

Evaluación de la polinización artificial en el material híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*)

Evaluation of Artificial Pollination in the Hybrid Material OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*)

CITACIÓN: Linares-Leguizamón, O., Santacruz-Arciniegas, L. & Rosero-Estupiñán, G. A. (2019). Evaluación de la polinización artificial en el material híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). Palmas, 40(4), 96-105.

PALABRAS CLAVE: palma de aceite, híbrido, polinización artificial, antesis, posantesis, conformación del racimo, frutos normales, frutos partenocárpicos, potencial de aceite, ANA (Ácido naftalenacético).

KEYWORDS: Oil palm, hybrid, artificial pollination, anthesis, postanthesis, cluster conformation, normal fruits, oil potencial, ANA (Ácido naftalenacético).

OMAIRA LEGUIZAMÓN LINARES
Analista Investigación, Desarrollo,
Productividad e Innovación
Guaicaramo S. A. S.

LIBARDO SANTACRUZ ARCINIEGAS
Gerente Investigación, Desarrollo,
Productividad e Innovación
Guaicaramo S. A. S.

GUSTAVO A. ROSERO ESTUPIÑÁN
Jefe de Investigación, Desarrollo,
Productividad e Innovación
Guaicaramo S. A. S.

Resumen

El material híbrido (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) ha sido de gran importancia por su alto nivel de tolerancia a plagas y enfermedades, convirtiéndose en una alternativa viable para reemplazar los cultivares *Elaeis guineensis* que son más susceptibles a enfermedades como la Pudrición del cogollo y Anillo rojo. Por otra parte, una de las actividades que requiere este material para alcanzar su máximo potencial productivo es la polinización asistida, la cual se constituye como una de las labores agronómicas más costosas dentro del cultivo de palma de aceite (Ruiz *et al.*, 2015) y Mosquera *et al.*, 2017). El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la polinización artificial en el material híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), en aspectos como la conformación del racimo y el potencial de aceite entre la polinización asistida tradicional (talco más polen) y la polinización artificial con ANA (Ácido naftalenacético) más talco, evaluando dos concentraciones aplicadas (120 mg y 210 mg) en dos estados de la inflorescencia (antesis y posantesis); de la misma manera identificar factores que influyen negativamente en la labor, con el fin de buscar la mejora continua en la logística de la implementación de la labor de manera comercial.

Abstract

The hybrid material (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) has been of great importance for its high level of tolerance to pests and diseases, becoming a viable alternative to replace the *Elaeis guineensis* cultivars that were attacked by diseases such as bud rot and red ring. On the other hand, one of the tasks required by this material to reach its maximum productive potential, is the assisted pollination, which is constituted as one of the tasks the agronomic more costly within the cultivation of oil palm (Ruiz *et al.*, 2015 y Mosquera *et al.*, 2017).

The present work had as objective to assess artificial pollination in the hybrid material OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), in aspects such as the formation of the cluster and the potential of oil between the assisted pollination traditional (talc more pollen) and artificial pollination with ANA (Naphthaleneacetic acid) more talc evaluating two concentrations applied (120 mg and 210 mg) in two states of the inflorescence (anthesis and post anthesis); in the same way to identify factors that influence negatively in the work in order to seek continuous improvement in the logistics in the implementation of the work on a commercial basis.

Introducción

El material híbrido alto oleico se ha convertido en un cultivo de gran importancia económica, experimentando un incremento significativo en el área sembrada, y en la buena acogida en muchas regiones de Colombia; pero existen varios factores que afectan este sector, como las enfermedades letales; la viabilidad y germinabilidad de polen; las condiciones climáticas; la variabilidad genética de los materiales sembrados; la altura de las palmas; y la alta demanda de mano de obra para la labor de polinización asistida, la cual debe ser calificada con gran exigencia y calidad dada la importancia que tiene la conformación del racimo en la producción de aceite, y que no es estable en las regiones donde se siembra la palma de aceite por la competencia que existe con otras actividades económicas (Rosero & Santacruz, 2014). Por tal razón, es necesario desarrollar o evaluar nuevas tecnologías que contribuyan a que la pérdida de frutos o racimos sea menor, y una de ellas es la aplicación exógena de hormonas vegetales con la polinización asistida, en este caso el ácido naftalenacético, que se ha venido evaluando en diferentes concentraciones, para así poder identificar su potencial beneficio frente a un mayor cubrimiento de inflorescencias polinizadas o recuperación de inflorescencias pasadas (inflorescencias no polinizadas)

