales híbridos .....	28
Polinización asistida en palma híbrida.....	29
Ácido naftalenacético ANA .....	30
Utilización de polen y ácido $\alpha$ - naftalenacético en híbridos OxG en Ecuador .....	31
Aplicación exógena de ácido naftalenacético ANA en palma híbrida.....	31
Aplicación de ANA en suspensión líquida y ANA en mezcla sólida. ....	32
Clasificación de los frutos en híbridos interespecíficos OxG según su formación .....	33
Frutos normales o fértiles.....	33
Frutos partenocárpicos.....	34
Frutos abortados .....	34
Clasificación de los frutos en híbridos interespecíficos OxG según su posición.....	34
Frutos externos.....	34
Frutos internos.....	35
Efecto del ANA en la formación de frutos partenocárpicos en la palma aceitera. ....	35
Características de los estados fenológicos de las inflorescencias del híbrido interespecífico OxG.....	36
Fisiología de la formación de frutos en híbridos interespecíficos OxG.....	38
Beneficios del aceite del híbrido interespecífico OxG .....	40
Comparación de las características del perfil lipídico del híbrido interespecífico <i>Taisha x</i> <i>Avros</i> y <i>E. guineensis</i> .....	40
Características físicas del racimo del híbrido OxG .....	41
Capítulo III: Materiales y métodos .....	43
Ubicación del área de investigación. ....	43
Ubicación política .....	43
Ubicación geográfica.....	43
Ubicación ecológica.....	44
Materiales: Fase de campo.....	44
Análisis de lípidos y grasas, fase de laboratorio .....	45
Extracción de aceite por método Soxhlet .....	45
Porcentaje de extracción de grasa.....	45
Índice de Acidez. ....	45
Valoración de pH.....	46
Determinación de solubilidad .....	46
Determinación de coloración.....	47

Índice de saponificación .....	47
Índice de peróxido. ....	47
Determinación de cenizas. ....	48
Determinación de densidad.....	48
Determinación de absorbancia. ....	49
Determinación de impurezas por método de centrifugación.....	49
Determinación de humedad. ....	49
Métodos: Estadística descriptiva. ....	50
Variables evaluadas en fase de campo.....	50
Proyección del potencial de producción .....	50
Preparación de la mezcla talco + ANA .....	51
Identificación de flores femeninas en antesis .....	51
Aplicación de la mezcla Talco + ANA 4%.....	51
Potencial de aceite en base a racimo determinado por humedad .....	52
Variables evaluadas (Fase de laboratorio).....	54
Extracción de aceite por método Soxhlet .....	54
Porcentaje de extracción de grasa.....	55
Índice de acidez.....	55
Valoración de pH .....	56
Determinación de solubilidad. ....	56
Determinación de coloración.....	57
Índice de Saponificación. ....	57
Índice de peróxido .....	58
Determinación de cenizas .....	59
Determinación de densidad.....	59
Determinación de absorbancia. ....	60
Determinación de impurezas por el método de centrifugación. ....	60
Porcentaje de humedad. ....	61
Análisis de costo – beneficio.....	61
Capítulo IV: Resultados y discusión .....	62
Resumen de datos importantes realizado en el análisis de calidad de aceite .....	62
Establecimiento de la línea base de la palma híbrida .....	62
Área del cultivo .....	62

Manejo del cultivo.....	63
Fertilización.....	63
Poda.....	64
Corona .....	64
Chapia.....	64
Cosecha.....	65
Estado fitosanitario .....	66
Potencial de aceite de palma híbrida OxG sin realizar la asistencia para la conformación de frutos.....	67
Pruebas fisicoquímicas .....	68
Evaluación cualitativa de los tratamientos de la asistencia a la conformación de frutos con ANA .....	75
Potencial de producción .....	75
Análisis del costo-beneficio.....	77
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	78
Conclusiones.....	78
Recomendaciones .....	78
Bibliografía .....	79

### Índice de tabla

<b>Tabla 1</b> Estadios fenológicos de las inflorescencias del híbrido interespecífico OxG .....	37
<b>Tabla 2</b> Perfil de ácidos grasos del híbrido OxG Taisha x Avros vs E. guineensis .....	41
<b>Tabla 3</b> Características físicas del racimo del híbrido OxG Taisha x Avros. ....	41
<b>Tabla 4</b> Recursos utilizados para el establecimiento y manejo del ensayo en la fase de campo.....	44
<b>Tabla 5</b> Materiales utilizados para realizar la extracción de aceite por el método de Soxhlet .....	45
<b>Tabla 6</b> Materiales utilizados para calcular el porcentaje de extracción de grasa.....	45
<b>Tabla 7</b> Materiales utilizados para determinar el índice de acidez .....	45
<b>Tabla 8</b> Materiales utilizados para determinar el pH .....	46
<b>Tabla 9</b> Materiales usados para determinar la solubilidad .....	46
<b>Tabla 10</b> Materiales utilizados para determinar la coloración .....	47
<b>Tabla 11</b> Materiales utilizados para determinar el índice de saponificación.....	47
<b>Tabla 12</b> Materiales utilizados para determinar el índice de peróxido .....	47
<b>Tabla 13</b> Materiales utilizados para determinar cenizas .....	48
<b>Tabla 14</b> Materiales utilizados para determinar la densidad.....	48
<b>Tabla 15</b> Materiales utilizados para determinar la absorbancia.....	49
<b>Tabla 16</b> Materiales utilizados para determinar las impurezas mediante el método de centrifugación.....	49
<b>Tabla 17</b> Materiales utilizados para determinar la humedad.....	49
<b>Tabla 18</b> Parámetros determinantes de la calidad del aceite extraído de frutos de palma híbrida .....	62

<b>Tabla 19</b> Fraccionamiento de fertilizantes utilizados en la plantación de palma híbrida OxG .....	63
<b>Tabla 20</b> Historial de producción de la palma híbrida OxG .....	65
<b>Tabla 21</b> Parámetros de la calidad del racimo de palma híbrida sin realizar asistencia para conformación de frutos .....	67
<b>Tabla 22</b> Características y composición de conformación del racimo de palma híbrida sin asistencia para la conformación de frutos.....	67
<b>Tabla 23</b> Características de los frutos internos y externos de racimos de palma híbrida sin asistencia a la polinización .....	68
<b>Tabla 24</b> Resultados de las pruebas fisicoquímicas de aceite extraído de racimos de palma híbrida sin asistencia a la polinización. ....	68
<b>Tabla 25</b> Solubilidad del aceite extraído de racimo de palma híbrida sin realizar asistencia a la polinización.....	74
<b>Tabla 26</b> Potencial de producción de la plantación de palma híbrida OxG. ....	75
<b>Tabla 27</b> Costos estimados en el transcurso del ensayo .....	77

## Índice de figuras

<b>Ilustración 1</b> .....	<b>43</b>
----------------------------	-----------



## Resumen

Evaluar el efecto del ANA para mejorar la cantidad y calidad de la fruta de palma aceitera OxG es vital para elevar la capacidad productiva del sector palmicultor. 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%, se realizó una línea base del cultivo analizando las características agronómicas de las plantas antes del proceso, y en laboratorio análisis del aceite de la fruta sin la polinización asistida, posteriormente se aplicó el ácido naftalenacético ANA al 4% evaluando los efectos de su aplicación sobre las inflorescencias de la palma, se analizó también el costo – beneficio. Investigaciones mencionan que esta hormona beneficia la conformación y producción de frutos partenocárpicos, lo que debe ir de la mano con el correcto manejo agronómico del cultivo. Se utilizó mezclas homogéneas de 500 gramos de talco con 20,83 gramos de ANA (4%) y con el equipo de polinización se aplicó de 12 a 15 g de mezcla a cada inflorescencia. Los resultados cualitativos permitieron identificar la evolución del cultivo de palma híbrida que paso de producir racimos con frutos abortados a fruta de calidad. Los datos de aceite obtenidos en laboratorio fueron; pH: 5,39; porcentaje de extracción de grasa: 44,80%; índice de acidez 2,82; porcentaje de impurezas 0% y porcentaje de humedad 0,54% mostrando resultados positivos en calidad de aceite estos datos servirán para posteriormente comparar con los análisis de la fruta resultante de la asistencia en su polinización. El análisis parcial de costo – beneficio mostró resultados positivos, el costo por hectárea de esta práctica se estima en \$ 291,42, con ello se proyecta una producción de 7,5 t de fruta con un ingreso estimado de \$ 2 095,05.

**Palabras clave:** Palma Aceitera, Polinización Asistida palma, ácido naftalenacético, ANA Palma aceitera, Híbridos Palma.

### Abstract

Evaluating the effect of ANA to improve the quantity and quality of OxG oil palm fruit is vital to increase the productive capacity of the oil palm sector. This research was conducted at Zoila Luz farm (ESPE), km. 24 via Santo Domingo - Quevedo, (0°02'25.24" S and 79°17'51.08" W), 224 meters above sea level, temperature 25°C, RH 85%, a baseline of the crop was made analyzing the agronomic characteristics of the plants before the process, and in the laboratory analysis of the fruit oil without assisted pollination, then the 4% naphthaleneacetic acid ANA was applied to evaluate the effects of its application on the inflorescences of the palm, and the cost-benefit was also analyzed. Research has shown that this hormone benefits the formation and production of parthenocarpic fruits, which should go hand in hand with the correct agronomic management of the crop. Homogeneous mixtures of 500 grams of talc with 20.83 grams of ANA (4%) were used and 12 to 15 g of the mixture was applied to each inflorescence with the pollination equipment. The qualitative results made it possible to identify the evolution of the hybrid palm crop, which went from producing bunches with aborted fruit to quality fruit. The oil data obtained in the laboratory were: pH: 5.39; percentage of fat extraction: 44.80%; acidity index 2.82; percentage of impurities 0% and percentage of humidity 0.54%, showing positive results in oil quality; these data will be used for later comparison with the analysis of the fruit resulting from the pollination assistance. The partial cost-benefit analysis showed positive results, the cost per hectare of this practice is estimated at \$ 291.42, with a projected production of 7.5 tons of fruit with an estimated income of \$ 2,095.05.

**Key words:** Oil palm, Assisted pollination palm, naphthaleneacetic acid, ANA Oil palm, Palm hybrids.

## Capítulo I: Introducción

La palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq*), es una planta propia de climas cálidos, se originó en el continente africano, en el golfo de Guinea específicamente, pertenece a la familia Arecaceae y es muy reconocida por ser la planta oleaginosa con más producción de aceite, por lo cual, el cultivo se fue extendiendo a otras zonas en gran parte gracias al tráfico de esclavos del tráfico de esclavos, llegando así a América en el siglo XVI, y en esas mismas épocas introducido a Indonesia y Malasia, quienes actualmente concentran el 84% de la producción del aceite de palma a nivel mundial. La importancia de este cultivo es fundamental para la economía de muchos países. Ecuador produce el 1 % del aceite generado a nivel mundial, en el país genera cerca de 78 000 fuentes de empleo directos y 52 000 fuentes de empleo indirectos, con cerca de 4 536 productores que desarrollan sus actividades en fincas familiares en áreas de cultivo promedio de 8,3 hectáreas, este cultivo apoya la equidad de género, puesto que miles de mujeres trabajan en su producción. En el Ecuador este cultivo representa el 5% de la superficie total destinada a la producción agropecuaria, siendo la provincia de Esmeraldas la de mayor superficie productora con el 47,84%. Ecuador producía 560 000 toneladas de aceite rojo de palma, siendo el 45 % para el consumo nacional y el resto para la exportación a diferentes países. Esto generaba, según Ancupa, \$500 000 en divisas. Actualmente debido a la PC el país exporta alrededor de 30 000 toneladas al año. En Ecuador la aparición de plantas afectadas por la enfermedad conocida como pudrición del cogollo (PC) tuvo su primer registro en el año 1979 e inició el daño en las provincias de Sucumbíos y Orellana desde 1991, en el año 2005 se observó ataques en San Lorenzo, Esmeraldas, afectando cerca de 15 000 ha. investigaciones recientes de Cenipalma identificaron al patógeno *Phytophthora palmivora* Butl., como el responsable del inicio del proceso infeccioso, este microorganismo degrada los tejidos más internos del cogollo y permite que otros organismos oportunistas, como los hongos *Fusarium* spp., *Colletotrichum* sp., *Thielaviopsis* sp., y *Rhizoctonia* sp, bacterias como

*Pseudomonas* sp. y *Erwinia* sp, se vinculen causando alteraciones graves en la planta, a su vez, *Rhynchophorus palmarum* y otros insectos actúan diseminando la enfermedad, promoviendo el proceso de pudrición. Ante esto se ha buscado crear materiales más tolerantes a esta enfermedad, denominados materiales híbridos interespecíficos OxG, mezclando el material africano “*guineensis*” con materiales tropicales americanos propios de las selvas amazónicas como “*oleífera*”, creando así, materiales como el Coarí x La Mé, Taisha x Avros, Unipalma, Amazon, entre otros, los cuales muestran beneficios como; tolerancia a la PC, bajo crecimiento del estípite de la planta, la longeva vida productiva de alrededor de 30 a 40 años, buena tasa de extracción de aceite, presenta ácidos grasos monoinsaturados como el oleico y gran concentración de taninos, sin embargo, estos materiales tienen un inconveniente, y es el bajo porcentaje de polinización natural, debido a escasez de inflorescencias masculinas, baja calidad del polen, baja población de insectos polinizadores. Investigaciones indican que estos insectos no son atraídos por las inflorescencias femeninas de este híbrido, otros curculiónidos (*Grasiduis hybridus* y *Couturerius* sp.) afines a *E. oleífera* llegan a las inflorescencias de híbridos OxG, aunque en bajas cantidades. Por lo anterior, mejorar la productividad de los híbridos OxG hace imprescindible la ejecución de una asistencia a la polinización, la cual es una labor fundamental para incrementar el potencial de rendimiento de los racimos, gracias a la formación de frutos normales y frutos partenocárpicos y a la disminución de frutos abortados. En la actualidad existen diversos estudios de evaluación sobre la aplicación del ácido  $\alpha$ -naftalenacético (ANA) durante la labor asistencia a la polinización, por lo cual se planteó este proyecto para la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas, con condiciones poco favorables para la palma que aumentan problemas fisiológicos y fitosanitarios, la provincia se caracteriza por poseer temperatura promedio de 22,8 °C, precipitación que llega a las 2 700 mm/año, humedad relativa de 85%, 760 horas luz/ año y suelos franco arenosos.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Evaluar el ácido naftalenacético para mejorar la cantidad y calidad de la fruta de palma aceitera

OxG

### ***Objetivos específicos***

- Establecer una línea base del cultivo de palma aceitera de la Hda. Zoila Luz
- Aplicar y evaluar los tratamientos de polinización asistida para la formación de frutos de palma aceitera
- Evaluar el tratamiento aplicado y considerar el costo beneficio de cada uno

## Capítulo II: Revisión de literatura

### La palma africana

La palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) es un cultivo perenne originario del golfo de Guinea (InfoAgro, 2014), lugar donde ya se aprovechaba este cultivo desde hace 5 milenios, sin embargo, no fue hasta a partir del siglo XV que este cultivo se expandió a otras regiones de África, su propagación al continente americano se dio en el siglo XVI a través del tráfico de esclavos en naves portuguesas (Ronquillo & Pacheco, 2010).

