

**Fortalecimiento en la Polinización Asistida con Ácido Naftalenacético (ANA) en Híbrido de
Palma de Aceite en la Plantación Hacienda Bella Cruz del Llano**

Darío Alexander Barahona Méndez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Programa Agronomía

Acacias – Meta

2023

**Fortalecimiento en la Polinización Asistida con Ácido Naftalenacético (ANA) en Híbrido de
Palma de Aceite en la Plantación Hacienda Bella Cruz del Llano**

Darío Alexander Barahona Méndez

Trabajo para optar al título de Agrónomo

Director:

I.A. Esp. MSc. Carlos Alberto Herrera Baquero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Programa Agronomía

Acacias – Meta

2023

Página de Aceptación (opcional)

Carlos Alberto Herrera Baquero

Director Trabajo De Grado

Jurado

Jurado

Acacias Meta-2023

Agradecimientos

Primero, a Dios quien día a día me ayuda a continuar luchando por cumplir mis propósitos, entre estos poder culminar este proceso de aprendizaje y tan grandes experiencias que he vivido durante el desarrollo de este proyecto.

A mi universidad y a la ECAPMA por la formación profesional y personal que me han brindado, gracias a esto podré ejercer mi profesión con amor y con pasión.

A la empresa Bellacruz Del Llano, por permitirme hacer parte de sus ensayos e investigaciones de los cuales he aprendido y he fortalecido mis conocimientos.

A mis tutores y director de proyecto por su acompañamiento y su entrega en este proceso, forjando en mí ese espíritu profesional Unadista que sobresale ante cualquier reto laboral, profesional, social y personal que el destino nos imponga.

A mis Padres que han sido el motor para luchar y salir adelante, gracias por su apoyo incondicional, sus consejos, gracias por sus oraciones y ante todo gracias por creer en mí y aunque el proceso no ha sido fácil siempre han estado ahí para apoyarme.

A todos, mis más sinceros agradecimientos.

Resumen

Los problemas sanitarios como la Pudrición del Cogollo y la Marchitez Letal han golpeado considerablemente la sostenibilidad del cultivo de palma de aceite en Colombia y una de las alternativas desde el manejo integrado del cultivo, es el establecimiento de materiales híbridos OxG, los cuales han evidenciado tolerancia a estas enfermedades, sin embargo, dentro de las desventajas de las palmas hibridadas, está la necesidad de realizar la polinización asistida, la cual se puede hacer con la aplicación de POLEN natural tomado de las flores masculinas de palmas *Elaeis guineensis* o con la aplicación del Ácido Naftalenacético ANA como fitohormonasintética.

En este proyecto aplicado, se hizo un análisis de productividad y de costos, teniendo en cuenta los registros de estas variables, en 18 lotes de la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano, los resultados obtenidos evidencian que con la aplicación de ANA tenemos una reducción del 20% de los costos anuales de polinización comparado con la aplicación de POLEN natural, yaunque el peso promedio de los racimos polinizados con ANA es menor (ANOVA $P < 0.05$), el número de racimos conformados es significativamente mayor (ANOVA $P < 0.05$), por lo que la producción en kg por hectárea no se afectó.

Los resultados de este trabajo fueron el insumo principal para tomar la decisión de implementar la aplicación de ANA en la polinización de más de 1400 hectáreas de palmas hibridadas en la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano.

Palabras claves: Polinización asistida, Ácido Naftalenacético, Palmas híbrido.

Abstract

Sanitary problems such as bud rot and lethal wilt have considerably affected the sustainability of oil palm cultivation in Colombia, and one of the alternatives for integrated crop management is the establishment of OxG hybrid materials, which have shown tolerance to these diseases. However, one of the disadvantages of hybrid palms is the need for assisted pollination, which can be done with the application of natural POLLEN taken from the male flowers of *Elaeis guineensis* palms or with the application of ANA as a synthetic phytohormone.

In this applied project, an analysis of productivity and costs was made, taking into account the records of these variables, in 18 lots of the plantation Hacienda Bella Cruz del Llano, the results obtained show that with the application of ANA we have a 20% reduction in the annual pollination costs compared to the application of natural POLLEN, and although the average weight of the bunches pollinated with ANA is lower (ANOVA $P < 0.05$), the number of bunches formed is significantly higher (ANOVA $P < 0.05$), so production in kg per hectare was not affected.

The results of this work were the main input to make the decision to implement the application of ANA in the pollination of more than 1400 hectares of hybrid palms in the Hacienda Bella Cruz del Llano plantation.

Keywords: Assisted pollination, Naphthalene acetic acid, Hybrid palms.

Tabla de contenido

Introducción	11
Descripción del problema	14
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
Marco Conceptual y Teórico	17
El cultivo de Palma de aceite en Colombia:	17
Principales enfermedades limitantes en la Palma de Aceite	18
Palmas híbrido OxG y la polinización	18
Ácido Naftalenacético ANA como inductor de la lipogénesis.....	20
Metodología	21
Resultados y discusión	25
Análisis de costos	28
Conclusiones	31
Recomendaciones.....	33
Referencias.....	34
Apéndice.....	38

Lista de tablas

Tabla 1. Especificación de las características de los lotes utilizados en los análisis de comparación de las variables de producción con la aplicación artificial de POLEN o de ácido Naftalenacético (ANA)	22
Tabla 2. Descripción de los costos de la labor de polinización asistida con la utilización de Ácido Naftalenacético ANA y POLEN de origen natural en la Plantación Hacienda Bella Cruz del Llano	29