por causa de días no laborados tales como festivos, Semana Santa, época decembrina, o alta rotación de personal. Esto con el objetivo de aumentar la tasa de extracción de aceite en planta extractora.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la plantación Guaicaramo S. A. S., ubicada en el municipio de Barranca de Upía (departamento del Meta-Colombia) a 190 m de altitud, latitud 4° 29 Norte y longitud 72° 57 Oeste; se hizo a nivel comercial en 796 hectáreas; y se seleccionó un cultivar híbrido del cruzamiento Coari x La Mé (OxG) de siembra 2006. Para el estudio se evaluaron 5 tratamientos; 4 que correspondían a la aplicación del fitorregulador ANA (ácido naftalenacético), en dos concentraciones 1.200 ppm y 2.400 ppm, con dos frecuencias de aplicación por semana (entradas a lotes evaluados). Y un quinto que correspondía a un tratamiento testigo, (aplicación convencional de polen y talco) (Tabla 1). Se polinizaron inflorescencias en estado fenológico anthesis (BBCH607) y posanthesis (BBCH609), teniendo como referencia la escala fenológica para palma de aceite, según Hormaza *et al.* (2010) y Forero *et al.* (2012).

Para el análisis de racimos y determinación del potencial de aceite se empleó la metodología establecida por

Prada y Romero (2012), que permite cuantificar los componentes del racimo y de los frutos relacionados con la producción de aceite.

Resultados y discusión

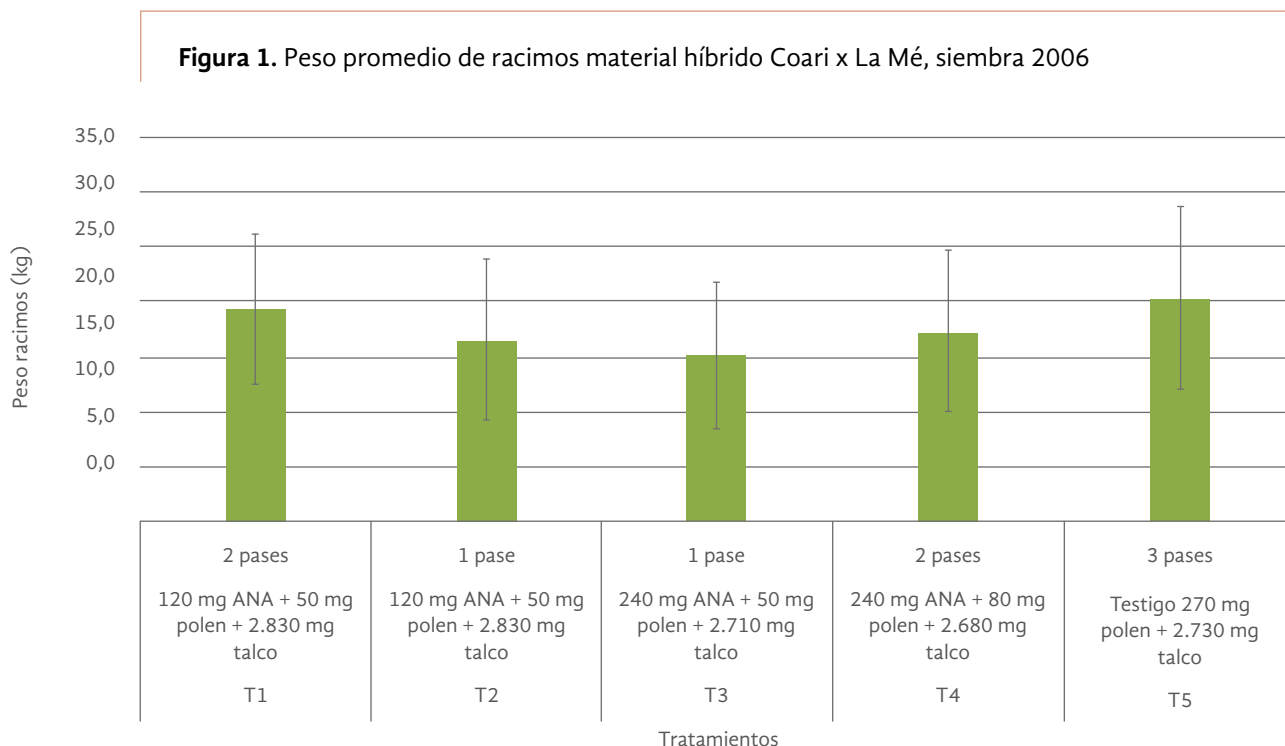
Peso de racimos

Según la Figura 1, el peso promedio del racimo con polinización artificial disminuye comparado con la polinización convencional o testigo (T5), se puede observar que el tratamiento uno (T1) a dos pases por semana presentó promedios muy similares con

