Polinización artificial: ¿ANA en suspensión líquida o ANA en mezcla sólida?*

Artificial Pollination: ¿NAA in Liquid Suspension or NAA in Solid Mixture?

Citación: García, A., Ibagué, D., Munévar, D. E., Hernández, J. S., Mosquera-Montoya, M. (2020). Polinización artificial: ¿ANA en suspensión líquida o ANA en mezcla sólida? *Palmas 41*(4), 15-26.

Palabras clave: polinización artificial, rendimiento de mano de obra, *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (OxG).

Keywords: Assisted pollination, labor yield, *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (OxG).

* Artículo de investigación científica y tecnológica.

Recibido: septiembre de 2020.
Aprobado: septiembre de 2020.

García Alejandra
Auxiliar de Investigación II de Cenipalma

Ibagué Didier
Director Agronómico Palmares del Cucú

Munévar Daniel E.
Auxiliar de Investigación II de Cenipalma

Hernández Juan S.
Auxiliar de Investigación II de Cenipalma

Mosquera Montoya Mauricio
Coordinador de la Unidad de Validación de Cenipalma

Autor de correspondencia
mmosquera@cenipalma.org

Resumen

La polinización asistida con polen de *E. guineensis* durante la etapa de la antesis es necesaria en los cultivos de *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*, de lo contrario, la polinización natural no sería suficiente para permitir la formación adecuada de racimos de fruta fresca (RFF). Es poco probable que sin esta polinización se pueda tener una operación rentable de palma de aceite (es decir, cultivos OxG). Una alternativa, es la polinización artificial, que fue liberada por Cenipalma en 2018 y, que consiste en aplicar ácido naftalenacético (ANA) a las inflorescencias femeninas con el fin de estimular la formación de frutos. Se puede realizar durante la etapa de la antesis, 7 días después de la antesis (dda) y 14 dda, lo que ha demostrado que genera una

mejor conformación de RFF y aumenta el contenido de aceite de palma por RFF. A pesar de que Cenipalma lanzó un método en el que ANA se aplica en suspensión líquida, los cultivadores probaron con una mezcla sólida (ANA+talco) argumentando que era más fácil de manejar en campo. Los resultados mediante el uso de la mezcla sólida también fueron prometedores. Con el fin de comparar ambas presentaciones de ANA (sólida y líquida), a nivel de campo, en términos de rendimientos laborales y formación de RFF, investigadores de Cenipalma y personal de la plantación Palmares del Cucú, llevaron a cabo un experimento. Los resultados indicaron que la superficie cubierta por dos trabajadores utilizando ANA en mezcla líquida fue de 4,8 hectáreas en un día (637 inflorescencias/día), mientras que para ANA en mezcla sólida un trabajador cubrió 4,1 hectáreas en un día (541 inflorescencias/día). En cuanto al costo de la polinización por hectárea (por año) se estimó en $ 1.213.000/ha para la polinización artificial con ANA en mezcla líquida y, en $ 920.000/ha por año en la presentación sólida. Sin embargo, el peso medio de los racimos de fruta fresca (PMR) obtenido mediante el uso de ANA en mezcla líquida favoreció su adopción desde el punto de vista de la rentabilidad; porque el PMR fue 19,4 % mayor, en comparación con el PMR con el uso de ANA en la presentación sólida.

Abstract

Assisted pollination with *E. guineensis* pollen during the stage of anthesis is needed in *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* crops, otherwise natural pollination would not be sufficient to allow for proper fresh fruit bunch (FFB) formation. It is unlikely that without assisted pollination one may have a profitable oil palm operation (i.e. cultivos OxG). An alternative to assisted pollination is the artificial pollination, it was released by Cenipalma in 2018. Artificial pollination consists in applying nafthalen acetic acid (NAA) to female inflorescences in order to estimulate fruit formation. It can be performed during the stage of anthesis, 7 days after anthesis (daa) and 14 daa and, it has proven to yield better FFB conformation and to increasing palm oil content per FFB. Even though, Cenipalma released a method in which NAA was applied by means of a liquid suspension, growers tried with a solid mix (NAA+talc) arguing that the solid presentation is easier to handle at a field level. Results by using the solid mix have been also promising. In order to compare both presentations of NAA at the field level in terms of labor yields and FFB formation, Cenipalma researchers and staff from the plantation Palmares del Cucú, carryed out an experiment comparing the use of both NAA presentations (solid and liquid). Results indicated that the area covered by two workers using the liquid mixture was 4.8 hectares in one day (637 inflorescences/day) and for the ANA in solid mixture a worker covered 4.1 hectares in one day (541 inflorescences/day). As for the cost of pollination per hectare (per year) it was estimated at $1'213,000/ha for artificial pollination with ANA in liquid mixture. Meanwhile, the annual cost when ANA was used in solid presentation was estimated to be $920,000/ha. However, the average weight of FFB (AWB) obtained by using ANA in liquid mixture favors its adoption from the profitability standpoint because AWB is 19.4% higher when compared to AWB from using NAA in solid presentation.