### Importancia del cultivo

La palma africana es un cultivo productor de aceite por excelencia, (InfoAgro, 2014) menciona que para producir lo mismo que una hectárea de palma se necesitan sembrar 10 hectáreas de soja y 9 hectáreas de girasol, gracias a estas bondades, el cultivo de la palma africana es de gran importancia.

Según el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), Ecuador tiene 200 908 hectáreas sembradas de palma, en Esmeraldas se concentran 80 363 hectáreas de este cultivo, generando el 41% de la producción de fruta a nivel nacional, posteriormente le sigue Los Ríos con el 18,5% y Santo Domingo de los Tsáchilas con el 9,9% (Borja, 2020).

Ecuador exportó 187 494 Tm de aceite de palma en 2019, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos afirmó que en el año 2020/2021 fue el tercer productor latinoamericano solo por detrás de Colombia y Guatemala (Borja, 2020).

Además, el costo de adquisición del aceite de palma aceitera es más bajo que otros aceites de otras plantas, por lo cual se hace un cultivo fundamental para satisfacer las necesidades básicas de alimentación de una población ecuatoriana en constante crecimiento y donde el precio de la canasta familiar es sumamente alto en relación al sueldo básico

## **Características botánicas de la Palma Africana**

La palma aceitera tiene un solo punto dominante de crecimiento considerado meristemo apical del cual se origina una sucesión continua de yemas foliares. El crecimiento de la hoja inicialmente es lento, toma de dos a tres años desde la etapa de inicio hasta que se abren los folíolos en el centro de la corona. Posee un tronco erecto que alcanza a medir 40 metros, para cultivos industriales, para obtener aceite su altura se limita a los 10 – 15 metros. (Hormaza et al., 2012)

### ***Raíz.***

Sus raíces son fasciculadas, con gran desarrollo de raíces primarias que emergen desde el bulbo en forma radial, variando su longitud desde 1 a 15 metros, asegurando su buen anclaje a la palma, las raíces secundarias tienen menor diámetro que las primarias y su aporte es ser el anclaje de las raíces terciarias y cuaternarias las cuales actúan como bomba de succión de agua y nutrientes (InfoAgro, 2014).

### ***Hojas.***

Las hojas son verdes y pinnadas de 5 a 8 m de longitud pesando aproximadamente de 5 a 8 kg, el follaje se forma desde los primordios florales los cuales se encuentran en la parte predominante del estípite del cual nacen hojas e inflorescencias. La producción de hojas tiene una marcada importancia con el rendimiento de la fruta a corto plazo, debido a que a cada hoja le corresponde una inflorescencia ya que su tamaño y desarrollo es dependiente del estado de la planta.

### ***Inflorescencias.***

Esta especie produce inflorescencias femeninas y masculinas en la misma planta, en ciclos alternados y de duración variable dependiendo de las condiciones ambientales y

genéticas (Hormaza et al., 2012). Las inflorescencias presentan flores en espigas aglomeradas en un gran espádice y se desarrollan en las axilas de las hojas, pueden ser masculina o femenina, en el primer caso se forma por un eje central, del cual salen espigas llamadas dedos cilíndricos y largos, insertando directamente en el raquis de la espiga, algo característico es que sus anteras producen polen que huele netamente a anís. La inflorescencia femenina es un racimo globoso, sostenido por un pedúnculo fibroso y grueso que lleva en el centro un raquis esférico en el cual se insertan espigas, cada una con 6 a 12 flores, la flor femenina tiene un ovario esférico tricarpelar. (InfoAgro, 2014).

### ***Racimos.***

Los racimos son circulares y su centro ancho, con tendencia a ser puntiagudos en el ápice, presentando un aspecto visual cónico.

### ***Frutos***

El fruto es una drupa sésil, su forma puede ser esférica, ovoide o alargada, su longitud está dentro de un rango de 2-7 cm (Hormaza et al., 2012). El mesocarpio de estos frutos contienen una gran cantidad de aceite aproximadamente el 80% de la masa seca, está conformado por el pericarpio, el cual consta del exocarpio este siendo de textura lisa, dura y brillante, el mesocarpio se presenta de color amarillo-anaranjado, cuyo parénquima contiene gran cantidad de aceite, el endocarpio o cuesco, el cual protege la almendra es de consistencia dura, esclerificado y de color marrón oscuro a negro, cualidades como su grosor y consistencia es una característica variable.

### ***Semilla.***

Es considerada una nuez localizada en la parte central del fruto, su endocarpio o cuesco es de consistencia dura y tienen un ancho aproximado de 0,5 a 5 mm, además constan de una a tres



almendras que provienen de un ovario tricarpelar constituido de un tegumento delgado de color pardo oscuro, cubierto por un tejido fibroso, su endospermo es de color blanco y grisáceo de consistencia dura y con una cavidad central. El embrión se encuentra situado frente al poro germinal, separado de éste por una estructura denominada opérculo, el cual está constituido por células endospermicas delgadas (Hormaza et al., 2012).

Las semillas del híbrido OxG, son de forma ovoide con un variado número de cúspides de color pardo oscuro, sus dimensiones están con un promedio de 21,7 mm de largo, 18,1 mm de ancho y 2,5 mm de grosor del cuesco, su peso en promedio es de 3,6 g con una almendra por semilla, aunque se puede presentar dos o tres (Guerrero et al., 2011).

## **La pudrición del cogollo o PC**

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

La palma de aceite *Elaeis guineensis* es altamente susceptible a un problema fitosanitario fulminante conocido como PC o la pudrición del cogollo, que ha devastado miles de hectáreas y ha dejado vulnerable al sector palmicultor (Ponce, 2016).

Desde la aparición de la PC en Ecuador en 1979 hasta 2016 se calcula que se perdió cerca de 50 000 hectáreas (Torres, 2016), mientras que desde el año 2017 se han tenido registros de que esta plaga ha destruido más de 90 000 hectáreas de cultivo, siendo comparada con *Fusarium* raza tropical 4 para el banano o el Covid – 19 para el ser humano (Espinoza, 2021), las pérdidas también han sido de carácter social con la pérdida de 8 000 plazas de empleos directos y 16 000 indirectos.

### ***Cronología de la aparición de la PC***

La pudrición del cogollo (PC) de la palma aceitera es una enfermedad que se registró por primera vez en los años setenta, pero posiblemente estuvo mucho antes, pasando por

desapercibida, se registró por primera vez en 1976 en Esmeraldas con pequeñas incidencias, en 1979 tuvo sus primeras apariciones en el oriente ecuatoriano y entre los años 1992 y 1993 devastó cerca de 10 000 hectáreas en la región amazónica, en el año 2004 la enfermedad se diseminó en San Lorenzo ocasionando la pérdida de 15 000 hectáreas (ANCUPA, 2014). Así mismo, datos mencionan que en San Lorenzo entre el año 2008 – 2013 fueron erradicadas 25 000 hectáreas, y en San Matero, Viche y Cupa entre el 2013 – 2015 se perdió 15 000 hectáreas del cultivo (Torres, 2016).

En 2008 investigadores del equipo de fitopatología de Cenipalma identificaron el agente causante de la lesión inicial de la PC de la palma, *Phytophthora palmivora* (Sanz Scovino, 2016). Posteriormente aparecen otros patógenos oportunistas como hongos de los géneros *Fusarium* spp., *Colletotrichum* sp., *Thielaviopsis* sp., bacterias como *Pseudomonas* sp. y *Erwinia* sp e incluso insectos como el *Rhynchophorus palmarum* que promueven la pudrición del cogollo (Ramirez & Benitez, 2016).

### **Descripción de la PC**

La PC es de consistencia húmeda acompañada de olores fétidos, sus síntomas inician con una clorosis del paquete central de hojas jóvenes, seguido de amarillamiento y necrosis desde el ápice hacia la base, en la parte basal, la hoja flecha presenta manchas necróticas que luego avanzan y provocan necrosis y pudrición en los folíolos internos desplegados. La pudrición descendente de las flechas conduce al quiebre de su tercio inferior. Finalmente, cuando la necrosis y pudrición de flecha llega al cogollo y alcanza el meristemo, provoca la muerte de la planta (Rivas et al., 2016).

La pudrición se da de forma ascendente o descendente de la hoja flecha, se seca y se pone de color marrón rojizo, posteriormente se puede observar un paquete central de hojas de color amarillo en un estado clorótico, así mismo la hoja número 1 u hoja bandera se encuentra

doblada debido a la pudrición, se percibe licuefacción de los tejidos meristemáticos, por último, cuando ha avanzado mucho la infección, se observa un cráter en el cogollo

(Zambrano, 2022)

### **Los materiales híbridos OxG**

En los últimos años Ecuador ha sido testigo de múltiples estrategias de fitomejoramiento de empresas privadas con el objetivo de obtener materiales tolerantes a esta enfermedad, lo cual ha permitido generar materiales híbridos interespecíficos OxG, que son el resultado del cruce controlado entre una especie americana nativa (*Elaeis oleífera*) con la propia palma africana (*Elaeis guineensis*), la primera aporta esa rusticidad que se necesita para tolerar las enfermedades y la segunda le brinda el potencial productivo, se han creado múltiples materiales con cruces de especies nativas de diferentes zonas, siendo unos más tolerantes a la enfermedad que otros, siendo hasta al momento la mejor alternativa para contrarrestar la enfermedad (ANCUPA, 2014).

La principal gran ventaja es que estos materiales son tolerantes a la PC, de hecho, si se enferman, pero mediante con cirugías, se puede eliminar la enfermedad y seguir con el crecimiento normal de las plantas, además, la altura del tronco es mucho menor que los materiales africanos, facilitando así muchas labores agronómicas como poda y cosecha. (Ávalos Arias, 2014) menciona que en el material Taisha el índice de emisión foliar es de 1 a 2 hojas por mes, con entre nudos cortos lo que provoca un crecimiento lento de 5 a 7 cm por año.

Otra característica es la precocidad en la producción, se estima que la primera producción se da entre los 30 y 36 meses en campo (Zambrano, 2015), y su potencial productivo, que según (Alvarado, 2013) depende del tipo de material, por ejemplo, el híbrido Amazon produce 227,5 kg de fruta fresca/palma/año, mientras que para híbridos como el Deli x Avros la producción es de 174,8 kg de fruta fresca/palma/año.

(Rosero Estupiñán & Santacruz, 2014) mencionan que el híbrido OxG con asistencia a la polinización alcanza a producir 22 toneladas por hectárea al año, mientras que sin polinización asistida se limita a 17,6. Lo cual se traduce en pérdidas para el sector palmicultor y baja rentabilidad

### **Desventajas de los materiales híbridos**

Los materiales híbridos tienen un bajo porcentaje de polinización entomófila debido a que los insectos *Elaeidobius kamerunicus* no son atraídos a las inflorescencias femeninas, mientras que otros curculiónidos (*Grasidius hybridus* y *Couturerius* sp.) llegan a las inflorescencias, pero en bajas cantidades (Bravo et al., 2022).

A esto se le suma que morfológicamente las inflorescencias están cubiertas por brácteas pedunculares y prófalo durante la mayoría del tiempo de su desarrollo lo cual dificulta la entrada del polen y polinizador (Romero et al., 2011). Además, la entrada en antesis de los botones florales es lenta e irregular, lo que genera espacios prolongados para la polinización de las mismas inflorescencias.