respecto al tratamiento cinco (T5), 19,5 y 20,3 kilogramos respectivamente; una disminución de tan solo el 4 % puesto que se logra una mayor cobertura de inflorescencias en antesis con una buena conformación de frutos normales. En los tratamientos (T2, T3 y T4) se obtuvieron los valores más bajos de peso promedio del racimo, con valores de 16,7; 15,2 y 17,2 kilogramos ocasionando una disminución de su peso con relación a la polinización convencional en su orden del 18 %, 25 % y 15 %, ya que estos presentaron mayor número de inflorescencias en estado de posantesis, lo que significa un incremento del porcentaje de frutos partenocárpicos en el racimo.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Descripción	Frecuencia/semana
T1	120 mg ANA + 50 mg polen + 2.830 mg talco	2 pases
T2	120 mg ANA + 50 mg polen + 2.830 mg talco	1 pase
T3	240 mg ANA + 50 mg polen + 2.710 mg talco	1 pase
T4	240 mg ANA + 80 mg polen + 2.680 mg talco	2 pases
T5	Testigo 270 mg polen + 2.730 mg talco	3 pases



El porcentaje de inflorescencias a polinizar en cada uno de los estados (antesis o posantesis) varía según la frecuencia de aplicación, como lo muestra la Figura 2. Cuando se realiza la polinización asistida con frecuencia de dos pases por semana (T1, T4) se poliniza una mayor cantidad de inflorescencias en antesis, entre el 65 % y 44 %, también se puede observar para estos tratamientos un menor número de inflorescencias en posantesis, el cual puede variar según la estabilidad del personal y los días festivos que se presenten. Para los tratamientos (T2, T3) con una entrada semanal al lote, se presenta un alto porcentaje de inflorescencias en posantesis entre el 75 % y 77 %, de igual manera, experimentando variaciones como en los tratamientos anteriores. Por esto, en la Figura 1 se puede observar la disminución del peso promedio del racimo, ya que el 23 % y 25 % de las inflorescencias polinizadas son en estado de antesis que garantizan la formación de

frutos normales con semilla; por el contrario pasa con la polinización convencional (T5) donde se logra una cobertura de inflorescencias femeninas en antesis por encima del 95 %.

Días a cosecha

Rosero *et al.* (2017) evidenciaron que existe una interacción entre la época y la apertura de la inflorescencia y el estado de apertura de la misma determinando un valor medio de 170 días en verano, mientras que en la época de invierno se registró un rango de 155-160 días. Tales variaciones generan cambios importantes en la formación de racimos, ocasionando el desprendimiento de aquellos frutos que maduran más rápidamente, así como cambios importantes en su tamaño; criterios que por su efecto en la disminución de la calidad de la cosecha deben ser tenidos en cuenta.

Figura 2. Porcentaje de inflorescencias polinizadas en estado de antesis y posantesis

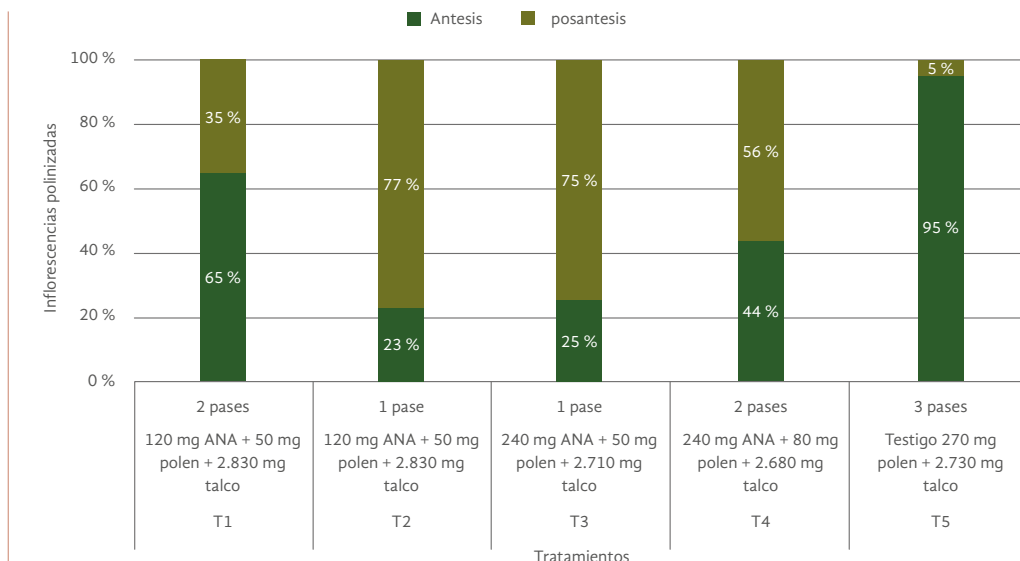


Tabla 2. Comparación de los días a cosecha y número de frutos sueltos en los tipos de polinización y la interacción con el estado de la inflorescencia.

