

Experiencia en la implementación de la polinización artificial en palma de aceite joven en una plantación de la Zona Central colombiana*

Experience in the Implementation of Artificial Pollination in Young Oil Palm in a Plantation in the Colombian Central Zone

CITACIÓN: Munévar-M., D. E., Ruiz-A., E., Villareal, F., Dueñas, E., Sinisterra-O., K., Pabón, J. G. & Mosquera-Montoya, M. (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.

PALABRAS CLAVE: Polinización artificial, Palma joven, Indicadores de eficiencia, Documentación del proceso.

KEYWORDS: Artificial pollination, Young oil palm, Indicator, Efficiency indicators, Process documentation.

*Artículo de investigación e innovación científica y tecnológica.

RECIBIDO: marzo de 2022.

ACEPTADO: mayo de 2022.

MUNÉVAR M., DANIEL E.

Auxiliar de Investigación II de Cenipalma

RUÍZ Á., ELIZABETH

Investigador Asociado II de Cenipalma

VILLAREAL, FABIÁN

Director de Plantación de Palmeras de Puerto Wilches S. A.

DUEÑAS, ELKIN

Supervisor de Polinización de Palmeras de Puerto Wilches S. A.

SINISTERRA O., KELLY

Extensionista I de Cenipalma

PABÓN, JUAN G.

Director USAP, Palmeras de Puerto Wilches S. A.

MOSQUERA MONTOYA, MAURICIO

Coordinador de la Unidad de Validación de Cenipalma

Autor de correspondencia

mmosquera@cenipalma.org

Resumen

La polinización artificial con ácido naftalenacético (ANA) ha aumentado el rendimiento de los cultivos en plantaciones sembradas con híbrido interespecífico *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG) porque disminuye la proporción de racimos mal conformados y aumenta el contenido de aceite en el mesocarpio. Esto ha favorecido la rápida adopción de la polinización artificial entre los cultivadores de palma de aceite, incluso cuando los detalles de su uso son actualmente objeto de investigación. En este contexto, hay estudios recientes que arrojan luz sobre la polinización artificial en palmas maduras, y se han reportado menos resultados para palmas de aceite jóvenes. Esta investigación se llevó a cabo para llenar este vacío de conocimiento. Se estimaron indicadores de eficiencia económica de la

polinización artificial en cultivos con palma de aceite joven del cultivar híbrido Coari x La Mé en la plantación Palmeras de Puerto Wilches S. A. (PPW). El proceso de polinización se realiza aplicando polen de *E. guineensis* a las inflorescencias en antesis. Tanto 7 y 14 días después de la antesis (dda) se aplica ANA a las inflorescencias tratadas. Los resultados indican un costo por inflorescencia de \$ 178 que incluye mano de obra, insumos, herramientas y supervisión de labor. Por otro lado, la conformación de racimos alcanzó un indicador superior a 90 %, frente a niveles anteriores de alrededor de 80 % con polinización realizada únicamente con polen *E. guineensis* en antesis. La supervisión de la mano de obra, los dispositivos digitales para capturar datos sobre el rendimiento de esta y el control adecuado de malezas contribuyeron al éxito del método modificado en PPW.

Abstract

Artificial pollination with naphthaleneacetic acid (NAA) has increased crop yields in plantations planted with interspecific hybrids *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG) cultivars because the proportion of bunches poorly conformed decreases. Therefore, the adoption of artificial pollination has been rapid among oil palm growers, even when the specifics of its use are currently subject of research. In this context, there are recent studies shedding light on artificial pollination on mature palms, and less results have been turned in for young oil palms. This research was undertaken to fill this knowledge gap. We estimated indicators on economic efficiency of artificial pollination in crops with young oil palms of the hybrid cultivar Coari x La Mé at the plantation Palmeras de Puerto Wilches S. A. (PPW). The pollination process is carried out applying first *E. guineensis* pollen to inflorescences in anthesis. Seven and fourteen days after anthesis (daa) one applies NAA on the treated inflorescences. Results indicate a cost per inflorescence of \$178 it includes labor, inputs, tools, and labor supervision. On the other hand, the fruit set (i.e. conformation of bunches) reached an indicator higher than 90%, compared to previous levels of around 80% with pollination carried out only with *E. guineensis* pollen in anthesis. Labor supervision, digital devices to capture data on labor yield and proper weed control were to the success of the modified method at PPW.

Introducción

El cultivar híbrido OxG, cruzamiento interespecífico entre *Elaeis oleifera* y *Elaeis guineensis*, se ha difundido a nivel comercial desde el año 2000 en zonas afectadas por la problemática de la Pudrición del cogollo (PC) debido a su resistencia a la enfermedad, llegando a representar el 14 % del área sembrada con palma de aceite para el 2019 (Ayala, 2019).

La baja tasa de polinización natural del híbrido OxG (producto de la baja viabilidad del polen), la poca interacción de los polinizadores naturales, la disminuida tasa de masculinidad de las inflorescencias y la dificultad en el acceso, causado por las brácteas gruesas, ha obligado a que se complemente con polinización asistida, con polen de *E. guineensis*, para garantizar la formación de frutos y el aumento del potencial de aceite de los racimos (Rosero *et al.*, 2017; Rosero y Santacruz, 2014; Sánchez *et al.*, 2011). Anteriormente, esta polinización se realizaba aplicando polen prove-

niente de cultivares *E. guineensis* sobre las inflorescencias en antesis y entrando tres veces a la semana en los lotes para abarcar el mayor número de estructuras (Ruiz *et al.*, 2015). Sin embargo, el desarrollo de la polinización artificial, utilizando ácido naftalenoacético (ANA), en los últimos ocho años, ha tenido un impacto positivo sobre la conformación de racimos y el potencial de aceite, con una reducción del número de racimos malogrados haciendo que la metodología se difunda rápidamente entre los palmicultores, lo que implica, a su vez, una serie de cambios a nivel operativo, logístico y técnico de la labor de polinización (Camperos *et al.*, 2020; Daza *et al.*, 2021; García *et al.*, 2020; Romero 2018; Ruiz *et al.*, 2021).

Esta labor se ha incorporado recientemente en plantaciones, acompañada de cierta incertidumbre con respecto a los criterios que se deben seguir para obtener resultados exitosos. Ruiz *et al.* (2021) realizaron un estudio de referenciación competitiva con empresas líderes en el proceso e identificaron que

la aplicación separada de polen en antesis y ANA en posantesis, la estandarización del proceso, la capacitación adecuada del personal y la supervisión oportuna, además del buen manejo agronómico, son aspectos que están relacionados con el éxito de la polinización artificial.

