

EVALUACIÓN A ESCALA COMERCIAL DE LA POLINIZACIÓN ASISTIDA EN MEDIO
LÍQUIDO PALMA ADULTA MATERIAL HÍBRIDO (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*)

CRUZAMIENTO Coarí x La Mé

OMAIRA LEGUIZAMON LINARES

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMÍA
VILLANUEVA CASANARE

2018

EVALUACIÓN A ESCALA COMERCIAL DE LA POLINIZACIÓN ASISTIDA EN MEDIO
LÍQUIDO PALMA ADULTA MATERIAL HÍBRIDO (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*)

CRUZAMIENTO Coarí x La Mé

OMAIRA LEGUIZAMON LINARES

Proyecto de grado presentado como requisito

Para optar al título de agrónomo.

Asesor

Ingeniera Agrónoma. ADRIANA DIAZ RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

PROGRAMA DE AGRONOMÍA

VILLANUEVA CASANARE

2018

Nota de aceptación

EVALUACIÓN A ESCALA COMERCIAL DE LA POLINIZACIÓN ASISTIDA EN MEDIO
LÍQUIDO PALMA ADULTA MATERIAL HÍBRIDO (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*)

CRUZAMIENTO Coarí x La Mé

OMAIRA LEGUIZAMON LINARES

APROBADO

Director

Co-director

Jurado 1

Jurado 2

Dedicatoria

A Dios: Por haberme dado la fortaleza, capacidad y sabiduría de emprender mi carrera de Agronomía, tú que sin esperar nada a cambio me has acompañado a culminar uno de mis más anhelados sueños, a enfrentar retos y sobrepasar barreras, para demostrarle a la sociedad que nada es imposible en la vida y que solo con sacrificio, voluntad y amor a Dios podemos llegar a la meta.

A mis padres: Por tus consejos, motivación, enseñanzas y valores transmitidos, por preferirme como ejemplo para toda mi familia. A los dos, por el apoyo y el amor incondicional, porque no siempre estuve presente en algunos momentos por dedicarme a mis estudios, los amo profundamente y los llevo en mi corazón por siempre.

A mis hermanos: Por todo su amor, cariño y comprensión, en especial a mi hermana Luz Janeth Linares, por su apoyo incondicional, poderosos consejos, constancia y motor en el logro de mis sueños.

A mi pareja: Por estar a mi lado en los momentos y situaciones más difíciles, por ofrecerme tu apoyo y tu fuerza motivadora para alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en mi vida.

A mis amigos: A todos, a los que me animaron y estuvieron ahí siempre, a los que se convirtieron parte importante de mi vida he influyeron en mi superación personal y que siempre mostraron un gesto de comprensión y apoyo aún en los momentos no compartidos.

A mis formadores: A todos, quienes me brindaron sus conocimientos, tiempo, compromiso y contribuyeron a mi formación, como una persona con valores y actitudes reflejados en el esfuerzo de salir adelante y enfrentar los retos de la vida.

Agradecimientos

Primeramente a Dios por todas sus bendiciones, de igual forma los más sinceros agradecimientos a todas las personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo incondicional.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y sus formadores: Gracias por orientar y brindar sus conocimientos y hacer realidad este logro profesional.

Guaicaramo S.A.S y área de Investigación: Gracias por brindarme la oportunidad de continuar mis estudios, por tener el entorno apropiado para desarrollar las funciones afines a mi profesión, adquiriendo una gran experiencia laboral.

Libardo Santacruz Arciniegas, Ing. Agrónomo, Gerente de desarrollo, Productividad e Innovación y **Gustavo Rosero Estupiñán**, Ing. Agrónomo, Coordinador de Investigación: Gracias por transmitir sus valiosos conocimientos y experiencias como agrónomos y jefes, lo cual han sido importante para mi formación tanto personal como profesional.

Fabián Barreto Mendoza, Coordinador de información agronómica: Gracias por su apoyo y disponibilidad en el manejo de información.

Tabla de contenido

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. OBJETIVOS..... | 2 |
| 2.1 Objetivo general | 2 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 2 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 3 |
| 3.1 Origen de la palma africana | 3 |
| 3.2 Generalidades de híbridos interespecíficos (OxG)..... | 3 |
| 3.3 Características del Híbrido de Palma | 4 |
| 3.4 Taxonomía y distribución..... | 4 |
| 3.5 Morfología de la palma africana. | 5 |
| 3.6 Polinización biológica en palma africana..... | 7 |
| 3.7 Insectos polinizadores en palma africana..... | 8 |
| 3.8 Polinización asistida en híbridos interespecíficos (OxG) | 9 |
| 3.9 Costo de la polinización asistida en híbridos (OxG)..... | 9 |
| 3.10 Viabilidad del polen en medio líquido | 10 |
| 3.11 Efecto de la polinización asistida en medio líquido en la conformación del racimo ... | 10 |
| 3.12 Beneficios de la polinización en medio líquido | 10 |
| 4. JUSTIFICACIÓN | 11 |
| 5. METODOLOGÍA..... | 13 |
| 5.1 Ubicación del estudio | 13 |
| 5.2 Selección de lotes objeto de estudio..... | 13 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 5.3 | Diseño experimental..... | 13 |
| 5.4 | Variables a evaluar | 14 |
| 5.5 | Análisis estadístico..... | 15 |
| 5.6 | Método de polinización líquida..... | 15 |
| 5.7 | Método de polinización tradicional..... | 19 |
| 6. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 22 |
| 6.1 | Análisis de los componentes del racimo | 22 |
| 6.2 | Formación de frutos del racimo | 24 |
| 6.3 | Comparación de la formación de aceite en el mesocarpio y en los frutos | 26 |
| 6.4 | Comparación en la formación de aceite en el racimo | 27 |
| 6.5 | Metodología y logística para la polinización líquida | 28 |
| 6.6 | Análisis de Costos | 29 |
| 6.7 | Análisis de costo beneficio..... | 31 |
| 7. | CONCLUSIONES..... | 33 |
| 8. | RECOMENDACIONES | 34 |
| 9. | BIBLIOGRAFÍA..... | 35 |
| 10. | ANEXOS..... | 38 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localización del área de estudio..... | 13 |
| Figura 2. Herramienta utilizada en polinización líquida..... | 15 |
| Figura 3. (A) Inflorescencia femenina en pre antesis tres. (B) Inflorescencia femenina en antesis..... | 16 |
| Figura 4. Localización de flores femeninas | 17 |
| Figura 5. Aplicación de la mezcla líquida polen puro más agua sobre la inflorescencia femenina..... | 18 |
| Figura 6. (A) Termo refrigerante para empacar el polen puro. (B) Recipientes para transportar el agua hacia el lote..... | 18 |
| Figura 7. Herramienta utilizada en polinización tradicional | 19 |
| Figura 8. Aplicación de la mezcla sólida en inflorescencia femenina. | 20 |
| Figura 9. Termo refrigerante para empacar la mezcla de polen + talco..... | 21 |
| Figura 10. Costos de la polinización en la producción del híbrido OxG | 29 |
| Figura 11. Eficiencia diaria de la polinización asistida tradicional y la polinización líquida. | 30 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Características de los tratamientos | 14 |
| Tabla 2. Componentes del racimo y peso promedio de frutos normales y partenocárpicos ... | 22 |
| Tabla 3. Formación de frutos normales, partenocárpicos y abortos del racimo..... | 25 |
| Tabla 4. Formación de aceite en el mesocarpio y en los frutos normales y partenocárpicos del racimo | 26 |
| Tabla 5. Formación de aceite a racimo en frutos normales y partenocárpicos | 28 |
| Tabla 6. Costos de la polinización líquida vs polinización tradicional en Guaicaramo S.A.S. | 30 |
| Tabla 7. Número de inflorescencias y porcentaje de cubrimiento del área en la polinización tradicional y líquida | 32 |
| Tabla 8. Análisis de costo beneficio entre la polinización tradicional y la polinización líquida | 32 |

Lista de anexos

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Ficha Técnica, Polinización líquida material híbrido OxG..... | 38 |
|---|----|

RESUMEN

La polinización asistida en el material híbrido interespecíficos OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), es una labor indispensable para la obtención de grandes rendimientos, ya que al no realizarla puede causar pérdidas aún mayores del 70% en la conformación del racimo y como consecuencia el potencial de aceite tiende a disminuir notablemente. En este trabajo se evaluó dos métodos de polinización; el tradicional (T1) correspondiente a la mezcla de polen más talco relación (1:7), y otro en medio líquido (T2) correspondiente a la mezcla de agua más polen, en una relación de 0,18g de polen en 60 cm³ de agua. Se pudo observar que existen diferencias significativas solo en el porcentaje de formación y peso promedio de los frutos partenocárpicos entre las dos metodologías; evidenciando que la formación de frutos partenocárpicos en el tratamiento uno (T1) polinización tradicional con destape de brácteas obtuvo un valor de 77%, en contraste con el tratamiento dos (T2) polinización líquida con un valor de 69,9%; en cuanto al peso promedio de frutos partenocárpicos, se observó un valor de 2,7 g para el tratamiento dos (T2) y 2,2 g para el tratamiento uno (T1). Este estudio mostró valores estadísticamente similares para las demás variables evaluadas como: peso del racimo, peso del pedúnculo, peso promedio de frutos normales y partenocárpicos, formación de frutos normales, partenocárpicos y abortados, frutos normales a racimo, frutos partenocárpicos a racimo; formación de aceite, aceite a mesocarpio en frutos normales y partenocárpicos, aceite en frutos normales y partenocárpicos, aceite a racimo de frutos normales y partenocárpicos y aceite a racimo total, demostrando que la polinización líquida es una alternativa viable a escala comercial en palmas donde la polinización tradicional se dificulta por altura de las plantas, reconocimiento de inflorescencias a polinizar y manipulación de la herramienta.