Tipo de polinización	Estado de la inflorescencia	Días a cosecha	Frutos sueltos
Polinización artificial	Antesis	173	7
Polinización artificial	Posantesis	170	5
Polinización tradicional	Antesis	202	17
	p valor	0,017	0,023

En Tumaco el mayor porcentaje de aceite en racimo se presenta entre 175 y 180 días, después de la antesis de las flores femeninas (Chilito y Narváez, 1996 y Narváez *et al.*, 1996), resultados similares fueron encontrados en palma de aceite, por Vera *et al.* (1998), quienes concluyeron que cosechando racimos a 180 días, después de antesis, se aumenta el porcentaje de extracción en el laboratorio.

Para el caso de la polinización artificial evaluada en este estudio, se evidenció un menor número de días a cosecha entre 168 y 170 especialmente para inflorescencias polinizadas en estado de posantesis, en algunos casos se observó necrosamiento en la parte apical del fruto, incluso antes de iniciar su desprendimiento natural para ser cosechado, que se incrementa en todo el fruto con el paso de los días hasta final de ciclo de cosecha (Figura 4); por esta razón se recomienda continuar el seguimiento a este fenómeno y evaluar los periodos que puedan ser factores importantes que

determinen el momento exacto de la cosecha con el fin de obtener la mayor cantidad de aceite en el racimo (Tabla 2 y Figura 3).

La clasificación de racimos en campo al momento de la cosecha se realizó siguiendo el modelo utilizado por la plantación Palmeiras con los siguientes valores, racimos clase 1 >90 %, clase 2 entre el 70 %-89 %, clase 3 entre el 50 %-69 % y clase 4 <49 %. De acuerdo con la Figura 5, en los tratamientos con polinización artificial (T1, T2, T3 Y T4) se obtuvo un porcentaje de racimos clase 1 entre el 56 % y 69 %, muy similar a la polinización convencional, con un valor de 59 %; los porcentajes de racimos clase 4 con polinización artificial fue menor al 10 %. Teniendo como referencia las observaciones en campo se puede sugerir que si se ajustan las aplicaciones de mezcla que permita mayor cubrimiento de la inflorescencia, se garantizará una mejor conformación del racimo, lo que permitirá obtener mayores porcentajes de racimos clase 1 y 2.

Figura 3. Comparación de los días a cosecha y número de frutos sueltos en los tipos de polinización, y la interacción con el estado de la inflorescencia

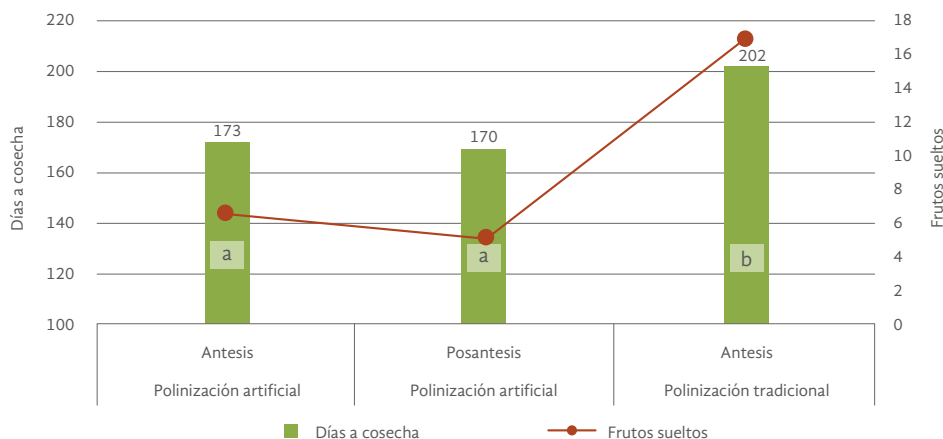


Figura 4. Necrosamiento de los frutos con polinización artificial



Se puede observar en la Figura 6 y en la Tabla 3, que la polinización artificial en inflorescencias femeninas en estado de antesis, presenta un aumento significativo en la formación de frutos partenocárpicos, especialmente cuando las dosis son mayores como se muestra en los tratamientos (T3, T4); lo contrario ocurre con la formación de frutos normales, ya que este porcentaje disminuye considerablemente con valores por debajo del 16 % con respecto a la polinización convencional que alcanzó un 32 %, por lo que se puede pensar que existe un antagonismo entre el polen y el ácido naftalenacético al momento de la fecundación.