Lista de figuras

Figura 1. Número de racimos de fruta fresca (RFF) por hectárea, cosechados en el año 2020 en lotes aplicados artificialmente, con POLEN o con ácido Naftalenacético (ANA).....	25
Figura 2. Producción en kilogramos de Racimos de Fruta Fresca por hectárea (Kg/Ha) /año, de lotes aplicados artificialmente, con POLEN o con ácido Naftalenacético (ANA).....	26
Figura 3. Peso medio de un racimo de fruta fresca (RFF) en lotes aplicados artificialmente, con POLEN o con ácido Naftalenacético (ANA)... ..	27

Lista de Apéndices

Apéndice A	<i>Primera aplicación ANA flor en post- antésis</i>	38
Apéndice B	<i>Segunda aplicación ANA 3 días</i>	38
Apéndice C	<i>Tercera aplicación ANA 7 días</i>	39
Apéndice D	<i>Racimo de 1 mes de desarrollo</i>	39
Apéndice E	<i>Racimo de 2 meses de desarrollo</i>	40
Apéndice F	<i>Racimo de 3 meses de desarrollo</i>	40
Apéndice G	<i>Racimo de 4 meses de desarrollo</i>	41
Apéndice H	<i>Racimo de 5 meses de desarrollo</i>	41
Apéndice I	<i>Corte de racimo 5 meses</i>	42
Apéndice J	<i>Buena conformación. Peso: 24,3 kg</i>	42
Apéndice K	<i>Corte de racimos ANA. Bellacruz del llano</i>	43
Apéndice L	<i>Palma Hibrido cargada de racimos</i>	43

Introducción

“La palma de aceite en Colombia se ha venido explotando de forma comercial desde mediados de los años sesenta, con pequeñas áreas productivas en la zona central y norte, con materiales originarios de África este cultivo comenzó a tener gran auge en la década de los ochenta, donde uno de los avances en producción fue la introducción a los cultivos del país del polinizador *Elaeidobius kamerunicus* el cual se adaptó y multiplico fácilmente en las plantaciones ya establecidas, aumentando la producción significativamente” (Mesa, 2014)

“El crecimiento de las áreas cultivadas en el país entre 1960 y el 2000, fue significativo, pasando de 1.000 hectáreas a aproximadamente 170.000 hectáreas, crecimiento que se consolido en los siguientes veinte años y en donde para el 2020 se cuentan con más de 550.000 hectáreas establecidas” (Fedepalma, 2018)

Sin embargo, “el cultivo de la palma de aceite en Colombia se ha encontrado con limitantes sanitarias que han afectado áreas significativas, en la década de los noventa, la pudrición de cogollo PC, afecto de forma no letal a más del 60% de las áreas sembradas en las plantaciones de los llanos orientales, y entre el 2005 y el 2015 causó la desaparición de más de 50.000 hectáreas en Tumaco Nariño, y Puerto Wilches en Santander, convirtiéndose en la enfermedad más limitante para la producción de aceite de palma en el país” (Ramirez, M. & Benitez, 2019)

“Otra enfermedad que ha puesto en riesgo las plantaciones de palma de aceite, principalmente en las aéreas sembradas en los llanos oriénteles, es la Marchitez Letal, enfermedad de la cual, a nivel microbiológico, no se tiene claro cuál es su agente causal, pero que ha afectado más de 80% de las plantaciones de la zona, con pérdidas que superan los 85 millones de dólares” (Fedepalma, 2013)

Ante este panorama fitosanitario en los cultivos de palma de aceite, una de las alternativas es la siembra de materiales genéticamente más tolerantes a estas enfermedades, como lo son los materiales híbridos OxG, que son palmas obtenidas del cruce entre palmas africanas *Elaeis guineensis* con palmas americanas *Elaeis oleífera*, las cuales presentan, entre sus características favorables, la tolerancia a enfermedades como la Pudrición de cogollo y la Marchitez letal, además de ser más resistente a los ataques de plagas defoliadoras y presentar una menor tasa de crecimiento, lo que permite la explotación de estos materiales por más tiempo, sin embargo a nivel productivo, se presenta una gran limitante, y es la polinización, ya que estas palmas híbridas no son polinizadas eficientemente de forma natural, en donde factores como la viabilidad del polen, la poca eficiencia de los insectos polinizadores y factores fisiológicos de estos materiales, juegan un papel importante (Federación nacional de cultivadores de palma de aceite, 2016)

Por lo anterior, “la polinización asistida se convirtió en una necesidad para lograr producciones competitivas en los materiales híbridos OxG. Para la polinización de los materiales híbridos, el polen es cosechado de flores masculinas en palmas de *E. guineensis*, este polen es secado y almacenado a bajas temperaturas, y al momento de la aplicación se combina con talco inerte para facilitar una correcta polinización” (López, 2020)

“La polinización con polen cosechado de palmas *E. guineensis*, debe ser aplicado cuando las flores femeninas se encuentran en antesis para que esta sea estimulada a la lipogénesis, que es el proceso mediante el cual la planta almacena el aceite en los frutos” (Rosero & Santacruz, 2014) “si esta polinización no se da en el estado de antesis, este racimo se pierde, disminuyendo la productividad del cultivo” (Guía de Polinización Asistida, 2013) “El uso de bio estimuladores de crecimiento, es una técnica utilizada en algunos cultivos, y consiste en estimular las plantas a la formación de frutos en ausencia de la polinización” (Bañon, 2022).

Para el caso de la palma de aceite, trabajos de investigación realizados por CENIPALMA, lograron inducir la lipogénesis en las inflorescencias con la aplicación de bio estimulantes, obteniendo resultados competitivos con el uso del ácido naftalenacético (ANA), estimulante que no solo inducía la formación de los racimos en el momento de la antesis, si no que permitía recuperar racimos hasta 20 días después de esta, lo que flexibilizó la labor de polinización en estos materiales híbridos (Ochoa & Palacio, 2021)

En este trabajo se hace un análisis comparativo de productividad en lotes de la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano ubicada en el departamento de Meta en la zona oriental palmera, con la aplicación de polen cosechado de palmas *E. guineensis* y la estimulación mediante la aplicación del ácido Naftalenacético (ANA).