En híbridos como Amazon el polen no es totalmente auto compatible, este híbrido produce de 3 a 10 g, mientras que *E. guineensis* de 15 a 30 g, por lo que se considera que produce baja cantidad de polen, esto se traduce a que en híbridos se necesite una fuente de polen abundante ya sea natural o mediante polinización asistida, especialmente porque la viabilidad del polen del híbrido es baja, del 15 a 20% (Alvarado, 2013), esto obliga a realizar polinización asistida, lo cual implica un aumento en los costos de producción en comparación con el material *E. guineensis* el cual tiene polinización natural (Rosero Estupiñán & Santacruz, 2014).

### **Polinización asistida en palma híbrida**

La polinización asistida se define como la aspersión del polen a las inflorescencias femeninas receptoras, es decir en un estado de desarrollo floral denominado antesis, donde se encuentran tendientes a obtener una óptima fecundación y aumentar la producción (Romero & Alcivar, 1992).

Para esta actividad se necesita tener polen de buena calidad, generalmente se lo adquiere de inflorescencias masculinas de palma africana, es necesario recoger el polen cuando presenta un olor característico a anís que es cuando presenta mayor porcentaje de viabilidad, para lo se identifica que la inflorescencia esté en el estadio de preantesis II, se elimina la bráctea peduncular y el prófalo, se enfunda la inflorescencia masculina, la funda es de poliéster para permitir el intercambio gaseoso, manteniendo así la humedad y temperatura adecuada hasta que termine la etapa de maduración y producción de polen que dura aproximadamente 12 días, la base del pedúnculo se recubre con algodón que tiene insecticida granulado para evitar la entrada de insectos (Romero et al., 2011).

Una vez exista polen en más del 70% de las espiguillas se corta la inflorescencia y se lleva a un cuarto climatizado con temperatura de 22 – 25°C y 70% de HR, en el cual, se seca el polen durante 12 a 24 horas. El polen recogido debe cumplir con viabilidad mayor al 65% y humedad del 8 – 12 % para poder utilizarse en campo, para lo cual se necesitan cuartos climatizados para poder mantener viable el polen (Romero et al., 2011).

En un principio se utilizó polen, la cual fue de mucha ayuda, sin embargo, esta tecnología presenta inconvenientes, tales como: la baja viabilidad del polen, problemas con la conservación del mismo para mantener porcentajes aceptables de viabilidad y germinabilidad y los altos costos de adquisición, incluso hay que escoger el momento de aplicación porque cuando llueve baja la probabilidad de una buena polinización, esto resulta poco conveniente para los pequeños productores de palma híbrida (Rosero Estupiñán & Santacruz, 2014).

Por lo tanto, la polinización asistida es un método exhaustivo en mano de obra y relativamente costoso que tiene que ser efectuado cuando las flores permanecen receptivas en un lapso de tiempo corto. Si la polinización asistida se realiza antes o después que ha pasado la antesis, difícilmente se va a desarrollar un racimo bien formado, van a haber frutos abortados en gran porcentaje y esto hará que el porcentaje de aceite sea menor (Sandoval, 2015)

Aún cuando se tiene una buena polinización y supervisión de polinización se llega a perder hasta el 15% de racimos por no poderse polinizar a tiempo, así mismo el 15% o más de los frutos de los racimos no se forman correctamente (Romero H. M., 2018).

### **Ácido naftalenacético ANA**

Los reguladores de crecimiento de las plantas tienen un papel fundamental en su desarrollo y crecimiento, se producen naturalmente de forma endógena, sin embargo, se puede inducir a las plantas mediante aplicación exógena de alguna de ellas para obtener beneficios en cuanto al rendimiento y obtención de mayores ingresos, en plantas hortícolas aplicar hormonas exógenas es una práctica bastante común para mejorar el desarrollo de los cultivos, mejorando el número, desarrollo y cuajado de frutos. En la actualidad se usa ampliamente sustancias sintéticas de crecimiento para la agricultura, han llegado a ser tan esenciales como los fertilizantes y los insecticidas (Méndez, 2009).

Las auxinas juegan un rol fundamental en los procesos fisiológicos que tienen lugar en las plantas, estas hormonas actúan directamente en el crecimiento de las plantas mediante las respuestas fisiológicas como el alargamiento y división celular, se ha mostrado resultados beneficiosos aplicando exógenamente esta hormona a cultivos como cítricos, melocotón, níspero y palmeras (Méndez, 2009).

El ácido alfa-naftalenacético es una auxina sintética proveniente del naftaleno, es frecuentemente usada en la agricultura, principalmente como promotor y regulador de las fases reproductivas como la floración y la fructificación en diversas especies vegetales (Fischer,

2006), reconocido por tener un efecto en la reducción de la caída de frutos de varias hortalizas e incrementar los rendimientos en cultivos frutales

### **Utilización de polen y ácido $\alpha$ - naftalenacético en híbridos OxG en Ecuador**

El polen fue utilizado en un principio para mitigar el efecto de la mezcla de los materiales *E. oleífera* x *E. guineensis*, pues el resultado del cruce de estos materiales carece de una polinización natural, sin embargo, hubo muchas dificultades utilizando el polen, entonces se hicieron investigaciones donde utilizaron mezclas de polen y ácido  $\alpha$ -naftalenacético, donde se analizó el uso en conjunto de estos dos recursos para que haya una buena conformación del racimo.

En la investigación realizada por (Bravo et al., 2022) se determinó que la mezcla de polen y ANA no es una práctica adecuada, ya que, hay una inhibición de la germinabilidad del polen, así mismo se determinó que el ANA favorece a la producción de frutos partenocárpicos, esto se dio cuando la frecuencia entre 3 ciclos de aplicación fue de 2 días. Así mismo se confirmó que el potencial de aceite aumenta cuando hay tres ciclos de aplicaciones y también los resultados de la aplicación inicial de polen seguido de 2 aplicaciones de ANA cada dos días fueron estadísticamente iguales que aplicar solamente ANA, bajo estas circunstancias el autor de la investigación recomienda hacer un análisis costo – beneficio para determinar cual es el método más oportuno para realizar una asistencia a la polinización.

### **Aplicación exógena de ácido naftalenacético ANA en palma híbrida**

Con el descubrimiento de la hormona ANA como inductor a la formación del fruto se resolvieron los problemas que conllevan el uso del polen, pues su costo es relativamente barato, el equipo que se utiliza para su aplicación es de fácil adquisición y uso. Esta actividad consiste en realizar una aplicación de la hormona en mezcla con un agente dispersor, como lo

es el talco chino, con la ayuda de un equipo de polinización, justo en la etapa de antesis o postantesis, donde se la induce a la inflorescencia a la formación de frutos.

La aplicación exógena del ANA implica ajustes en la logística, frecuencia de aplicación y dosis de mezcla por inflorescencia, así como otros equipos utilizados, es de vital importancia recordar que la excelente formación de los frutos depende del contacto de la mezcla con los botones florales de las inflorescencias femeninas (Ponce, 2016)

La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana ANCUPA realizaron estudios en los cuales aplicaron distintas cantidades de Polen, Polen – ANA y ANA en inflorescencias en preantesis, antesis y posantesis, evaluando variables como: peso del racimo, diámetro del fruto y la conformación de frutos (normales, abortados, partenocárpicos y estenopernocárpicos), en esta investigación se observó que es fundamental aplicar el ácido naftalenacético ANA a cada inflorescencia femenina, cuando la inflorescencia está en antesis, aplicando 2 refuerzos a la aplicación luego de 7 y 14 días, de esta forma se incrementa la cantidad de frutos partenocárpicos lo que se traduce en un aumento del potencial y extracción de aceite (Bravo et al., 2022)

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

Las investigaciones realizadas por (Garcia et al., 2020), en las que se evaluaron las aplicaciones de ANA en diferentes presentaciones con la finalidad de comparar su relación costo/beneficio a nivel de campo en términos de rendimientos laborales y formación de RFF, los resultados indicaron que la superficie cubierta por dos trabajadores con ANA en suspensión líquida fue de 4,8 hectáreas en un día correspondiente a 637 inflorescencias/día, mientras que para la aplicación de ANA en mezcla sólida un trabajador cubrió 4,1 hectáreas en un día correspondiente a 541 inflorescencias/día. Respecto al costo por hectárea/año se estimó en 253 dólares americanos cuando la mezcla de ANA fue líquida y con el uso de ANA en mezcla sólida 192 dólares, no obstante, el peso medio del racimo en fruta fresca (PMR), obtenido



mediante el uso de ANA en suspensión líquida favoreció su aplicación desde el punto de vista de la rentabilidad debido a que el PMR fue 19,4 % mayor comparado con el PMR con el uso de ANA en mezcla sólida.

En función a los resultados de adopción de la polinización artificial con ANA en cultivares OxG, el método más utilizado por las empresas fue aplicar ANA en suspensión sólida, espolvoreando en las inflorescencias argumentado la dificultad de manipular agua en el campo para aplicación de ANA en suspensión líquida y que además en plantaciones extensas hay lugares en donde es difícil el acceso al agua, en el trabajo de investigación de (García, Munevar, & Montoya, 2020), los resultados de rendimiento de operación indican que dos operarios que aplican ANA en suspensión líquida solo cubren un 17% más área que un solo operario que aplica ANA en suspensión sólida, aumentando el costo por inflorescencia para el caso de la mezcla de ANA en suspensión líquida, esto se explica por las actividades repetitivas de desplazarse por los lotes, cargar el agua, búsqueda de inflorescencias.

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

#### ***Frutos normales o fértiles***

Los frutos normales son aquellos que presentan un cuesco lignificado, que contiene adentro una almendra desarrollada, donde está el embrión que, si se expone a las condiciones adecuadas de humedad, temperatura y oxígeno, puede dar origen a una nueva palma, normalmente los frutos normales en híbridos presentan un cuesco muy grande (Hormaza et al., 2012). Respecto a lo mencionado en la investigación de (Galárraga, 2022) se indica que el peso medio de los frutos normales con polinización natural fue de 9,3 gramos, mientras que el peso medio de los frutos normales con la aplicación de ANA fue de 8,2- 8,5 gramos, debido a que la aplicación de ANA en inflorescencias en estado de antesis se presenta una menor proporción de la nuez y por consiguiente una reducción en el peso de los frutos normales.

### ***Frutos partenocárpicos***

Son el resultado del desarrollo de las paredes del ovario, pero sin haber una fecundación, no hay entrada de polen por el estigma, se forman de manera natural en los híbridos, tienen menor tamaño de los frutos normales y el contenido de aceite es mayor, se caracterizan porque no tienen semilla, es decir el fruto es exclusivamente exocarpio y mesocarpio (Hormaza et al., 2012). El peso medio de los frutos partenocárpicos con la aplicación de ANA es de 4,5-5,7 gramos, mientras que con la polinización natural se obtuvo un peso medio de 4 gramos siendo además de menor volumen y de forma alargada según lo expresado en el trabajo de (Galárraga, 2022).

### ***Frutos abortados***

Los abortos son flores que no fueron fecundadas y que no tuvieron un desarrollo como frutos partenocárpicos o que se formaron como tal, pero no alcanzaron su desarrollo óptimo hasta llegar a la síntesis de ácidos grasos, esto es causado por factores genéticos o condiciones climáticas desfavorables, se caracteriza porque el aborto es de color amarillo claro y su tamaño es pequeño con un peso promedio de  $1,8 \pm 0,3$  gramos (Hormaza et al., 2012). En el trabajo de investigación de (García et al., 2020) se indica el porcentaje de frutos abortados en el híbrido Coarí x LaMé con polinización natural siendo de 64.42 % mientras que con la aplicación de ANA el porcentaje disminuye a 9,17 %, representado en una menor producción de aceite y por ende mayor retribución económica.

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

### ***Frutos externos***

Son alargados en la parte apical si las espiguillas están en la parte superior o central del racimo, o achatados si ellas se encuentran en la parte inferior del racimo, en la especie E.

guineensis estos frutos son los primeros en madurar, mientras que en los híbridos interespecíficos son los últimos (Hormaza et al., 2012).

### ***Frutos internos***

Son aquellos que son más pequeños y de coloración más clara, se ubican en la parte basal de la espiga y generalmente en materiales híbridos cuando no hay una asistencia en la polinización, estos frutos suelen madurar más pronto que los frutos externos, lo que causa una asincronía y causa complicaciones en establecer un parámetro de cosecha porque cuando ellos están maduros, los externos aún no (Hormaza et al., 2012).

### **Efecto del ANA en la formación de frutos partenocárpicos en la palma aceitera.**

El material híbrido OxG naturalmente produce un porcentaje de frutos sin semilla (Partenocárpicos), esta cualidad permite la acumulación de aceite en el mesocarpio fresco de estos frutos llegando a valores cercanos al 50% (Romero, 2018).

El grupo de Biología y mejoramiento genético de CENIPALMA en el año 2013 desarrolló experimentos que permitieron determinar el potencial del uso de fitohormonas en la inducción de frutos partenocárpicos, en el estudio se evidencio que los reguladores auxínicos presentaban los mejores resultados (Romero, 2018).