De acuerdo con la Figura 7, se puede observar que el ANA permite recuperar aquellas inflorescencias no polinizadas, que se pierden por alguna eventualidad (inflorescencias pasadas); tal como se muestra en los tratamientos (T1, T2, T3, T4), en donde la formación de frutos totales que aportan aceite se presenta en un rango entre el 43 % y el 77 %. Las dosis más altas de regulador favorecen la recuperación de las inflorescencias en estado de posantesis garantizando la formación de frutos hasta en un 77 %, lo que no ocurría antes con la polinización convencional. También se presentó formación de frutos normales entre el 1,1 % y 5,8 % gracias al polen que se encuentra en el ambiente.

Figura 5. Calificación del racimo en cada categoría de formación

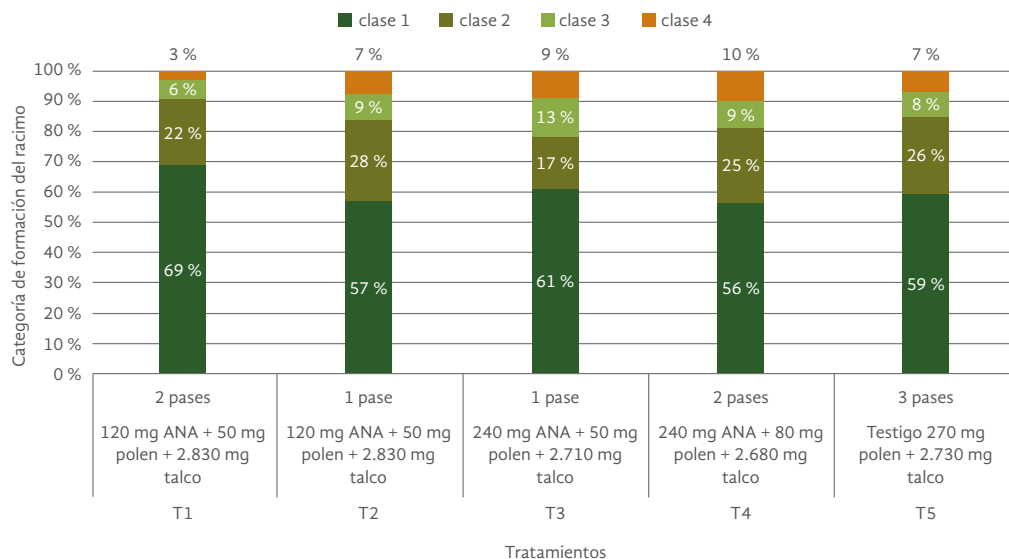


Figura 6. Porcentaje de conformación del racimo con polinización artificial en estado de antesis

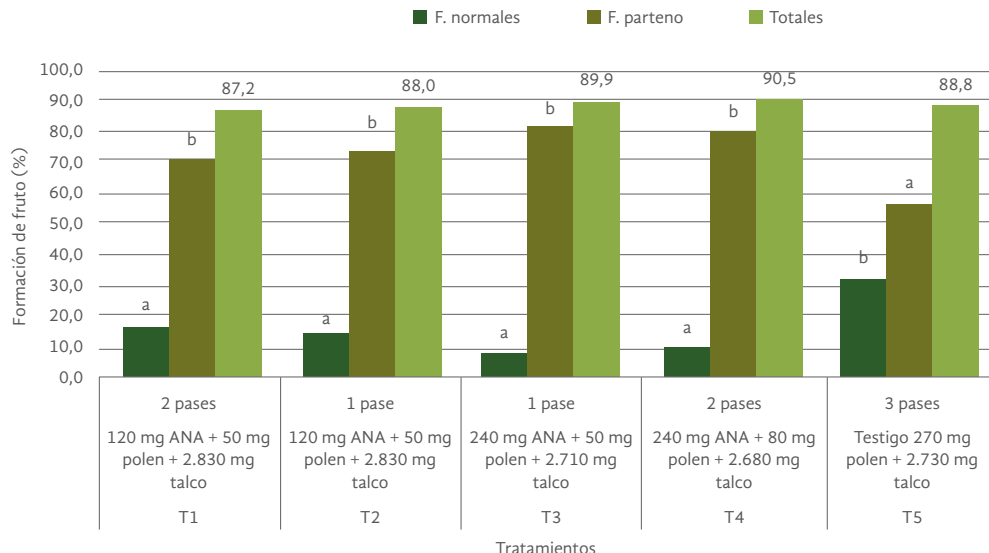
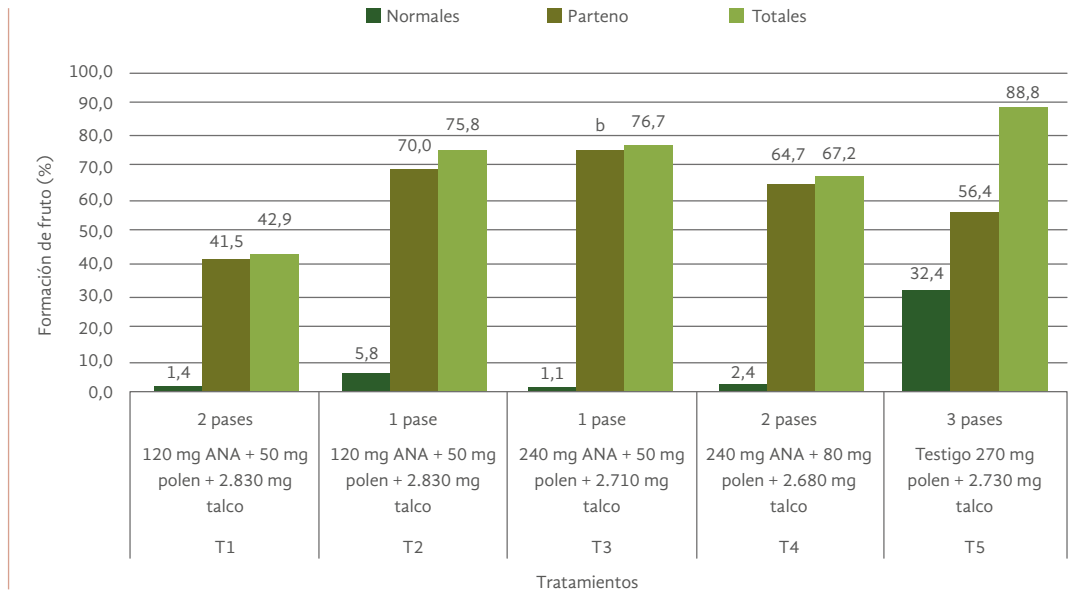