En el híbrido OxG, la polinización se da a partir del tercer año después de la siembra y representa 18,8 % del costo de producción por tonelada de RFF (Mosquera *et al.*, 2020). Por esa razón, documentar los procedimientos que se realizan para optimizar la labor, no solamente desde el punto de vista técnico sino operativo, toma relevancia para el sector palmicultor. Varios estudios de documentación se han realizado en plantaciones con palma adulta (Camperos *et al.*, 2020; García *et al.*, 2020; Ruiz *et al.*, 2021) y representan un conocimiento de la operación de la labor a nivel comercial. Camperos *et al.* (2020) mencionan que la altura de la palma (> 2,5 m) dificulta la inspección de las inflorescencias y tiene incidencia sobre el rendimiento de la labor. Respecto a la polinización artificial en palma joven, García *et al.* (2020) reportaron que es más eficiente realizar la labor en cuadrillas conformadas por 1 persona, mientras que Camperos *et al.* (2021) encontraron que, aunque una cuadrilla de 2 personas cubren mayor área, su costo es mayor, por lo que la eficiencia del proceso dependerá de las condiciones inherentes a cada plantación.

En este documento se presentan los resultados de un estudio de documentación cuyo propósito es identificar los factores de éxito asociados a la implementación de la tecnología de polinización artificial a escala comercial en palma joven para brindar información que ayude a la toma de decisiones de la agroindustria colombiana de la palma de aceite, especialmente en el híbrido OxG.

Metodología

Ubicación

El estudio fue realizado en la plantación Palmeras de Puerto Wilches S. A. (PPW), ubicada en el municipio de Puerto Wilches del departamento de Santander (Colombia). La plantación cuenta con 467 ha sembradas en palma de aceite, de las cuales el 20 % corresponden al híbrido OxG Coari x La Mé. Para el estudio, se documentaron 6 lotes, sembrados en 2014 (5 años) cercanos a alcanzar la madurez productiva.

Método

La labor de polinización tiene como objetivo obtener racimos bien formados que permitan alcanzar los mayores potenciales de aceite. El método empleado por la plantación fue el espolvoreo de ANA en medio sólido, con la salvedad de que las inflorescencias en antesis reciben una mezcla de polen y talco, mientras que las inflorescencias en posantesis reciben una mezcla de ANA y talco. Como proceso, la polinización artificial en la plantación está integrada por tres subprocesos fundamentales: planeación, operación y supervisión, que interactúan entre sí y se describen a continuación:

- **Planeación:** el objetivo del proceso es prever los requerimientos de los subprocesos siguientes (operación y supervisión) y coordinar las acciones necesarias para que puedan ser llevados a satisfacción. La planeación se realiza en torno a las necesidades de insumos, mano de obra y herramientas que demanda la labor. El elemento central está en la densidad de inflorescencias, es decir, la cantidad de estructuras por unidad de área.
- **Operación:** este proceso busca la mejor formación de racimos a partir de una adecuada polinización de las inflorescencias. Es la columna vertebral de la labor de polinización.
- **Supervisión:** la finalidad de este proceso es garantizar que se cumplan los criterios de calidad definidos para la labor, desde el subproceso de planeación, y retroalimentar oportunamente las no conformidades.

Se realizó una documentación durante tres semanas en la plantación, en la que se hizo una observación a los procedimientos de polinización y cosecha. Específicamente para el proceso de operación en la polinización, se identificaron las diferentes actividades que integran las labores y se representaron a través de un diagrama de proceso siguiendo la metodología propuesta por Ruiz *et al.* (2020).

Con el propósito de calificar la eficiencia en ambos procesos se evaluó un conjunto de indicadores presentados por Ruiz *et al.* (2021), relacionados con el desempeño técnico y económico de las labores de polinización y cosecha. En la Tabla 1 se resumen los indicadores utilizados.

El registro de datos se realizó a través de formularios digitales diseñados en los *softwares* CyberTracker

y en Microsoft Excel. El formulario de CyberTracker se utilizó para la captura de datos relacionados con la conformación de racimo, la opacidad, el cuarteamiento, el estadio fenológico y el desprendimiento de frutos por cada racimo observado (Figura 1). En el otro formulario se registraron los datos relacionados con la documentación del proceso, las variables de rendimiento y los costos.

Para la calificación de los indicadores de conformación de racimo, porcentaje de opacidad y porcentaje de cuarteamiento, se realizó un muestreo aleatorio de racimos en los puntos de acopio de la plantación. En cada punto se seleccionaron al azar 1 de cada 3 racimos, como lo proponen Ruiz *et al.* (2021). En promedio, la calificación y registro de los datos por racimo tardó 1,78 minutos y en total se calificaron/registrarón 529 racimos, durante 6 días.

Para la calificación del racimo, este se dividió en cuatro secciones por cada cara y se calificaron los anteriores indicadores en cada sección, y luego se sumó el valor de cada sección para obtener un indicador total del racimo (Figura 2). Por ejemplo, cuando una sección está totalmente conformada se asigna un va-

lor de 12,5 (equivalente a un octavo del racimo) y si no tiene frutos conformados, su valor es 0. Por otro lado, cada racimo se calificó con respecto a su estadio fenológico, de acuerdo con la escala BBCH (Caicedo *et al.*, 2017).

Para la estimación del costo de polinización se consideró el consumo de insumos (polen, ANA y talco) por hectárea y su precio de compra. También, el rendimiento laboral de los operarios de polinización, en función de la disponibilidad de inflorescencias a lo largo del año y el valor del jornal incluyendo la carga prestacional. Adicionalmente, se tuvo en cuenta el costo de los equipos de polinización y el de la supervisión de la labor. Estos datos se recopilaron a partir de información secundaria que entregó la plantación (Tabla 1). El indicador denominado POC x Conformación, relaciona estos dos parámetros para la asignación de cada racimo calificado en alguna de las cuatro categorías: Óptimo, Bueno, Aceptable e Inadecuado (Tabla 2). Los que tienen las mejores condiciones de conformación y de madurez fisiológica pertenecerán a la categoría Óptimo. El análisis de datos se realizó utilizando estadística descriptiva en Microsoft Excel.

Tabla 1. Indicadores medidos y su fórmula para la calificación de la polinización y la cosecha.

