

Contribución al diseño de racimos con ácido α -naftalenacético (ANA)

Contribution to Bunch Design with α -naphthaleneacetic Acid (NAA)

CITACIÓN: Ochoa-C., I. E. & Palacio-Mahecha, N. (2021). Contribución al diseño de racimos con ácido α -naftalenacético (ANA). *Palmas*, 42(1), 107-118.

PALABRAS CLAVES: Partenocarpia, Híbrido interespecífico OxG, Regulador de Crecimiento, Auxina, Palma de aceite, Antesis.

KEYWORDS: Parthenocarpy, OxG interspecific hybrid, Growth regulator, Auxin, Oil palm, Anthesis.

OCHOA C. IVÁN E.

Subdirector de Investigación, Desarrollo e Innovación, Programa de Mejoramiento y Semillas, Unipalma S. A.
ivan.ochoa@unipalma.com

PALACIO M. NORBERTO

Ing. Polinización, Departamento Agronómico, Unipalma S. A.
norberto.palacio@unipalma.com

Resumen

Actualmente, el regulador de crecimiento ácido α -naftalenacético (ANA) en polvo mezclado con polen y talco es ampliamente usado para inducir partenocarpia y mejorar el porcentaje de aceite a racimos para el híbrido interespecífico OxG en palma de aceite. Sin embargo, se están usando dosis de ANA en concentraciones que superan las 60.000 partes por millón (ppm). Para determinar si dosis bajas de ANA en polvo mezcladas con polen tienen efectos similares a la dosis altas ya establecidas, se realizaron aplicaciones de mezcla de polen con 1.200, 2.400 y 6.000 ppm de ANA y se compararon con una dosis alta de 80.000 ppm, además, con la polinización tradicional con polen, tanto en inflorescencias en antesis como en posantesis. Los resultados muestran que para

inflorescencias en antesis, usando dosis bajas de ANA, no solo se incrementaron los pesos promedios del racimo en comparación al tratamiento tradicional, sino que además no se afectó el porcentaje de almendra a racimo. Adicionalmente el contenido de aceite fue similar al de la dosis alta y superior al testigo con solo polen. Las dosis bajas aplicadas a inflorescencias en posantesis tuvieron también la capacidad de inducir partenocarpia, pero la menor proporción de frutos normales y partenocárpicas a racimo causó una disminución significativa tanto en el peso promedio del racimo como en su contenido de aceite, en comparación a la dosis alta y al testigo con polen. Se recomienda aplicar ANA en dosis bajas con polen para inflorescencias en antesis y solo ANA en dosis altas para inflorescencias en posantesis.

Abstract

Currently, α -Naphthalene Acetic Acid (NAA) growth regulator in powder mixed with pollen and talc is being widely used for inducing parthenocarpy and for improving oil to bunch percentage for oil palm interspecific hybrid OxG in oil palm. However, doses of NAA are being used in concentrations exceeding 60,000 ppm. In order to determine whether low doses of powdered NAA mixed with pollen have similar effects to the already established high dose, pollen mix applications were carried out with 1,200, 2,400 and 6,000 ppm of NAA and compared with the current high dose of 80,000 ppm and with traditional assisted pollination with only pollen, both in anthesis and post-anthesis inflorescences. Results show that for inflorescences in anthesis applied with low doses of NAA, not only the average bunch weights were increased compared to the traditional treatment, but also the percentage of kernel to bunch was not significantly affected. Additionally, oil content was like that of high NAA dose and higher than control with just pollen. Low NAA doses applied to inflorescences in post-anthesis were also able for inducing parthenocarpy, the lower proportion of both normal and parthenocarpic fruits to bunch resulted in a significant decrease in both average bunch weight and oil content compared to the high dose and the control with pollen. It is recommended to apply NAA at low dose with pollen for inflorescences in anthesis and only NAA in high doses for inflorescences in post-anthesis.

Introducción

La devastación de los cultivos de palma de aceite sembrados con material *E. guineensis*, tanto en la región de Tumaco en la Zona Occidental como en la de Puerto Wilches en la Zona Central, como consecuencia de la enfermedad Pudrición del cogollo (PC) entre el 2006 y 2012 (Ochoa, 2013; Ochoa *et al.*, 2016), ha impulsado desde entonces las siembras comerciales del híbrido interespecífico OxG en estas áreas, incluso en la Zona Oriental, donde la enfermedad no es de carácter letal (Santacruz *et al.*, 2004) debido, principalmente, a su reconocida resistencia de campo a la PC y a su alta productividad de racimos de fruta fresca (RFF) (Zambrano, 2004).

Sin embargo, para alcanzar este potencial productivo, los híbridos interespecíficos requieren de polinización asistida, ya que generalmente las palmas híbridas presentan ciclos de inflorescencias masculinas menos frecuentes que el material *E. guineensis* y que, además, las inflorescencias masculinas producen poco polen de baja viabilidad o germinabilidad (Ochoa *et al.*, 2013; Daza *et al.*, 2020). El tema es que esta polinización no solo es costosa en términos de mano de obra sino que, también en su logística de implementación, en muchas ocasiones no se alcanza el 100 % de la cobertura requerida, con lo cual hay malformación o malogro de un número importante de racimos (Prieto *et al.*, 2015; Romero, 2019), lo que afecta la productividad por hectárea.

Siendo la formación de frutos partenocárpico con aceite una característica particularmente sobresaliente del híbrido OxG (González-G. *et al.*, 2013; Socha *et al.*, 2019) y heredado de su ancestro *E. oleifera* (H. B. K., Cortés), desde hace casi 10 años se ha venido investigando sobre la implementación y uso de varios reguladores de crecimiento en solución líquida o en polvo para la inducción de partenocarpia en el híbrido OxG para, de esta manera, superar la dependencia de la polinización asistida y la costosa mano de obra involucrada (Ussa *et al.*, 2013; Prieto *et al.*, 2015; Ayala-Díaz y Romero, 2019; Ochoa y Palacio, 2019; Linares-Leguizamón *et al.*, 2019a; Daza *et al.*, 2020).