Se logró establecer que el ácido naftalenacético en soluciones acuosas era capaz de inducir la partenocarpia en aquellas inflorescencias que no habían tenido polinización asistida, las mejoras en las características evaluadas se reflejaron en el aumento del peso de los racimos, disminución del porcentaje de frutos abortados y el contenido de aceite, logrando los mejores resultados bajo una concentración de ANA del 1200 ppm (Romero, 2018). Posteriormente en la investigación se resolvió el número de aplicaciones de ANA de dos a tres veces en una misma inflorescencia permitiendo una extracción de aceite superior al 33% al obtenido con la aplicación de polen de forma asistida. Cabe destacar que la aplicación de ANA permite el desarrollo y

llenado de frutos incluso después de que las flores pierden su receptividad al polen (post antesis). Diversos estudios actuales sobre la evaluación de aplicación de ácido naftalenacético (ANA), han demostrado incrementos en el porcentaje de frutos partenocárpicos, además de una disminución importante de frutos abortados.

En el trabajo de (Daza et al., 2022) presenta información relevante sobre las características del racimo y el potencial de aceite, los resultados encontrados indican que el número de racimos formados con la aplicación de ANA fue del 95 %, además que el tratamiento hormonal no produjo abortos florales. respecto al peso promedio del fruto se presentó que el peso de la almendra se redujo en un 52,3% influyendo el desarrollo de la almendra. Respecto al potencial de aceite debido a la aplicación de ANA y su mayor inducción de frutos partenocárpicos con un porcentaje de aceite en pulpa de 72,5% presentando tasas de extracción de aceite entre el 21% y 26% con racimos cosechados entre los 175 y 185 días de madurez. En cuanto a la composición de ácidos grasos el contenido de ácido oleico representó una mayor proporción en el aceite que osciló de 54,3% y el 59,5% seguido del ácido linoleico que presentó valores de 10,0% y 11,4%. el contenido en promedio de ácidos grasos saturados fue de 31,5% y el ácido palmítico con valores de 26,2 y 30,1%.

### **Características de los estados fenológicos de las inflorescencias del híbrido interespecífico OxG**

Las inflorescencias masculinas no tienen gran diferencia morfológica en comparación con la especie *E. guineensis*, no se puede decir lo mismo con las inflorescencias femeninas, las cuales tardan 98 días desde la emergencia de la estructura hasta el estado de pre antesis 1, lo que significa que demora más que la especie de palma africana, pero el tiempo de cada estadio de antesis es menor (Romero et al., 2011). La antesis puede darse desde una semana hasta tres o cuatro, según lo expresado por (Corley & Tinker, 2015).

(Romero et al., 2011) en su publicación sobre la guía de la polinización de palma de aceite reconoce 5 estadios fenológicos de las inflorescencias en el híbrido interespecífico OxG:

**Tabla 1**

*Estadios fenológicos de las inflorescencias del híbrido interespecífico OxG*

<b>Estado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Duración del estadio</b>
Preantesis 1	La bráctea peduncular se rasga en la mitad, las espiguillas son de color oscuro y están apretadas hacia el centro	4 a 5 días
Preantesis 2	El 20% de la bráctea peduncular se rasga, las espiguillas están más abiertas, son de color café oscuro y empieza a emerger el botón floral	3 a 4 días
Preantesis 3	El 50 a 60 % de la bráctea peduncular se rasga, el prófalo está desintegrado, las espiguillas están separadas y de color café claro y el botón floral cesa su crecimiento	3 días
Antesis	La bráctea peduncular fibrosa y leñosa se desintegra, los botones florales se abren y exponen los lóbulos del estigma color crema.	1 día
Fin de floración	Empieza la polinización de las flores, cambia progresivamente de coloración de los lóbulos del estigma color amarillo muy oscuro, luego café y finalmente negro	1 día

Rescatado de (Romero et al., 2011) citando a (Hormaza et al., 2010)

### **Fisiología de la formación de frutos en híbridos interespecíficos O×G**

El estigma se vuelve receptivo cuando se da la apertura de los lóbulos y hay una ligera secreción de exudados, es cuando se da la polinización, luego de 24 horas de la antesis, los lóbulos estigmáticos producen antocianinas, de esta forma la coloración de los lóbulos se vuelve de café oscuro a negro, lo que se conoce como flores quemadas. Los granos de polen germinan 24 horas después de la polinización sobre las papilas del estigma, los tubos crecen sobre la superficie de la papila, ingresan a la ranura estigmática y siguen a lo largo del conducto del estilo para llegar a los lóculos, entre 16 a 20 horas luego de la polinización, los tubos polínicos ingresan en los lóculos del ovario (Hormaza et al., 2010).

Durante las primeras etapas de desarrollo del fruto el mesocarpio está constituido por agua y carbohidratos, a medida que su madurez avanza, este contenido disminuye y aumenta el contenido de aceite y carotenoides, fisiológicamente cuando se empieza a desarrollar el fruto se produce clorofila y carotenos, estos son almacenados o degradados, en el caso de la clorofila, cuando ya hay una correcta conformación del fruto y este ha llegado a su tamaño normal, se degrada porque ya realizó su papel de sintetizar carbohidratos, mientras que los carotenos continúan su síntesis y alcanzan su concentración máxima cuando el fruto ya está totalmente maduro (Hormaza et al., 2010).

Una vez que existe el cambio de color en la flor, inicia el hinchamiento del ovario, el cual se encuentra recubierto por las brácteas del verticilo, luego de ocho días de la antesis el fruto ha llegado al 48,5% de su tamaño final, con un aspecto brillante y es de color verde turquesa pálido en la base, lo contrario ocurre con *E. guineensis* que a los 28 a 31 días, presenta el crecimiento de hasta el 50% del tamaño final. Cuando ya han pasado 15 días luego de la antesis el fruto ha alcanzado el 65% de su tamaño, tiene color brillante y es de color verde turquesa pálido, la cual se mantiene hasta los 30 días después de antesis, en esta etapa

todavía no se diferencia el cuesco del endospermo, presentando textura blanda de color crema y a los 45 días la coloración de las drupas es verde brillante con color amarillo en la parte basal (Gerardo Cayón, 1999)

Después de 46 a 100 días de antesis el crecimiento en diámetro del fruto es mínimo, ya existe una formación del cuesco que empieza su proceso de endurecimiento, entre los días 101 y 115 luego de antesis el fruto ha alcanzado el 95 % de su diámetro final y estos frutos presentan mayormente agua y carbohidratos, hay un cambio de color de forma generalizada a verde amarillento, donde ya se observa el inicio de la síntesis de carotenos, a partir de este momento empieza la maduración de los frutos (Hormaza et al., 2010).

En los días 116 y 125 después de antesis la coloración del exocarpio cambia, se presenta un mosaico tricolor, donde hay frutos verdes, amarillos y naranjas, esto se debe a la asincronía en la polinización y por lo tanto las diferencias en formación y maduración del fruto, así mismo en esta etapa hay una maduración del 30 a 40% del racimo y el cuesco en este momento se lignifica y el endospermo deja de ser una suspensión coloidal para pasar a ser sólida y de color blanca. De los días 126 a 139 se pierde el mosaico tricolor del racimo y se presencia una coloración uniforme del racimo, presentando un color naranja cobrizo, de los días 140 a 152 el color del exocarpio es naranja medio, en el cual ya se observa la formación del aceite (Gerardo Cayón, 1999)

El desarrollo del racimo en *E. guineensis* se da de 4,5 a 6 meses, mientras que para el híbrido interespecífico OxG toma de 4,5 a 6,6 meses, el racimo maduro de los híbridos es cónico y ancho en la parte central, puede medir de 24 a 38 cm de largo y entre 26 y 36 cm de ancho. Una vez llegado a su etapa de maduración se han formado los ácidos grasos libres, luego se inicia el proceso de sobre maduración, se caracteriza porque del 10 al 30 % de la superficie de sus frutos es color pardo y con grietas, luego se inicia un proceso bioquímico de descomposición de aceite llamado acidificación (Hormaza et al., 2010).

### **Beneficios del aceite del híbrido interespecífico OxG**

El material híbrido OxG no solo presenta una mayor resistencia a las enfermedades y plagas, sino también importantes diferencias en la composición nutricional del aceite en relación con la especie africana (Zapata, 2010).

El aceite de palma del híbrido OxG es conocido como el aceite alto oleico debido a que el análisis demuestra que aporta con un 33% de ácidos grasos saturados, cerca del 28% se expresa como ácido palmítico y el 66% de ácidos grasos insaturados el cual se expresa con un 54% de ácido oleico (Icontec, 2009).

Debido a su alto contenido de ácido oleico monoinsaturado, le confiere propiedades cardio protectoras, gracias a su capacidad para reducir los niveles de colesterol (lipoproteínas de baja densidad), conocido vulgarmente como colesterol malo y aumentar los niveles de lipoproteínas de alta densidad conocido como el colesterol bueno (Khosla, 2014). El aceite obtenido del híbrido de palma OxG puede ser sometido a procesos de pre tratamiento y refinación mediante el uso de temperaturas menores en relación con las usadas en la refinación habitual, debido a esto se conserva su color rojo y la mayoría de los nutrientes. Además, este aceite tiene un contenido elevado de vitamina E (Tocotrienoles) principalmente, característicos por su alto poder antioxidante, esteroides por sus efectos hipocolesterolémicos, protege contra el cáncer y enfermedades crónicas como el Alzheimer, betacarotenos que actúan como provitamina A que son de importancia para la visión y reforzar el sistema inmunológico.

### **Comparación de las características del perfil lipídico del híbrido interespecífico *Taisha x Avros* y *E. guineensis***

La investigación realizada por (Mozzon et al.,2013) caracterizó detalladamente la composición de los ácidos grasos presentes en el aceite crudo de palma, con el material



interespecífico cultivado en Colombia, dichos resultados y su comparación con los valores obtenidos a partir del aceite proveniente de palma de aceite *E. guineensis* se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Perfil de ácidos grasos del híbrido OxG Taisha x Avros vs E. guineensis*

Ácido graso	Híbrido interespecífico OxG	Palma Africana <i>E. guineensis</i>
Láurico	0,28 - 0,78 %	0,7%
Mirístico	0,52 %	1,0 %
Palmítico	28,3 %	40,1%
Esteárico	1,7 - 2,0 %	5,0%
Oleico	57,1 %	41,1 %
Linoleico	15,14 %	10,6 %
índice de yodo	64,35 %	55 %
Saturados	33,5 %	47,3 %
Monoinsaturados	55,1 %	41,6 %
Poliinsaturados	11,4 %	10,9 %

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

La presencia de frutos partenocárpicos en los racimos del material híbrido OxG está en promedio de 28,33% y esto tiene influencia directa con la tasa de extracción de aceite.

**Tabla 3**

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

Descripción	Valor
Frutos por racimo, unidades	1 985
Peso medio del fruto, g	21,42

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
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

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

## Capítulo III: Materiales y métodos

### Ubicación del área de investigación.

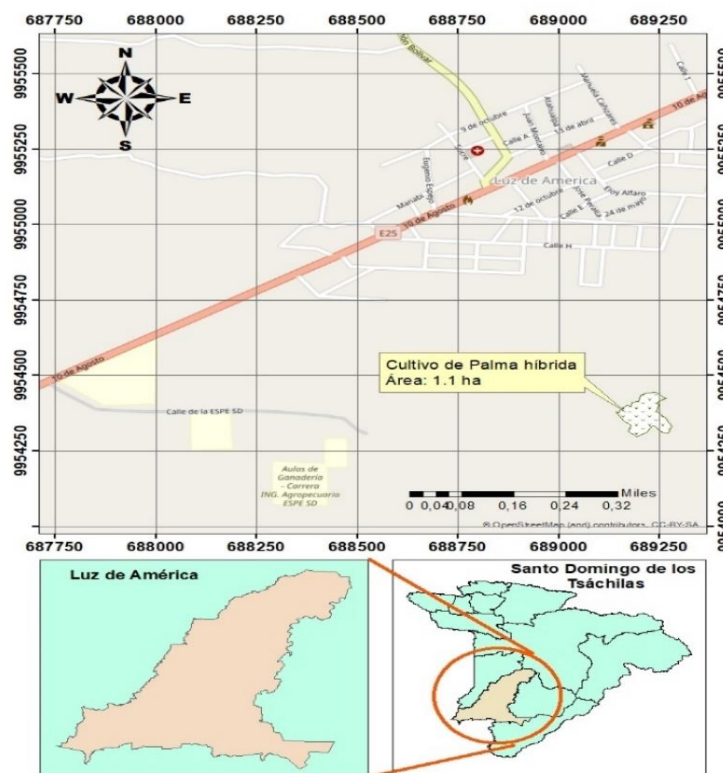
#### *Ubicación política*

- País : Ecuador
- Provincia : Santo Domingo de los Tsáchilas
- Cantón : Santo Domingo de los Colorados
- Parroquia : Luz de América
- Sector : Km 24 - Vía Quevedo

#### *Ubicación geográfica.*

### Ilustración 1

#### *Ubicación geográfica de la investigación*



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

- Latitud : 0°02'25.24" S
- Longitud : 79°17'51.08" W

### ***Ubicación ecológica.***

El sector donde se realizó la investigación dispone de las siguientes características ecológicas:

- Zona de vida : Bosque Húmedo Tropical
- Temperatura media anual : 24-26 ° C
- Altitud : 224 msnm
- Precipitación : 2 860 mm
- Humedad relativa : 85%
- Heliofanía : 680 Horas luz/año
- Suelo : Franco Arenoso.