Polinización	
Indicadores técnicos	
Conformación externa del racimo	$\frac{\text{Racimos en clase 1}}{\text{Total de racimos calificados}}$
Rendimiento laboral	$\frac{\text{Inflorescencias polinizadas}}{\text{Día laboral}}$
Área cubierta	$\frac{\text{Hectáreas semanales}}{\text{Trabajador}}$
Indicadores económicos	
Costo unitario total	$\text{Costo}_{MO} + \text{Costo}_{Insumos} + \text{Costo}_{Herr} + \text{Costo}_{Super}$
Cosecha	
Indicadores técnicos	
Racimos en punto óptimo de cosecha (POC)	$\frac{\text{Racimos en estadios 807 y 809}}{\text{Total de racimos calificados}}$
POC x Conformación	$\frac{\text{Racimos en categoría Óptimo}}{\text{Total de racimos calificados}}$
Indicadores económicos	
Productividad	$\frac{\text{Toneladas de racimos año n}}{\text{hectárea}}$

Figura 1. Formularios digitales elaborados en CyberTracker para el registro de datos de conformación de racimo, y calidad de cosecha

Benchmarking ANA

Punto Óptimo de Cosecha



Cenipalma

Cara 1. Cuarto I

Conformación (%)

0.0

% de opacidad

0.0

% de cuarteamiento

0.0

Cara 1. Cuarto IV

Conformación (%)

0.0

Opacidad (%)

0.0

Cuarteamiento (%)

0.0

Estadio

Seleccionar Ayuda

805

806

807

809

Observaciones

Tap to edit

¿Hay desprendimiento?

Si

No

Siguiente racimo

Guardar y cambiar de lote

Guardar y finalizar día

Figura 2. Metodología para la calificación de racimos.
Ejemplo de calificación de la conformación del racimo.



Cara anterior



Cara posterior

Cara1	Máx. valor	Valor observado
C1	12,5 %	12,5 %
C3	12,5 %	12,5 %
C4	12,5 %	12,5 %
Cara 2		
C5	12,5 %	12,5 %
C6	12,5 %	12 %
C7	12,5 %	6,5 %
C8	12,5 %	5 %
	100 %	85,5 %

Tabla 2. Matriz para la asignación de categoría en función de la conformación y el estadio de madurez.

		Conformación			
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Estadio de madurez	805	Inadecuado	Inadecuado	Inadecuado	Inadecuado
	806	Inadecuado	Inadecuado	Inadecuado	Inadecuado
	807	Óptimo	Bueno	Aceptable	Inadecuado
	809	Óptimo	Bueno	Aceptable	Inadecuado

Resultados y discusión

Planeación de la polinización en PPW: la polinización se planifica de acuerdo con el comportamiento de la densidad de inflorescencias que se tenga en la plantación, la cual está relacionada con el régimen de precipitación. En la Zona Central, el comportamiento de las lluvias es bimodal, lo cual incide sobre el número de inflorescencias que son obtenidas a lo largo del año, definiendo periodos marcados de disponibilidad de flores (Barrios Maestre *et al.*, 2011). En la plantación, sin embargo, se presentó un pico de floración que abarca de julio a diciembre, siendo septiembre el mes con mayor disponibilidad de inflorescencias. Por otro lado, Fairhust *et al.* (2014), como

lo citan Suharyanti, Mizuno y Sodri (2020), indican que un evento de baja precipitación ocurrido entre 12 a 24 meses antes de la antesis puede disminuir el número de inflorescencias femeninas, situación que se observó con los eventos ocurridos 13 meses antes de la polinización (Figura 3).

Por supuesto, en los periodos de mayor disponibilidad de inflorescencias habrá un incremento en el consumo de insumos, por lo que debe garantizarse una disponibilidad mínima de productos a lo largo del año que variará en función de la demanda del mes. La plantación maneja órdenes de compra anticipadas a un mes, trimestralmente, estrategia con la cual se pretende disminuir los costos de almacenamiento de los insumos, sin afectar su disponibilidad (Tabla 3).

Figura 3.
Comportamiento de la densidad de inflorescencias en la plantación

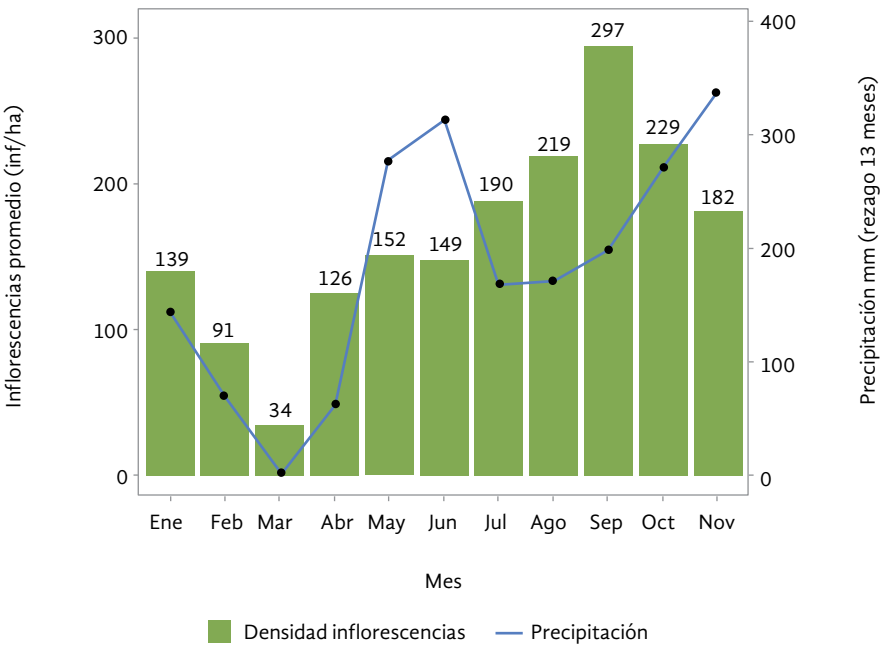


Tabla 3. Generalidades sobre los insumos aplicados en la polinización artificial.