Si bien es un hecho que las primeras investigaciones de aplicaciones de reguladores de crecimiento tanto en materiales *E. guineensis* como en híbridos interespecíficos OxG se realizaron en forma de solución acuosa (Thomas *et al.*, 1973; Somyong *et al.*, 2018; Ayala-Díaz y Romero, 2019), en los últimos años se ha estado implementado esta práctica con el uso del regulador de crecimiento ANA en polvo solo o mezclado con polen en dosis de 60.000 a 80.000 ppm (Corredor y Bolívar, 2019; Ochoa y Palacio, 2019).

El objetivo de esta investigación fue determinar la efectividad de dosis puntuales bajas en polvo de 1.200, 2.400 y 6.000 ppm (4, 8 y 20 mg) del regulador de crecimiento ANA en la inducción de partenocarpia y desarrollo del racimo tanto en inflorescencias en anthesis, estado fenológico 607, como en posantesis, estado fenológico 609 (Hormaza-Martínez *et al.*, 2010), y contrastarlas con la dosis alta de 80.000 ppm de ANA en polvo, utilizada actualmente, y con la polinización tradicional con solo polen.

Materiales y métodos

Localización

- El estudio se realizó en el híbrido interespecífico Unipalma Eo x Eg® entre diciembre de 2019 y mayo de 2020 en el lote 2070A, siembra 2012 de la hacienda Cuernavaca de Unipalma S. A. (4°18'09,14" N; 73°14'03,93" O), localizada en el municipio de Paratebuena (Cundinamarca), a una altitud de 50 m s. n. m.,

temperatura máxima 37,8 °C y mínima 18,9 °C, humedad relativa de 83,4 %, precipitación anual de 1.823 mm, con 168 días de lluvia y 1.887 horas de sol/año.

Tratamientos

Se evaluaron 3 tratamientos del regulador de crecimiento ANA en dosis bajas de 1.200 ppm (4 mg), 2.400 ppm (8 mg) y 6.000 ppm (20 mg), y una dosis alta de 80.000 ppm (240 mg), todas ellas mezcladas con 100 mg de polen y talco inerte hasta completar 3.000 mg en la mezcla para cada una de las dosis. Adicionalmente, se incluyó un quinto tratamiento que fue el control con la polinización tradicional que consiste en una mezcla de 200 mg de polen y 1.800 mg de talco inerte (relación 1:10). El número de aplicaciones de los tratamientos de ANA fue de 3 por inflorescencia, una cada 7 días después de la primera aplicación.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 4x2+1(4 tratamientos de ANA, 2 estados de inflorescencias y 1 control de polen). Para cada unidad experimental se seleccionaron entre 10 y 12 racimos para el registro de las variables de respuesta, realizando transformaciones para aquellas que no cumplieran los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza y, posteriormente, aplicar el análisis de varianza y la separación de medias para las dosis específicas seleccionadas mediante el Rango Múltiple de Duncan con el paquete estadístico SAS 9.1.

Análisis de componentes del racimos

Para los análisis de racimos y determinación del potencial de aceite se utilizó la metodología propuesta por Prada & Romero (2012), la cual permite cuantificar los componentes del racimo, pero con una modificación en el procedimiento para determinar los contenidos de aceite, utilizando el equipo SpecFIT® de Fine Instrument Technology, que usa la tecnología de resonancia nuclear magnética calibrada para la determinación del contenido de aceite en una muestra picada y seca de pulpa de frutos de palma.

Resultados y discusión

Conformación y peso promedio del racimo

El primer efecto visible de los distintos tratamientos propuestos es en la formación de los racimos. Según la escala de calificación de esta formación (racimos clase 1, ≥ 90 %; clase 2, entre 70 % y 89 %; clase 3, entre 50 % y 69 %; y clase 4, ≤ 49 %) propuesta por la plantación Palmeras (García-Núñez *et al.*, 2017), el 92,5 % de los racimos intervenidos con dichos tratamientos en los 2 tipos de inflorescencias fueron clasificados como clase 1 y 2 (Figura 1). Sin embargo, comparado con el testigo con polen que presentó un 76,9 % de racimos clase 1, en promedio para todas las dosis de ANA aplicadas a inflorescencias en antesis, se logró un 89,4 % de racimos clase 1, mientras que para las inflorescencias en posantesis solo fue del 52,2 %. Es importante resaltar que para ninguna de las inflorescencias aplicadas en antesis se presentaron racimos clase 3, y 4 y que solo en las dosis bajas para inflorescencias en posantesis, así como en el control con polen fue donde se presentaron racimos de estas dos clases inferiores con 9,1 % a 23,7 % y 7,7 % a 9,1 % respectivamente. Pero a pesar de ello, con las dosis bajas de 1.200, 2.400 y 6.000 ppm en

posantesis se logró el estímulo necesario para inducir el desarrollo de racimos clase 1 y 2 (≈ 44 % y 32 % respectivamente), y de igual forma para la dosis alta de 80.000 ppm y el control con polen (Figura 1).

En cuanto al peso promedio del racimo, los de las inflorescencias en antesis para todos los tratamientos de ANA fueron significativamente superiores al testigo con solo polen, con incrementos entre 10,8 % (80.000 ppm) y 23,6 % (6.000 ppm), mientras que, por el contrario, para las inflorescencias aplicadas en posantesis, los pesos promedio del racimo fueron significativamente inferiores al testigo con polen con reducciones entre 8,7 % (80.000 ppm) y 35,4 % (1.200 ppm). Resultados similares fueron reportados por Linares-Leguizamón *et al.* (2019) para el híbrido Coari x La Mé. Este menor desarrollo de racimos para inflorescencias aplicadas en posantesis sugiere que para estas se requiere una mayor concentración de ANA, con el fin de lograr una mejor inducción y desarrollo de frutos partenocárpico, tal como se reporta en los trabajos de Ayala-Díaz y Romero, (2019).