Descripción del Problema

“La polinización de los materiales de palmas de aceite híbridos OxG, es una de las labores obligadas para inducir la formación de aceite en las inflorescencias, ya que, de forma natural, esta polinización no es efectiva, dada la baja viabilidad del polen producido por las palmas híbridas, la poca interacción de los polinizadores con las inflorescencias por la baja capacidad de atracción que presentan y las barreras físicas como las brácteas fibrosas que cubren los racimos” (Romero, 2018)

“Esta panorámica realza la importancia de la polinización asistida, con la cosecha de polen viable de palmas *E. guineensis* y la aplicación a las inflorescencias en antesis de los materiales híbridos, esta labor incrementa los costos operativos, por lo que mejoras tecnológicas que ayuden en este proceso deben ser consideradas” (Munévar, 2022)

Atehortúa (2020) Indica que la inducción a la lipogénesis en los racimos de los materiales híbridos OxG, con el uso de bio estimulantes como el ácido Naftalenacético ANA, es una opción viable como alternativa al uso de polen cosechado de palmas *E. guineensis* y sus costos de recolección, almacenamiento y aplicación (p.25)

La problemática anterior, es lo que ha motivado a la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano por medio del presente proyecto aplicado, a hacer un análisis comparativo de la producción y los costos relacionados en lotes comerciales, con la aplicación de polen natural o con la aplicación de ANA como bio estimulante de la lipogénesis.

Justificación

“Datos de plantaciones con siembras de materiales híbridos OxG y polinización con polen cosechado de palmas *E. guineensis*, reportan costos que oscilan entre los \$550.000 y los \$750.000 pesos por hectárea en la labor de polinización asistida” (Álvarez,2015)

“Costos que en la producción con materiales de *E. guineensis* no se tenían en cuenta ya que la polinización en estas palmas era realizada de forma natural por los insectos, principalmente por *Elaeidobius kamerunicus*” (Begambre, 2021).

“La estimulación de las inflorescencias con el uso de bio estimulantes como el ANA, para la conformación de racimos con contenidos de aceite aceptables para la competitividad del negocio del aceite de palmas, es una alternativa que reduce los costos de la labor de polinización, aumenta la cantidad de aceite en los racimos y flexibiliza los tiempos en los que las flores deben ser polinizadas, recuperando inflorescencias con más de 15 días posteriores a la antesis” (Sánchez, et. al., 2011)

Analizar a nivel de plantación, la incorporación de estos bio estimulantes, es muy importante, ya que las dinámicas económicas son diferentes en cada empresa, es por esto por lo que, en este proyecto aplicado, en la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano con lotes de palmas híbrido siembra 2011, se hace un análisis comparativo con los datos de producción del año 2020, de lotes aplicados con polen cosechado de palmas *E. guineensis* y de lotes aplicados con el bio estimulante ANA.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la viabilidad económica y productiva de la polinización con ácido Naftalenacético (ANA) en la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano.

Objetivos Específicos

Comparar las variables de producción para el año 2020 en lotes de la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano polinizados con polen natural y con ácido Naftalenacético (ANA).

Comparar los costos de mano de obra para el año 2020 en lotes de la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano polinizados con polen natural y con ácido Naftalenacético (ANA).

Marco Conceptual y Teórico

El cultivo de Palma de aceite en Colombia

“La agroindustria del cultivo de palma de aceite de forma comercial en Colombia seremonta a la década del sesenta, aunque hay reportes de menos de 200 hectáreas por el año 1957” (Ortiz, 2019)

“Este cultivo creció entre los años sesenta y noventa a 170.000 hectáreas, convirtiéndose en un sector agrícola de importancia económica, que para el 2020 cuenta con cerca de 600.000 hectáreas sembradas, en 162 municipios de 21 departamentos, generando 195.000 puestos de trabajo entre directos e indirectos, con más de 6700 productores registrados en 70 núcleos palmeros en las zonas productoras del país, con producciones anuales que rondan los 7 millones de toneladas de fruta fresca por año” (Ministerio de cultura de Colombia, 2020).

“Los usos del aceite de palma son diversos y van desde la industria alimenticia, pasando por los usos en jabones, detergentes, pinturas, tintas, velas e incluso en el mercado de los combustibles, con la producción de biodiesel de palma” (Kifli, 2014).

Principales enfermedades limitantes en la Palma de Aceite

El cultivo de palma de aceite, a lo largo de su desarrollo en Colombia, ha tenido el impacto de enfermedades que han afectado significativamente el normal desarrollo de las plantaciones, este es el caso de la Pudrición del cogollo PC, enfermedad de carácter fungoso, causada por *Phytophthora palmivora*, y que causó la muerte de más de 50.000 hectáreas de palma en Tumaco Nariño y Puerto Wilches en Santander, y afectando significativamente la producción en la zona oriental, donde por las características climáticas, esta enfermedad se maneja con más facilidad. (ICA, 2022)

“Otra de las enfermedades limitantes en la palma de aceite, principalmente en los llanos orientales, es la Marchitez Letal ML, enfermedad que entre 1997 y el 2015, causó la muerte de 320.000 palmas, afectando más de 160.000 hectáreas”. (Bustillo & Arango, 2016)

“Esta enfermedad cuyo agente causal es motivo actual de investigación, es transmitida por el insecto *Haplaxius crudus* (Arango, et al. 2011), es por ello por lo que las estrategias de manejo están enfocadas en el manejo del vector, con la reducción de las gramíneas, que son el hospedero de los estados inmaduros, y la aplicación de insecticidas al follaje de las palmas en las épocas de mayor presencia de adultos en las palmas” (Preguntas Frecuentes Sobre La Marchitez Letal (ML), s.f.)