Introducción

Los cultivares híbridos OxG son el resultado del cruzamiento entre palmas de aceite americanas (*Elaeis oleifera*) con palmas africanas (*Elaeis guineensis*). Surgen como alternativa para la producción de aceite de palma, debido a que entre sus características se encuentra la tolerancia a plagas y enfermedades (Genty y Ujueta, 2013; Peláez *et al*., 2010). Sin embargo, los cultivares híbridos OxG presentan algunas limitaciones para alcanzar su máxima producción de racimos de fruta fresca (RFF), ya que generan pocas inflorescencias masculinas, la antesis es irregular, hay asincronía floral y la germinabilidad del polen es baja (Hormaza *et al*., 2012; Prada y Romero, 2012; Socha *et al*., 2019).

En este escenario, ha sido necesario implementar la práctica de manejo del cultivo conocida como polinización asistida, la cual tiene como objetivo favorecer la formación de fruta en el racimo (Socha *et al*., 2019). Esta consiste en la aplicación controlada de granos de polen provenientes de cultivares de palma *E. guineensis* en las inflorescencias femeninas de los cultivares OxG en el estadio fenológico 607 que corresponde a la antesis (Sánchez *et al*., 2011). La polinización asistida participa en la estructura de costos de los cultivares OxG entre 17 %-20 % (Mosquera *et al*., 2018; Mosquera *et al*., 2019), siendo el trabajo y los insumos los principales componentes de dicho costo. La demanda por mano de obra es alta porque es necesario entrar al mismo lote con una frecuencia de 3 veces por semana para identificar y tratar inflorescencias en antesis (Cayón, 2018). De otra parte, los insumos (polen y talco) representan 12 % del costo de la labor (Ruíz *et al*., 2015). Con respecto al polen, es importante destacar que este pierde viabilidad (10 %) y germinabilidad (25 %) a lo largo de la jornada de trabajo (Guataquira *et al*., 2019).

Dado que la participación de los frutos partenocárpicos en el contenido de aceite de un racimo de cultivares OxG es superior al 30 %, otra de las alternativas que se exploró con éxito, por parte del Programa de Biología y Mejoramiento de Cenipalma, fue la de inducir la partenocarpia (Lietzow *et al*., 2016; Qian *et al*., 2018). El resultado fue la polinización artificial, una alternativa a la polinización asistida en cultivares híbridos OxG, la cual se realiza mediante la aplicación de ácido naftalenacético (ANA) a las inflorescencias de palmas OxG (Daza *et al*., 2016; Romero, 2018).

La polinización artificial en inflorescencias de cultivares OxG con ANA se puede realizar de dos formas; líquida (asperjado) o en polvo (espolvoreado). La aplicación líquida ha tenido resultados positivos para el negocio palmero. En primer lugar, incrementa la formación de fruta en el racimo (*fruit set*) llegando al 95 %. En segundo lugar, permite una ventana de tiempo más amplia que la polinización asistida para lograr la formación de fruta y una buena conformación del racimo (Daza *et al*., 2016; Romero, 2018). En tercer lugar, se evidencian incrementos hasta del 15 % en el número de racimos cosechados, porque reduce el número de malogrados (Daza *et al*., 2016). Finalmente, ha impactado la producción de aceite por tonelada de racimos, con tasas de extracción de aceite que oscilan entre 25 % y 28 % (Romero, 2018).