### **Materiales: Fase de campo.**

#### **Tabla 4**

*Recursos utilizados para el establecimiento y manejo del ensayo en la fase de campo.*

<b>Materiales</b>	<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>
Libreta de campo	Acido Naftalenacético (ANA)	Balanza analítica
Pintura esmalte	Talco neutro	Dispositivo GPS
Cinta identificadora		Equipo de polinización
Machetes		

## Análisis de lípidos y grasas, fase de laboratorio

### *Extracción de aceite por método Soxhlet*

**Tabla 5**

*Materiales utilizados para realizar la extracción de aceite por el método de Soxhlet*

<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Muestra</b>
Vaso de precipitados 250 ml	Eter de petróleo	Extractor de Grasa Soxhlet	Mesocarpio seco y triturado del fruto
Pinza metálica		Estufa 220 V	
Papel filtro N°-1		Balanza analítica	
Espátulas			

### *Porcentaje de extracción de grasa.*

**Tabla 6**

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

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

### *Índice de Acidez.*

**Tabla 7**

*Materiales utilizados para determinar el índice de acidez*

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

Insumos	Reactivos	Equipos	Muestra
Probeta graduada 50 ml	NaOH (0,1N)	Equipo de titulación	
	Alcohol neutro	Plancha térmica magnética	

### ***Valoración de pH***

**Tabla 8**

*Materiales utilizados para determinar el pH*

Insumos	Equipos	Muestra
Vaso de precipitados 250 ml	Balanza analítica	Aceite de palma
	Potenciómetro	

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

**Tabla 9**

*Materiales usados para determinar la solubilidad*

Insumos	Reactivos	Equipos	Muestra
Tubos de ensayo	Eter etílico	Agitador	Aceite de palma
Gradilla	Agua destilada		
Pipeta graduada	Cloroformo		
	Alcohol etílico		

**Determinación de coloración****Tabla 10***Materiales utilizados para determinar la coloración*

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

**Índice de saponificación****Tabla 11***Materiales utilizados para determinar el índice de saponificación*

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

**Índice de peróxido.****Tabla 12***Materiales utilizados para determinar el índice de peróxido*

<b>Insumos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Muestra</b>
Vasos de precipitación 250 ml	Acido acético	Agitador magnético	Aceite de palma

Insumos	Reactivos	Equipos	Muestra
Matraz Erlenmeyer 250 ml	Cloroformo	Equipo de titulación	
	Yoduro de potasio	Plancha térmica magnética	
	Tiosulfato sódico		
	Solución de almidón (0,1N)		

### ***Determinación de cenizas.***

**Tabla 13**

*Materiales utilizados para determinar cenizas*

Insumos	Reactivos	Equipos	Muestra
Desecador	Agua destilada	Estufa 220 V	Aceite de palma
Crisoles		Mufla	
Mechero de alcohol		Cámara de flujo laminar	
Pinzas metálicas			

### ***Determinación de densidad***

**Tabla 14**

*Materiales utilizados para determinar la densidad*

Insumos	Equipos	Muestra
Picnómetros 10 ml	Cocineta eléctrica	Aceite de palma
	Termómetro	



**Determinación de absorbancia.****Tabla 15***Materiales utilizados para determinar la absorbancia*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Muestra</b>
Cristal de cuarzo	Espectrofotómetro thermo spectronic Genesys 10 Uv/vis	Aceite de palma

**Determinación de impurezas por método de centrifugación.****Tabla 16***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	Centrífuga	Aceite de palma

**Determinación de humedad.****Tabla 17***Materiales utilizados para determinar la humedad*

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

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

Para esta investigación se aplicó la estadística descriptiva la cual permitió caracterizar, organizar, presentar y analizar los datos registrados tras la aplicación de ANA+Talco en inflorescencias en estado de antesis y posantesis en híbridos de palma aceitera OxG, variedad Taisha, se evaluaron variables como la conformación del fruto, tamaño de almendra, extracción y análisis químico de lípidos y grasas de las frutas sin la aplicación de la mezcla de ANA+Talco, el porcentaje de extracción de grasa, índice de acidez, pH, coloración, índice de saponificación, solubilidad, Índice de peróxido, solubilidad, absorbancia, densidad, análisis de cenizas, contenido de impurezas, esto con la finalidad de establecer la línea base de la investigación y luego poder comparar con la nueva producción, es decir, flores inducidas a formar frutos por el ANA

La plantación en estudio tiene un área de cultivo de 1,5 hectáreas en donde están los híbridos de palma aceitera OxG con distanciamiento de siembra de 9x9 entre planta y calle, respectivamente, la plantación tiene nueve años.

### **Variables evaluadas en fase de campo**

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

El trabajo se realizó el 27 de enero del 2023, se inició con la identificación de plantas altamente productivas, se eligieron 50 plantas al azar a las cuales se les contó el número de racimos producidos sin importar su estado de formación, es decir que esté bien o mal formado sus frutos, esto se explica porque al tener control total de la asistencia de polinización todos los racimos se forman bien, entonces para calcular el potencial de producción se toma en cuenta cuantos racimos tiene cada planta y en base a estos datos se obtienen los resultados. El resultado de la proyección se expresa mediante la siguiente ecuación:

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

### ***Preparación de la mezcla talco + ANA***

Para la preparación de la mezcla se pesó 500 gramos de talco neutro y se colocó en un recipiente, adicional a ello se agregaron 20,83 gramos de ANA correspondientes al 4% y se integró hasta conseguir una mezcla homogénea. Luego de ya estar preparada la mezcla se la colocó en el equipo de polinización, donde entran más o menos 180 gramos de manera óptima, no se llenó completamente el lugar donde se coloca de la mezcla en el equipo porque al estar muy lleno sale mucha mezcla y no se distribuye de forma homogénea en la inflorescencia

### ***Identificación de flores femeninas en antesis***

Esta actividad consistió en la búsqueda de inflorescencias femeninas en antesis visitando 2 hileras de del cultivo de palma, revisando las plantas en zigzag, donde se las identificó mediante características morfológicas de la flor como: coloración crema, blanca o amarilla de los pétalos de las flores, además se apoyó identificando el olor que en algunos casos es de anís. Otro parámetro considerado fue la cantidad de flores en antesis de la inflorescencia, en los híbridos interespecíficos no todas las flores llegan a antesis al mismo tiempo, por lo que se consideró que el 80% de flores de la inflorescencia debían estar en antesis o en post antesis para considerarlas aptas para realizar la asistencia. Además, se revisó que la planta sea productiva y de buen estado fitosanitario.

### ***Aplicación de la mezcla Talco + ANA 4%***

Luego de identificar las inflorescencias en antesis, se reconoció las estructuras que las recubren, siendo estas el prófalo y las brácteas pedunculares, las cuales son muy fibrosas e impiden realizar cómodamente la labor, por lo que con ayuda del gancho de hierro que viene adherida en el equipo de polinización se trató de abrirlas, hacerlas un lado para que la inflorescencia quede desprotegida por estas estructuras y poder realizar correctamente la aplicación.

Finalmente se realizó la aplicación de la hormona, se hizo una aspersión de 12 a 15 gramos de la mezcla por cada una. Las aplicaciones fueron realizadas dos veces por semana (martes y viernes) iniciando el 17 de octubre del 2022 y culminando el 27 de enero del 2023, cada una de las aplicaciones de la mezcla fueron marcadas en la hoja de donde sale la inflorescencia siguiendo un código de registro en el que se indicó la semana, los días martes solo eran identificados por el número de semana, mientras que los días viernes se ponía el número de semana y un asterisco en la parte superior del número para identificar que se trata de un viernes, así mismo a lado del número se colocaron rayas que equivalía al número de aplicación de modo que cuando la inflorescencia tenga la segunda y tercera raya se sepa que respectivamente tiene dos y tres aplicaciones de la hormona.

Luego de la primera aplicación a los 7 y 14 días se hizo la segunda y tercera aplicación respectivamente para hacer un refuerzo y asegurar que la hormona llegue a todos los lugares del racimo para que haya una buena conformación del mismo. El horario de trabajo siempre fue en las horas más frescas de la mañana, trabajando mayormente de 9 a 12 a.m. El trabajo puede ser obstaculizado por la lluvia, sin embargo, en el periodo de nuestro proyecto no hubo lluvias representativas, solo existieron brisas, las cuales no afectaron la labor porque el cultivo ya es de 9 años y presenta una buena altura y existe un gran desarrollo de hojas que impiden el paso de las gotas de agua.

### ***Potencial de aceite en base a racimo determinado por humedad***

Se procedió a pesar el racimo, posteriormente se contabilizó los alvéolos vacíos, se separó las espigas del tallo almacenándolas y adhiriéndolas al fruto, luego se obtuvo una submuestra constituyente a la tercera parte del racimo, se cuantificó el número de alvéolos vacíos y el número de frutos sueltos, se realizó la clasificación de los frutos fértiles tanto internos como externos, además los frutos abortados y los frutos partenocárpicos, tomado los

datos de peso (W) para determinar su promedio. Se determinó el % del peso del fruto externo/ espiga de los frutos internos y externos, usando las ecuaciones siguientes:

$$\text{Fruto externo} = \frac{W \text{ fruto externo}}{\text{Submuestra}} \times 100$$

$$\% \text{Fruto Interno} = \frac{W \text{ fruto interno}}{\text{Submuestra}} \times 100$$

Se determinó el peso promedio de los frutos normales y su porcentaje por racimo mediante el uso de las ecuaciones siguientes:

$$W \text{ Prom. Frutos normales} = \frac{W \text{ Frutos normales}}{N^{\circ} F. \text{ Internos} + F. \text{ externos}}$$

$$\% W \text{ Frutos normales/racimos} = \frac{W \text{ Frutos normales}}{W \text{ total del racimo}}$$

Posteriormente, se retiró el mesocarpio de los frutos externos e internos por separado, se obtuvo el peso de las nueces y se determinó el % de pulpa de frutos internos y externos, mediante el uso de las ecuaciones siguientes:

$$\% \text{ pulpa F. internos} = \frac{W \text{ Frutos internos} - W \text{ nueces F. internos}}{W F. \text{ internos}} \times 100$$

$$\% \text{ pulpa F. externos} = \frac{W \text{ Frutos externos} - W \text{ nueces F. externos}}{W F. \text{ externos}} \times 100$$

Luego, se tomó 10 gramos de mesocarpio de los frutos internos y externos y se los disminuyó el tamaño de sus partículas, luego se pesó dos cápsulas de porcelana vacías, limpias y secas, se colocaron las muestras de mesocarpio en cada una y se las introdujo a la estufa durante 10 minutos a una temperatura de 60°C, luego de ellos fueron llevadas al

deseccador hasta obtener una temperatura ambiente, se tomó el peso de las cápsulas, este proceso fue realizado otra vez pero con una variación en el tiempo de las muestras en la estufa la cual fue de 1 minuto a una temperatura de 60°C, se determinó el porcentaje de humedad de la muestra de frutos internos y externos y se la expresó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W \text{ muestra húmeda} - W \text{ muestra seca}}{W \text{ muestra húmeda}} \times 100$$

Por consiguiente, se determinó el % de aceite de la muestra de mesocarpio de frutos internos y externos, además el % de aceite por racimo mediante la aplicación de las ecuaciones siguientes:

$$\% \text{ aceite mesocarpio} = 82,37 - (0,95 \times \% \text{ Humedad})$$

Se determinó el porcentaje de aceite del racimo en relación a los frutos internos y externos, además el porcentaje del contenido de aceite total del racimo, los resultados se expresaron con la aplicación de las ecuaciones siguientes:

$$\% \text{ aceite/racimo} = (\% \text{ espigas/rff}) \times (\% W \text{ Frutos/espiga}) \times (\% \text{ pulpa/frutos}) \times (\% \text{ aceite/mesocarpio})$$

$$\% \text{ aceite total} = (\% \text{ aceite/racimo interno}) + (\% \text{ aceite/racimo externo})$$

## **Variables evaluadas (Fase de laboratorio)**

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

Para la extracción se utilizó el mesocarpio del fruto de palma previamente seco, en la estufa a 60°C durante 24 horas, luego de ello se trituro las muestras de mesocarpio. La

extracción fue realizada por medio del uso de un extractor de grasas por método de Soxhlet de seis sitios, en cada uno de ellos se colocó un papel filtro con 15 gramos de la muestra, para la extracción de grasa se utilizó éter de petróleo 50 ml por cada dedal (sitio).

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

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

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

Donde:

W0: Peso de la muestra

W1: Peso del vaso beaker vacío

W2: Peso del vaso más la grasa

También se realizó pruebas físico químicas para evaluar la calidad del aceite extraído del fruto cosechado en la plantación híbrida que no fue asistido en la polinización, las pruebas realizadas se citan a continuación:

### **Índice de acidez**

Respecto a la norma técnica INEN 38: 1973-08, se resuelve la siguiente metodología: Se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, 50 gramos de la muestra de aceite, por consiguiente, se añadió 100 ml de alcohol neutro y tres gotas de fenolftaleína, luego se tituló con una solución de Hidróxido de sodio al 0.1 N, hasta que se observó un color 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.

En primera instancia, se realizó la calibración del potenciómetro con la solución buffer con pH 4 a 30°C. Se colocó en un vaso de precipitación 10 ml de la muestra de aceite, se introdujo el electrodo del potenciómetro hasta obtener una lectura final constante de cada una de las muestras.

### ***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, en los cuales se agregó 0,5 ml de la muestra de aceite en cada uno, luego de ello se añadió en cada tubo 1ml de los diferentes solventes orgánicos: Alcohol etílico, cloroformo y éter etílico, además se agregó uno con agua destilada. Finalmente se dejó reposar por un lapso de 5 minutos y se observó el comportamiento del aceite al estar con los diferentes solventes.