Parámetro	Polen	ANA	Talco
Almacenamiento	Refrigerado a temperaturas entre -17 °C y -24 °C	Almacén en donde se garantizan oscuridad y bajas condiciones de humedad	
Dosis (g/aplicación)	0,24	0,24	4,2
Dosis (g/inflorescencia)	0,24	0,72	12,6
Consumo promedio (kg/ha*año)	0,377	0,75	19,83
Aplicaciones por inflorescencia	1	2	3

Operación de la polinización en PPW: el diagrama de proceso (Figura 4) muestra la presencia de los elementos o actividades de desplazamiento (desde, hacia y al interior de los lotes) y un ciclo básico de la labor que está integrado por las actividades de desplazamiento entre palmas, inspección de la palma, apertura de brácteas, marcación de hoja, aplicación del producto y registro de la aplicación. La jornada laboral, cuya duración es de ocho horas, inicia con la llegada de los polinizadores a la bodega de insumos, en donde el personal de supervisión les hace entrega de los equipos, los insumos y las indicaciones de los lotes que se deben polinizar.

Posteriormente, los trabajadores parten a los lotes, donde realizan el alistamiento de los insumos y las herramientas, y enseguida comienzan a desplazarse entre palmas, siguiendo un patrón en zigzag. Cada palma se inspecciona para verificar si hay o no inflorescencias en cuyo caso positivo, se hace una marcación en el peciolo de la hoja que sostiene a la

inflorescencia y, de acuerdo con el estadio de esta, se procede a aplicar el respectivo producto (polen o ANA). Un elemento para resaltar en esta actividad es que el operario hace la aplicación en cinco puntos de la inflorescencia: arriba, abajo, a la izquierda, a la derecha y en la parte posterior del racimo procurando que el producto cubra toda la estructura floral, incluso su parte interna.

Finalmente, se hace el registro de la aplicación en el formulario de CyberTracker, indicando la línea recorrida, la palma visitada y el tipo de inflorescencia aplicada, es decir, si se trata de una flor en antesis o en posantesis. Enseguida, se regresa a la bodega de la plantación para hacer entrega del remanente de insumo (si lo hubo), las herramientas y los datos al supervisor. Nótese que pese a ser una nueva labor en la plantación, su ejecución guarda similitud con lo reportado por varios autores (Ruiz *et al.*, 2021; Camperos *et al.*, 2020 y García *et al.*, 2020).

Figura 4. Diagrama de proceso de la labor de polinización artificial. Resaltado en verde se encuentra el ciclo básico de la labor.



En lo que concierne a la herramienta, el equipo de polinización fue diseñado por el personal de la plantación y consta de dos componentes: la barra (utilizada en la apertura y marcación de hojas) y el equipo de aplicación. La barra está compuesta por un tubo de aluminio de 80 cm de largo, a manera de “pata de cabra”. En un extremo presenta una terminación aguda para realizar el marcaje de la hoja y, en el otro, su terminación es en forma de palanca bifurcada. Esta puede ser transportada bajo el brazo o en la mano, lo cual puede limitar el movimiento del trabajador. Por otro lado, el equipo de aplicación está integrado por cuatro partes fundamentales: los recipientes de los insumos, la bomba insufladora, los conductos (válvulas y mangueras) y la varilla de aplicación (Figura 5). Al accionar la bomba, el aire insuflado arrastra el contenido de los recipientes con las mezclas respectivas, regulando su paso por las mangueras mediante la apertura o cierre de las válvulas. Tiene un solo orificio de salida, por lo que se presenta mezcla de polen y ANA en cantidades no determinadas en este estudio; este aspecto representa una oportunidad de mejora ya que la germinabilidad del polen puede verse afectada por la presencia del regulador de crecimiento (Ruiz *et al.*, 2020).

Cabe aclarar que la plantación maneja una nomenclatura propia para realizar la marcación de las hojas: cuando se trata de una primera aplicación con polen, se marca una “P” y el día de aplicación; cuando se hace una primera aplicación con ANA, se marca con una “R” y el día de aplicación y, cuando se hace una segunda aplicación de ANA, se escribe la fecha de la aplicación en formato dd/mm/aaaa. De esta manera, una inflorescencia que no fue polinizada en antesis solo tendrá dos marcas en la hoja. No sobra mencionar que la marcación es una actividad que se codifica de diversas maneras, según cada plantación y es pieza clave de la actividad de supervisión.

Supervisión en PPW: para atender el proceso, se cuenta con un supervisor y un auxiliar que cubren las 481 hectáreas de la plantación. La calidad de la supervisión depende del área asignada a este personal, presentando mejores resultados cuando se trata de áreas pequeñas (Ruiz *et al.*, 2021).

La plantación tiene establecidos unos parámetros sobre los cuales se evalúa la calidad de la labor (Tabla 4). Nótese que además de los criterios netamente operativos, se complementa la calificación con indicadores asociados a la eficiencia del proceso y a la

Figura 5. Equipo de aplicación de insumos. Fuente: Villarreal (2019)

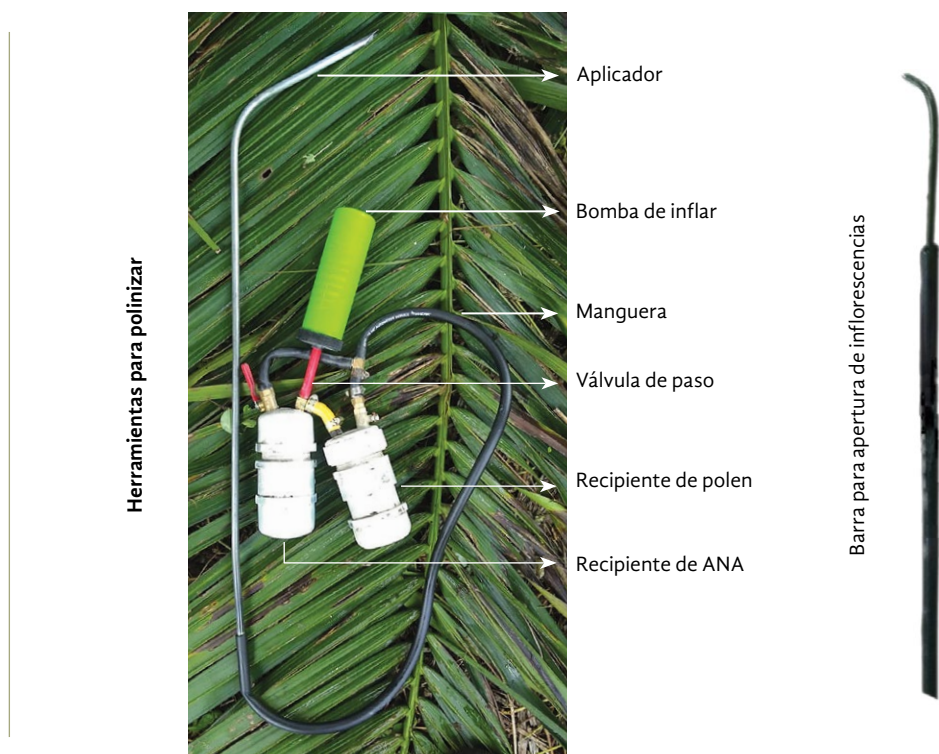


Tabla 4. Indicadores utilizados en la supervisión y su forma de calificación.