ABSTRACT

The assisted pollination in the interspecific hybrid material OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), it's an indispensable task for the obtention of high performances because if this task is not done, there could have losses even greater to 70% in the raceme's conformation, and as consequence, the potential of oil tends to decrease notably. In this work, two pollination methods have been tested; the traditional (T1) corresponds to the mixture between pollen plus talcum relationship (1:7), and another in liquid medium (T2) that corresponds to the mixture of water plus pollen, in a relationship between 0.18g of pollen and 60 cm³ of water. We could observe the existence of minimum differences just on the formation percentage and on the average weight of the parthenocarpic fruits between the two methodologies; evidencing that the parthenocarpic fruits formation in the treatment one (T1) traditional pollination with bracts uncovered got a value of 77%, by contrast with the treatment two (T2) liquid pollination with a value of 69.9%; respecting to the average weight of parthenocarpic fruits, we found a value of 2.7g to the treatment two (T2) and 2.2g to the treatment one (T1). This study exposed values statistically similar to the rest of variables evaluated such as: raceme weight, peduncle weight, average weight of normal fruits and parthenocarpic, normal fruits formation, parthenocarpic and aborted, normal fruits to raceme, parthenocarpic fruits to raceme; oil's formation, oil to mesocarp in normal fruits and parthenocarpic, oil in normal fruits and parthenocarpic, oil to raceme of normal fruits and parthenocarpic, showing that the liquid pollination is a viable commercial scale alternative on palms where the traditional pollination is difficult for the highest plants, inspection of inflorescences to pollination and manipulation of tools.

1. INTRODUCCIÓN

El material Híbrido OxG (*Elaeis oleífera x Elaeis guineensis*) se proyecta como una alternativa promisorio por su alta tolerancia en campo a plagas y enfermedades y su adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona oriental colombiana (Zambrano, 2004; Santacruz *et al.*, 2011). Es un material que requiere polinización durante toda su vida productiva, su necesidad reside en limitantes como la baja viabilidad y germinabilidad del polen, baja conformación del fruto y baja producción de inflorescencias masculinas con un bajo potencial de atracción de insectos polinizadores. Este material bajo condiciones de polinización natural presenta mala formación y llenado de frutos y por ende una tasa de extracción muy baja (Prada y Romero, 2012).

En éste trabajo se evaluó dos métodos de polinización asistida, uno el método tradicional con destape de brácteas, que corresponde a la mezcla sólida polen más talco en relación 1:7 y otro método fue la polinización líquida aplicando 0,18 g de polen por 60 cc de agua, implementados a escala comercial.

Con este trabajo, se busca una alternativa de polinización asistida en siembras adultas de material híbrido OxG, donde está la labor pierde eficiencia por la altura de la palma, afectando drásticamente la productividad del cultivo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la polinización asistida en medio líquido a escala comercial en palma adulta material híbrido (OxG) cruzamiento Coarí x La Mé.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar y comparar las variables que componen el racimo y contenido de aceite entre los tratamientos evaluados.
- Establecer la metodología y logística apropiada para la implementación de la polinización asistida en medio líquido.
- Realizar un análisis costo beneficio entre los dos métodos de polinización.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Origen de la palma africana

El centro de origen de la palma se encuentra en el continente africano. En una extensa área geográfica que comprende desde el Golfo de Guinea hasta el interior del continente. Se han encontrado diversas pruebas que demuestran este centro de origen como lo son los indicios fósiles de polen en el suelo del río Níger del mioceno en la era terciaria, indicios lingüísticos ya que su nombre común en Brasil es Dendê y este un nombre derivado de la palabra aborigen Ndende de Angola, indicios históricos a causa de que su dispersión está asociada a la trata de esclavos hasta Suramérica y los indicios biológicos muestran que la mayor parte de especies que conforman el género *Elaeis* se encuentran en África (Bastidas *et al.*, 2013).

3.2 Generalidades de híbridos interespecíficos (OxG)

La Palma de Aceite Alto Oleico nació a principios de la década del setenta, cuando el IRHO, instituto francés de investigación de aceites y oleaginosas, realizó algunos cruzamientos por curiosidad científica, usando como genitores femeninos unas palmas *Elaeis oleifera* de la zona del Sinú. Estos trabajos fueron liderados por el señor Jacques Meunier, director del departamento de selección del IRHO. Estos primeros cruzamientos se sembraron en varias plantaciones de Colombia, Ecuador e Indonesia, sin conocerse ni su potencial ni sus limitaciones. Esto fue un grave error ya que más adelante se descubriría la baja productividad y extracción, situación que alejó el interés de investigadores e inversionistas de este material. No obstante, a pesar de los malos resultados, se comprobó la tolerancia de estas palmas a la pudrición de cogollo (PC) y a otras enfermedades y plagas, y se conoció la especial calidad de su aceite comparado con el de la Palma Africana (Aniame. 2006).

3.3 Características del Híbrido de Palma

El Híbrido de Palma se caracteriza por un bajo crecimiento de estipe; en promedio crece 22 centímetros por año, en comparación a los 45 y 55 centímetros del crecimiento de la Palma Africana del CIRAD y a los 70 y 110 centímetros de otros materiales comerciales. Este factor puede alargar la vida útil de una plantación de 30 a 50 años. El Híbrido de Palma posee una tolerancia natural a las enfermedades y las plagas propias de América Tropical. Esto reduce el gasto en productos químicos y en costos de sanidad general. Con relación a la pudrición de cogollo (PC) y a la pudrición de flecha (PF), la palma híbrida ha mostrado tolerancia a estas enfermedades. El Híbrido de Palma es fácil de cosechar dado que los ciclos de cosecha son cada 3 semanas. Así mismo, la acidez del fruto es inferior al 2% y posee mejor estabilidad del fruto después de cosechado. Así mismo, tiene la característica de ser altamente productivo, puesto que produce entre 28 y 35 toneladas de fruto por hectárea al año. Esto junto con una extracción entre 19 y 20%, le asegura una gran rentabilidad al palmicultor (Zambrano, 2004).

3.4 Taxonomía y distribución

Hartley (1986) manifiesta que la palma africana pertenece a la familia Arecaceae, Jacquin la describió en 1763 y le dio el nombre de *Elaeis guineensis*. Según Pinzón (1995), este género incluye tres especies: *Elaeis guineensis*, de África Occidental; *Elaeis oleifera* (*Elaeis melanococa*), que se extiende de Centroamérica a Brasil; y, *Elaeis odora*, una especie muy poco conocida de América del Sur.

El género de *Elaeis* se basó en palmas introducidas en la Martinica y la palma de aceite recibió su nombre botánico de Jacquin en un informe sobre plantas americanas; *Elaeis* se deriva de la palabra griega “elaion”, aceite, mientras que el nombre específico *guineensis* muestra que Jacquin atribuía su nombre a la costa de Guinea. (Hartley, 1986).

3.5 Morfología de la palma africana.

Ortiz y Fernández (1994), describen a la palma de aceite por partes de la siguiente manera:

3.5.1 Raíces

La parte inferior del tallo de la palma aceitera es una estructura cónica de la cual surgen hasta 10,000 raíces primarias. Estas raíces miden entre 5 y 10 mm de diámetro y pueden llegar a alcanzar hasta 20 m de longitud. Las raíces primarias crecen hacia abajo o se distribuyen de manera más o menos horizontal y cumplen básicamente una función de anclaje. Las raíces primarias dan origen a las secundarias que miden entre 2 y 5 mm de diámetro y pocos metros de longitud; éstas dan origen a las terciarias de 1 a 2 mm de diámetro y hasta 15 cm de longitud; también existen raíces cuaternarias muy pequeñas (Ortiz y Fernández, 1994).

3.5.2 Estipe o estípite

Durante los primeros tres años de edad, el estipe se caracteriza por su forma de cono invertido, de cuyo ápice brotan las hojas y de la base numerosas raíces adventicias. A partir de esa edad el tronco se alarga conforme emergen las hojas y puede alcanzar entre 15 y 20 m de alto, con un diámetro que oscila entre 30 y 50 cm (Ortiz y Fernández, 1994). La palma africana posee un solo punto de crecimiento o meristemo apical que se encuentra en la parte central del tronco. El meristemo apical llega a producir de 30 a 40 hojas nuevas por año. Las funciones principales del tronco son: 1.- Soporte de hojas e inflorescencias 2.- Almacenamiento y transporte de agua y nutrientes 3.- Almacenamiento de carbohidratos y minerales.