**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 de la muestra de aceite, 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, posterior a ello se tituló con una solución de ácido clorhídrico 0,5 N, usando dos gotas de fenolftaleína como indicador, 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 palma, 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 palma, 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 y secos, luego se añadió agua destilada recién hervida y enfriada a 20°C, se los sumergió a baño maría a 25°C por un periodo

de tiempo de 30 minutos, luego de ello se pesaron nuevamente los picnómetros, el mismo procedimiento fue realizado con las muestras de grasa, finalmente para determinar la densidad de la muestra se desarrolló la siguiente ecuación:

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

Donde:

d<sub>25</sub>: densidad relativa a 25/25 °C

m: masa del picnómetro vacío en gramos

m<sub>1</sub>: masa del picnómetro con agua destilada en gramos

m<sub>2</sub>: masa del picnómetro con la muestra en gramos

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

Para la determinación de esta variable se utilizó un espectrofotómetro o termo spectronic genesys 10 Uv/vis, en primera instancia se colocó 1 ml de la muestra de aceite en el cuarzo y se introdujo a el equipo con 550.0 nm por 20 segundos, luego se observó la lectura que marco el equipo.

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

En primer lugar, se agregó 5 ml de la muestra de aceite de palma en el tubo para la centrifugación y 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:

Se tomó el peso de las cajas Petri lavadas y secas, luego se agregó 5 gramos de la muestra de aceite correspondiente a frutos internos y externos respectivamente, fueron rotuladas y seguido a ello 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 datos del 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**

Este análisis se lo realizó mediante una estimación de los costos de producción y de los ingresos estimados generados en una proyección de 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:

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

## Capítulo IV: Resultados y discusión

### Resumen de datos importantes realizado en el análisis de calidad de aceite

**Tabla 18**

*Parámetros determinantes de la calidad del aceite extraído de frutos de palma híbrida*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Valores óptimos</b>
Porcentaje de extracción de grasa %	44,80	50 – 60
Porcentaje de pulpa %	63,02	80 – 95
Índice de acidez	2,82	0,30
Valoración de pH	5,39	4,5 – 5,1
Porcentaje de impurezas %	0	0,05
Porcentaje de humedad %	0,54	0,5

Nota: el racimo usado para este análisis no fue realizado la asistencia a la polinización con ANA. Los datos obtenidos mediante el análisis de lípidos y grasas son importantes porque nos permite tener una línea base del cultivo, conocer las características físico – químicas del aceite de la fruta que no fue asistida en su polinización, para posteriormente poder hacer comparaciones con otros análisis de lípidos y grasas, pero ya con racimos a los que si se asistió en su polinización.

### **Establecimiento de la línea base de la palma híbrida**

#### ***Área del cultivo***

Al realizar el mapeo del lugar, se determinó que la plantación cuenta con un área neta de 1,5 ha, sin embargo, el área de plantas productivas es 1,1 hectáreas, debido que la plantación contiene plantas improductivas, plantas enfermas con enfermedades como la

marchitez sorpresiva y palmas del género *E. guineensis* que obviamente no forman parte del ensayo

### **Manejo del cultivo**

La asistencia a la polinización debe ser acompañada de un excelente manejo agronómico y las condiciones edafoclimáticas ideales, para que en sinergia contribuyan a una buena producción y los materiales puedan explotar su potencial genético, por lo citar el manejo del cultivo como línea base es fundamental.

### **Fertilización**

La fertilización se la ha venido realizando de forma puntual, se ha aplicado sulfato de magnesio ( $MgSO_4$ ) como fuente de magnesio y azufre en una ración de 500 gramos/planta/año, la fuente de nitrógeno usada ha venido siendo el nitrato de amonio ( $NO_3NH_4$ ), dosificándose 300 gramos/planta/año y para proveer potasio a las plantas se coloca de manera convencional 500 gramos de cloruro de potasio KCl por cada planta al año. Así mismo se aplica 8 – 20 – 20 en una ración de 1 kg por planta/año, quedando la distribución de la siguiente forma:

**Tabla 19**

*Fraccionamiento de fertilizantes utilizados en la plantación de palma híbrida OxG*

Fertilizante	Primera aplicación (g/planta)	Segunda aplicación (g/ planta)
Sulfato de magnesio	250	250
Nitrato de amonio	150	150
Cloruro de potasio	250	250
8 – 20 – 20	500	500

***Poda***

La poda según lo visto en campo se lo ha realizado de forma continua, cada vez que se realiza cosecha, se elimina la hoja de donde emerge el fruto. (Morales et al., 2016) coinciden que la cosecha debe ser acompañada por un corte de la hoja de donde se sostiene el fruto, esto para facilitar la labor de cosecha, evitar la pérdida de frutos sueltos, limitar el crecimiento de plantas epífitas y evitar la diseminación de unas enfermedades. Además, (Henson, 2002) menciona que lo óptimo es que haya una poda moderada y que siempre existan de 35 a 40 hojas, para favorecer la fotosíntesis y que haya buena conformación de racimos en peso y tamaño, así mismo, menciona que cuando el número de hojas es menor que 32 se reduce el rendimiento.

***Corona***

La corona es una de las actividades que siempre fue mantenida y constante en la plantación, cada corona es realizada con un radio de 2 metros de área limpia siendo importante porque las palmas al tener raíces superficiales, necesitan tener el área en donde se concentran la mayor cantidad de raíces libre de malezas para evitar la competencia por nutrientes.

***Chapia***

La chapia en la plantación de palma híbrida es beneficiosa porque se permite tener controlada la maleza para facilitar el acceso de los trabajadores a realizar el resto de labores agronómicas del cultivo, además evitar que las malezas crezcan a tal grado que cubran las hojas de la palma, siendo esto perjudicial porque baja la tasa de fotosíntesis y por lo tanto el rendimiento de racimos.



## Cosecha

(Millan et al., 2017) recomiendan que la cosecha en híbridos interespecíficos cuando el fruto esté de color naranja cobrizo brillante, el mesocarpio sea de color naranja oscuro, de aspecto aceitoso, que haya un desprendimiento natural de 2-5 frutos, que el racimo tenga frutos con cuarteamiento en el ápice de los frutos. En la plantación se pudo observar que los frutos si son cosechados de la forma correcta, la persona encargada está capacitada para determinar la madurez de los racimos, observando el desprendimiento natural del fruto, cuarteamiento y color del fruto.

Así mismo se recopiló datos de la producción de la plantación de palma híbrida que se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 20**

*Historial de producción de la palma híbrida OxG*

<b>Año</b>	<b>Kg de fruta</b>	<b>Valor ingresado</b>
2021	26 640	3 689,30
2022	16 520	3 352,85

Esta plantación no ha recibido la asistencia a la polinización con el uso de polen, tampoco ha sido inducida a formar frutos con la aplicación exógena de hormonas como el ANA, desde la plantación se venían descartando frutos ya que no tenían buena conformación, en las extractoras de aceite esta fruta tiene bajo precio.

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 casos de producción de hasta 50 toneladas/ha/año en Colombia utilizando la variedad Coarí x LaMé, la cual se ha hecho la variedad más utilizada en la provincia de Esmeraldas (Cheme, 2022).

Estos datos nos indican que la producción anual de fruta de esta plantación se incrementará debido a la inducción de frutos con la hormona ANA

### ***Estado fitosanitario***

Los principales insectos plaga en una plantación de palma son el *Rhynchophorus palmarum*, *Strategus oleus*, *Sagalassa valida* (Bustillos et al., 2016), además también se conoce el efecto de *Struthocelis*, *Loxotoma elegans*, *Stenoma cecropia*, *Opsiphanes cassina*, *Brassoliis sp.*, que son defoliadores por excelencia capaces de reducir la tasa fotosintética y por lo tanto reducir la producción de fruta en la palma (Rahmana, 1994).

Sin embargo, en la plantación de palma híbrida en estudio no se encontró incidencia de estos insectos, se hizo monitoreos periódicos del envés de la hoja sin observar daños de impacto económico en las plantas, siendo esto positivo para la plantación

En cuanto a las enfermedades de más renombre que se conocen son la pudrición del cogollo, el anillo rojo, marchitez letal y marchitez sorpresiva (Bustillos et al., 2016), la que si se observó fue la marchitez sorpresiva (MS), en cierto número de palmas, los síntomas que nos ayudaron a detectar la enfermedad fue una marchitez que se acompaña de un secamiento de hojas de forma progresiva, donde los frutos prácticamente se abortan y se llega a la improductividad.

**Potencial de aceite de palma híbrida OxG sin realizar la asistencia para la conformación de frutos**

**Tabla 21**

*Parámetros de la calidad del racimo de palma híbrida sin realizar asistencia para conformación de frutos*

<b>Parámetro</b>	<b>Muestra</b>	<b>Submuestra</b>
Peso en gramos	16 420	5 653
Alvéolos vacíos	175	166
Frutos sueltos	412	227
Número de espigas	150	50

**Tabla 22**

*Características y composición de conformación del racimo de palma híbrida sin asistencia para la conformación de frutos*

<b>Parámetro</b>	<b>Frutos externos</b>	<b>Frutos internos</b>
Peso (W) de frutos (g)	244	1678
Número de frutos	298	258
Peso promedio de frutos (g)	8,21	6,5
Porcentaje de frutos (%)	3,10	2,46
Peso de frutos normales (g)		4127
Peso promedio frutos normales (g)		7,42
Peso en % de frutos normales	25,13	75,39

En dicho trabajo se clasificaron los frutos, donde se encontraron 5 frutos partenocárpicos que tuvieron un peso de 5 gramos, además se encontró gran cantidad de frutos abortados (75) que conjuntamente tuvieron un peso de 120 gramos. (Bravo, 2020) menciona que la producción

de frutos abortados en palma híbrida puede llegar hasta el 90 % de todo el racimo, esto se puede dar por factores genéticos, por factores edafoclimáticos, pero tiene más que ver con la asistencia a la inducción de formación de frutos.

Además, se analizó el porcentaje de aceite donde se obtuvo un total de 85 gramos de peso de frutos externos donde el peso promedio fue de 8,8 gramos por cada fruto, en el caso de frutos externos el peso total fue de 64 gramos y el peso promedio de 6,4.

**Tabla 23**

*Características de los frutos internos y externos de racimos de palma híbrida sin asistencia a la polinización*

<b>Parámetro</b>	<b>Frutos externos</b>	<b>Frutos internos</b>
Peso (W) de nueces (g)	27	27
Porcentaje de pulpa (%)	68,23	57,81
Porcentaje de humedad (%)	27,7	30,2
Porcentaje de aceite del mesocarpio (%)	56	54
Porcentaje de aceite en racimo (%)	24	15
Porcentaje de aceite total (%)	39	

### ***Pruebas fisicoquímicas***

**Tabla 24**

*Resultados de las pruebas fisicoquímicas de aceite extraído de racimos de palma híbrida sin asistencia a la polinización.*

<b>Prueba fisicoquímica</b>	<b>Frutos internos</b>	<b>Frutos externos</b>
Porcentaje de extracción de grasa	44,71	44,90
Índice de acidez (%)	2,82	2,82

Prueba fisicoquímica	Frutos internos	Frutos externos
Valoración del pH	4,69	6,10
Determinación de coloración	Teñido	Teñido
Índice de saponificación	1,91	1,95
Índice de peróxido	1,85	2,1
Porcentaje de cenizas (%)	7,11	4,0
Determinación de densidad	0,91	0,90
Determinación de absorbancia	3,153	3,931
Determinación de impurezas (%)	0	0
Porcentaje de humedad (%)	0,72	0,37

Los porcentajes de extracción de grasas indicados en la **tabla 24.** en frutos internos de 44,71 % y en frutos externos de 44,90 %, se aproximan a los valores expresados en el trabajo de (Bonilla J. , 2007), en el cual se obtuvo el porcentaje de aceite en pulpa de fruta de palma aceitera híbrida Deli x Ghana de tres propiedades distintas, reflejando valores de 47,90 % y 50,90 % en frutos internos y externos, respectivamente, resultados similares fueron los obtenidos por (Cala et al., 2011), en el que se encontró valores de extracción del 48,30 % en promedio de frutos de híbridos Coarí x La Mé, la diferencia de extracción según lo menciona en su investigación se debe a que el potencial de extracción del aceite en racimo depende en gran medida de la cantidad de fruto presente en el racimo, el peso promedio de sus frutos, el alto contenido de pulpa en sus frutos y de aceite en pulpa, lo que se refleja debido a que la plantación de palma donde fue realizada la investigación estaba con racimos improductivos debido a la malformación de frutos (frutos abortados) y frutos con gran tamaño de nuez, por estos factores existen valores bajos de extracción. En la investigación realizada por (Romero H. M., 2018), en el que se realizó la aplicación de ANA para obtener frutos partenocárpicos, la tasa de extracción estimada de aceite

(TEA) fue mayor con valores que fluctuaron entre 47 % y 58 % en pulpa fresca, resaltando el aporte de este tipo de frutos en la producción de aceite.