Llenado del racimo (fruit-set)

La formación de frutos (número) en el racimo y su proporción en peso se presentan en las Figuras 3 y 4,

Figura 1. Calificación de la conformación del racimo por tipo de inflorescencia y tratamientos de ANA, comparado con el control con solo polen

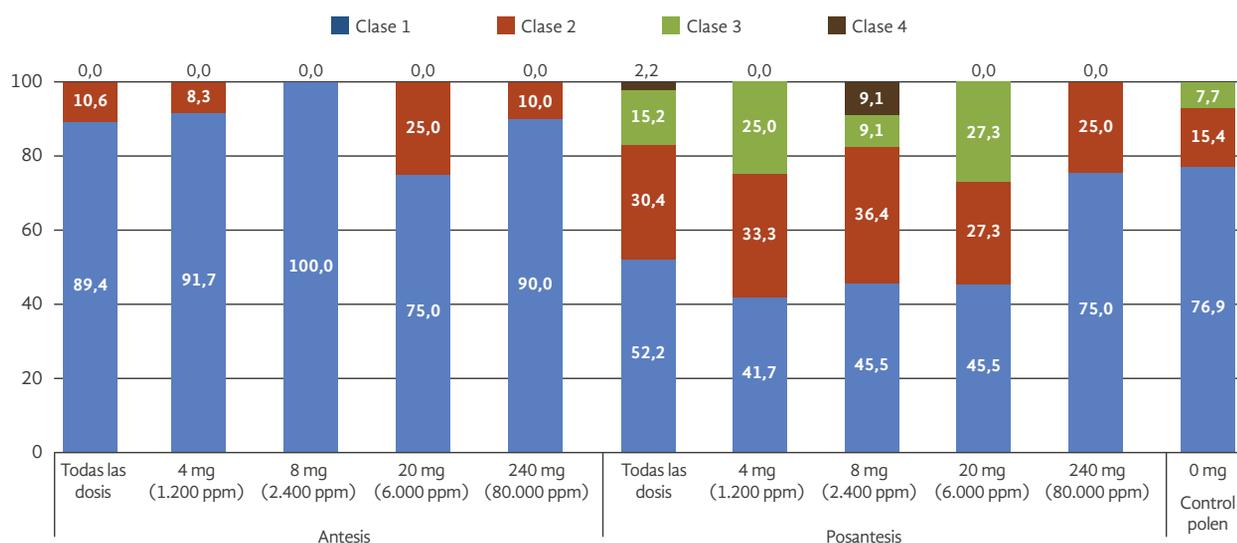
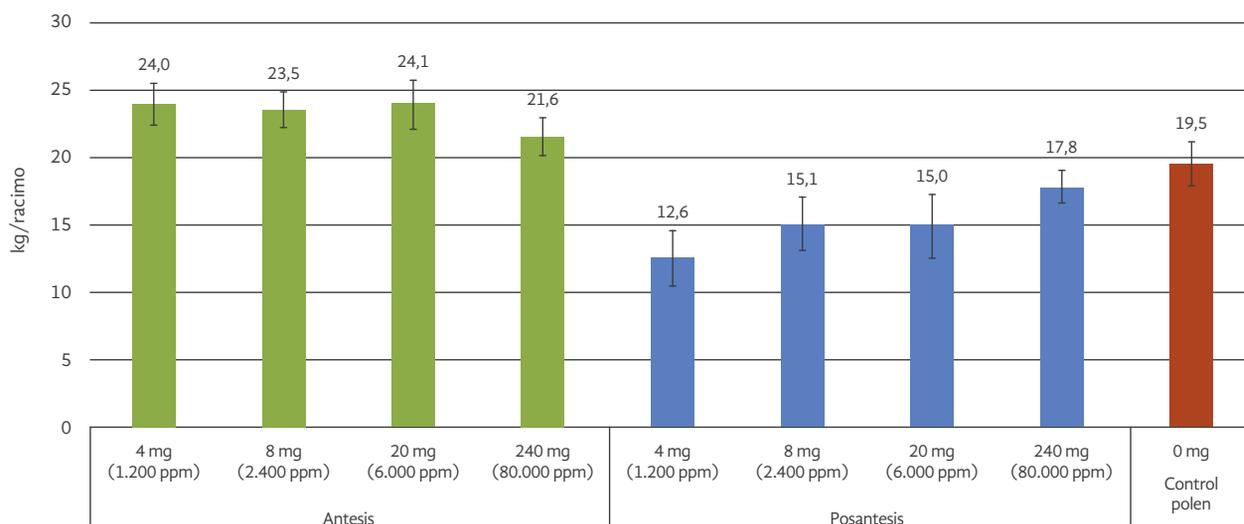


Figura 2. Peso promedio del racimo para los tratamientos de ANA aplicado a inflorescencias en antesis y posantesis, en comparación al control con polen



respectivamente. Para las inflorescencias aplicadas en antesis y con relación al control con solo polen, únicamente la dosis alta de 80.000 ppm presentó una disminución de 25,1 % en la proporción de número de frutos normales (PNFN), lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Ruiz-Romero *et al.* (2020), sin embargo, para las 3 dosis bajas no hubo disminución en la PNFN y por el contrario se presentó un incremento entre el 4,4 % (6.000 ppm) y el 43,2 % (1.200 ppm) (Figura 3a). En cuanto a la proporción de número de frutos partenocárpicos (PNFP) para inflorescencias aplicadas en antesis, esta fue superior en todos los tratamientos con ANA (61,6 % a 80,5 %), aunque significativamente mayor en la dosis más alta comparada con el control de polen (54,4 %). De igual manera, el *fruit-set* (sumatoria de PNFN y PNFP) fue significativamente mayor en todos los tratamientos con ANA (83 % a 91,2 %) en comparación al control de polen (72,7 %).

Con relación a la proporción de número de frutos abortados (PNFab) para inflorescencias aplicadas en antesis, se observó una disminución significativa desde un 6,6 % para la dosis de 1.200 ppm, hasta un 68,3 % en la dosis alta de 80.000 ppm, comparada con el testigo de polen (Figura 3a). Esta combinación de menor proporción de frutos abortados y una mayor proporción de frutos normales y partenocárpicos

para las 3 dosis bajas aplicadas en antesis estaría explicando, en parte, el mayor peso promedio de los racimos, en comparación al control con polen, resultado opuesto a lo reportado por Daza *et al.* (2020), en el cual las inflorescencias aplicadas con las distintas dosis de ANA produjeron racimos de menor peso en comparación con las inflorescencias polinizadas con el método tradicional.