3.5.3 Hojas

El follaje se forma a partir de los primordios foliares localizados en la parte superior del estipe del que nacen hojas e inflorescencias. El estipe de una palma adulta en condiciones normales

posee entre 30 y 40 hojas, las cuales pueden alcanzar entre 5 y 7 m de longitud y pesan de 5 a 8 kilogramos.

Cada hoja madura está compuesta de un raquis, de 50 a 60 foliolos lineales y espinas. La parte proximal del raquis se ensancha en el pseudotallo y se conoce como pecíolo y es ahí donde aparece la mayor parte de las espinas, aparenta ser una hoja compuesta, aunque en realidad es una hoja pinnada, (con foliolos dispuestos como pluma, a cada lado del pecíolo) y consta de dos partes: el raquis y el pecíolo. A uno y otro lado del raquis existen de 100 a 160 pares de foliolos dispuestos en diferentes planos, correspondiendo el tercio central de la hoja a los más largos 1.20 metros (Ortiz y Fernández, 1994).

3.5.4 Inflorescencias

La palma africana es monoica, es decir, las flores masculinas se desarrollan separadamente (en el tiempo) de las flores femeninas, pero siempre en la misma planta. Las inflorescencias masculinas y femeninas se forman en las axilas de las hojas; las primeras aparecen aproximadamente entre los 20 – 24 meses y es a partir de esa edad, en condiciones normales, que surgen una por cada hoja que se forma, generalmente existen ciclos de producción de inflorescencias masculinas y femeninas que varían estacionalmente la producción (Ortiz y Fernández, 1994). La inflorescencia masculina está constituida por un pedúnculo largo o eje central, alrededor del cual se distribuyen cerca de cien espigas de 10 a 20 cm de largo. Cada espiga puede albergar alrededor de un millar de flores. El perianto está formado por seis estambres. El polen posee un atractivo olor a anís (Ortiz y Fernández, 1994). La inflorescencia femenina es un racimo globoso, cubierto al principio por dos espatas coriáceas y protegido en la base con 5 a 10 brácteas duras y puntiagudas que pueden medir hasta 15 cm de largo. El racimo es sostenido por un pedúnculo corto y fuerte sobre el que se insertan cerca de un centenar de

espigas. La flor femenina tiene un perianto doble y el pistilo está compuesto por un ovario tricarpelar y un estigma sésil (Ortiz y Fernández, 1994)

3.5.5 Racimos y frutos

El racimo puede ser de varias formas. Por lo general, es ovoide y posee un tamaño promedio de 35 cm de ancho por 50 cm de largo. El número de frutos producido en cada racimo varía con la edad y con el material genético. Su peso puede variar de 2 a 3 kg en palmas jóvenes y alcanzar hasta 100 kg por racimo en adultas. El racimo está compuesto de un raquis central, espiguillas, frutos normales, partenocárpicos y abortados (Ortiz y Fernández, 1994). El fruto es una drupa sésil, ovoide, que presenta color oscuro o negro cuando está inmaduro y color predominantemente rojo en su madurez. Existen variaciones en el color y forma del fruto que son genéticamente controladas. Los componentes relacionados con la producción anual de racimos son el peso promedio y el número de racimos. Estos componentes asociados con el porcentaje de extracción de aceite constituyen el rendimiento total por hectárea (Ortiz y Fernández, 1994).

3.6 Polinización biológica en palma africana

Hartley (1986), afirma que: "La palma africana es polinizada casi exclusivamente por el viento". En países como Malasia la abundancia de polen en las inflorescencias masculinas atrae a muchos insectos, en particular a tres tipos de abejas: *Apis indica*, *Apis dorsata* y *Melipona laeviceps*. Sin embargo, ellas no visitan a las flores femeninas y se pensaba que el suave olor a anís que emiten estas flores debía su origen a un antecesor primitivo.

Hartley (1986), contó los granos de polen que caían en portaobjetos de microscopio colocados en plantaciones maduras. En un área en donde se observaron inflorescencias masculinas a 8.5 m y 15.2 m de los portaobjetos se registró solamente un promedio de apenas 1 grano por pulgada cuadrada (6.45 cm²) 7 por hora, siendo esto el equivalente a 94 granos por pulgada cuadrada en

el periodo de 3 días en que una inflorescencia femenina es receptiva. En otras áreas se registraron tasas de deposición de 167 a 109 granos por pulgada cuadrada por 3 días y se consideraron suficientes para la polinización. En estos casos se observó la presencia de inflorescencias masculinas en números razonables (siete y trece/hectárea) de 9.1 m (30 pies) a 68.6 m (225 pies) de los porta objetos. Se concluyó que en estas condiciones y donde las palmas estaban expuestas a los vientos dominantes, el polen transportado por el viento podría ser suficiente para una polinización óptima. En otros estudios similares se han obtenido promedios mínimos de inflorescencias masculinas por área de cultivo en periodo de antesis que nos dan una referencia numérica de las necesidades básicas para una adecuada polinización natural. Hartley (1986) expone que es tentador confiar en los cómputos de las inflorescencias masculinas como una guía de las necesidades de polen, pero se ha señalado que otros factores tales como precipitación, intensidad del viento y coberturas también están desempeñando su parte; así que, en términos generales se cree que una producción de menos de 25 inflorescencias masculinas mensuales por hectárea puede considerarse peligrosamente baja, mientras que tres veces ese número (75) debería ser adecuada, aunque hoy en día se habla de un rango diario mínimo de 5 inflorescencias masculinas en antesis/ha.

3.7 Insectos polinizadores en palma africana

Genty *et al.* (1986) asegura que en la palma africana muchas especies de insectos han sido reportadas como agentes polinizadores naturales, de los cuales el gorgojo *Elaeidobius kamerunicus* es la especie predominante. Además, la acción de este insecto ha demostrado científicamente ser de gran ayuda para el proceso de polinización el cual se creía se basaba únicamente en la acción del viento. A través de los resultados obtenidos de los análisis de

racimos, de estas investigaciones se comprobó que el índice frutos/racimo aumentó de manera muy significativa en presencia de esta especie de insecto.

Sánchez y Ortiz (1998) determinan como insectos polinizadores importantes al *Elaeidobius subvittatus* Faust (Coleoptera: Curculionidae) y *Mystrops costaricensis* Gillogly (Coleoptera: Nitidulidae), sobre todo por estar bien adaptados a nuestras condiciones en el continente americano.

3.8 Polinización asistida en híbridos interespecíficos (OxG)

Según Bernal (2004) para que el aceite del híbrido sea de mejor calidad, se requiere de un procedimiento llamado “polinización asistida”, que no era necesario en los anteriores cultivos.

Es una labor agronómica indispensable que se está realizando para compensar aspectos como:

1. Baja conformación de racimos.
2. Bajas poblaciones de flores masculinas (Menos de dos flores por hectárea por semana).
3. Bajas poblaciones de polinizadores.
4. Baja viabilidad del Polen (4%-25%)
5. Bajo potencial de atracción de insectos polinizadores.

3.9 Costo de la polinización asistida en híbridos (OxG)

La polinización asistida es una actividad que necesariamente debe adelantarse en este tipo de material híbrido para que se obtenga una buena formación del racimo. Esta actividad es intensiva en mano de obra y su costo anual en 2015 fluctuó entre \$ 615.000 y 1'500.000 por hectárea (Mosquera *et al.*, 2015).

3.10 Viabilidad del polen en medio líquido

Rosero *et al.* (2011) observaron que a pesar de que la germinabilidad y viabilidad del polen en medio líquido a nivel *in vitro* disminuye en función del tiempo según el tipo de agua, la polinización en medio líquido se convierte en una buena alternativa para tener en cuenta y evaluar en campo.

3.11 Efecto de la polinización asistida en medio líquido en la conformación del racimo

Rosero y Santacruz (2014) realizaron un estudio en una plantación de palma de aceite con polinización asistida en medio líquido queriendo ver si la polinización en este medio era efectiva en la conformación de racimos y observaron que es factible realizar la polinización asistida en medio líquido ya que el contenido de aceite en el racimo presento promedios similares a la polinización tradicional.

3.12 Beneficios de la polinización en medio líquido

Sweet (1995) menciona los beneficios que se pueden obtener con polinizaciones líquidas en árboles del género *Pinus* sp, una de ellas es aumentar su eficacia en la producción de semillas, que son más grandes y tiene mayor capacidad de germinación en un 18% a diferencia de polinizaciones realizadas en seco, también permite hacer mezclas con sustancias nutritivas que colaboran en la germinación del tubo polínico.

4. JUSTIFICACIÓN

El material híbrido interespecífico OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) cruzamiento Coarí x La Mé, se ha convertido en una gran alternativa promisorio de negocio para las zonas palmeras, debido a que posee bondades genéticas que lo hacen más resistente a plagas y enfermedades como la pudrición de cogollo (PC), anillo rojo (AR) entre otros factores que limitan la productividad de la palma de aceite e interfieren en el aprovechamiento total de su potencial productivo.