El índice de acidez fue de 2,82, expresado como ácido oleico, en el análisis tanto frutos internos como externos, es considerado como una de los principales parámetros que reflejan la calidad de los aceites vegetales, el grado de refinación y el cambio de calidad durante el almacenamiento, un valor elevado para este índice muestra que el aceite contiene una alta cantidad de ácidos grasos libres (AGL), ya que se experimentado un alto grado de hidrólisis (Chaves, Ortiz, & Ordoñez, 2020). La escala determinada para el Índice de deterioro a la blanqueabilidad (DOBI), indica que los valores indican que los valores por debajo de 1,68 corresponden al peor estado de oxidación del aceite y aquellos valores superiores a 3,24 hacen referencia a una calidad excelente y que permiten preservar agentes antioxidantes aun después de la desodorización (Gee, 2011). Además, indica la facilidad de blanquear el aceite crudo considerando valores superiores a 2,3 este puede ser fácilmente refinado (Cheng-Yong, 2017).

La determinación de pH en promedio fue de 5,4, valor que se relaciona con lo que se refleja en el trabajo de (Chaves, Ortiz, & Ordoñez, 2020), en el que se obtuvo un pH de 5,1 en el análisis del perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma híbrida, el valor de pH refleja que la materia prima para su obtención fue de calidad y que tuvo un almacenamiento en condiciones ambientales normales adecuadas.

Respecto a la determinación de coloración se muestran teñidas las muestras usadas tanto de la frutos internos como los externos, según el trabajo de investigación de (Lumpur, 1996), esto se debe a la presencia de carotenos, cuya concentración en el aceite de palma crudo va desde 500 a 700 mg/Kg, además de otros compuestos antioxidantes como el licopeno y xantofilas, entre estos componentes menores, los carotenoides, tocoferoles y tocotrienoles son los más importantes, ellos constituyen la estabilidad y las propiedades nutritivas del aceite de palma.

La valoración del índice de saponificación para frutos internos fue de 191 mg/g y 195 mg/g para los frutos externos, estos valores están dentro del rango aceptable según la normativa (INEM, 2012), la cual indica un valor mínimo de 189 y un máximo de 199 mg KOH/g de aceite, respecto al índice de saponificación. El índice de saponificación es una medida del peso molecular de los triglicéridos que forman la grasa, es decir ácidos grasos de mayor o menor longitud dentro de su composición lipídica, los resultados fueron similares a los registrados por (Chaves et al., 2020), en el análisis de las propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de mil pesos *Oenocarpus bataua*, su índice de saponificación tuvo un valor de  $189 \pm 7,2$ , lo cual indica que los ácidos grasos que son parte de las muestras de aceite corresponde a ácidos grasos de cadena larga debido a su bajo índice de saponificación.

Los resultados del índice de peróxido fueron de 1,85 meq. de  $O_2$  /Kg y 2,1 meq. de  $O_2$  /Kg en frutos internos y externos respectivamente, estos valores coinciden con lo descrito en el trabajo de investigación de (Chaves et al., 2020), donde se obtuvo un índice de peróxido de  $2 \pm 0,3$ , según la investigación estos valores indican que si no proporcionan buenas prácticas respecto a las condiciones de conservación y almacenamiento, el aceite puede llegar a un estado de rancidez, en el cual el proceso de oxidación causara perdida de las propiedades nutricionales y fisicoquímicas del aceite.

El contenido de cenizas de las muestras de grasa analizadas reflejaron un porcentaje de 7,11 y 4,0 %, para frutos internos y externos, respectivamente, valores que se encuentran dentro del rango de 2 - 12%, expresado en el trabajo de investigación de (Marquez, 2014), la cantidad de cenizas representa el contenido total de minerales, se usa como índice de calidad, en la investigación se indica que desde el punto de vista nutricional, el registro del valor de las cenizas tiene un escaso valor, sin embargo desde el punto de vista analítico, el conocer el valor del material orgánico, es útil para calcular el contenido de carbohidratos, brindando información de la naturaleza de la muestra.

Los resultados de la valoración de densidad a 25°C en las muestras de grasa para frutos internos fueron de 0,91 y de 0,90 para los frutos externos, lo cual concuerda con lo descrito en la investigación de (Rodriguez et al., 2010) en donde se obtuvieron valores de 0,9152 y 0,9116 a 25°C, los resultados obtenidos también se relacionan con lo descrito en la investigación de (Rincon & Martinez, 2009) en el análisis de las propiedades del aceite de palma, obteniendo valores de 0,910 y 0,920 a 25°C, en el trabajo se indica que a medida que el aceite es menos denso es de mejor calidad y es debido a la densidad de sus componentes presentes. La densidad de las muestras de aceite caracterizadas es similar a la densidad del aceite de soya, olivo y canola (Codex, 1999), por ello se deduce que estos presentan un grado de insaturación similar, debido a que esa propiedad se ve afectada por el peso molecular, el grado de insaturación de los ácidos grasos y glicéridos presentes en el aceite (Badui, 2006).

La determinación de observancia de las muestras de grasa de los frutos internos fue de 3,153 y 3,931 en el análisis de frutos externos, valores similares reportados en el trabajo de (Gutierrez, 2017), donde se analizó la calidad de la materia grasa del aceite crudo de palma aromatizado con aceite esencial de canela, sus valores registrados están dentro del rango 2,9 – 3,8 a 446 nm.

La absorbancia proporciona información respecto a la calidad del material graso, su estado de conservación y las modificaciones inducidas por los procesos tecnológicos, las absorciones en las longitudes de onda se deben a la presencia de dienos y trienos conjugados (IUPAC, 1987). Se considera como un parámetro de calidad del aceite, debido a que mide la relación entre los productos antioxidantes y los productos de la oxidación secundaria. (Gutierrez & Ospina, 2018), manifiestan en su investigación que una alta concentración de carotenos indica un estado óptimo del aceite determinando que un DOBI mayor a 3,24 es evidencia de un aceite de excelente calidad, mientras que un DOBI menor de 1,68 es un aceite de pésima calidad, con los resultados obtenidos de las propiedades medidas del aceite



crudo de palma hibrida se puede concluir que las muestras de aceite empleado cumplen con los estándares de calidad establecidos.

Respecto a la determinación de impurezas en las muestras de grasas de los frutos internos y externos reflejaron valores de 0 %, lo que se refleja como un indicativo de las buenas prácticas llevadas a cabo durante los procesos de extracción, así como el estado del fruto procesado (Rincon & Martinez, 2009). Valores similares se reportan en el trabajo de (Herrera, Ramírez, & Muñoz, 2019), en el que se analizó el aceite crudo de palma del híbrido interespecifica fortuna obteniendo valores de impurezas de 0,01 y 0,07 %, siendo el valor máximo teórico de 0,10 %. (INEM, 2012) en su normativa expone los límites máximos de contaminantes permitidos en el aceite de palma OxG alto oleico, siendo de 0,05 % m/m, de acuerdo con los valores obtenidos se determina que las muestras de aceite usadas no tienen impurezas debido a la metodología empleada para su extracción considerando el eficiente proceso de filtrado.

El porcentaje de humedad de las muestras expresaron valores de 0,72 % y de 0,37 % en el análisis de frutos internos y frutos externos respectivamente. El porcentaje de humedad resulta ser una de las principales propiedades en el momento de transesterificar un aceite, debido a que una elevada concentración resulta en una disminución significativa en el rendimiento (Gutiérrez & Ospina, 2018). El trabajo de investigación de (Barba, 2016) se refleja los rangos de humedad de la calidad del aceite de palma en los que se califica como excelente a un rango de 0,15 – 0,3 % y un rango > 0,5 % catalogado como un < aceite malo en calidad.

La investigación de (Herrera, Ramírez, & Muñoz, 2019), indica que un porcentaje de 0,25 % de humedad en el aceite de palma hibrida código fortuna, teniendo como referencia teórica un valor máximo de 0,5 %. La humedad es determinante para conocer si el producto es de buena calidad considerando que este factor afecta la calidad del aceite porque se puede crear un medio favorable para la proliferación de microorganismos que deterioran el producto, la cantidad de agua que contiene el aceite crudo de palma puede ser generada por la hidrólisis de los triglicéridos si se exceden a niveles críticos, esta humedad proviene en parte de los mismos frutos de la palma,

o en el agua añadida en los diferentes procesos de obtención de aceite (Fonfalvo & Vecino, 2014).

### **Tabla 25**

*Solubilidad del aceite extraído de racimo de palma híbrida sin realizar asistencia a la polinización*

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

Los resultados de la variable de solubilidad de las muestras de aceite analizadas muestran su comportamiento con los distintos solventes orgánicos y el agua, dando como resultado tanto para las muestras de aceite de frutos internos y externos un comportamiento de solubilidad con cloroformo y éter etílico, mientras que demuestran insolubilidad al uso de alcohol etílico y el agua destilada. Estos resultados coinciden con la investigación de (Bonilla & Hoyos, 2018), en él se redacta el comportamiento del aceite de pescado independientemente del método de extracción, los lípidos fueron insolubles en el agua y el alcohol etílico pero fueron solubles con el uso de cloroformo y éter etílico, esto se debe a que existen sustancias que su naturaleza es polar como es en el caso del agua y alcohol etílico formado una capa de grasa en la parte superior por su menor densidad y otras son de naturaleza apolar por ende solubles como el cloroformo y el éter etílico (Manrique, 2015).

## **Evaluación cualitativa de los tratamientos de la asistencia a la conformación de frutos con ANA**

La formación de frutos desde su inicio en el cuaje de la flor hasta la madurez comercial donde hay una correcta acumulación de aceites dura aproximadamente 160 días, actualmente el ensayo está rondando los 115 días desde que se inició, es decir se tiene fruta que ya tiene acumulación de caroteno y la etapa de acción de la clorofila está llegando a su desintegración (Gerardo Cayón, 1999), por lo cual ya se presentan indicios de cambios en el color de la fruto y se está empezando a acumular aceite en las células del parénquima del mesocarpio.

Es fundamental mencionar que la plantación de palma híbrida OxG ha tenido una evolución notoria, se puede evidenciar los cambios en la conformación de los frutos, se observa palmas que tienen todos los frutos abortados a excepción de 2 o 3 racimos los cuales si se realizó la asistencia a la polinización, la conformación del fruto es importante porque se ve que hay una correcta formación de los mismos desde la base hasta el ápice del racimo, esto permitirá tener mejor calificación de la fruta en las pistas de calificación de las extractoras y mejorará el ingreso económico por venta de la misma.

### ***Potencial de producción***

**Tabla 26**

Potencial de producción de la plantación de palma híbrida OxG.

<b>No. de plantas productivas</b>	<b>Promedio de racimos/planta</b>	<b>No. Total, de racimos</b>	<b>Peso promedio del racimo (Kg)</b>	<b>Precio aproximado de palma/Kg en \$</b>
125	9	1 125	20	0,27932
<b>Total de producción en toneladas</b>			22,5	
<b>Ingreso bruto de producción (\$)</b>			6 284,7	

La proyección realizada es con los frutos e inflorescencias que hay actualmente en la plantación

Como se detalló en la **tabla 20**, la producción en todo el año 2021 fue de 26 640 kg de fruta teniendo ingresos de 3 689,30 \$, para el 2022 se tuvo una producción de 16 520 kg de fruta y se obtuvo ingresos de 3 352,85\$, mediante la proyección de potencial de producción estimado realizando aplicaciones constantes de ANA se planea tener rendimientos en lo que va del año de 22 500 kg de fruta, esto en base al muestreo realizado proyectando a 6 meses, ya que se vendrán desarrollando nuevas inflorescencias dando como resultado nuevos frutos, entonces se podrá tener incluso mayores rendimientos en este año, demostrando de esta forma un resultado positivo de la práctica de asistencia a la polinización para la conformación de frutos.

## Análisis del costo-beneficio

**Tabla 27**

*Costos estimados en el transcurso del ensayo*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo USD</b>
Fase de campo		
Talco neutro (chino)	13 kg	8,32
ANA	0,52 kg	28,60
Balanza	1 unidad	7,50
Equipo de polinización	1 unidad	22
Mano de obra (7,5 t. de fruta)	7,5 t	195
Varios		30
Total costos en fase de campo		291,42
Fase de laboratorio		
Papel filtro	50 u	16,25
Recipientes 500 mL	4 u	3,20
Total de inversión en fase de laboratorio		19,45
Total inversión		310,87

\*Se utilizó, además, reactivos e insumos que ya fueron adquiridos por la universidad

En el costo de mano de obra se consideró el jornal de 2,5 USD la hora, en nuestro caso cada día se trabajó 3 horas con 35 inflorescencias a las que se les aplicó el ANA.

Realizando cálculos, para producir 1 tonelada de fruta se necesita 4,28 horas de trabajo, dando una inversión de 10,71 USD en mano de obra por la asistencia a la polinización.

Los beneficios de este proyecto se estimaron con el número de flores polinizadas que fueron 375 y tomando en cuenta un peso promedio de racimo de 20 kg, teniendo una producción estimada de 7,5 t de fruta que en el mercado será cotizada en 2 095,05 USD.

## Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

- La aplicación del ANA al 4% en mezcla con talco, demostró excelentes resultados en la formación y llenado de los racimos de fruta de palma, con menos frutos abortados y un aumento de frutos partenocárpicos.
- La asistencia de la polinización es una tecnología de fácil implementación para los palmicultores que tienen palma híbrida, requiere de una capacitación básica, los insumos y equipos necesarios, están disponibles en el mercado.
- Se observó la evolución en la formación de los frutos en la plantación de palma híbrida, lo que es beneficioso para la calificación de la fruta.
- Los costos parciales analizados le hacen sustentable a esta práctica agronómica.