Palmas híbrido OxG y la polinización:

“Los materiales híbridos de palma de aceite en Colombia, son el resultado del cruce entre las palmas de origen africano *Elaeis guineensis* con las palmas de origen americano *Elaeis oleífera*, estas palmas híbridas, presentan características de desarrollo particulares que le confieren tolerancia a ciertas enfermedades” (Zambrano, 2014)

Los materiales híbridos “se han convertido en una alternativa para superar las limitantes sanitarias en el cultivo de palma de aceite. Estas palmas presentan una tolerancia significativa a la

podrición del cogollo, de igual manera, la incidencia de la Marchitezletal es muy baja, lo que ha permitido el desarrollo de estos materiales sin mayores contratiempos y con la implantación de labores agronómicas adecuadas” (Salcedo & López, 2021)

“Pero no todos los aspectos de los materiales híbridos son positivos, para la formación de los frutos, es necesaria la polinización asistida, ya que factores como la viabilidad del polen, las reducidas poblaciones de insectos polinizadores, la no emanación de aromas atractivos y la presencia de brácteas fibrosas que actúan como barrera física, la polinización de manera natural no es suficiente para la conformación de racimos productivos” (FAO, 2018)

“Inicialmente la solución fue la polinización asistida con el uso de polen tomado de palmas *E. guineensis*, el cual, por medio de procesos de cosecha y almacenamiento y

acompañado de talco inerte, es aplicado a las inflorescencias de los híbridos en estado de anthesis y estimular la lipogénesis, que es el proceso fisiológico mediante el cual la palma almacena el aceite en los frutos” (Vista de Efecto de Tres Técnicas de Polinización Sobre El Rendimiento de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis* Jacq.) de 4 Años | Revista Alfa, 2022)

Sin embargo, “esta polinización asistida demanda una sincronización muy definida entre los estados de desarrollo de las inflorescencias y la oportunidad de ser polinizadas eficientemente, ya que, si las flores no se polinizan en el estado de anthesis, estas no se verán estimuladas a formar los racimos y se producirán malformaciones y abortos” Sánchez, et. al., (2011).

Ácido Naftalenacético ANA como inductor de la lipogénesis

“Las fitohormonas son compuestos químicos de origen natural o artificial que estimulan los procesos fisiológicos en las plantas” (Red agrícola, 2017) teniendo en cuenta esto, los científicos han logrado manipular estas fitohormonas para inducir procesos fisiológicos específicos, como la floración, el enraizamiento, la elongación, la producción, etc.

En el cultivo de la palma de aceite, principalmente en materiales híbridos OxG los cuales presentan dificultades fisiológicas para la inducción de la lipogénesis en las inflorescencias, se evaluaron diferentes hormonas de estimulación específica de este proceso, y es así como se obtuvieron resultados positivos con el uso del Ácido Naftalenacético ANA en la conformación de racimos competitivos respecto a sus contenidos de aceite.

Los resultados de estos trabajos replantearon la tecnología de polinización con POLEN natural que se venía manejando en las plantaciones de palma con los materiales híbridos OxG, y se han venido realizando trabajos de validación con el uso del ANA, y tener información de primera mano para tomar la decisión en la implementación de esta fitohormona en la labor de polinización.

En el desarrollo de este proyecto aplicado, se analizaron y compararon los datos de producción y los costos de implementación de la polinización asistida con el uso de POLEN natural como labor establecida en la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano y la polinización con el uso de ANA como técnica a evaluar, los resultados de este trabajo fueron el insumo principal para migrar el 100% de la polinización de la plantación, del POLEN natural, al ácido Naftalenacético ANA como fitohormona inductora de la lipogénesis.

Metodología

Ubicación

El proyecto aplicado se desarrolló en la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano, ubicada en el municipio de Barranca de Upía a 12 kilómetros de la vía a Aguas Calientes, en el departamento del Meta, plantación que cuenta con 1454 hectáreas establecidas con híbridos (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*), siembras 2011, 2013 y 2014, en las cuales se inició con la polinización asistida con polen natural en el 2013, y desde inicios de 2019 se ha venido implementando paulatinamente la polinización con Ácido Naftalenacético (ANA).

Registros

Desde que se inició con la polinización asistida con polen natural, en los materiales híbridos en 2013, la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano ha llevado un registro detallado de la demanda de insumos y mano de obra asociada a esta labor y desde inicios de 2019 ha llevado estos mismos registros asociados a la polinización con Ácido Naftalenacético (ANA). Esta información histórica y específicamente los datos registrados para el año 2020 que se tienen en la plantación, fueron el insumo primordial para los análisis comparativos desarrollados en este proyecto.

Análisis

Los análisis que se realizaron en este proyecto aplicado fueron cuantitativos, teniendo en cuenta la productividad y los costos de mano de obra asociados a la productividad de la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano durante el año 2020. Se analizaron variables como: El número de racimos de fruta fresca (RFF) cosechados, la producción en kilogramos por hectárea (Kg/Ha) /año y el peso medio de un racimo de fruta fresca (RFF), en lotes aplicados artificialmente, con POLEN o con ácido Naftalenacético (ANA). También se realizó un cuadro comparativo con algunos indicadores de costo relativos al sistema de polinización implementado en los lotes.

Estadística

Para el análisis de los indicadores de productividad, he introducir variabilidad en la información, se seleccionaron los lotes como repeticiones, donde se analizaron los registros de 18 lotes con las mismas condiciones de fecha de siembra, procedencia y material vegetal, 9 lotes aplicados con POLEN natural y 9 aplicados con ANA, (Tabla 1), la comparación de medias se realizó mediante un análisis de varianza ANOVA considerando los supuestos estadísticos pertinentes.