Ante estos resultados, la adopción de la polinización artificial con ANA en plantaciones con siembras de cultivares OxG, no se hizo esperar. Sin embargo, el método privilegiado por las empresas fue aplicar ANA espolvoreado sobre las inflorescencias, su argumento fue la dificultad de manipular agua en campo para hacer aplicaciones del ANA en mezcla líquida. Los resultados también han sido buenos, pero dado lo novedoso de la polinización artificial (los primeros racimos con esta tecnología se cosecharon en mayo de 2019) es escasa la literatura con respecto a los procesos necesarios para llevar a cabo esta operación, los rendimientos de la mano de obra y los costos asociados. Este artículo presenta los resultados de un estudio de tiempos y movimientos cuyo objetivo es contribuir a llenar estos vacíos en el conocimiento. Específicamente, se documenta el proceso de la polinización artificial con ANA en dos presentaciones: ANA en mezcla líquida (asperjado) y ANA en mezcla sólida (espolvoreado) en una plantación de la Zona Central. Las evaluaciones se realizaron en lotes de palma con mismo cultivar y de la misma edad.

Metodología

Ubicación

El estudio se desarrolló en la finca Socomvesa de la plantación Palmares del Cucú, ubicada en el municipio de San Pablo (departamento de Bolívar, Colombia). Allí se evaluó el proceso de polinización artificial con ANA en 2 presentaciones, mezcla líquida y sólida (Figura 1). Se evaluaron 4 lotes sembrados con cultivar Brasil x Djongo (lotes 44, 45, 46, 47), con palmas jóvenes (año de siembra: 2012) cuyas inflorescencias se encontraban a alturas inferiores a los 2 metros. En los lotes 46 y 47 que comprenden 19,5 ha se aplicó ANA en mezcla líquida (asperjado), mientras que en los lotes 44 y 45 que comprenden 21,15 ha se aplicó ANA en mezcla sólida (espolvoreado).

Diagnóstico operativo

Con el objetivo de describir los procesos asociados a la polinización artificial (ANA en mezcla líquida y

Figura 1. Polinización artificial. A. ANA en mezcla líquida (asperjado) B. ANA en mezcla sólida (espolvoreado)

Fotos: A. Caicedo.

ANA en mezcla sólida) se acompañó a los operarios encargados de esta labor durante dos semanas con el fin de sistematizar (registro y clasificación) las actividades ejecutadas durante la jornada laboral. Los operarios observados contaban con experiencia en la labor de polinización de palma híbrida y su ritmo de trabajo se encontraba en el promedio, según el concepto de los administradores de la plantación, lo cual se corroboró con sus recibos de pago (pago por inflorescencia aplicada). La síntesis del diagnóstico operativo es el diagrama de procesos, para cuya elaboración se utilizaron los símbolos de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (ASME por sus siglas en inglés). El diagrama de procesos es el punto de partida para realizar el estudio de tiempos (Sánchez *et al*., 2010).

Registro de tiempos y movimientos

Los tiempos se registraron mediante la aplicación CyberTracker, considerando que facilita la captura de la información en campo y permite exportar los datos a Microsoft Excel (Rincón, Molina y Torres, 2015). La aplicación se parametrizó para capturar variables de interés de cada proceso definido en el diagrama de operaciones: fecha, hora, lote, operario, y elementos extraños (demoras y detenciones).

Para estimar el número de observaciones necesarias, se realizó un muestreo piloto del tiempo utilizado por un operario para realizar un ciclo básico, el cual se define como el conjunto de procesos necesarios para aplicar la mezcla de ANA a las inflorescencias de una palma (desplazarse entre palmas, búsqueda de inflorescencias a polinizar, apertura de brácteas y aplicación de ANA). A partir de estos datos, se realizó una estimación de la varianza con el propósito de conocer el tamaño de la muestra para cada uno de los métodos de aplicación de ANA. La estimación se realizó a partir de una población infinita (Scheaffer, 2000). Los tiempos de cada una de las actividades del ciclo básico fueron analizados empleando estadística descriptiva y se consideró el número de inflorescencias por palma, de acuerdo con Camperos *et al*. (2020).

En este punto hace falta definir tres conceptos: suplemento, tiempo extraño y tiempo efectivo. Los suplementos reconocen tiempo al operario de acuerdo con el tipo de trabajo que realiza. Es decir, se consideran factores como el peso que carga, el calor al que se somete, la humedad del ambiente y la concentración requerida; todos estos factores impactan su rendimiento a lo largo de la jornada laboral. También son suplementos, actividades como recibir instrucciones, alimentación, hidratación y necesidades personales. Por su parte, los tiempos extraños corresponden a actividades que no son propias de la labor de polinización, pero que ocurren y afectan el desempeño del operario (por ejemplo, llamadas telefónicas, reparación de herramientas, conversaciones con compañeros, etc.). Finalmente, el tiempo efectivo es la proporción de la jornada en la cual el operario está dedicado a realizar la tarea asignada, en este caso, la polinización artificial (incluye recepción y devolución de herramientas e insumos, desplazamientos hacia y desde el lote, y el

tiempo correspondiente a los ciclos básicos). A partir de los datos recopilados, se determina el rendimiento de la labor.