Indicador	Descripción
Apertura de brácteas	Las brácteas deben estar adecuadamente rasgadas, exponiendo a la inflorescencia en su parte basal.
Calidad de la aplicación	Se verifica que el producto haya sido asperjado de la manera más uniforme posible sobre la inflorescencia, por ambas caras de esta.
Dosis aplicada	Al inicio de la jornada laboral, al trabajador se le entrega una cantidad de insumos suficiente para polinizar 33 inflorescencias, tras lo cual se debe hacer una recarga, solicitándola al supervisor. Al final de la jornada laboral, se hace la relación entre el número de inflorescencias aplicadas (encontradas en los registros de CyberTracker) y la cantidad de producto utilizado en el día. Si estas no coinciden, hay motivo de no conformidad.
Inflorescencias sin aplicar	Se seleccionan dos calles del lote y se hace el conteo de inflorescencias que no fueron polinizadas.
Calidad de la marcación	Se verifica que se utilice la nomenclatura definida y que se marque la hoja correctamente.

precisión de los reportes de los operarios de polinización (Restrepo *et al.*, 2019).

Otro elemento que ha favorecido la supervisión en la plantación ha sido el uso de formularios digitales para el registro de datos, pues facilita el análisis puntual del consumo de insumos en función de la proporción relativa de cada tipo de inflorescencia en el mes (es decir, la cantidad de inflorescencias de primera, segunda y tercera aplicación) y, a su vez, permite identificar los recorridos realizados por cada operario de polinización.

Indicadores de la labor de polinización

Conformación de racimos

La eficiencia de la labor de polinización se midió a través de la calificación de la conformación externa de los racimos. Para la plantación se han obtenido buenos resultados en este aspecto. El 95 % de los racimos han logrado una adecuada formación de frutos, perteneciendo a las clases 1 y 2 (Figura 6). La conformación promedio de racimos para la plantación fue de $91,3 \pm 13,0$ %, resultado positivo si se compara con la conformación reportada por otras empresas (Ruiz *et al.*, 2021). Esta plantación tuvo un porcentaje de conformación en los cuartos inferiores (C3, C4, C7, C8) de $85,9 \pm 8,6$ %, valores que son superiores entre 23 % y 4 % con respecto a 4 de las 5 empresas reportadas por Ruiz *et al.* (2021).

La estrategia de aplicación de los insumos elegida por la plantación generó una proporción de racimos

clase 1, que la ubica entre las empresas que logran los mejores resultados en este indicador. Entre los factores que explican este comportamiento se encuentra el de separar la aplicación de polen de la de ANA porque evita la disminución de la germinabilidad del primero (Ruiz y Daza, 2020). Por otro lado, la altura a la que se encontraban los racimos en las palmas (p. ej. 1 m) contribuyó con los buenos resultados de conformación de racimo porque facilita la ejecución de los procesos de polinización (Figura 7).

Figura 6. Proporción de racimos según su clase de conformación.

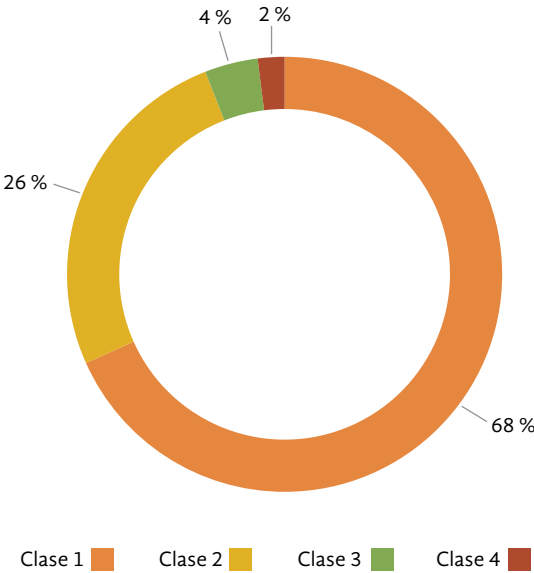
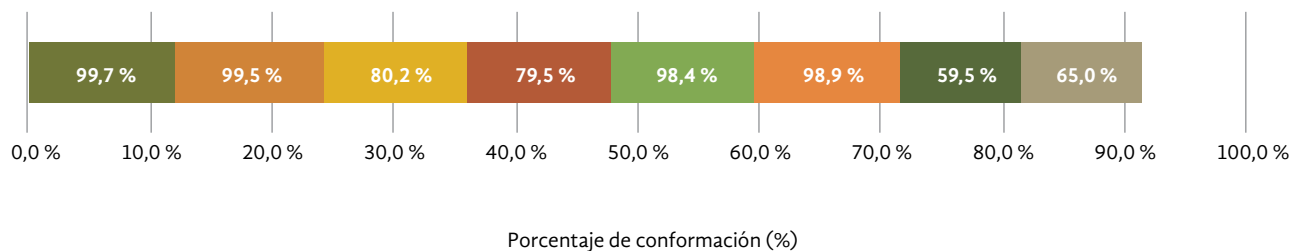
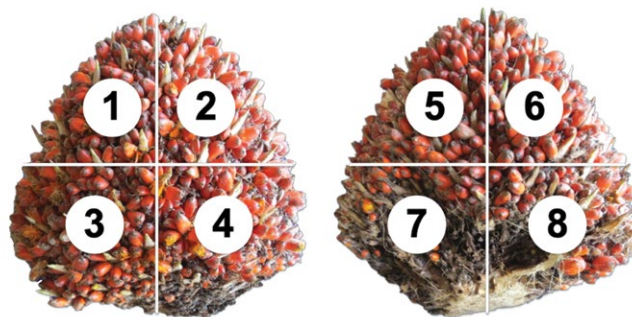


Figura 7. Porcentaje de conformación por cuarto de racimo



■ C1 ■ C2 ■ C3 ■ C4 ■ C5 ■ C6 ■ C7 ■ C8



Cara externa

Cara interna

Eficiencia de la mano de obra

El rendimiento del operario de polinización está determinado por la densidad de inflorescencias la cual, a su vez, determina el costo unitario de la labor: en el pico alto de floración, el rendimiento por inflorescencia resultó un 60,42 % mayor en comparación con la época de baja densidad de inflorescencias, lo cual incide en que las hectáreas recorridas por operario sean menores. Esta relación es importante para la determinación de los jornales requeridos a lo largo del año en la plantación y también para la fijación de esquemas de liquidación de la labor (Camperos *et al.*, 2020).