Tabla 1

Especificación de las características de los lotes utilizados en los análisis de comparación de las variables de producción con la aplicación artificial de POLEN o de ácido Naftalenacético (ANA).

T	Lote	Año De	Proceden	Mater	Palmas	H
TO		Siembra	cia	ial	as	
A	14A	2011	Cabaña	O.X.G	326	2
NA					,55	
A	14B	2011	Cabaña	O.X.G	1.00	7

NA						6	,86
A	14C	2011	Cabaña	O.X.G		1.16	9
NA						3	,09
A	14D	2011	Cabaña	O.X.G		1.64	1
NA						2	2,83
A	33A	2011	Cabaña	O.X.G		534	4
NA							,17
A	33A	2011	Cabaña	O.X.G		132	1
NA	ISLA						,03
A	33B	2011	Cabaña	O.X.G		1.82	1
NA						8	4,28
A	33C	2011	Cabaña	O.X.G		1.52	1
NA						6	1,92
A	33C	2011	Cabaña	O.X.G		547	4
NA	ISLA						,27
P	7E	2011	Cabaña	O.X.G		916	7
OLEN							,16

	POL	17B	2011	Cabaña	O.X.G	1.1	9
EN						83	,24
	POL	22	2011	Cabaña	O.X.G	3.0	2
EN						36	3,72
	POL	23	2011	Cabaña	O.X.G	1.7	1
EN						57	3,73
	POL	24	2011	Cabaña	O.X.G	1.2	9
EN	D					18	,52
	POL	27	2011	Cabaña	O.X.G	1.0	8
EN	A					85	,48
	POL	31	2011	Cabaña	O.X.G	587	4
EN	G						,59
	POL	31	2011	Cabaña	O.X.G	498	3
EN	H						,89
	POL	31J	2011	Cabaña	O.X.G	255	1
EN							,99

Fuente: Elaboración propia.

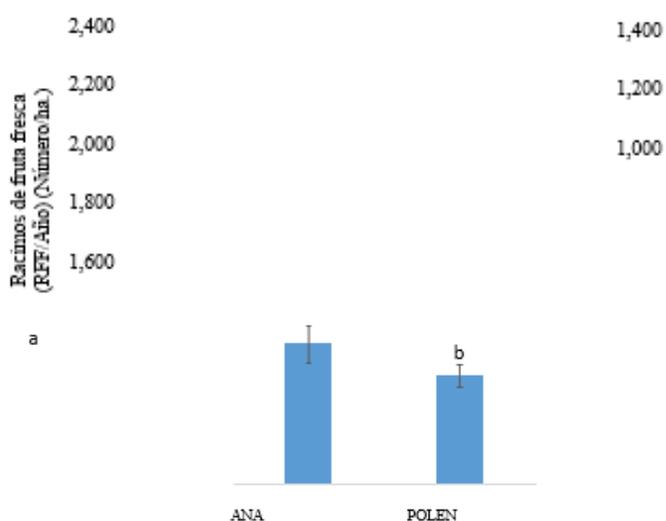
Resultados y discusión

Análisis de producción

La producción de racimos de fruta fresca por hectárea fue significativamente mayor en los lotes aplicados con ANA que en los lotes aplicados con POLEN (ANOVA $P < 0.05$), este resultado puede estar relacionado a la cualidad que tiene la aplicación con ANA, de recuperar racimos que no fueron aplicados en la antesis de las flores, esta es una de las ventajas de trabajar con la hormona, ya que por el contrario, las inflorescencias aplicadas con POLEN, para que la conformación de los racimos llegue a buen término, deben ser intervenidas solo en la fase de antesis, que es el momento en que de forma natural las flores están abiertas y receptivas a la polinización, fase que solo dura dos días, tiempo en el cual, si la inflorescencia no es aplicada con POLEN, esta no iniciara el proceso de lipogénesis ocasionando su pérdida.

Figura 1

Número de racimos de fruta fresca (RFF) por hectárea, cosechados en el año 2020 en lotes aplicados artificialmente, con POLEN o con ácido Naftalenacético (ANA).



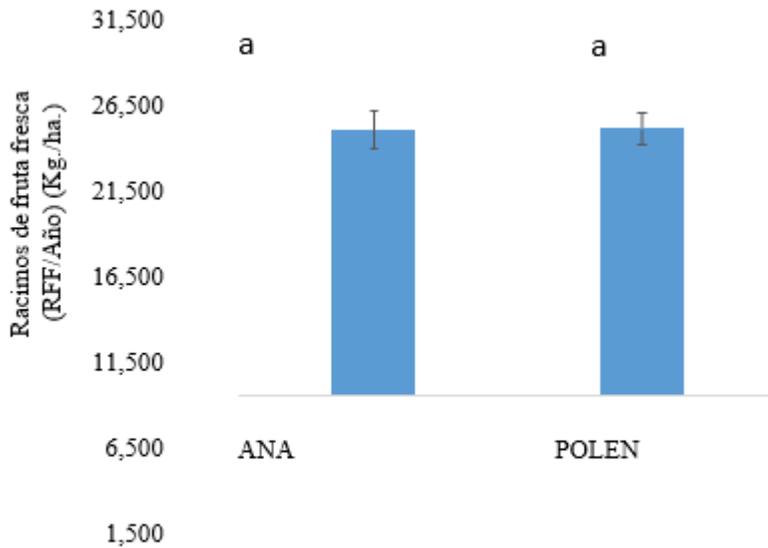
Fuente: Elaboración Propia.