La respuesta para las inflorescencias aplicadas en posantesis es diferente a la de las inflorescencias en antesis, en la cual la PNFN es significativamente inferior al del control con polen para todos los tratamientos de ANA, con una disminución entre el 51,9 % para el tratamiento de 1.200 ppm de ANA e incrementándose hasta el 84,7 % para el tratamiento de 80.000 ppm de ANA (Figura 3b).

Contrario a la respuesta de las inflorescencias en antesis, en las de posantesis la PNFP comparada con el testigo de polen fue significativamente menor para las 3 dosis bajas de ANA (3,3 % a 16,5 %), mientras que la dosis alta de 80.000 ppm presentó un incremento del 12,3 %. Por su parte, el *fruit-set* para todos los tratamientos de ANA en inflorescencias en posantesis fue significativamente menor en comparación con el testigo de polen, variando dicha disminución entre el 12,4 % para la dosis de 80.000 ppm y 25,4 % para la dosis de 1.200 ppm (Figura 3b).

Figura 3. Proporción de número de frutos normales (PNFN), partenocárpicos (PNFP) y abortados (PNFab) en el racimo para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)

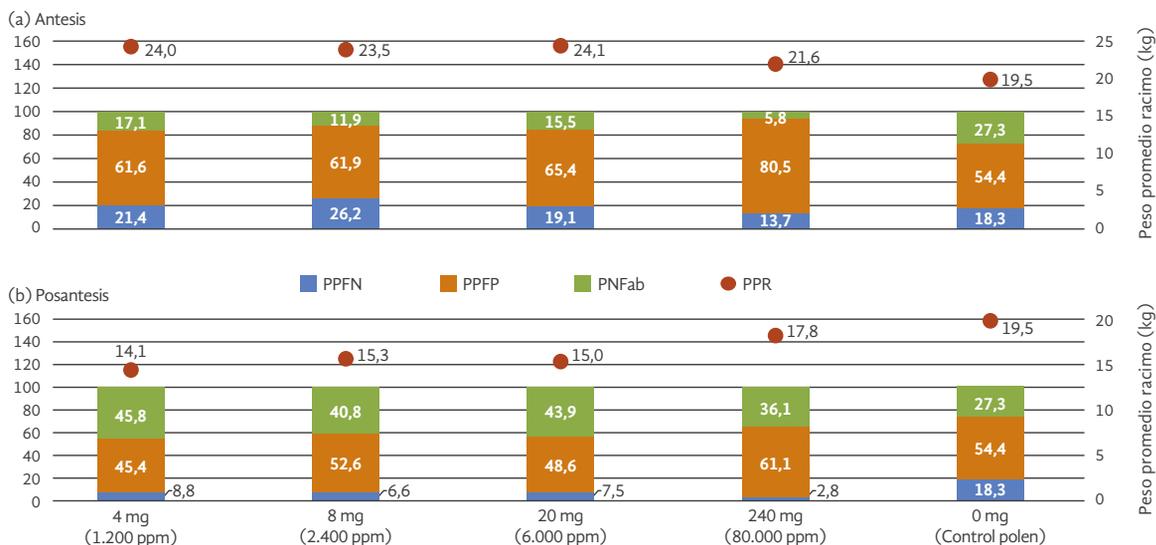
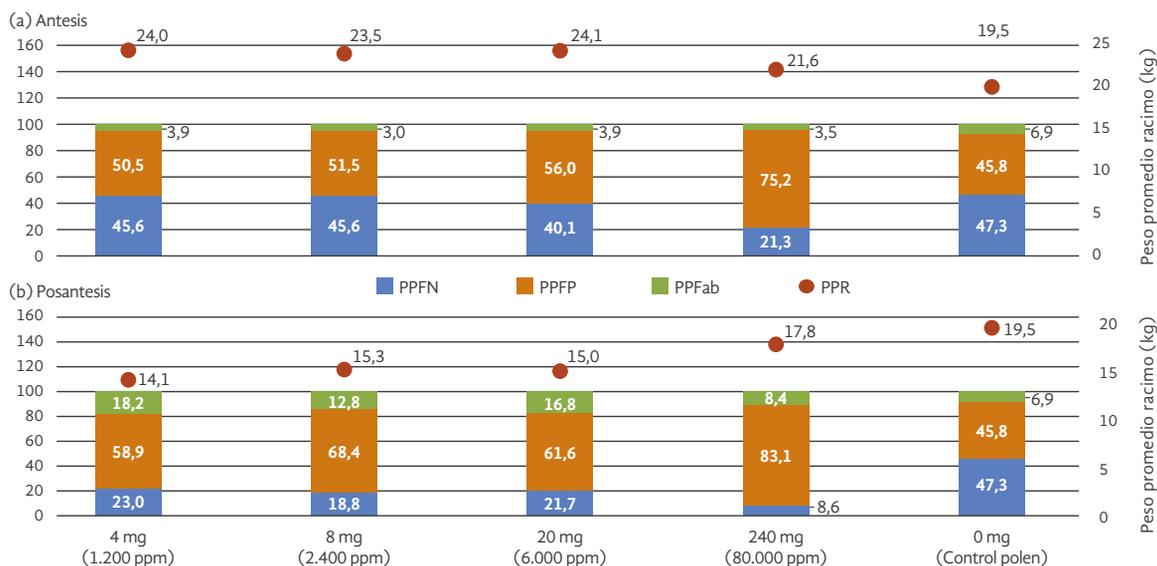


Figura 4. Proporción de peso de frutos normales (PPFN), partenocárpicos (PPFP) y abortados (PPFab) en el racimo para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)