### Recomendaciones

- Se recomienda utilizar de 12 a 15 gramos de la mezcla ANA al 4% con talco, cada 7 días con un total de 3 aplicaciones por inflorescencia.
- Es recomendable calibrar el equipo para la aplicación de la dosis correcta en las inflorescencias, así como la optimización de los insumos.
- Realizar la aplicación de la hormona en la etapa de antesis y post antesis en un periodo de tiempo de 7 días a partir del inicio de la antesis.
- Se recomienda el uso de guantes, mascarillas y gafas de protección durante la manipulación del ANA.
- Almacenar el talco y el ANA en un lugar fresco y seco.
- Dar continuidad a este trabajo, realizar análisis de fruit set para evaluar el efecto del ANA, además de realizar análisis del aceite obtenido.

### Bibliografía

- Alvarado, A. (2013). The Hybrid OxG Amazon: an Alternative for Regions Affected by Bud Rot in Oil Palm. *PALMAS*, 34(1), 305 - 314.
- ANCUPA. (2014). *PLAN DE ACCIÓN CONTRA LA PC ECUADOR* (25 ed., Vol. 1). Francisco Naranjo. Obtenido de <https://www.dropbox.com/s/dyyith3huj3pc5g/REVISTA-25-ANCUPA-PC-baja-9en.pdf?oref=e>
- Ávalos Arias, F. D. (2014). *Home*. Recuperado el 17 de January de 2023, de Repositorio de la Universidad de las Américas: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2452/1/UDLA-EC-TIAG-2014-17%28S%29.pdf>
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos\_ Universidad Iberoamericana, campus Ciudad de México*. 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, S. E. (2016). *Incidencias de la calidad del aceite en el proceso de desodorización*. 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-DESODORIZACION-Samuel-Barba.pdf>
- Bonilla, J. (2007). *UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO*. Recuperado el 9 de February de 2023, de Repositorio UTEQ: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2187/1/T-UTEQ-0227.pdf>
- Bonilla, J. R., & Hoyos, J. L. (15 de 03 de 2018). *Métodos de extracción, refinación y concentración de aceite de pescado como fuente de ácidos grasos omega-3*. Obtenido de Scielo.org\_ Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia: [http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v19n3/es\\_0122-8706-ccta-19-03-645.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v19n3/es_0122-8706-ccta-19-03-645.pdf)
- Borja, S. (14 de Septiembre de 2020). *Mongabay*. Obtenido de Mongabay: <https://es.mongabay.com/2020/09/ley-de-palma-en-ecuador-promueve-aceite-genera->







*durazno Melocotón Amarillo (Prunus persica L.)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Fonfalvo, M., & Vecino, R. (Junio de 2014). *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?script=sci\\_arttext&pid=S1692-82612014000100011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-82612014000100011)

Fundación Charles Darwin. (Marzo de 2019). *Elaeis guineensis*. Recuperado el 16 de January de 2023, de Charles Darwin Foundation:  
<https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=1033>

Galárraga, C. (2022). *Acompañamiento agronómico e investigativo en el área de biología* . Obtenido de sistema operativo de colaboradores de campo en el cultivo de la Palma en el campo experimental Palmar de las Corocoras de Cenipalma:  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1266&context=ingenieria\\_agronomica](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1266&context=ingenieria_agronomica)

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\\_solida\\_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_solida_Artificial_Pollination_NAA_in_Liquid_Suspension_or_NAA_in_Solid_Mixture)

Gee, P. (2011). *Deterioration of Bleachability Index (DOBI) for palm oil analysis*. Recuperado el 9 de February de 2023, de Thermo Fisher Scientific:  
<https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/MSD/Application-Notes/SN53139-deterioration-bleachability-index-dobi-palm-oil-analysis.pdf>

Gerardo, C. S. (1999). Apuntes sobre la fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Palmas, Volumen 20, No. 3.*, págs. 43-54.

Guerrero et al., (mayo de 05 de 2011). *Vista de Polinización artificial de híbridos OxG para la obtención de ...* Recuperado el 23 de January de 2023, de Fedepalma:

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/12557/12475>

Gutierrez, M. D., & Ospina, Y. M. (2018). *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

Naturales e Ingeniería.:

<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/4228/Extracci%C3%B3n%20de%20vitaminas%20a%20partir%20de%20aceite%20de%20palma.pdf?sequence=1>

Gutierrez, C. Y. (Julio de 2017). *Universidad Politecnica de Valencia*. 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:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/87748/VERGARA%20-%20Efecto%20del%20aceite%20esencial%20de%20canela%20en%20los%20par%C3%A1metros%20qu%C3%ADmicos%20y%20estabilidad%20oxidativa....pdf?sequence=1>

Henson, I. E. (2002). La poda en palma de aceite y relación entre el área foliar y el rendimiento.

*Palmas, Volumen 23 No. 1.*, págs. 9-16.

Herrera, A., Ramírez, Q., & Muñoz, L. (27 de Mayo de 2019). *Análisis fisicoquímico del aceite crudo de palma proveniente del híbrido interespecífico fortuna en una plantación*

*ubicada en Cabuyaro-Meta*. Obtenido de Rev. Sist Prod Agroecol:

[Estudio/Downloads/722-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2956-1-10-20210727%20\(6\).pdf](Estudio/Downloads/722-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2956-1-10-20210727%20(6).pdf)

- Hormaza Paola, F. D. (2010). *Fenología de la palma de aceite africana (Elaeis guineensis Jacq.) y del híbrido interespecífico (Elaeis oleifera x Elaeis guineensis)*. Bogotá : Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma).
- Hormaza Paola, F. D. (Noviembre de 2012). *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite*. Recuperado el 21 de January de 2023, de Libro Fenología xim.indd: <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>
- Icontec. (2009). *Normalización en el sector de grasas y aceites comestibles*. Recuperado el 30 de January de 2023, de Fedepalma: [https://web.fedepalma.org/bigdata/lapalma/pdf/lipidos\\_y\\_salud\\_normalizacion\\_en\\_grasas\\_y\\_aceites4.pdf](https://web.fedepalma.org/bigdata/lapalma/pdf/lipidos_y_salud_normalizacion_en_grasas_y_aceites4.pdf)
- Ignacio, S. A. (2015). *Polinización entomófila de híbridos interespecíficos de la palma aceitera africana y la palma aceitera americana (Elaeis guineensis x Elaeis oleifera) con escarabajos nativos del Ecuador*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- INEM. (04 de 2012). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*. Obtenido de GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES. ACEITE DE PALMA (OxG) ALTO OLEICO. REQUISITOS. : <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2421-2.pdf>
- InfoAgro. (Febrero de 2014). *El cultivo de la palma africana*. Recuperado el 16 de January de 2023, de Infoagro: [https://infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma\\_africana\\_aceitera\\_coroto\\_de\\_guinea\\_aabora.htm](https://infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_africana_aceitera_coroto_de_guinea_aabora.htm)
- IUPAC. (1987). *Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives*. 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)

- Khosla, P. (2014). Efectos del aceite de palma en la salud humana. Más allá del perfil de ácidos grasos. *Salud y nutrición humana*, 2(35), 59-72. Obtenido de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10980/10965>
- Lumpur, K. (29 de Mayo de 1996). *FEDEPALMA-Refinacion 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 Cenizas y grasas-teoria 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%20secundaria%20de%20los%20alimentos](http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isA#:~:text=c)%20Determinaci%C3%B3n%20de%20cenizas%20en,materia%20secundaria%20de%20los%20alimentos)
- 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.
- Millan, E. S., Ruiz, R., & Moreno, H. M. (Agosto de 2017). *Criterios de cosecha en cultivares híbrido: Características que evalúan el punto óptimo de cosecha en palma de aceite*. Bogotá, D.C., Colombia: Cenipalma.org. Obtenido de FEDEPALMA.ORG.
- Morales, J., Naranjo, A., Xoná, F., & Cuc, B. (Febrero de 2016). *GREPALMA*. Obtenido de GREPALMA: <https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/09/M2-2-Poda-en-palma-de-aceite-y-su-incidencia-en-mejores-rendimientos.pdf>
- Ponce, P. (2016). *Biología de insectos polinizadores en palma aceitera y sus híbridos interespecíficos (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*)*. Bogotá: Revista Palmas .
- Rahmana, D. (21 de Mayo de 1994). Estudio del manejo de plagas en palma de aceite en Colombia. *Palmas. Volumen 15 No. 2*, págs. 55-68.

- Ramirez, M., & Benitez, E. (2016). *Pudrición del Cogollo*. Recuperado el 19 de January de 2023, de CropLife Latin America: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/pudricion-del-cogollo>
- Rincon, & Martinez. (11 de Agosto de 2009). *Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria*. Obtenido de Cenipalma: [gecortes,+Gestor\\_a+de+la+revista,+2009\\_30\\_2\\_11-24%20\(7\).pdf](https://www.cenipalma.org/gecortes,+Gestor_a+de+la+revista,+2009_30_2_11-24%20(7).pdf)
- Rincon, S. M., & Martinez, D. M. (11 de agosto de 2009). *Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria*. Obtenido de Fedepalma-gecortes.
- Rivas, F., Moreno, F., Rivera, G., Herrera, L., & Mora, M. L. (10 de Noviembre de 2016). *Incidencia, progresión e intensidad de la Pudrición del Cogollo de *Elaeis guineensis* Jacq. en San Lorenzo, Ecuador*. Recuperado el 16 de January de 2023, de SciELO Cuba: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852017000100004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000100004)
- Rodriguez, Ramirez, & Carrillo. (05 de Enero de 2010). *Caracterización fisicoquímica del aceite de nuez de Macadamia (*Macadamia integrifolia*)*. Obtenido de Taylor-Francis Online: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476331003597097>
- Romero Angulo, H. M., Ruíz Romero, R., Sánchez Rodríguez, Á., & Steve Daza, É. (2011). *Polinización asistida en palma de aceite: Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite*. Bogotá: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite - CENIPALMA. Obtenido de [https://issuu.com/fedepalma/docs/gui\\_\\_a\\_de\\_polinizacio\\_\\_n\\_asistida/41](https://issuu.com/fedepalma/docs/gui__a_de_polinizacio__n_asistida/41)
- Romero, A., & Alcivar, R. (Septiembre de 1992). *POLINIZACION ASISTIDA EN EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA*. Recuperado el 21 de January de 2023, de Repositorio Digital INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3552/9/iniapeesdbd217.pdf>
- Romero, H. M. (2018). *FEDEPALMA*. Obtenido de FEDEPALMA: <https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/Nota-tecnica.pdf>

- Romero, H. M. (2018). *Polinización artificial de híbridos OxG para la obtención de frutos partenocárpicos y la producción de aceite (Elaeis oleif.* Recuperado el 29 de January de 2023, de Fedepalma: <https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/Nota-tecnica.pdf>
- Romero, H. M. (2018). *Polinización artificial de híbridos OxG para la obtención de frutos partenocárpicos y la producción de aceite (Elaeis oleifera).* Recuperado el 29 de January de 2023, de Fedepalma: <https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/Nota-tecnica.pdf>
- Ronquillo, N., & Pacheco, A. (2010). Estudio del proceso de producción del cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la zona de San Lorenzo provincia de Esmeraldas. (*Tesis de Ingeniería Agronómica*). Universidad Técnica de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica de Guayaquil.
- Rosero Estupiñán, G., & Santacruz, L. (Agosto de 2014). *Efecto de la polinización asistida en la conformación del racimo en material híbrido OxG en la plantación Guaicaramo S.A.* Recuperado el 21 de January de 2023, de Fedepalma: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11028/11013>
- Sanz Scovino, J. I. (2016). *Pudrición del cogollo: enfrentamiento integral contra un enemigo letal, P. palmivora\* sesión 1 plagas y enfermedades.* Recuperado el 16 de January de 2023, de Fedepalma: [https://web.fedepalma.org/conferenciainternacional/wp-content/uploads/2022/09/M\\_1\\_1\\_-Pudricion-del-cogollo-enfrentamiento-integral.pdf](https://web.fedepalma.org/conferenciainternacional/wp-content/uploads/2022/09/M_1_1_-Pudricion-del-cogollo-enfrentamiento-integral.pdf)
- Torres, E. (2016). Comportamiento del híbrido interespecífico OxG, Coari x La Mé en Palmeras del Ecuador. *Revista Palmas Vol. 37*, págs. 294-298.
- Vladimir, B. (2022). *Aplicación de polen y ácido  $\alpha$ -naftalenacético en híbrido OxG en Ecuador. ¿Polinizar sin mezclarlos genera beneficios?* Bogotá, Colombia: Revista Palmas.

Zambrano, C. A. (14 de Octubre de 2022). INFORME TÉCNICO DE PRÁCTICAS PRE PROFESIONALES EN LA EMPRESA ENERGY PALMA. Santo Domingo, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador: Cristhian Zambrano.

Zambrano, R. (9 de June de 2015). *Cultivos híbridos de palma, resistentes a enfermedad del PC*. Recuperado el 16 de January de 2023, de LaRepublica.co:  
<https://www.larepublica.co/archivo/cultivos-hibridos-de-palma-resistentes-a-enfermedad-del-pc-2264351>

Zapata, L. E. (1 de January de 2010). *Situación y perspectivas del aceite de palma alto oleico OxG en Colombia | Palmas*. Recuperado el 30 de January de 2023, de Fedepalma:  
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1583>