La aplicación de ANA, en trabajos de investigación realizados por CENIPALMA, puede incentivar la lipogénesis en las inflorescencias, hasta 20 días posteriores a la antesis (Romero.

2018). Otro factor que puede influir en una menor conformación de los racimos aplicados con POLEN es la viabilidad de este, ya que, al ser una estructura viva, se le debe brindar condiciones adecuadas para no afectar su germinación al momento de entrar en contacto con las flores, en el caso de ANA, al ser un producto sintético, no presenta mayores inconvenientes de manejo en su almacenamiento y en el proceso de aplicación.

Figura 2

Producción en kilogramos de Racimos de Fruta Fresca por hectárea (Kg/Ha) /año, de lotes aplicados artificialmente, con POLEN o con ácido Naftalenacético (ANA).



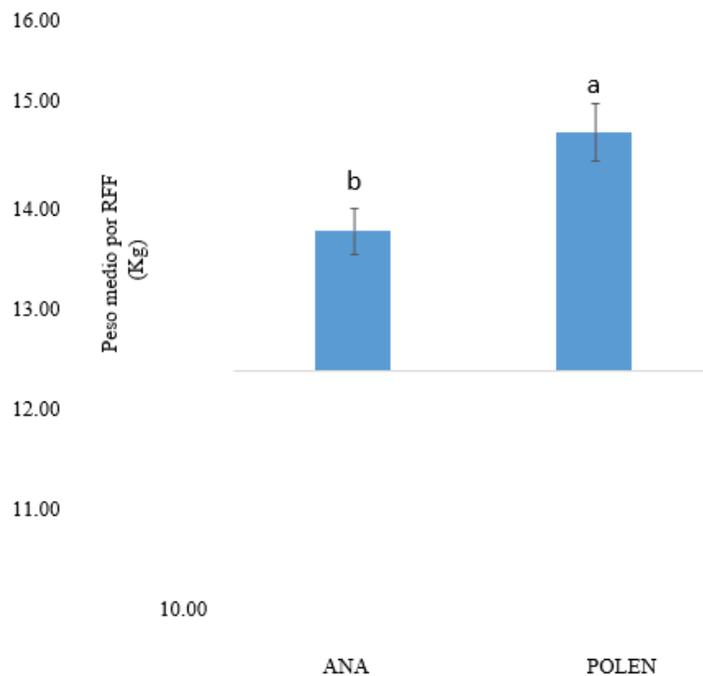
Fuente: Elaboración Propia.

Los Kg por hectárea, son sin lugar a duda una de las variables más relevantes al momento de tomar una decisión, en este análisis, se evidenció que no hay diferencias significativas entre la producción en kg por hectárea, entre los lotes aplicados con ANA y los lotes aplicados con POLEN (ANOVA $P < 0.05$), resultado que en particular, difiere de los obtenidos en otras plantaciones del país donde se reporta una mayor producción en las plantas aplicadas con ANA.

Sin embargo, en estos trabajos la metodología de evaluación es más detallada teniendo la producción por palma como variable de respuesta y no la producción por lote como se manejó en el análisis de este trabajo.

Figura 3

Peso medio de un racimo de fruta fresca (RFF) en lotes aplicados artificialmente, con POLEN o con ácido Naftalenacético (ANA).



Fuente: Elaboración Propia.

Si analizamos el número de racimos por hectárea, que para este análisis es mayor en los lotes aplicados con ANA, se esperaría una mayor producción de kg por hectárea en estos lotes, sin embargo, los resultados no evidencian esto, y esto se debe a la conformación de los racimos, ya que los racimos aplicados con ANA presentan una particularidad y es la formación en su gran mayoría de frutos partenocárpicos, estos frutos se caracterizan por no presentar semilla, por consiguiente no tienen huesco que es la parte sólida y más pesada del fruto, que recubre la almendra, esta característica hace que los racimos aplicados con ANA pesen menos que los aplicados con POLEN, esto se evidencia en la variable de Kg por racimo (Fig. 2), donde se encontró que los racimos aplicados con POLEN son significativamente más pesados que los racimos aplicados con ANA (ANOVA $P < 0.05$). Esta característica de tener racimos más pesados en los lotes aplicados con POLEN que, en los lotes aplicados con ANA, podría ser considerada una desventaja, sin embargo, desde el punto de vista de los contenidos de aceite, los frutos partenocárpicos al no tener semilla, tiene la capacidad de contener más aceite, ya que prácticamente todo su volumen tiene aceite, este fenómeno, ha aumentado las extracciones de aceite por hectárea en los lotes polinizados con ANA en comparación con los lotes aplicados con POLEN.

Análisis de costos

El análisis de costos de la polinización asistida de la palma de aceite híbrida, con el uso de ANA, como fitohormona y de POLEN de origen natural, evidencia que la reducción del 33,3% de los ciclos de polinización con ANA, producto de la flexibilización de la intervención, dado que se puede estimular la lipogénesis de las inflorescencias en ausencia de la antesis floral (Romero, 2018), impacta el número de pases en el mes, reduciendo los costos de esta labor en un 21,5% (Tabla 2).

Los costos de los insumos de la mezcla aplicada a las inflorescencias, ingrediente activo ANA o POLEN, más la adición del talco como componente inerte, se reducen con la aplicación de ANA en un 10%, reducción dada principalmente por el menor costo comercial del ANA comparado con el costo del POLEN natural, respecto del volumen aplicado por cada flor. Con la polinización con ANA, el costo del talco se aumenta en un 156%, sin embargo, este no impacta significativamente el costo total, por su bajo costo en el mercado (Tabla 2).

Bajo este análisis los costos operativos por año de la polinización asistida con la aplicación de ANA se reducen en un 20% en comparación con los costos de la polinización con POLEN natural, los costos administrativos corresponden a un 7% de los costos operativos, de esta forma la polinización con ANA reduce estos en un 20%.