En general, el rendimiento laboral promedio reportado por la plantación, expresado en términos de inflorescencias diarias, fue alto debido a que se realizó un único ingreso a la semana para cada lote (Tabla 5). Este comportamiento fue similar a lo re-

portado en un estudio de tiempos realizado para una plantación de la misma zona y frecuencia de ingreso. De acuerdo con lo estimado por Pulido, Núñez y Requena (2021), para una densidad de inflorescencias de 80-89 inflorescencias*ha⁻¹ en cada entrada, el rendimiento estimado es de 3,37 ha*jornal⁻¹ y para una densidad de 20-29 inflorescencias*ha⁻¹, su valor es de 6,28 ha*jornal⁻¹.

Otro factor que indirectamente afecta al rendimiento del polinizador son los cambios logísticos que se realizan en otras labores del cultivo. Tras el inicio de la labor de polinización artificial, las podas pasaron de tener una frecuencia anual a una semestral, con el fin de facilitar el trabajo de los operarios, garantizando visibilidad y tránsito. De igual manera, la frecuencia del control de malezas (tanto de los plateos como de la limpieza de calles) aumentó para hacer más fácil el desplazamiento de los trabajadores, incluidos los responsables de la cosecha.

Tabla 5. Indicadores de rendimiento de la mano de obra en diferentes momentos de floración.

	Pico alto de floración	Pico bajo de floración	Valor ponderado
Número de meses	6	6	--
Densidad de inflorescencias promedio (inflorescencias/ha*entrada)	100	25	62,5
Rendimiento por entrada (inflorescencias/día*persona)	300	200	250
Rendimiento por hectárea (ha/día*persona)	3	8	5
Área cubierta (ha/persona*semana)	12	48	30
Entradas al lote por semana	1	1	1

Eficiencia económica

La Figura 8 muestra que la mano de obra tiene un peso mayor (57 %) en el costo unitario de polinizar una inflorescencia que los insumos (28 %), lo cual es común en la labor de polinización (Mosquera *et al.*, 2019). Para la plantación estudiada solo se realizó 1 ingreso a la semana, lo cual implica un ahorro en el costo anual de la mano de obra, en comparación con el método de polinización asistida tradicional (3 entradas a la semana). En segundo lugar, la plantación redujo el consumo de los insumos más costosos

(el ANA y el polen), en comparación con el método que mezclaba estos insumos, según reporta Ruiz *et al.* (2021). Al comparar el costo de aplicación de una inflorescencia con lo reportado por los anteriores autores, se encontró que fue menor entre 27 % y 87 % que los de dichas empresas, lo que tiene explicación en que, en el caso último, se está tratando de palma joven (menor dificultad y demanda de insumo por inflorescencia).

Punto óptimo de cosecha y conformación del racimo

La labor de cosecha es la etapa culminante del cultivo. En ella se sintetizan los resultados de las labores de establecimiento y mantenimiento de este, entre las cuales se encuentra la polinización. En la cosecha se puede evaluar la conformación de los racimos y permite asegurar su máximo contenido de aceite, si se cosecha en punto óptimo de madurez.

La Figura 9 muestra que para la plantación existe una oportunidad de mejora con respecto a la calidad de los racimos que se están cosechando. De acuerdo con Cortés *et al.* (2020), el potencial de aceite es menor en un racimo maduro con clase 4 de conformación que en uno con clase 1, en un 60,8 %, así como un racimo inmaduro en clase 1 tiene un potencial 63,9 % menor que un racimo maduro de la misma conformación. En este estudio, si bien 78 % de los racimos cosechados tuvieron entre buena/excelente conformación y se cortaron en el estado óptimo de cosecha, 19 % podrían tener un mayor potencial de aceite si se hubiesen cortado en punto óptimo de cosecha (Figura 10).