La variable proporción de número de frutos abortados (PNFab) para inflorescencias en posantesis es de particular interés puesto que en todos los tratamientos de ANA fue significativamente superior al

testigo con solo polen, con una tendencia a ir disminuyendo las diferencias con el incremento de la dosis de ANA, lo cual tiene un impacto importante en el peso promedio del racimo donde, tal como se aprecia

en la Figura 3b, el menor peso de racimo (14,1 kg) corresponde a la mayor PNFab en la dosis más baja de 1.200 ppm y el mayor peso de racimo (17,8 kg), aunque ligeramente menor que el control de polen (19,5 kg), corresponde a la menor PNFab en la dosis alta de 80.000 ppm. Resulta evidente que para las inflorescencias en posantesis, todos los tratamientos con ANA presentan pesos promedios del racimo inferiores al control con solo polen debido, en gran medida, a esta mayor proporción en el número de frutos abortados coincidiendo con lo reportado por Daza *et al.* (2020). En cuanto a la proporción de peso de frutos normales (PPFN) y partenocárpicos (PPFP) a partir de inflorescencias aplicadas en antesis, el patrón fue prácticamente similar al de la PNFN y PNFP (Figura 4a). De otra parte, para las inflorescencias aplicadas en posantesis lo más relevante fue un significativo incremento entre el 29 % y 81 % en la PPFP del racimo en comparación al testigo con polen, una disminución entre el 51 % y 60 % en la PPFN del racimo en los 3 tratamientos con dosis bajas, y de 82 % en la dosis alta de 80.000 ppm en comparación al control con solo polen (Figura 4b).

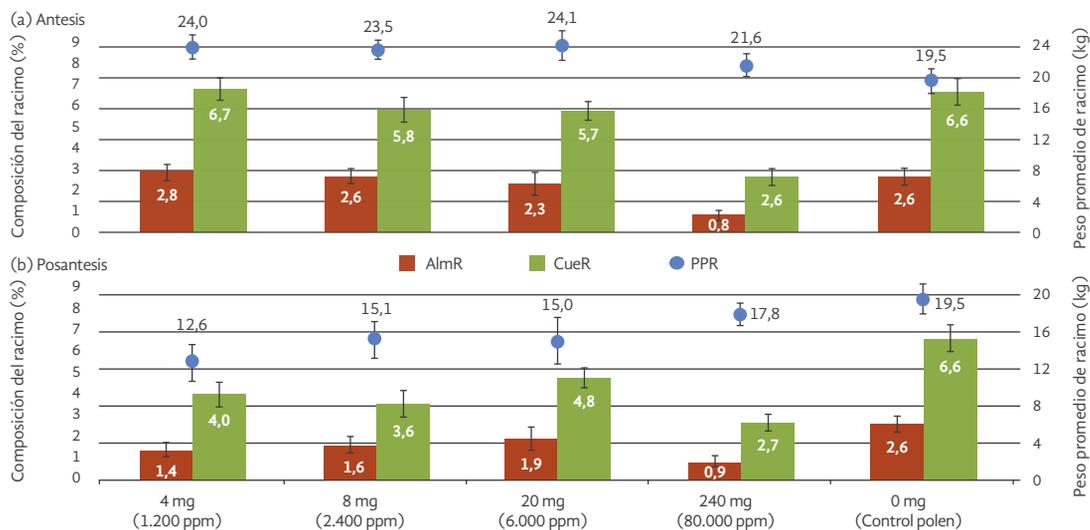
Para los racimos producto de la aplicación de los tratamientos en inflorescencias en posantesis esta disminución en la PPFN que poseen cuesco, que generalmente aportan un valor importante al peso del racimo junto con la mayor proporción de peso de frutos abortados (PPFab) para todos los tratamientos de ANA, es consistente con la disminución significativa de los pesos promedio de estos racimos en comparación al peso promedio del racimo en el control con solo polen (Figura 4b).

Caracterización física de la composición del racimo

La proporción de almendra y cuesco a racimo son las variables de mayor efecto diferencial con respecto a los tratamientos de dosis bajas y altas de ANA y los estados de aplicación de las inflorescencias (antesis y posantesis) en comparación al método tradicional con solo polen (Figura 5). Para las inflorescencias en antesis, la dosis alta de 80.000 ppm presentó el mayor porcentaje de reducción de almendra y cuesco a racimo (69,2 % y 65,4 %, respectivamente) en comparación al control con polen (Figura 5a), lo cual pa-

rece ser una consecuencia directa de la pérdida de viabilidad o germinabilidad de los granos de polen, lo que afecta la formación de almendra y desarrollo del cuesco, tal como reportan Ruiz-Romero *et al.* (2020). Por el contrario, para las dosis bajas de ANA en antesis no se presentan diferencias significativas entre estas y el control con polen tanto para almendra como para cuesco a racimo (Figura 5a), lo cual indica que en estas dosis bajas la concentración del regulador de crecimiento no presenta un efecto inhibitorio en la viabilidad o germinabilidad del grano de polen. En cuanto a las inflorescencias en posantesis, para la dosis alta de 80.000 ppm en comparación al testigo con polen, se presenta una menor proporción de nuez con un valor de 3,6 % (0,9 % y 2,7 % para almendra y cuesco a racimo, respectivamente), es decir, de aproximadamente la tercera parte de lo producido con solo polen (9,2 %). Mientras que, para las dosis bajas en inflorescencias aplicadas en posantesis, si bien también presentaron una disminución significativa de almendra y cuesco a racimo comparado con el testigo con polen, el valor observado para la proporción promedio de nuez fue de 5,8 % (1,6 % y 4,22 % para almendra y cuesco a racimo, respectivamente) en las 3 dosis bajas de ANA, representa las dos terceras partes de lo observado para el método tradicional con solo polen (Figura 5b). Estas diferencias en la formación de almendra y cuesco para las distintas dosis de ANA explican, en gran medida, las diferencias en el peso promedio del racimo para inflorescencias aplicadas en antesis en comparación con las aplicadas en posantesis, en las cuales se observó en estas últimas, una disminución promedio del 40 % para las 3 dosis bajas de ANA (Figura 2 y Figuras 5a y 5b), teniendo en cuenta que gran parte del aporte en peso del racimo está dado por la formación de frutos normales con almendra y cuesco, tal como también lo señalan Ruiz-Romero *et al.* (2020). De otra parte, para la dosis alta de ANA, aunque presentaron una menor proporción de almendra y cuesco a racimo, su disminución en el peso promedio del racimo para inflorescencias aplicadas en posantesis, comparadas con las de antesis, fue cercana al 18 %, ya que lograron compensar esta pérdida en peso con una significativa mayor proporción de frutos partenocárpicos (Figuras 3, 4, 5a y 5b), lo cual fue similar a lo reportado por Daza *et al.* (2020) y Linares-Leguizamón *et al.* (2019b).