Tabla 2

Descripción de los costos de la labor de polinización asistida con la utilización de Ácido Naftalenacético ANA y POLEN de origen natural en la Plantación Hacienda Bella Cruz del Llano.

Ítem	ANA	Polen
Ciclos de polinización (Días)	3	2
Pases/ha/mes (Días)	9	13
Costo/pase/ha	\$ 4.628,00	\$ 4.080,00
Costos pase/ha/mes	\$ 41.652,00	\$ 53.040,00
Costos/ha/año	\$ 499.824,00	\$ 636.480,00
Flores/ha/mes (Número)	113	113

Costo IA*/flor	\$ 40,80	\$ 50,00
Costo Talco**/flor	\$ 6,10	\$ 2,38
Costos insumos/ha/mes	\$5.299,70	\$5.918,94
Costo insumos/ha/año	\$ 63.596,40	\$71.027,28
Costos operativos/ha/año	\$ 563.420,40	\$
		707.507,28
Costos		
administrativos/ha/año	\$ 39.439,43	\$49.525,51
Costos	\$ 602.859,83	\$
polinización/ha/año		757.032,79

Nota. *IA. Ingrediente activo que estimula la lipogénesis en las inflorescencias, ANA y POLEN puros. **Talco como componente inerte dentro de la mezcla de aplicación.

Fuente: el autor.

Teniendo en cuenta todas las variables de los costos totales de la polinización por hectárea, operativos, insumos y administrativos, la polinización con ANA presenta una reducción del 20% en los costos totales de polinización por hectárea. Estos resultados, aunados a los rendimientos en producción, han impulsado la decisión de la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano de implementar en todas las 1454 hectáreas establecidas en materiales híbrido, la utilización del ANA, como agente estimulante de la lipogénesis de las inflorescencias.

Conclusiones

En la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano. La polinización asistida de los materiales híbrido con el uso de la fitohormona ANA, mejoró el número y la calidad de los racimos conformados, siendo este uno de los factores decisivos para la implementación de estatécnica en toda la plantación.

Los costos de aplicación de la polinización con la fitohormona ANA, en los materiales híbridos, son 20% menos que la polinización con POLEN natural, sin afectar la producción de racimos de fruta fresca y flexibilizando los ciclos de polinización.

En la Hacienda Bella Cruz del Llano, a raíz de los resultados obtenidos en este proyecto aplicado, se tomó la decisión de establecer la polinización con ANA en las más de 1400 hectáreas sembradas con estos materiales.

Las aplicaciones con ANA, promueven consistentemente el desarrollo de inflorescencias con frutos partenocárpico en racimos de híbrido, ubicados en la Plantación Hacienda Bella Cruz del Llano, logrando observar un mayor efecto en los desarrollos fenológicos al aumentar la concentración de la hormona. Además, los racimos presentaron mayor producción y características deseables a la cosecha. Los resultados obtenidos también indican que el polen estimula consistentemente el desarrollo y producción de frutos normales y partenocárpico. Sin embargo, en ausencia de polen se producen efectos que van desde la no formación del racimo, hasta la formación de racimos con frutos partenocárpico de pobre desarrollo.

Con la aplicación de ANA se elimina la necesidad de ir a la misma inflorescencia dos veces por semana. Existe un mayor intervalo de tiempo, en el cual se puede ejecutar otras labores, es decir que con el ANA se puede ejecutar la aplicación una vez por semana, incrementando así el número de inflorescencias que el trabajador debe visitar; sin embargo, aunque pueda que el área diaria cubierta por el trabajador se reduzca, el área total de visitas a inflorescencias que se puede

realizar en una semana se incrementa al aumentarse el número de inflorescencias por número de área.

El impacto social que tuvo el proyecto aplicado en la Plantación Hacienda Bella Cruz del Llano, fue generar nuevos conocimientos a través de los seguimientos realizados a la metodología implementada como alternativa de polinización.

Recomendaciones

El análisis de producción y de costos realizados en el presente trabajo, se desarrolló con la información real de la plantación, bajo ningún diseño experimental previo establecido, al cual se le incluyó variabilidad a los datos, tomando algunos lotes de la plantación como repeticiones, esta información es válida para las decisiones tomadas en la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano, sin embargo se recomienda que cada plantación analice su propia información para la toma de una decisión administrativa y operativa de esta magnitud.

Los resultados presentados en este proyecto se realizaron bajo las condiciones y características propias de la plantación Hacienda Bella Cruz del Llano y no son extrapolables para su consideración en otras plantaciones, por lo anterior, ni la Hacienda Bella Cruz del Llano ni los autores de este trabajo, se hacen responsables de las decisiones tomadas por otras instituciones, considerando los resultados expuestos en este proyecto aplicado.

Referencias

- Bañón Arias, S. (2022) *Control del crecimiento y desarrollo de plantas ornamentales*. Interempresas. <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/45284-Control-del-crecimiento-y-desarrollo-de-plantas-ornamentales.html>
- Álvarez, E., Fuquen, E., Mosquera M., Molina, D. & Álvaro Rincón. (2015). *Prácticas de manejo y costos de producción de la palma de aceite híbrido OxG en plantaciones de la Zona Oriental y Suroccidental de Colombia*. *Palmas*, 36(4), 11–29.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11642>
- Atehortúa, C. (2020). *Uso Del Ácido Naftalenacético (ANA) sobre la formación de frutos partenocarpicos en palma de aceite (HIBRIDO OxG) En el Municipio De San Vicente, Santander*. [Trabajo de grado Universidad de Córdoba] Repositorio Unicordoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/2911/Atehortua%20Villagas%20Claudia%20Patricia.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Arango, M., Raitan, N., & Martínez, G. (2013). *Guía de marchitez letal*. Issuu https://issuu.com/fedepalma/docs/gui__a_de_marchitez_letal_
- Fedepalma (2016). La palma de aceite una agroindustria eficiente, sostenible y mundialmente competitiva. *Revista palmas* 37 (No especial). Tomo I.
https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/palmas_tomoI.pdf
- Fedepalma. (2018). *La palma de aceite en Colombia | Fedepalma*. Fedepalma.org.
<https://web.fedepalma.org/la-palma-de-aceite-en-colombia-departamentos>
- Hamirin Kifli (2014). Usos nuevos y oportunidades para el aceite de palma. *Palmas*, 14(especial), 154–169.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/410>