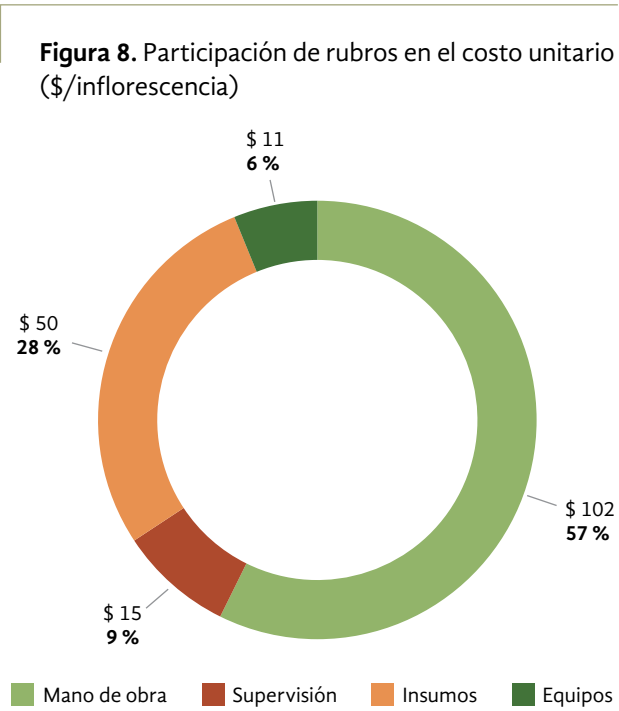


Figura 9. Proporción de racimos por estado de cosecha

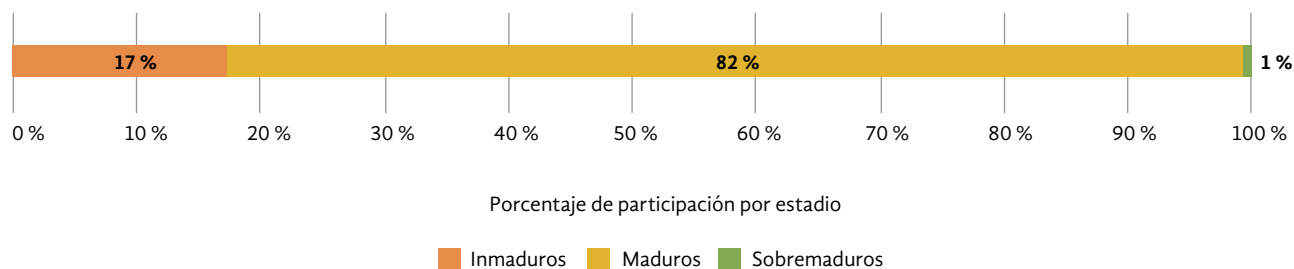
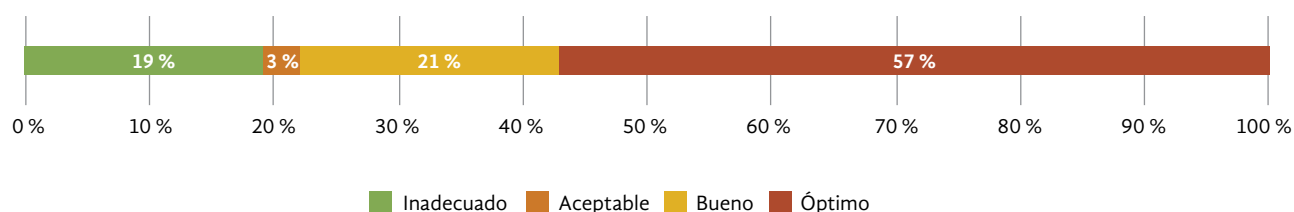


Figura 10. Proporción de racimos según las categorías del indicador POC x Conformación



En el escenario documentado, la tasa de extracción de aceite (TEA) ponderada se estimó en 29,19 %. En un escenario alternativo, si se lograra eliminar la proporción de racimos de las categorías Inadecuado y Aceptable, clasificándolos por lo menos en la categoría Bueno, se podría incrementar la TEA en, al menos, 1,63 puntos (Tabla 6).

Por lo anterior, el fortalecimiento de los procesos de supervisión y capacitación en la labor de cosecha

es un aliado para hacer frente a este reto, pues garantiza que los racimos sean efectivamente cortados en el momento indicado.

En lo que respecta a la productividad de las siembras estudiadas, se observó que hubo un incremento en el rendimiento ($t \text{ RFF ha}^{-1}$ al año) y el peso medio de racimo comparando el 2018 (en el que no se había implementado la tecnología) y el 2019, momento en que implementó la polinización artificial (Tabla 7).

Tabla 6. TEA ponderada estimada para dos escenarios de calidad de racimos.

			Escenario actual		Escenario alternativo	
Categoría		TEA reportada	Proporción	TEA ponderada	Proporción	TEA ponderada
Clase 1 Inmaduro	Inadecuado	20,31	12,10%	2,46	0	0
Clase 2 Inmaduro	Inadecuado	15,97	4,30%	0,69	0	0
Clase 3 Inmaduro	Inadecuado	14,85	0,80%	0,11	0	0
Clase 1 Maduro	Óptimo	33,29	56,50%	18,82	56,50%	18,82
Clase 2 Maduro	Bueno	27,62	21,40%	5,9	43,50%	12,01
Clase 3 Maduro	Aceptable	27,12	3,00%	0,82	0	0
Clase 4 Maduro	Inadecuado	20,69	1,90%	0,39	0	0
Total			100%	29,19%	100%	30,82%

Tabla 7. Indicadores de productividad.

Parámetro	2018	2019
Rendimiento promedio (t/ha*año)	21,1	25,1
Peso medio (kg/racimo)	7,13 ± 1,36	9,19 ± 1,01

Conclusiones

La implementación de la polinización artificial representa un cambio tecnológico para el cultivo de palma de aceite en cultivares híbrido OxG en los últimos tres años, pero su difusión ha sido tan acelerada que han surgido diferentes estrategias de apropiación de la tecnología a nivel nacional. La experiencia documentada en este estudio permitió conocer que los beneficios de esta tecnología pueden aprovecharse desde la etapa en desarrollo del cultivo y complementa los resultados reportados en otras investigaciones para la etapa adulta.

El seguimiento a la calificación de los racimos es un elemento básico para evaluar el desempeño de una plantación, especialmente en las labores de polinización y cosecha. Sin embargo, aún es necesario corroborar la conformación de los racimos en su parte interna, puesto que esto permite dar luces más claras respecto a la calidad y la eficacia de la labor de polinización. Por otro lado, el uso de herramientas digitales como CyberTracker o similares, facilitan el proceso de registro y manejo de datos, lo que implica una mayor eficiencia en la labor de supervisión.

Los aspectos que permitieron el buen desempeño de la labor de polinización para la plantación fueron la separación de las aplicaciones de polen en antesis y de ANA en posantesis, (7 y 14 días después de antesis (dda)), el uso de herramientas digitales para el registro de datos, el método de aplicación de los insumos sobre la inflorescencia, el esquema de supervisión y la

constante capacitación y retroalimentación a los trabajadores. Adicionalmente, la realización oportuna de podas y control de malezas, así como la entrada una vez por semana a los lotes, contribuyen a ser más eficiente en cuanto a la mano de obra, en palma joven. No obstante, algunos de los aspectos que se pueden mejorar es el rediseño del equipo de polinización (garantizando la salida separada de los insumos) y la logística para el suministro de estos en campo.

Los resultados técnicos indican que la plantación apropió con éxito la tecnología de polinización artificial, ya que las conformaciones de los racimos fueron altas y en su mayoría fueron cosechados en el estadio de madurez adecuado. Sin embargo, debe reforzarse en el personal de cosecha el proceso de supervisión y capacitación para disminuir notablemente la proporción de racimos inmaduros, en aras de mejorar el desempeño de la labor.

Finalmente, para la plantación se observó una perspectiva positiva en el comportamiento de la productividad, pues es superior para el promedio reportado en cultivos líderes en el mismo rango de edad. De esta manera, es indispensable mantener el buen manejo agronómico para no disminuir la brecha con respecto al potencial productivo del cultivo durante la etapa adulta. Por otro lado, es necesario realizar futuras investigaciones que permitan conocer el impacto sobre la conformación interna de los racimos y el potencial de aceite, variables que influyen sobre los costos de extracción del aceite.