Tabla 3. Comparación de los días a cosecha y número de fruto suelto en los tipos de polinización y la interacción con el estado de la inflorescencia.

Tratamientos	Descripción	Frecuencia/semana	Flores en antesis			Flores en posantesis		
			F. normales	F. partenó	Formación de fruto	F. normales	F. partenó	Formación de fruto
T1	120 mg ANA + 50 mg polen + 2.830 mg talco	2 pases	16,0	71,2	87,2	1,4	41,5	42,9
T2	120 mg ANA + 50 mg polen + 2.830 mg talco	1 pase	14,2	73,8	88,0	5,8	70,0	75,8
T3	240 mg ANA + 50 mg polen + 2.710 mg talco	1 pase	8,0	81,9	89,9	1,1	75,6	76,7
T4	240 mg ANA + 80 mg polen + 2.680 mg talco	2 pases	10,1	80,3	90,5	2,4	64,7	67,2
T5	Testigo 270 mg polen + 2.730 mg talco	3 pases	32,4	56,4	88,8	32,4	56,4	88,8
			0,0073	0,0023	0,0650	0,4338	0,0724	0,0519

Figura 7. Porcentaje de formación de frutos en cada tratamiento con polinización en inflorescencias en estado de posantesis



En la Tabla 4 se puede observar que la polinización artificial produjo una disminución altamente significativa en el cuenco y la almendra a racimo con valores por debajo de 1,8 % para las 2 variables; comparado con la polinización convencional (T5 Tratamiento testigo), con la cual se obtuvo valores de 5,3 % y 3,9 % respectivamente. En el tratamiento cuatro (T4) se puede observar que a pesar de tener una mayor cantidad de