Figura 5. Composición de racimos con relación a la formación de almendra a racimo (AlmR) y cuesco a racimo (CueR) para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA, comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)



En cuanto a la formación de los 2 tipos de frutos con relación al peso del racimo para las inflorescencias aplicadas en antesis, se observó una predominancia de los frutos normales (FNR) en las dosis bajas igual que en el control, sin presentarse diferencias significativas entre estos, mientras que, por el contrario, en la dosis alta de 80.000 ppm, la predominancia fue para los frutos partenocárpicos (FPR), incrementándose 3 veces con relación al control con polen, resultado similar al reportado por Ruiz-Romero *et al.* (2020), y de aproximadamente el doble de lo observado para las 3 dosis bajas (Figura 6a).

Para las inflorescencias aplicadas en posantesis, la tendencia, por el contrario, fue una predominancia de los FPR, tanto en las dosis bajas como en la dosis alta, (Figura 6b) y al ser menor la proporción de los FNR en comparación al control con polen, el peso promedio de racimo en todos los tratamientos con ANA disminuye significativamente, lo que no permite compensar esta pérdida de peso con el incremento en los FPR ni siquiera en la dosis alta, que presenta el valor mayor.

Caracterización de aceite en el racimo

En las Figuras 7 y 8 se presentan los resultados para la relación de aceite a racimo en frutos normales y

partenocárpicos, y total incluyendo los dos tipos de frutos, así como el rendimiento total de aceite, en el que está el aceite de almendra estimado con base en una extracción del 42 %. Comparada con el control de solo polen, la proporción de aceite a racimo en frutos normales para inflorescencias aplicadas en antesis presentó, como se esperaba, una reducción significativa del 53,3 % en la dosis alta de 80.000 ppm, debido a su significativa menor proporción de frutos normales en el racimo pero, por el contrario, la relación de aceite a racimo en frutos partenocárpicos en esta misma dosis alta presentó un incremento significativo de 10,4 puntos en promedio (115,6 %) en comparación al testigo de solo polen (Figura 7a). Para las 3 dosis bajas no hubo diferencias importantes en la relación de aceite a racimo para los frutos normales y partenocárpicos, comparado con el testigo de polen para inflorescencias aplicadas en antesis (Figura 7a). Cuando se tuvo en cuenta la proporción total de aceite a racimo (frutos normales más partenocárpicos), el mayor valor para la dosis alta (25,7 %), aunque no fue significativamente diferente de los valores para las 3 dosis bajas, si fue importantemente superior (5,3 %) al testigo con solo polen (Figura 7a), lo que coincide con los resultados obtenidos por Daza *et al.* (2020) para racimos individuales y por Linares-Leguizamón *et al.* (2019a) en un ensayo comercial en planta

de beneficio. En cuanto a las inflorescencias aplicadas en posantesis, el patrón para las variables aceite a racimo de frutos normales, partenocárpico y total fue muy similar al de las inflorescencias aplicadas en antesis, con la única variación que en el total de aceite a racimo no hubo diferencias significativas

para todos los tratamientos de ANA en comparación al testigo con solo polen (Figura 7b) y que, además, todos los tratamientos con ANA en posantesis presentaron un peso promedio inferior de racimo, lo cual de todas maneras afecta el rendimiento total de aceite por hectárea.

Figura 6. Relación de la formación de frutos normales (FNR) y partenocárpico (FPR) con respecto al peso del racimo para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)

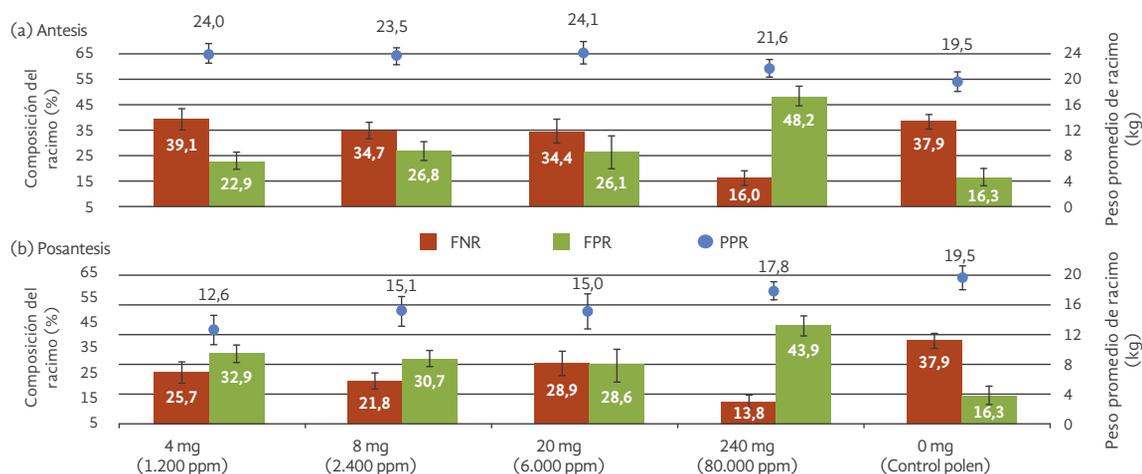
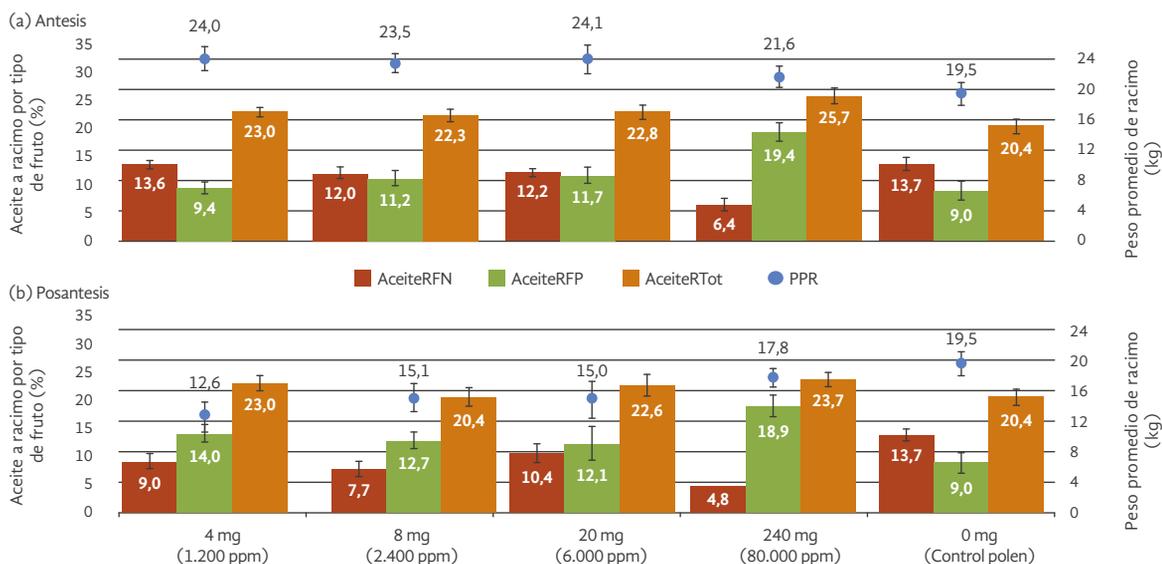