Bibliografía

Ayala, I. & Romero, H. (2019). Cultivares híbridos OxG y la reactivación productiva de zonas problema con PC. *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, 39. Recuperado de https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2019/09/1.Ivan-Ayala-OxG-RTN-2019_compressed.pdf

- Barrios-Maestre, R., Del Valle, M. Rivas E., Fariñas, F., Salazar, J. & Rodríguez, G. (2011). Efecto del déficit hídrico sobre el ciclo productivo de la palma aceitera en el estado Monagas, Venezuela. *Agronomía Trop* 61,(23), 3-4.
- Caicedo, A., Millán, E., Ruiz-Romero, R. & Romero, H. (2017). *Guía de bolsillo, Criterios de cosecha en cultivares híbrido: características que evalúan el punto óptimo de cosecha en palma de aceite*, 1. Bogotá: Cenipalma.
- Camperos, J. E., Barrera, E. & Mosquera-Montoya, M. (2021). Estudo de Tempos e Movimentos Para Mensurar a Produtividade Da Mão de Obra Nas Plantações de Palma de Azeite de Palma Na Colômbia : O Caso Da Polinização Artificial. *Revista Eletrônica Competências Digitais Para Agricultura Familiar*, 7(1),146-71.
- Camperos, J. E., Pulido, N., Munévar, D. E., Torrecilla, E., Requena, J., Arias, H. & Mosquera-Montoya, M. (2020). Estudio de tiempos y movimientos para la polinización artificial: estudio de caso en una plantación de la Zona Central. *Palmas*, 41(3), 11-23.
- Cortés, I., Martínez, J. & García J. (2020). Determinación de criterios unificados de calificación de RFF en planta de beneficio y su relación con el potencial de aceite. En *Memorias Comité Agronómico Regional de la Zona Suroccidental*, Tumaco.
- Daza, E., Ayala-Díaz, I., Ruiz-Romero R. & Romero, H. M. (2021). Effect of the Application of Plant Hormones on the Formation of Parthenocarpic Fruits and Oil Production in Oil Palm Interspecific Hybrids (*Elaeis Oleifera* Cortes x *Elaeis Guineensis* Jacq.). *Plant Production Science*, 24(3).354-62. doi: 10.1080/1343943X.2020.1862681.
- García, A., Ibagué D., Munévar, D., Hernández J. & Mosquera-Montoya, M. (2020). Polinización artificial: ¿ANA en suspensión líquida o ANA en mezcla sólida? *Palmas*, 41(4),15-26.
- Mosquera Montoya, M., López, D., Ruiz, E. & Castro, Lu. (2019). Mano de obra en cultivos de palma aceitera de Colombia: participación en el costo de producción y demanda. *Palmas*, 40(1), 46-54.
- Mosquera, M., Ruiz, E., Munévar, D., Castro, L., Díaz, L. & López, D. (2020). Costos de producción 2019 para la palmiticultura colombiana: estudio de *benchmarking* a empresas adoptantes de buenas prácticas. *Palmas*, 41(4), 2-13.
- Pulido, N., Núñez J. & Requena J. (2021). Calculadora para la asignación de mano de obra en la labor de polinización artificial. En *XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite*.
- Restrepo, C., Aguirre, K., Rincón, V., Arias N. & Acero, C. (2019). Método para la supervisión de la polinización asistida en híbridos OxG en la Zona Central. En *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*. Bucaramanga.
- 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.) *El Palmicultor*, 558, 15-18.
- 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.

- Rosero, G. & Santacruz, L. (2014). Efecto de la polinización asistida en medio líquido en la conformación del racimo en material híbrido OxG en la plantación Guaicaramo S. A. *Palmas*, 35(4),13-21.
- Ruiz, E., Banguera, J., Pérez Toro, W., Hernández-Hernández, J., Arévalo J. & Mosquera Montoya, M. (2020). Technical and Economic Assessment of Two Harvesting Tools for Young *Elaeis oleifera* x *E. guineensis*. *Agronomía Colombiana*, 38(3), 418-28. doi: 10.15446/agroncolomb.v38n3.85303
- Ruiz, E., Fontanilla, C., Mesa E., Mosquera-Montoya, M., Molina, D. & Rincón, Á. (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.
- Ruiz, E., Mosquera-Montoya, M., Munévar, D., Sinisterra, K., López, D., Franco, L., Hoyos, W., Mesa, E., Bernal, I., Sibaja, P., Banguera, J., Bolívar A., López, L., Mejía, Y., Santacruz, L., Aguiar, C., Rosero, G., Torrecilla, E., Jiménez, W., Pulido, N. & Rojas, L. (2021). *Referenciación competitiva al proceso de polinización artificial en cultivares híbridos interespecíficos OxG : Coari x La mé.*
- Ruiz, R. & Daza, E. (2020). ¿Se debe mezclar el ANA y el polen en la polinización artificial? *El Palmicultor*, 14-15.
- Ruiz, R., Daza, E., Calpa, A. & Romero, H. (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.
- Sánchez, Á., Daza, E., Ruíz-Romero R. & Hernán Romero. (2011). *Polinización asistida en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía de facilitadores*. Primera edición, Bogotá.
- Suharyanti, Ambar Nanik, Kosuke Mizuno & Ahyahudin Sodri. (2020). The Effect of Water Deficit on Inflorescence Period at Palm Oil Productivity on Peatland. *E3S Web of Conferences*, 211, 2-11. doi: 10.1051/e3sconf/202021105005.

Híbrido Amazon



Su éxito crece con nuestros materiales de siembra

AMAZON

(Híbrido compuesto)

- Excelente extracción de aceite ($\geq 25\%$)
- Alta tolerancia a pudriciones de cogollo
- Menor incidencia de marchitez sorpresiva
- Buena respuesta a la aplicación de ANA
- Alta precocidad
- Crecimiento vertical muy lento
- Bajo nivel de descarte en vivero

VARIEDADES DE ALTA DENSIDAD

(160-170 palmas/ha)

Challenger, Avalanche, Supreme & Evolution Blue

- Precocidad y alta producción de racimos
- Alta tasa de extracción de aceite ($\geq 26\%$)
- Menores costos de cosecha
- Mayor vida comercial de las plantaciones
- Plantaciones altamente uniformes (Clones)

CLONES DE ALTA DENSIDAD

(hasta 180 palmas/ha)

Sabre, Sunrise, Titan y Tornado



VARIEDADES PREMIUM, ESTÁNDAR Y ESPECIALES

- Themba, Spring Black y Spring Green (Variedades Premium)
- La Mé (Variedad Estándar)
- Kigoma y Bamenda (Variedades especiales)



Respaldados por un sólido programa de investigación y una de las más amplias colecciones de germoplasma en el mundo.

Garantizamos:

- La más alta calidad
- 99.9% de pureza de téneras
- Precocidad y alto rendimiento sostenido