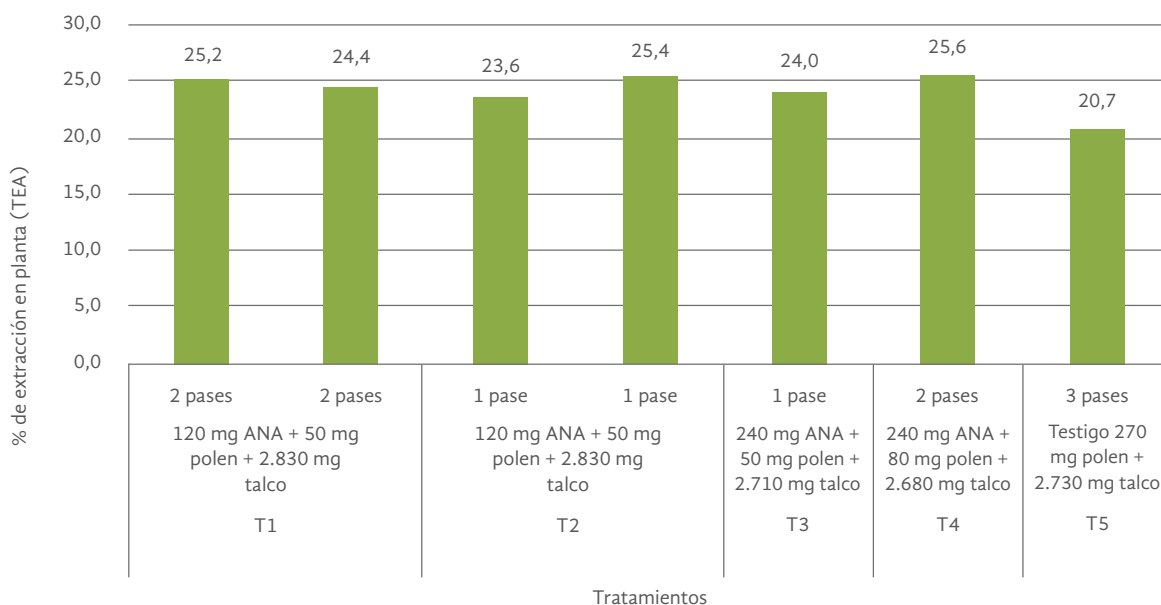
polen (80 mg) con respecto a los demás tratamientos (T1, T2, T3), no refleja un aumento en el porcentaje de almendra a racimo, de la misma manera ocurre para la variable cuenco a racimo; esta condición de disminución de la almendra con la polinización artificial afecta directamente el proceso de extracción en planta, por lo que se recomienda buscar estrategias para mitigar este cuello de botella.

Tabla 4. Porcentaje de cuesco y almendra a racimo.

Tratamiento	Descripción	Frecuencia/ Semana	%	
			Cuesco a racimo	Almendra a racimo
T1	120 mg ANA + 50 mg polen + 2.830 mg talco	2 pases	1,8	1,6
T2	120 mg ANA + 50 mg polen + 2.830 mg talco	1 pase	1,8	0,7
T3	240 mg ANA + 50 mg polen + 2.710 mg talco	1 pase	1,3	0,5
T4	240 mg ANA + 80 mg polen + 2.680 mg talco	2 pases	1,4	0,5
T5	Testigo 270 mg polen + 2.730 mg talco	3 pases	5,3	3,9

0,0019 0,0005

Figura 8. Porcentaje de extracción real de aceite en planta de beneficio



En la Figura 8 se muestra el porcentaje de extracción real en planta en cada uno de los tratamientos, lo cual evidencia que la polinización artificial presentó un aumento significativo en la tasa de extracción de aceite (TEA) con un promedio de 24,7 %, comparado con la polinización convencional que venía con promedios entre 19,5 % y 20,7 %. Estos resultados son muy alentadores para la palmicultura colombiana, se sugiere seguir evaluando esta nueva alternativa de polinización con la finalidad de seguir optimizando

esta labor tan fundamental en el cultivo, que nos permita seguir siendo sostenibles.

Costos

Según la Tabla 5, el costo total de la polinización artificial varía de acuerdo con la dosis y la frecuencia de aplicación, es decir, número de entradas al lote por semana (un pase y dos pases), el costo operativo representa el 74,1 %, mientras que el costo de los

insumos es solo de un 25,9 %. Se obtuvo el mayor beneficio en el tratamiento uno (T1) con polinización artificial a dos pases por semana, con un valor de \$ 1.090.978 por hectárea al mes, comparado con la polinización tradicional donde se obtuvo un valor de \$ 830.574 por hectárea al mes. Se recomienda realizar análisis económicos incluyendo la variable almendra.

Conclusiones

La polinización artificial con ANA (Ácido naftalenacético) reduce la formación de frutos normales y aumenta la formación de frutos partenocárpicos,

mostrando un incremento significativo en la tasa de extracción de aceite entre 23,6 % y 25,6 %, comparado con la polinización convencional que ha reportado entre 19,5 % y 20 %. La frecuencia de aplicación que mejor se comportó fue dos pases por semana, ya que el peso promedio de los racimos fue muy similar a la polinización convencional o testigo, debido a que se logra una mayor cobertura de inflorescencias en antesis hasta de un 78,5 %, adicional a esto el personal tiende a ser más estable por la logística de la labor; con un pase por semana se incrementa la eficiencia laboral pero se reduce en un 76 % la formación de almendra a racimo con relación a la polinización tradicional.

Tabla 5. Comparación de costos entre la polinización artificial y la polinización tradicional.