- Huaringa, D. (2022). Vista de Efecto de tres técnicas de polinización sobre el rendimiento de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) de 4 años | *Revista Alfa*. Vol. 6 (17) 300- 309. *Revistaalfa.org*. <https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/182/488>
- ICA - Instituto Colombiano Agropecuario. (2022). *Alerta en el Magdalena y Cesar por aumento de casos de Pudrición de Cogollo en plantaciones*. Portal Corporativo ICA. <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-alerta-magdalena-cesar-aumento-casos-pudricion>
- Jens Mesa D. (2014). Presentación del Proyecto “La palma africana en Colombia.” *Palmas*, 19(4), 10–12. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/638>
- Jose Begambre, (2021). *Estudio de la dinámica poblacional del polinizador elaeidobius kamerunicus faust, y su relación con los componentes del racimo en la plantación palmas del sinú, en el municipio de montería córdoba*. [Trabajo de grado Universidad de Córdoba] Repositorio Universidad de Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/4355/BegambreBerrioEmiroJos e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- José Salcedo & Jhon López, (2021). *Evaluación del efecto de controles biológicos contra la marchitez letal y su vector (Haplaxius crudus), en cultivo de palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq), Palmera la Fortuna, Vista hermosa, Meta*. [Trabajo de grado Universidad de Pamplona] Repositorio Unipamplona. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/2315/1/Salcedo_L%C3%B3pez_2021_TG.pdf
- López, Alexander (2020) *Generalidades de la polinización asistida e industrial Ana sobre plantaciones de palma de aceite híbrido interespecífico o x g*. <https://semillasdepalma.com/wp-content/uploads/2020/12/generalidades-de-la-poli-asis-e-%20industrial-foro-4.pdf>

- Ministerio de cultura de Colombia (2020). *Cadena de plátano*. Sioc.minagricultura.gov.co.
<https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Munévar, D. E., Elizabeth Ruiz Á, Villareal, F., Elkin Dueñas, Kelly Sinisterra O, Juan Guillermo Pabón, & Mauricio Mosquera Montoya. (2022). Experiencia en la implementación de la polinización artificial en palma de aceite joven en una plantación de la Zona Central colombiana. *Palmas*, 43(2), 10–24.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13694>
- Ochoa, E., & Norberto Palacio M. (2021). Contribución al diseño de racimos con ácido α -naftalenacético (ANA). *Palmas*, 42(1), 119–129.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13456>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Es hora de apreciar la labor de los polinizadores*. <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1129811/>
- Ramirez, M. & Benitez, E. (2019). *Pudrición del Cogollo la terrible enfermedad que ataca la palma de aceite Pudrición del Cogollo PC (Phytophthora palmivora)*. CropLife Latin America. <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/pudricion-del-cogollo>
- Rosero Estupiñán, G. & Santacruz Arciniegas, 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.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11028>
- Romero, H. (2018) *Polinización artificial de híbridos OxG para la obtención de frutos partenocárpicos y la producción de aceite (Elaeis oleifera Cortés x Elaeis guineensis Jacq)* Fedepalma. <https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/Nota-tecnica.pdf>

Sánchez, A., Daza, E., Ruiz, R. & Romero, H. (2013). *Guía de polinización asistida*. Issuu.

https://issuu.com/fedepalma/docs/guia_de_polinizacion_asistida

Sánchez, Á., Edison, R., Daza, S., Ruiz, R., Hernán, R., Romero, M., Ángela, A., Rodríguez, S.,

Daza, E., & Angulo, M. (2011). *Polinización asistida en palma de aceite Polinización del híbrido OxG Establecimiento del cultivo*. Fedepalma.

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/2911/Atehortua%20Villagas%20Claudia%20Patricia.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Ortiz, Y. (2019). *la palma de aceite como ejemplo para la agroindustria en Colombia*. [Trabajo de grado Fundación Universidad De América]. Repositorio UAMERICA.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7244/1/2112059-2019-1-EF.pdf>

Zambrano, J. E. (2014). Los híbridos interespecíficos *elaeis oleífera* HBK. x *Elaeis guineensis* Jacq. : una alternativa de renovación para la Zona Oriental de Colombia. *Palmas*, 25(especial), 339–349.

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1098>

Apéndice

Apéndice A

Primera aplicación ANA flor en post- antésis



Apéndice B

Segunda aplicación ANA 3 días



Apéndice C

Tercera aplicación ANA 7 días



Apéndice D

Racimo de 1 mes de desarrollo



Apéndice E

Racimo de 2 meses de desarrollo



Apéndice F

Racimo de 3 meses de desarrollo



Apéndice G

Racimo de 4 meses de desarrollo



Apéndice H

Racimo de 5 meses de desarrollo



Apéndice I

Corte de racimo 5 meses



Apéndice J

Buena conformación. Peso: 24,3 kg



Apéndice K

Corte de racimos ANA. Bellacruz del llano



Apéndice L

Palma Híbrido cargada de racimos



ANA *Los registros fotográficos de este documento pertenecen a su autor