Figura 7. Relación de aceite a racimo de frutos normales (AceiteRFN), partenocárpico (AceiteRFP) y total (AceiteRTot) para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA, comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)



Por último, cuando se convirtieron los porcentajes de aceite a racimo, a cantidad total de aceite incluyendo el aceite de palmiste y, teniendo en cuenta el peso promedio del racimo en todos los tratamientos de ANA y el testigo de solo polen, los resultados mostraron que, para inflorescencias aplicadas en antesis no hay diferencias importantes entre ninguno de los tratamientos de ANA, pero todos ellos si fueron significativamente superiores al control de polen entre un 26,8 % para la dosis de 2.400 ppm, y un 39 %, para la dosis de 80.000 ppm (Figura 8a). Por el contrario, para las inflorescencias aplicadas en posantesis no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de ANA y el testigo de solo polen, aunque se observó una ligera tendencia a incrementarse el rendimiento total de aceite, a medida que aumentaba la concentración de la hormona (Figura 8b).

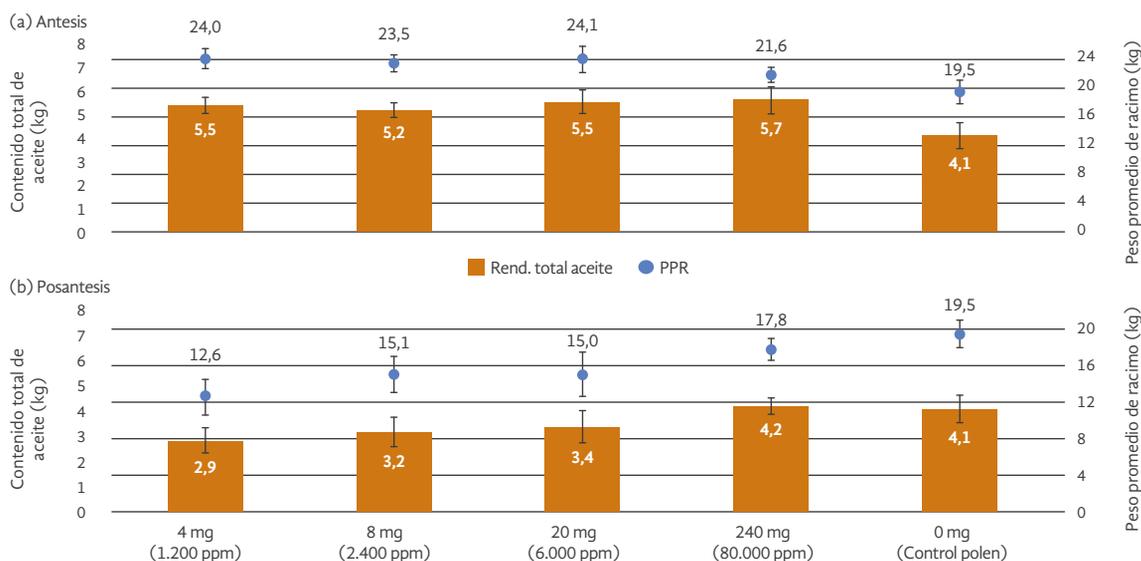
Conclusiones y recomendaciones

Las inflorescencias aplicadas con el regulador de crecimiento ANA en antesis y posantesis responden diferencialmente al estímulo de este regulador y, por lo tanto, deben considerarse como dos sistemas diferentes para su manejo. Cuando se aplica ANA a inflorescencias en posantesis consistentemente se desarrollan

racimos de menor peso comparado con el testigo de solo polen, mientras que las inflorescencias aplicadas con dosis alta de ANA en antesis, su disminución en el peso promedio del racimo es menor comparada con el testigo de polen, pero las inflorescencias aplicadas con dosis bajas logran inclusive un incremento en el peso promedio del racimo. Estos resultados confirman que la pérdida de peso de los racimos cuyas inflorescencias fueron aplicadas con dosis altas de ANA en antesis es debido principalmente al efecto negativo sobre el desarrollo de cuesco y almendra.

Tanto las dosis bajas como la dosis alta de ANA en antesis logran rendimientos de aceite superiores al testigo con polen, mientras que para inflorescencias aplicadas en posantesis estas diferencias no se presentan, aunque sí se observa una tendencia a incrementar el rendimiento de aceite a medida que se aumenta la dosis de ANA. Según los resultados obtenidos, se recomienda en híbridos Unipalma OxG realizar la labor de polinización artificial a inflorescencias en antesis con una mezcla de polen y ANA a una concentración baja de 1.200 a máximo 2.400 ppm, mientras que para las inflorescencias en posantesis se debe aplicar solo ANA en dosis altas, que por estudios previos en nuestro grupo de investigación podría estar entre 30.000 a 45.000 ppm.