Teniendo en cuenta que el material híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) obligatoriamente requiere polinización asistida debido a que presenta una baja cantidad y viabilidad del polen, escasa producción de inflorescencias masculinas con un bajo potencial de insectos polinizadores, lo cual representan una disminución considerable en la conformación de racimos y por ende un bajo potencial de aceite.

De igual manera se ha evidenciado que la polinización asistida tradicional en palmas adultas ha sido un verdadero reto, por el incremento de la altura de las palmas, lo cual genera dificultad para realizar la labor, debido a que se deben manejar herramientas largas y pesadas que no son fáciles de cargar, dificultando las actividades de la labor como son, desplazamiento del operario de palma a palma, causando fatiga en el operario, revisión de la corona de la palma para identificar la inflorescencia femenina en anthesis, destape de las brácteas de la inflorescencia, aplicación y marcación de la hoja. Por el alto grado de esfuerzo y dificultad que requiere cada una de estas actividades, los operarios frecuentemente desertan de la labor y los rendimientos diarios son muy bajos (entre 5,3 y 6 has).

Estos factores traen como consecuencia bajo promedio en el peso del racimo, abortos, malogro de racimos, baja productividad y disminución en el potencial de aceite.

Por esta razón, la implementación de la polinización asistida en medio líquido de manera comercial es una alternativa viable para mejorar la productividad en siembras adultas de material híbrido, lo cual permite reducir la deserción del personal, aumentar los rendimientos de la labor y disminuir las pérdidas de producción generadas por no polinizar.

5. METODOLOGÍA

5.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó entre septiembre y diciembre del año 2016 en la plantación Guaicaramo S.A.S, ubicada a 7 kilómetros del municipio de Barranca de Upía, departamento del Meta, con una altitud de 190 m.s.n.m con latitud Norte 4°29' y longitud Oeste 72°57' (Fig. 1). Los registros climáticos de la zona reportan una temperatura entre 24.30 y 29°C, con precipitación promedio 2.589 mm /año, y una humedad relativa 81%.

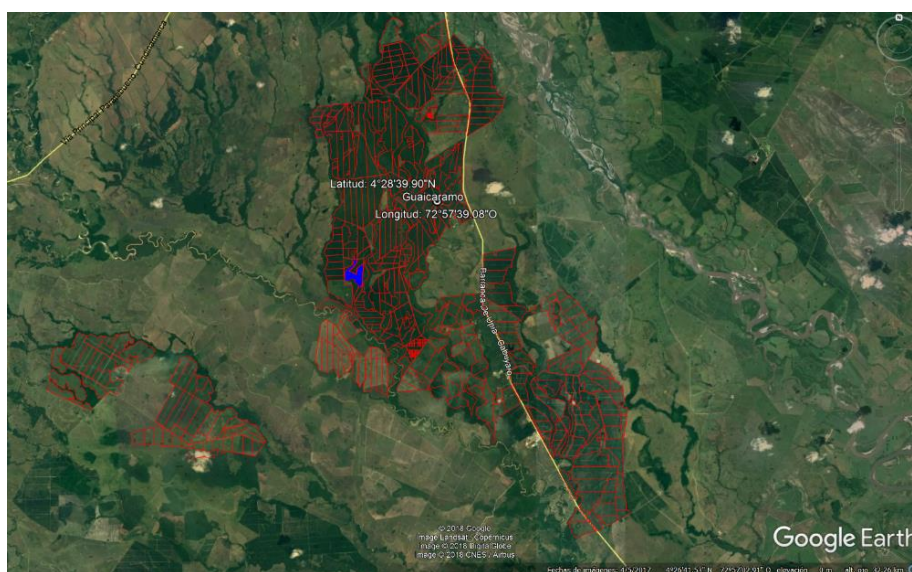


Figura 1. Localización del área de estudio. Tomado de Google Earth 2017.

5.2 Selección de lotes objeto de estudio

Para esta investigación, se seleccionó un lote de material híbrido interespecífico (OxG) cruzamiento Coarí x La Mé de 18 años de edad, bajo las mismas condiciones de manejo UMA (Unidad de Manejo Agronómico).

5.3 Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con 2 tratamientos, 3 repeticiones por tratamiento, la unidad experimental correspondió a una inflorescencia femenina

y/o racimo, para un total de 60 inflorescencias y/o racimos en el ensayo; éstas inflorescencias y estos racimos permitieron estimar la variabilidad en cada uno de los tratamientos. El experimento consistió en contrastar dos tratamientos, la polinización tradicional con destape de brácteas (T1) y la polinización en medio líquido sin destape de brácteas (T2).

Los tratamientos de la investigación estuvieron determinados por la interacción de dos factores: el primero está relacionado con el tipo de agente dispersante que se mezcla con el polen, donde se utilizó talco inerte y agua; y el segundo se refiere a la remoción parcial (destape), o a la no remoción de la bráctea pedúncular que rodea la inflorescencia (Tabla 1). Estos dos tratamientos están basados en estudios previos realizados por Rosero y Santacruz (2014) en la misma plantación.

Tabla 1.
Características de los tratamientos.

| Material | Siembra | Método de polinización | TTO | Mezcla | Bráctea peduncular |
|----------------------|---------|------------------------|-----|---------------|--------------------|
| Híbrido (OxG) | 1998 | Tradicional | 1 | Polen + talco | Con destape (CD) |
| | 1998 | Líquida | 2 | Polen + agua | Sin destape (SD) |

Fuente elaboración propia.

5.4 Variables a evaluar

Se realizó la evaluación de los componentes del racimo y el potencial de extracción de aceite en todos los 60 racimos cosechados. Se procedió a realizar el corte de racimos entre 170 y 176 días después de la antesis, muestreando 30 racimos por tratamiento, se empleó la metodología de análisis de racimo establecida por Prada y Romero (2012), que permite cuantificar los componentes del racimo y de los frutos relacionados con la producción de aceite, la extracción del aceite se realizó por el método soxhlet, siguiendo la metodología planteada por Yáñez *et al.* (2006).

5.5 Análisis estadístico

Con las variables obtenidas se procedió a realizar una prueba de T-student, para contrastar e identificar la igualdad o diferencias entre los dos métodos evaluados. Este análisis se llevó a cabo en el software SPSS.

5.6 Método de polinización líquida

5.6.1 Herramienta

Se utilizó una herramienta compuesta por una bomba royal cóndor con capacidad de 20 litros a la cual se adaptó un tubo de aluminio de 5 m de longitud, una manguera transparente (5/16") de 4 m dentro del tubo con salida en la parte superior, con el fin de evitar posibles daños al contacto con las hojas espinosas de la palma, un gancho en varilla de hierro liso 5/16, con terminación en punta cónica para facilitar el rasgado de la inflorescencia, en la parte superior del tubo una adaptación para la salida del líquido utilizando una boquilla en bronce de 300 centímetros por minuto con 40 psi. (Fig. 2).



Figura 2. Herramienta utilizada en polinización líquida. Fuente autoría propia.

5.6.2 Selección de inflorescencias

Se seleccionaron todas las inflorescencias femeninas en estado fenológico (603) pre antesis tres y antesis (607), las cuales fueron polinizadas en un lapso de tiempo entre 48 horas, dentro de los tratamientos (Fig. 3), teniendo como referencia la escala fenológica para palma de aceite desarrollada por Hormaza *et al.* (2010).



Figura 3. (A) Inflorescencia femenina en pre antesis tres. (B) Inflorescencia femenina en antesis. Fuente autoría propia.

5.6.3 Método de localización de inflorescencias femeninas

Tanto para el método tradicional y el método de la polinización líquida se manejó el mismo recorrido alrededor de cada palma, retirado del estípite a unos dos metros aproximadamente para facilitar la identificación de la inflorescencia y se continúa avanzando en forma de zigzag por la calle de cosecha (Fig. 4). Esto permite una mayor eficacia en cuanto a la localización de inflorescencias y en el movimiento del personal por el lote.

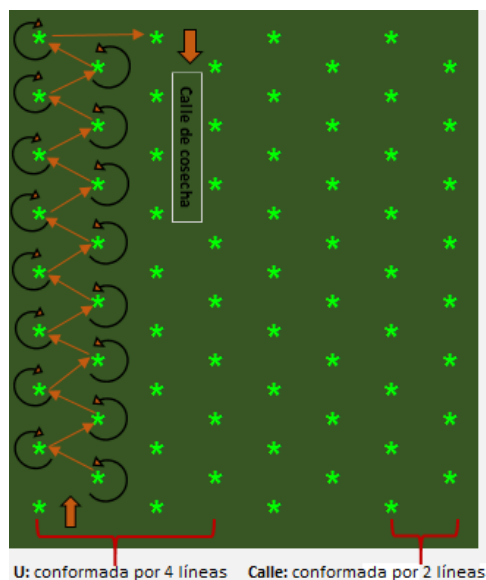


Figura 4. Localización de flores femeninas. Fuente de elaboración propia.