		T1	T2	T3	T4	P. Tradicional
		120 mg ANA + 50 mg polen + 2.830 mg talco	120 mg ANA + 50 mg polen + 2.830 mg talco	240 mg ANA + 50 mg polen + 2.710 mg talco	240 mg ANA + 80 mg polen + 2.680 mg talco	270 mg polen + 2.730 mg talco
Descripción	Análisis de costos de la labor de polinización	2 Pases	1 Pase	1 Pase	2 Pases	3 Pases
Costo operativo	Hectáreas a polinizar	3.598	3.598	3.598	3.598	3.598
	Hectáreas atendidas por polinizador día	6,5	3,5	3,5	6,5	8,5
	Frecuencia (cada cuántos días se pasa por el lote)	3	7	7	3	2
	Operarios requeridos	185	147	147	185	212
	Auxiliares administrativos	8	7	7	8	9
	Ciclos al mes	8	4	3,5	8	12
	Hectáreas recorridas por mes	29.504	12.593	12.593	29.504	44.076
	Costo jornal diario polinizador (\$/ha)	11.948	20.484	20.484	11.948	8.226
Costo operativo (\$/ha/mes)		\$ 97.974	\$ 71.694	\$ 71.694	\$ 97.974	\$ 100.771
Insumos	Incremento en inflorescencias polinizadas	5 %	5 %	5 %	5 %	
	Inflorescencias polinizadas (#/ha/mes)	189	189	189	189	180
	Costos producto por inflorescencia (\$/flor)	64,8	64,8	104,2	116,1	37,5
	Costos producto (\$/ha/mes)	12.241	12.241	19.691	21.938	6.748
	Costos equipo y elementos de protección (ha/mes)	1.673	1.036	1.036	1.673	1.919
	Dotación al mes operarios (\$/ha/mes)	1.170	724	724	1.170	1.342
	Transporte al mes operarios (\$/ha)	9.431	7.476	7.476	9.431	10.774
	Administración y supervisión (\$/ha)	4.452	4.452	4.452	4.452	5.565
Costo de insumos (\$/ha/mes)		29.032	25.994	33.484	38.780	26.386
Costo total polinización asistida (\$/ha/mes)		127.006	97.688	105.178	136.754	127.157
Ingresos	Peso promedio racimo (kg/racimo)	14,9	12,96	12,96	14,9	15
	t RFF mes (3.598 ha)	10.144	8.812	8.812	10.144	9.909
	TEA %	24,0 %	24,0 %	24,0 %	24,0 %	19,3 %
	Aceite producido (t) mes (3.598 ha)	2.435	2.115	2.115	2.435	1.914
	Precio venta aceite (miles/t)	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800
	Precio venta aceite mes (miles)	4.382.307	3.806.988	3.806.988	4.382.307	3.445.916
Total ingresos aceite por mes (\$/ha/mes)		1.217.984	1.058.085	1.058.085	1.217.984	957.731
Beneficio (\$/ha/mes)		1.090.978	960.397	952.907	1.081.230	830.574

Recomendaciones

Se recomienda seguir evaluando el tiempo de maduración del racimo para determinar el momento preciso de la cosecha, debido a las características de maduración presentadas; adaptar tubos largos y resistentes para la salida de la mezcla con el fin de impactar la parte basal del racimo donde se dificulta la entrada del regulador presentando un gran número de frutos abortados. Se sugiere una última aplicación al racimo verde cuando el racimo maduro de la parte inferior haya sido cortado, ya que el espacio generado permite que la mezcla haga

contacto. Es importante cumplir de manera adecuada con los programas de fertilización, con el objetivo de evitar desbalances nutricionales futuros del cultivo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Junta directiva; Dirección Agronómica; equipo de trabajo de Investigación Desarrollo, Productividad e Innovación; a Yilmer Arias y Sandra Toloza, Auxiliares; Idelia Cumaco, Jefe de polinización; y a Fabián Barreto, Jefe de planeación y control.

Bibliografía

- Chilito L, Narváez J. (1996). Determinación de la madurez óptima de cosecha para la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la región de Tumaco, Nariño (Tesis de grado). Pasto, Colombia: Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.
- Forero, D., Hormaza, P., Moreno, L. & Ruíz, R. (2012). Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite. Bogotá: Cenipalma.
- 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*). Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. Bogotá.
- Mosquera, M., Valderrama, M., Ruíz, E., López, D., Castro, L., Fontanilla, C. & González, M. A. (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.
- Prada, F. & Romero, H. M. (2012). *Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite*. Bogotá: Cenipalma, SENA, SAC.
- 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. S. *Palmas*, 35(4), 11-19.
- Rosero, G., Santacruz, L., Ríos, A. & Carvajal, S. (2017). Influencia del destape de la inflorescencia en la polinización asistida del híbrido OxG. *Palmas*, 38(1), 49-62.
- Ruíz, E., Fontanilla, C., Mesa, E., Mosquera, M., Molina, D. & Rincón, A. (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.
- Vera, M., Bastidas, S., Peña, E. & Espinoza N. (1998). Control previo de la calidad de cosecha en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la región de Tumaco, Colombia. *Palmas* 19(1), 9-15.