Figura 8. Rendimiento total de aceite en el racimo (Rend. total aceite) para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA, comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)



Referencias

- Ayala-Díaz, I. & Romero, H. M. (2019). Cultivares híbrido OxG y la reactivación productiva de zonas con problemáticas de PC. *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, Bucaramanga, Colombia.
- Corredor, J. E. & Bolívar, A. L. (2019). Principales efectos de la polinización artificial (ANA), en el híbrido OxG en Palmeiras Colombia S. A. *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, Bucaramanga, Colombia.
- Daza, E., Ayala-Díaz, I., Ruiz-Romero, R. & Romero, H. M. (2020). Effect of the Application of Plant Hormones on the Formation of Parthenocarpic Fruits and Oil Production in Oil Palm Interspecific Hybrids (*Elaeis oleifera* Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Plant Production Science*, 00(00), 1-9. doi: 10.1080/1343943X.2020.1862681
- García-Núñez, J. A., Cortés-Barrero, I. L. & Caballero-Blanco, K. (2017). Challenges in Processing Fresh Fruit Bunches (FFB) from Interspecific Hybrid Cultivars (OxG) in Conventional Palm Oils Mills in Colombia. *Presentación International Palm Oil Congress and Exhibition PIPOC 2017*.
- González, D. A., Cayón, G., López, J. E. & Alarcón, W. H. (2013). Desarrollo y maduración de frutos de dos híbridos OxG Indupalma (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). *Agronomía Colombiana*, 31(3), 343-351.
- Hormaza-Martínez, P. A., Forero-Hernandez, D. C., Ruiz-Romero, R. & Romero-Angulo, H. M. (2010). *Fenología de la palma de aceite africana (Elaeis guineensis Jacq.) y del híbrido interespecíficos (Elaeis oleifera x Elaeis guineensis)*. En Cenipalma.
- Linares-Leguizamón, O., Santacruz-Arciniegas, L. & Rosero-Estupiñan, G. A. (2019a). Evaluación de la polinización artificial en el material híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). *Palmas*, 40(4), 96-105.
- Linares-Leguizamón, O., Santacruz-Arciniegas, L. & Rosero-Estupiñan, G. A. (2019b). Evaluación de la polinización artificial en el material híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, Bucaramanga, Colombia.
- Ochoa, I. E. (2013). Avances en el desarrollo de materiales DxP con resistencia de campo al complejo de la Pudrición del cogollo (PC) en el programa de mejoramiento genético de Unipalma S. A. *Palmas*, 34(2), 125-129.
- Ochoa, I. E. & Palacio, N. (2019). Efecto del ácido α -naftalenacético (ANA) sobre componentes del racimo y rendimiento en híbridos Unipalma OxG. *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, Bucaramanga, Colombia.
- Ochoa, I. E., Romero, H. M. & Amado, A. (2016). Evaluación del comportamiento de progenies juveniles de material Unipalma DxP (*E. guineensis*) con respecto a la enfermedad

- Pudrición del cogollo en Tumaco, Nariño. *XIII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, Medellín, Colombia.
- Ochoa, I. E., Suarez, C. A. & Cayon-Salinas, D. G. (2013). Desarrollo y maduración de frutos en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) e híbridos OxG (*E. oleifera* x *E. guineensis*) de Unipalma S. A. *Palmas*, 34, 326-336.
- 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*.
- Prieto, A. M., Ochoa, I. E. & Cayón-Salinas, D. G. (2015). Efecto de la aplicación de auxinas y giberelinas en la formación de frutos partenocárpicos en híbridos Unipalma OxG (*Elaeis oleifera* H. B. K. Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *XVIII Conferencia Internacional Sobre Palma de Aceite*, Cartagena, Colombia.
- Romero, H. M. (2019). La polinización artificial con reguladores de crecimiento incrementa la producción de aceite en híbridos interespecíficos OxG. *Revista Palmas*, 40(Especial T), 140-141. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13042>
- Ruiz-Romero, R., Daza, E., Calpa, A. & Romero, H. M. (2020). Mezcla de ácido naftalenacético y polen, ¿se puede considerar una alternativa para la obtención de frutos normales dentro de la polinización artificial en el híbrido *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*? *Palmas*, 41(2), 38-47.
- Santacruz, L., Zambrano, J. & Amézquita, M. (2004). Comportamiento de la Pudrición del cogollo en la Zona Oriental de Colombia. *Palmas*, 25, 220-231.
- Socha, J., Cayón, D., Ligarreto, G. & Chaves, G. (2019). Effect of Pollen Doses on Fruit Formation and Oil Production in Two Hybrid Palm Genotypes (*Elaeis oleifera* H. B. K. Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Agronomía Colombiana*, 37(1), 27-32. doi: 10.15446/agron.colomb.v37n1.75313
- Somyong, S., Walayaporn, K., Jomchai, N., Naktang, C., Yodyingyong, T. & Phumichai, C. (2018). Transcriptome Analysis of Oil Palm Inflorescences Revealed Candidate Genes for an Auxin Signaling Pathway Involved in Parthenocarpy. *PeerJ* 6:E5975, 1-22. doi: 10.7717/peerj.5975
- Thomas, R. L., Seth, A. K., Chan, K. W. & Ooi, S. C. (1973). Induced Parthenocarpy in the Oil-palm. *Annals of Botany*, 37(3), 447-452. doi: 10.1093/oxfordjournals.aob.a084711
- Ussa, I., Cayón, D., Contreras, A., Rodríguez, D. & Zúñiga, E. (2013). Efecto de giberelinas y auxinas en el desarrollo de racimos y producción de aceite en híbrido (OxG) en Oleaginosas Las Brisas. *XI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, 1-28.
- Zambrano, J. E. (2004). Los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* H. B. K. x *Elaeis guineensis* Jacq.: una alternativa de renovación para la Zona Oriental de Colombia. *Revista Palmas*, 25(especial), 339-349.