5.6.4 Tipo de agente dispersante

Una vez identificada la inflorescencia se realiza previamente un rasgado ascendente de la bráctea en la parte apical de la misma (Fig. 5), para facilitar la penetración del líquido en el momento de hacer la aplicación, finalmente se marca la hoja fuente con el día y mes actual reportándola por única vez como inflorescencia polinizada. Si en el próximo pase es necesaria otra aplicación, se marcará la hoja correspondiente con el día y se reporta como inflorescencia re polinizada. La relación estándar utilizada en éste método de polinización fue de 0,18 gramos de polen en 60 centímetros cúbicos de agua, la cantidad de dosis suministrada por inflorescencia fue de 120 centímetros cúbicos de mezcla aproximadamente, distribuida entre una y dos aplicaciones hasta finalizar del ciclo de anthesis de la inflorescencia femenina. En éste método es importante tener en cuenta que la mezcla se debe conservar no más de unos 45 minutos ya que a partir de ahí empieza a disminuir la germinabilidad del polen. Para evitar sobrantes es necesario mezclar la cantidad suficiente de acuerdo al promedio de inflorescencias que va encontrando en el lote. Si pasados los 45 minutos no terminó la mezcla preparada se hace la nueva mezcla sobre el

sobrante con la misma relación de agua más polen puro. Se utilizó agua tratada con un PH que oscila entre 5.5 y 6.5.



Figura 5. Aplicación de la mezcla líquida polen puro más agua sobre la inflorescencia femenina. Fuente autoría propia.

5.6.5 Fase de campo

Diariamente se envía a campo el polen puro en pequeños frascos debidamente dosificados (3 g de polen puro/frasco) en termos refrigerantes de 800 centímetros cúbicos, el agua se transportó en canecas de 60 litros cada 15 días y se distribuyó en el área de trabajo (Fig. 6).



Figura 6. (A) Termo refrigerante para empacar el polen puro. (B) Recipientes para transportar el agua hacia el lote. Fuente autoría propia.

5.7 Método de polinización tradicional

5.7.1 Herramienta utilizada

Se utilizó un tubo de 5 metros de longitud, una manguera transparente (5/16) de 4 metros adaptada dentro del tubo con salida en la parte superior, con el fin de evitar posibles daños al contacto con las hojas espinosas de la palma; un gancho en varilla de hierro corrugado 5/8 con terminación en punta pate cabra para facilitar la abertura de brácteas pedúnculares de la inflorescencia. En la parte inferior del tubo se adaptó una pera de goma que permite impulsar la mezcla por todo el sistema hacia el exterior (Fig. 7).



Figura 7. Herramienta utilizada en polinización tradicional. Fuente autoría propia.

5.7.2 Tipo de agente dispersante

Una vez identificada la inflorescencia, se procede a la abertura de brácteas pedúnculares tratando de llegar a la base de la inflorescencia para garantizar una aplicación uniforme (Fig. 8). Finalmente se marca la hoja fuente con el día y mes actual reportándola por única vez como inflorescencia polinizada. Si en el próximo pase es necesaria otra aplicación, se marcará la hoja

correspondiente con el día y se reportó como inflorescencia re polinizada. La relación de mezcla polen más talco utilizada fue de 1:7, es decir que por cada 7 gramos de talco (silicato de magnesio malla 325) se mezcla 1 gramo de polen, la cantidad de dosis de mezcla aplicada por inflorescencia fue de tres (3) gramos aproximadamente (0.38 g de polen más 2.63 g de talco), distribuido entre dos y tres aplicaciones hasta finalizar del ciclo de antesis de la inflorescencia femenina.



Figura 8. Aplicación de la mezcla sólida en inflorescencia femenina. Fuente autoría propia.

5.7.3 Fase de campo polinización tradicional

Para realizar la polinización tradicional, se prepara una cantidad de mezcla relación 1:7 (1 g de polen por 7 g de talco) dependiendo de la cantidad de inflorescencias estimadas diariamente la cual se entrega en termos refrigerantes con capacidad de 800 gramos (Fig. 9).



Figura 9. Termo refrigerante para empaclar la mezcla de polen + talco. Fuente autoría propia.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis de los componentes del racimo

Como se mencionó en la metodología, se seleccionaron 30 racimos por tratamiento para analizar las variables más importantes que conforman el racimo.

6.1.1 Peso del racimo

El promedio del peso del racimo varía con el genotipo y el ambiente, y su incremento es constante en el tiempo con la edad de la palma. Una disminución repentina en el peso del racimo puede indicar una baja relación fruto / racimo (F/R) (Tan, 1975). También el peso del racimo puede verse afectado si hay una pobre polinización. Según la tabla 2, no se observó diferencias estadísticamente significativas en el peso del racimo, sin embargo el peso del racimo en la polinización líquida (T2) mostró 1,6 kilogramos por encima del método tradicional.

Tabla 2.

Componentes del racimo y peso promedio de frutos normales y partenocárpico.

| Mat | Tra | Poli | Mezcla | Brá | Est | Pr Kg | Ppped | FRfn | FRfp | PPFN | PPFP |
|------------------|-----|------|------------------|-----|-------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Híbrido (OxG) | T1 | Trad | Polen + talco | CD | Media | 17,7 | 1,689 | 25,1 | 29,6 | 10,6 | 2,2 |
| | T2 | Líqu | Polen + agua | SD | | 19,3 | 1,879 | 28,0 | 26,9 | 10,4 | 2,7 |
| Sig. | | | | | | 0,3342 | 0,3047 | 0,4349 | 0,2364 | 0,7617 | 0,0054 |

Nota. PR, peso del racimo; Ppped, peso promedio del pedúnculo; FRfn, frutos normales a racimo; FRfp, frutos partenocárpico a racimo; PPFN, peso promedio de frutos normales; PPFP, peso promedio de frutos partenocárpico. Fuente elaboración propia.

6.1.2 Peso promedio del pedúnculo

El peso de esta variable se registra de manera individual luego de haber retirado todas las raquilas donde van insertados los frutos del racimo. El análisis estadístico indica que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados respecto al peso promedio del pedúnculo (Ppped), pero el tratamiento (T2) si muestra una diferencia en su valor de 0,2 % con relación a la polinización tradicional (T1).

6.1.3 Frutos normales y partenocárpicos a racimo

La tabla 2, muestra que para el análisis de frutos a racimo, tanto normales como partenocárpicos en el material híbrido, no indica diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos. Se observa que para el tratamiento uno (T1) polinización tradicional sin destape de brácteas, se obtuvo un valor de 54.7% de frutos normales y partenocárpicos a racimo, comparado con el tratamiento dos (T2) polinización líquida sin destape de brácteas con un valor de 54.9%.

Los resultados obtenidos con respecto a frutos normales y partenocárpicos a racimo, son bajos comparados con lo mencionado por Hartley (1988), donde encontró que el porcentaje de frutos a racimo puede variar entre el 60-65% y que son raras las relaciones menores del 60%. Esto no quiere decir que los métodos de polinización evaluados no son económicamente viables.

6.1.4 Peso promedio de frutos normales

De acuerdo a estudios realizados con respecto a los frutos normales (frutos con semilla) de la palma de aceite se conoce que su mayor crecimiento en peso y volumen ocurre durante los 3 primeros meses después de la polinización, donde acumulan materia seca y agua, luego sigue el endurecimiento del endocarpio (cuesco) hasta los 5,5 meses y luego el crecimiento cesa, iniciando la acumulación de aceite (Harley, 1988). De acuerdo a los resultados encontrados en este trabajo, se puede observar que no hubo diferencias estadísticamente significativas para variable (PPFN), entre los dos tratamientos (T1-T2), esto quiere decir que se encuentra dentro del rango normal del peso de un fruto fértil con una eficiente polinización.

6.1.5 Peso promedio de frutos partenocárpicos

Un buen periodo de maduración del racimo, comprendido desde la polinización de las flores hasta la cosecha del racimo con desprendimiento natural de frutos impacta positivamente el peso

de los frutos partenocárpicos (frutos sin semilla). En este ensayo, el peso de frutos partenocárpicos (PPFP) entre los dos métodos evaluados representa un buen indicador de madurez del racimo; especialmente en la polinización en medio líquido con un valor de 2,7 gramos con relación a la polinización tradicional con un valor de 2,2 gramos, demostrando diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos.

6.2 Formación de frutos del racimo

La característica frutos fértiles (frutos con semilla) es altamente afectada por el ambiente, disponibilidad de polen, viabilidad o esterilidad del polen, también por el genotipo; en cambio los frutos partenocárpicos se producen en forma natural en los híbridos OxG; Torres *et al.* (2004) reportaron 62% de frutos partenocárpicos en racimos del tipo Coarí x La Mé. En cuanto a la polinización líquida como un nuevo método evaluado, a pesar de no retirar brácteas pedunculares, es decir, no se destapa la inflorescencia en la polinización líquida, se encontró un efecto positivo en la formación de frutos del racimo, debido a que el líquido baja por capilaridad impregnando una gran parte de la inflorescencia.

6.2.1 Formación de frutos normales

No se encontraron diferencias estadísticas significativas para la variable de frutos normales (FFN) (Tabla 3). Análisis de racimos realizados en la plantación Guaicaramo han determinado que la polinización asistida tradicional en los híbridos de 8 años de edad proporciona una formación de frutos normales hasta del 31%. De acuerdo a los resultados para la variable de formación de frutos normales, no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos, presentando un valor de 16,7 % para la polinización tradicional y de 20,6 % para la polinización líquida, evidentemente los valores son bajos comparados con lo dicho anteriormente, esto es

debido a que la dificultad de la polinización en palmas adultas aumenta la proporción de frutos abortados que pudieron ser frutos normales.

Tabla 3.

Formación de frutos normales, partenocárpicos y abortos del racimo.

| Material | Trat. | Polinización | Mezcla | Bráctea | Estadística | FFN % | FFP % | FAB % |
|------------------|-------|----------------|------------------|---------|-------------|----------|----------|----------|
| Híbrido (OxG) | T1 | P. tradicional | Polen + Talco | CD | Media | 16,7 | 77 | 6,3 |
| | T2 | P. líquida | Polen + agua | SD | | 20,6 | 69,9 | 9,5 |
| Sig. | | | | | | 0,0565 | 0,0312 | 0,1557 |

Nota. CD, con destape; SD; sin destape; FFN, formación de frutos normales; FFP, formación de frutos partenocárpicos; FAB, frutos abortados. Fuente elaboración propia.

6.2.2 Formación de frutos partenocárpicos

La aplicación de polen es importante para los materiales híbridos, ya que permite la fecundación de frutos normales y activa la formación de frutos partenocárpicos. De acuerdo a los resultados de la tabla 3, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la variable (FFP), lo cual la polinización tradicional con destape de brácteas (T1) se mostró más efectiva en la formación de frutos partenocárpicos (FFP) con un mayor valor de 77 % con relación a la polinización líquida sin destape de brácteas (T2) con un valor de 69,9 %; estos resultados pueden indicar que el contacto directo de la mezcla sólida en una inflorescencia femenina destapada impacta positivamente en la formación de frutos partenocárpicos (frutos sin semilla).

6.2.3 Frutos abortados

El tratamiento de polen en medio líquido sin destape de brácteas (T2) presentó un mayor porcentaje de frutos abortados (FAB) con un valor de 9,5 %, con relación al tratamiento de polinización tradicional que obtuvo un menor valor de 6,3%; valores que estadísticamente no son diferentes entre los dos métodos evaluados (Tabla 3). Para ambos casos, estos valores están

dentro del rango económicamente viable ya que racimos sin polinizar alcanzan hasta un 70,3 y 100 % de frutos abortados.

6.3 Comparación de la formación de aceite en el mesocarpio y en los frutos

El mesocarpio a fruto es un componente principal que influye en la tasa de extracción; según Henson (2001) el cuesco tiende a incrementar con el tamaño de la almendra, lo que quiere decir que el anillo fibroso que rodea la almendra tiende a ocupar parte del área destinada para el mesocarpio, reduciendo la cantidad de mesocarpio en los frutos normales.

Para las variables aceite a mesocarpio fresco en frutos normales (AMFfn) y aceite a mesocarpio fresco en frutos partenocárpicos (AMFfp), no se presentan diferencias estadísticas significativas entre los dos tratamientos evaluados, aunque el tratamiento dos (T2) polinización líquida presentó un mayor valor de 48% en aceite a mesocarpio fresco en frutos partenocárpicos en comparación con el tratamiento uno (T1) polinización tradicional con destape de brácteas que alcanzó un menor valor de 41,9%, lo cual representa una diferencia de 6,1% entre los dos métodos de polinización. De acuerdo a los resultados encontrados por Rosero y Santacruz (2014) con relación a la variable aceite a mesocarpio fresco en frutos partenocárpicos (AMFfp) fue de 46,32% y 50,15% para la polinización tradicional y polinización líquida respectivamente.

Valores con menos amplitud se encontraron en el presente estudio (Tabla 4).

Tabla 4.

Formación de aceite en el mesocarpio y en los frutos normales y partenocárpicos del racimo.

| Material | Trat. | Polinización | Mezcla | Bráctea | Estadística | AMFfn % | AMFfp % | AcFN % | AcFP % |
|------------------|-------|----------------|------------------|---------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|
| Híbrido (OxG) | T1 | P. tradicional | Polen + Talco | CD | Media | 53,2 | 41,9 | 38,2 | 41,9 |
| | T2 | P. líquida | Polen + agua | SD | | 52,0 | 48,0 | 36,7 | 48,0 |
| Sig. | | | | | | 0,4010 | 0,0512 | 0,1908 | 0,0512 |

Nota. CD, con destape; SD; sin destape; AMFfn, aceite en mesocarpio fresco en frutos normales; AMFfp, aceite en mesocarpio fresco en frutos partenocárpicos; AcFN, aceite en frutos normales; AcFP, aceite en frutos partenocárpicos. Fuente elaboración propia.

De manera similar en las variables aceite en frutos normales (AcFN) y aceite en frutos partenocárpicos (AcFP), no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, lo cual el aceite en frutos normales (AcFN) está relacionado con el aceite a mesocarpio fresco por el mesocarpio a fruto donde se tiene en cuenta la intervención de la almendra y el cuesco, con un valor de 38,2 % para la polinización tradicional y de 36,7 % para la polinización líquida; para la variable aceite en frutos partenocárpicos (AcFP) que está relacionado con el mesocarpio fresco por el cien por ciento ya que son en su totalidad pulpa, con un valor de 41,9 % para la polinización tradicional y un mayor valor de 48 % para la polinización líquida.

6.4 Comparación en la formación de aceite en el racimo

La baja relación de aceite a mesocarpio (A/M) es la principal causa del bajo contenido del aceite a racimo (A/R). En éste estudio, las variables que representan la formación de aceite en el racimo en los dos métodos de polinización fueron muy similares estadísticamente.

El aceite a racimo (ART) es el componente de la producción de aceite de mayor importancia, porque su grado de expresión es un reflejo del comportamiento del ambiente, disponibilidad de polen, viabilidad o esterilidad del polen etc. También depende de los frutos normales en racimo, de la pulpa en fruto y del aceite en pulpa fresca (Corley y Tinker, 2003) además del estado de madurez de los frutos (Durán *et al.*, 2004).

Según la tabla 5, el aceite a racimo en frutos normales (ARfn) y aceite a racimo en frutos partenocárpicos (ARfp), no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Sin embargo, el menor promedio para (ARfn) se presentó en el tratamiento de polinización tradicional (T1) con un valor de 9,5%, comparado con el tratamiento de polinización líquida (T2) que obtuvo un mayor valor 10,2%.

Tabla 5.
Formación de aceite a racimo en frutos normales y partenocápicos.

| Material | Trat. | Polinización | Mezcla | Bráctea | Estadística | ARfn % | ARfp % | ART % |
|------------------|-------|----------------|------------------|---------|-------------|-----------|-----------|----------|
| Híbrido (OxG) | T1 | P. tradicional | Polen + Talco | CD | Media | 9,5 | 12,8 | 22,26 |
| | T2 | P. líquida | Polen + agua | SD | | 10,2 | 12,6 | 22,78 |
| Sig. | | | | | | 0,6265 | 0,9305 | 0,7885 |

Nota. CD, con destape; SD; sin destape; ARfn, aceite a racimo en frutos normales; ARfp, aceite a racimo en frutos partenocápicos; ART; aceite a racimo total. Fuente elaboración propia.

De la misma manera, se puede observar que para la variable aceite a racimo total (ART), la cual está compuesta por la sumatoria de aceite a racimo en frutos normales (ARfn) y aceite a racimo en frutos partenocápicos (ARfp), no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados de polinización asistida tradicional y polinización asistida en medio líquido, expresando valores muy similares entre 22,26% y 22,78% respectivamente. Por consiguiente, la polinización asistida en medio líquido sin abertura de brácteas pedunculares, no genera aumentos significativos en el contenido de aceite, es decir mantiene valores muy semejantes con relación a la polinización tradicional con destape de brácteas.

6.5 Metodología y logística para la polinización líquida

Cambiar la manera habitual de hacer las cosas produce una sensación de resistencia al cambio, por esta razón se estableció una logística organizada para la realización del nuevo método de polinización asistida en medio líquido, que consiste en la disponibilidad suficiente de canecas grandes con agua limpia dentro del lote a polinizar, un termo diario con producto debidamente dosificado para una fácil y rápida preparación de la mezcla en campo, una herramienta artesanal fácilmente adaptable y práctica de cargar, adicionalmente se elaboró una ficha técnica con las indicaciones más relevantes para lograr el buen desarrollo de la labor (Ver Anexo 1).

6.6 Análisis de Costos

De acuerdo a lo reportado por FEDEPALMA (2015), la polinización asistida se constituye como una de las labores agronómicas más costosas (Fig. 10) dentro del cultivo de palma de aceite.



Figura 10. Costos de la polinización en la producción del híbrido OxG. Fuente: FEDEPALMA (2015).

En éste trabajo se realizó una comparación de los costos que incluye la polinización asistida en las dos modalidades evaluadas.

Como se muestra en la tabla 6, la diferencia de costos entre la polinización tradicional y la polinización líquida por hectárea año es de 136.316 pesos, siendo la polinización líquida la de mayor costo 2.148.049 pesos, con relación a la polinización tradicional con un costo de 2.011.733 pesos. Estos costos incluyen: insumos, transporte, herramienta, mano de obra (aplicación, laboratorio y auditoría). De acuerdo al análisis de costos por hectárea año, el requerimiento de insumos en la polinización tradicional es de 144.635 pesos, siendo la polinización líquida más costosa con un valor de 235.610 pesos, ya que se reemplaza el talco por el agua, la cual adquiere costos de tratamiento de potabilidad. También se puede observar que la

polinización líquida incluye un valor adicional de 28.974 pesos, que corresponde al transporte de agua hasta el área de trabajo, pero a su vez representa un menor costo de transporte de personal por hectárea año de 210.908 pesos con respecto a la polinización tradicional que tiene un valor de 281.211 pesos. Esta reducción del 33% en personal, se debe a que la polinización líquida aumenta la eficiencia en (2) hectáreas con relación a la polinización tradicional (Fig. 11).

Tabla 6.

Costos de la polinización líquida vs polinización tradicional en Guaicaramo S.A.S.

| REQUERIMIENTOS | Costos polinización ha/mes | | Costos polinización ha/año | | |
|---------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------|
| | P. Líquida | P. Tradicional | P. Líquida | P. Tradicional | |
| Insumos | Polen puro | \$ 11.369 | \$ 11.844 | \$ 136.430 | \$ 142.127 |
| | Talco inerte | \$ - | \$ 209 | \$ - | \$ 2.508 |
| | Agua | \$ 8.265 | \$ - | \$ 99.180 | \$ - |
| Transporte | Transporte de agua | \$ 19.634 | \$ 12.053 | \$ 235.610 | \$ 144.635 |
| | Transporte de personal | \$ 2.415 | \$ - | \$ 28.974 | \$ - |
| | | \$ 17.576 | \$ 23.434 | \$ 210.908 | \$ 281.211 |
| Herramienta | Herramienta completa | \$ 19.990 | \$ 23.434 | \$ 29.883 | \$ 281.211 |
| | | \$ 20.186 | \$ 12.093 | \$ 242.232 | \$ 145.116 |
| Mano de obra | Mano de obra de aplicación | \$ 111.874 | \$ 111.874 | \$ 1.342.488 | \$ 1.342.488 |
| | Auditoria | \$ 7.320 | \$ 7.320 | \$ 87.837 | \$ 87.837 |
| | Preparación en laboratorio | \$ - | \$ 871 | \$ - | \$ 10.447 |
| | | \$ 119.193,7 | \$ 120.064,3 | \$ 1.430.324,6 | \$ 1.440.772,0 |
| TOTAL | | \$ 179.004 | \$ 167.644 | \$ 2.148.049 | \$ 2.011.733 |
| | | | | Diferencia | 136.316 |

Fuente elaboración propia.

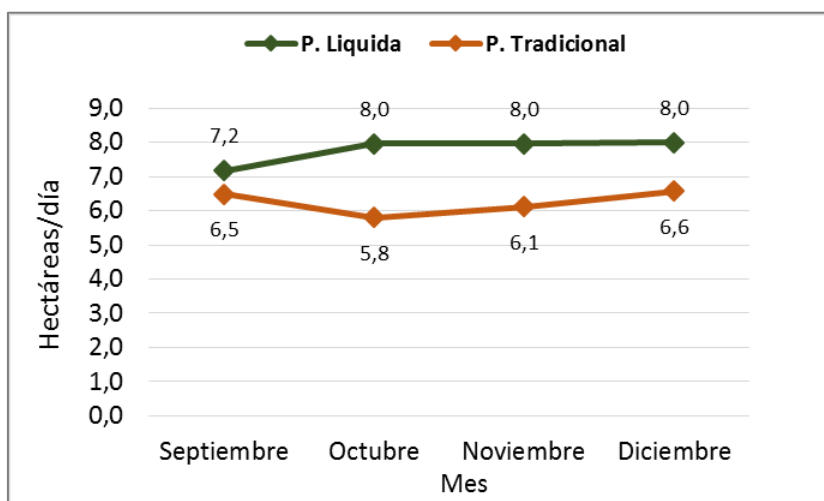


Figura 11. Eficiencia diaria de la polinización asistida tradicional y la polinización líquida. Fuente elaboración propia.

En cuanto al costo de herramienta, la polinización líquida tiene un incremento de 97.116 más que el método tradicional, debido a que se debe utilizar una bomba adicional a la herramienta tradicional.

El costo de esta labor de polinización asistida está influenciado en un 85 % por la mano de obra, debido a que es necesario ingresar a un mismo lote tres veces por semana; ello demanda gran cantidad de personal y en consecuencia un alto costo laboral (FEDEPALMA, 2015). De manera similar, se comprueba en este estudio que la mano de obra, representa el costo más alto respecto a los demás requerimientos de insumos, transporte y herramienta. Por lo tanto, en los dos métodos evaluados, la polinización asistida tradicional representa el mayor valor 1.440.772 que incluye aplicación, auditoria y laboratorio, mientras que en la polinización líquida sin destape de brácteas obtiene una disminución de 10.447 pesos por hectárea año, correspondiente a la preparación de mezcla en laboratorio, ya que se envía el polen puro directamente a campo.

6.7 Análisis de costo beneficio

El beneficio que se recibe cuando se realiza la polinización asistida son toneladas de fruta fresca que luego se verán reflejadas en toneladas de aceite, esta cantidad y calidad depende de la eficiencia y eficacia con que se realiza la labor. De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede observar en la tabla 7 que la polinización tradicional en palma adulta de híbrido (OxG) se muestra menos eficiente, con un cubrimiento del 62% del área en comparación con la polinización en medio líquido que logra un 94%. El cubrimiento del área permite que el operario polinice un mayor número de inflorescencias (tabla 7) que luego se convertirán en racimos. Cabe resaltar que al suprimir el destape de la inflorescencia en la polinización líquida, se logra un aumento de dos (2) hectáreas en el rendimiento del operario y se genera una mayor estabilidad de la labor.

Tabla 7.

Número de inflorescencias y porcentaje de cubrimiento del área en la polinización tradicional y líquida.

| Tipo de polinización | CARACTERÍSTICA | | Inflorescencias Polinizadas/Ha/mes | Cubrimiento del área % |
|---------------------------------|----------------|---------------|---------------------------------------|---------------------------|
| | Brácteas | Mezcla | | |
| Polinización tradicional | Con destape | Polen + Talco | 89 | 62 |
| Polinización Líquida | Sin destape | Polen + Agua | 116 | 94 |

Fuente elaboración propia.

El análisis de costo beneficio se realizó teniendo en cuenta el dato de inflorescencias polinizadas por hectárea mes, la eficiencia en cada uno de los tratamientos, el costo total de la labor, la cual incluye (insumos, transporte, herramienta, auditoria y mano de obra de aplicación). Como se puede observar en la tabla 8, los resultados se mostraron por hectárea año, donde la polinización tradicional obtiene un beneficio de 4.607.953 pesos y la polinización líquida un valor de 7.333.509 pesos; dicho de otra manera, la polinización líquida sin destape de brácteas en palmas adultas obtiene una ganancia hasta de 8,1 Ton FF por hectárea año que representa un valor de 2.725.556 pesos, es decir un 37% más eficaz comparada con la polinización tradicional. La producción se ve reflejada a partir del segundo semestre, seis meses después de la polinización, que es el tiempo que dura el racimo para llegar a la madurez y ser cosechado, es a partir de ahí donde se empieza a reflejar los ingresos.

Tabla 8.

Análisis de costo beneficio entre la polinización tradicional y la polinización líquida.

| Tipo de polinización | Características | | Peso Racimo | Racimos /Ha/Mes | Ton/ Ha/año | Valor Ton FF/Ha/año | Costo de la polinización /Ha/año | Beneficio/ Ha/año |
|---------------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------------|----------------|------------------------|--|----------------------|
| | Bráctea | Mezcla | | | | | | |
| P. Tradicional | Con destape | Polen +Talco | 17,7 | 89 | 18,8 | \$ 6.619.686 | \$ 2.011.733 | \$ 4.607.953 |
| P. Líquida | Sin destape | Polen +Agua | 19,3 | 116 | 26,9 | \$ 9.481.558 | \$ 2.148.049 | \$ 7.333.509 |
| | | | | | 8,1 | \$ 2.861.872 | \$ 136.316 | \$ 2.725.556 |
| | | | | | | | | 37% |

Fuente elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

No hubo diferencias estadísticas significativas entre la polinización asistida tradicional y la polinización en medio líquido. Por lo tanto se considera una alternativa viable para seguir implementando en palmas adultas del material híbrido.

La polinización líquida en el material híbrido (OxG) se determina como una labor factible para garantizar una buena conformación del racimo, potencial de aceite y rentabilidad del cultivo.

La no abertura de brácteas de la inflorescencia femenina en la polinización líquida, no difiere en la producción de aceite en el racimo con relación a la polinización tradicional con abertura de brácteas.

Al suprimir la abertura de brácteas en la polinización líquida permite una ganancia de eficiencia hasta dos (2) hectáreas por día.

La polinización líquida sin destape de brácteas en palmas adultas obtiene una ganancia hasta de 8,1 Ton FF por hectárea año que representa un valor de 2.725.556 pesos, es decir es 37% más eficaz comparada con la polinización tradicional.

La metodología utilizada en la polinización líquida fue muy práctica y receptiva tanto para el operario como para lograr buenos resultados en la producción.

8. RECOMENDACIONES

- Realizar aplicaciones homogéneas sobre las inflorescencias femeninas con las dosis recomendadas, para garantizar una mayor formación de frutos basales del racimo.
- Utilizar polen de buena calidad preferiblemente con viabilidad y germinabilidad mayor al 85%.
- El polen que se envía a campo se debe mantener a temperaturas frescas para evitar que se dañe o pierda viabilidad.
- No utilizar agua de canales para las aplicaciones de polinización líquida, sin antes realizar un análisis de la calidad del agua en laboratorio.
- Se recomienda seguir en la mejora continua de la nueva metodología de polinización asistida en palmas adultas, en cuanto a tipos de boquillas para la aplicación, diseño de equipo con tecnología avanzada y productos que ayuden a dispersar de manera homogénea y conservar la vida útil del polen cuando entra en contacto con el agua.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles (ANIAME). 2006. La importancia de la palma de aceite en el mundo. Disponible en: http://portal.aniname.com/uploads/palmadeaceiteenelmundo_001.pdf
- Bastidas, P. S., Peña, R. E., & Reyes, C. R. 2013. Preguntas sobre Palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., palma Nolí *Elaeis oleífera* (Kunth) Cortés y los híbridos intespecíficos Nolí x Palma de aceite (*E. oleífera* x *E. guineensis*). *CORPOICA*. Bogotá (Colombia).
- Bernal, F. 2004. El cultivo de la palma de aceite y su beneficio: Guía general para el nuevo palmicultor. *FEDEPALMA*. Bogotá D.C.
- Corley, R. H., & Tinker, P.B. 2003. The Oil Pal, Fourth edition. *Blackwell Publishing*. Oxford, UK.
- Durán, S., Sierra, R., & García, N. 2004. Potencial de aceite en racimos de palma de aceite de diferente calidad y su influencia en el potencial y extracción de aceite en la planta de beneficio. *Palmas*, 25 (2): 501-508.
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (FEDEPALMA). 2015. Actualización de costos de producción para el fruto de palma de aceite y el aceite de palma en 2015: Estimación en un grupo de productores colombianos. Disponible en: http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Brochure%20costos_2015_FIN.pdf
- Genty, P., A. Garzón, F. & Lucchini, G. 1986. Polinización entomófila de la palma africana en América tropical. *Oleagineaux*, 41(3):101-112.
- Hartley, C. W. S. 1986. La palma africana en el Ecuador; *Oíl Palm News*. P5-9.

- Hartley, C. W. S. 1988. The Oil Palm, *Elaeis guineensis* Jacq. 3ed. Longman Group U.K. Limited, London.
- Henson, I. 2001. Marco analítico para identificar los factores que determinan las tasas de extracción de aceite. *Palmas*, 22 (3): 29-38.
- Hormaza, P., Forero, D., Ruiz, R., & Romero, H. 2010. Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). CENIPALMA. Bogotá D.C.
- Mosquera, M., Valderrama, M., Ruíz, E., López, D., Castro, L., Fontanilla, C., & González, M. 2017. Costos de producción para el fruto de palma de aceite y el aceite de palma en 2015: estimación en un grupo de productores colombianos. *Palmas*, 38 (2): 11-27.
- Ortiz, R. & Fernández, O. 1994. El cultivo de la Palma aceitera; Edit. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Pinzón, A. L. 1995. Aspectos generales sobre la biología y manejo de Palma Aceitera, Asopalma. CORPOICA. Colombia.
- Prada, F., & Romero, H. 2012. Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores. CENIPALMA. Bogotá D.C.
- Rosero, G., Santacruz, L., & Bedoya, L. 2011. Viabilidad del polen *Elaeis guineensis* Jacq en suspensión líquida a nivel in vitro. Trabajo presentado en Memorias de la X Reunión Técnica Nacional de Palma de aceite. CENIPALMA. Bogotá D.C.

- Rosero, G., & Santacruz, L. 2014. Efecto de la polinización asistida en la conformación del racimo en material híbrido OxG en la plantación Guaicaramo S.A. *Palmas*, 35 (4): 11-19.
- Sánchez, S. y Ortiz, C. 1998. Polinización de Palma aceitera, Tabasco, México; Nota técnica; *ASD Oil palm papers*. San José, Costa Rica.
- Santacruz, L; Rosero, G; & Cristancho, A. 2011. Contraste de los contenidos y reservas foliares de la palma comercial (D×P) y del híbrido (O×G) alto oleico. *Palmas*, 32 (4): 62-68.
- Sweet, G.B. 1995. Seed orchards in development. *Tree physiology*, 15 (7-8): 527-530.
- TAN, T. K. 1975. The relationship between the degree of fruit set and bunch components of fruit bunches of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq). *The Planter (Malasia)*, 51: 541-547.
- Torres, V. M., Rey, B. L., Gelves, F., & Santacruz, A.L. 2004. Evaluación del comportamiento de los híbridos interespecíficos *E. oleifera* x *E. guineensis* en la plantación Guaicaramo S.A. *Palmas*, 25 (2): 350-357.
- Yáñez, A. E., García, N. J., Fernández, B. C., & Rueda, B. C. 2006. Guía para el Análisis de Racimos de Palma de Aceite. *CENIPALMA*. Bogotá D.C.
- Zambrano, R; J. 2004. Híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* Jacq. Una alternativa de renovación para la Zona Oriental de Colombia. *Palmas*, 25 (2): 339-349.

10. ANEXOS

Anexo 1.

Ficha Técnica, Polinización líquida material híbrido OxG.



GUAICARAMO

FICHA TÉCNICA

POLINIZACIÓN LÍQUIDA MATERIAL HÍBRIDO OxG.

MEZCLA

La cantidad de mezcla a preparar depende de la cantidad de inflorescencias promedio del lote, el rendimiento del operario y la duración de la mezcla.

- ✦ Utilizar agua limpia con un PH nivelado.
- ✦ Utilizar polen puro preferiblemente con una germinabilidad mayor al 80%.
- ✦ Diluir el polen en agua en un recipiente pequeño antes de cargar la bomba.
- ✦ La duración de la mezcla no debe superar los 45 minutos, debido a que el polen en contacto con el agua pierde progresivamente su poder germinativo.
- ✦ El polen puro enviado a campo se debe conservar en termo para frío.
- ✦ Usar guantes para preparar la mezcla.

DOSIS/INFLORESCENCIA

- ✦ La dosis estándar por inflorescencia es de 0,18 g de polen diluidos en 60 cc de agua. Si desea preparar dos litros de mezcla realiza una regla de tres simple así:

| | | |
|------------------------------------|---|-----------------|
| 60 cc de agua | → | 0,18 g de Polen |
| 2.000 cc de agua | → | X |
| $X = \frac{2.000 \times 0,18}{60}$ | | |
| $X = \frac{360}{60}$ | | |
| $X = 6 \text{ g de polen}$ | | |

APLICACIÓN

- ✦ Realizar un destape o rasgado en la parte apical de la inflorescencia para permitir la filtración de la mezcla.
- ✦ Asegúrese que la bomba tenga suficiente presión y oprima la pistola hasta realizar una aplicación homogénea sobre la inflorescencia.
- ✦ Revisar periódicamente que no haya taponamiento de la boquilla para garantizar un buen mojado de la inflorescencia.

USO DE LA BOMBA

- ✦ Recargar la bomba siempre con el filtro puesto.
- ✦ Ajustar y lubricar cada vez que lo requiera.
- ✦ Dejar la bomba en un lugar seguro y libre de daños de personas o animales.

LAVADO DE LA BOMBA

- ✦ Lavar diariamente la bomba con agua y jabón y enjuagar todo el sistema de salida.





1. Ing. Libardo Santacruz, Gerente de Investigación Desarrollo Productividad e Innovación.
2. Ing. Gustavo Rosero Estupiñán, Coordinador de Investigación Desarrollo Productividad e Innovación.
3. Onaira Leguizamón Linares, Analista de Investigación Desarrollo Productividad e Innovación.