Evaluación económica

Los costos se estimaron considerando la mano de obra, insumos (precios y cantidades), equipos y herramientas involucradas en la labor de polinización artificial. La mano de obra se estimó de acuerdo con las tarifas pagadas por la plantación y el rendimiento de los operarios. Se calcularon los indicadores costo por inflorescencia y por hectárea al año de la labor de polinización artificial para los dos métodos de aplicación, siguiendo el propuesto por Mosquera *et al*. (2019).

Para la estimación de los costos de la labor de polinización artificial con ANA en mezcla líquida o sólida, se cuantificaron la mano de obra requerida, los insumos y las herramientas. Para estimar el costo de la mano de obra se consideraron los rendimientos (ha/jornal) y la productividad (t RFF/ha) de los lotes. La estimación de los costos de los insumos se realizó a partir de la cantidad de producto utilizado en cada tipo de mezcla y su dosificación. Finalmente, el costo asociado a las herramientas se estimó de acuerdo con el precio de compra reportado por la plantación y su vida útil.

Resultados

Caracterización de la labor

Insumos: la Tabla 1 presenta las proporciones de las mezclas y los insumos aplicados por inflorescencia, según el tipo de mezcla a la cual se le incorpora el ANA, tal y como se utiliza en la plantación Palmares del Cucú.

Equipos: La Tabla 2 presenta las herramientas y equipos utilizados para la polinización artificial, según la mezcla del ANA (sólida y líquida). Es importante destacar que la aplicación en mezcla líquida es realizada por dos operarios, mientras que la aplicación de la mezcla sólida es ejecutada por uno. Cada inflorescencia se aplica 3 veces con intervalos de una semana. La primera aplicación se realiza en antesis, la segunda se realiza 7 días después de antesis (dda) y la tercera 14 dda.

Tabla 1. Insumos utilizados para la polinización artificial en Palmares del Cucú.

ANA en mezcla líquida			ANA en mezcla sólida			
Insumo	Cantidad/L de solución	Unidad	Insumo	Cantidad/3 g de mezcla	Proporción	Unidad
ANA	1,2	g	Talco	2,76	92 %	g
Etanol	25	ml	ANA	0,24	8 %	g
Tween 80	2	ml				
Coadyuvante	2,5	ml				
Mejorador de aguas	0,5	g				

Tabla 2. Características de las herramientas en la aplicación de ANA en mezcla líquida y sólida.

Mezcla líquida de ANA (dos operarios)		Mezcla sólida de ANA
1 aplicador	1 identificador	1 operario
• Bomba de espalda con capacidad de 20 litros • Boquilla tipo cono hueco • Manguera • Extensión de salida (tubo de aluminio) • Dispositivo móvil (sistema operativo Android)	• Tubo de aluminio con punta de gancho	• Recipiente de PVC • Bomba insufladora • Piernera para sujetar bomba insufladora • Tubo de aluminio con punta en forma de gancho • Dispositivo móvil (sistema operativo Android)

Diagramas de procesos para Palmares del Cucú

Polinización artificial con ANA en mezcla sólida (espolvoreado)

La Tabla 3 presenta el diagrama de procesos de la labor de polinización artificial con ANA en mezcla sólida. En verde oscuro se resaltan las actividades que conforman el ciclo básico de la operación, es decir, aquellas operaciones que corresponden a la aplicación de ANA a las inflorescencias que así lo requieren en cada palma.

Polinización artificial ANA en mezcla líquida (asperjado)

Las Tablas 4 y 5 describen la labor realizada por el identificador de inflorescencias en el proceso de polinización artificial con mezcla líquida, quien a su vez está encargado de retirar las brácteas pedunculares de las inflorescencias. Por su parte, la Tabla 5 presenta el diagrama de procesos correspondiente al operario encargado de asperjar la mezcla líquida de ANA sobre las inflorescencias.

Tabla 3. Polinización artificial con ANA en mezcla sólida (espolvoreado), un operario.

5	**Recepción de equipos e insumos**	A primera hora, el operario se dirige al almacén para recoger la mezcla de ANA ya dosificada (recipiente), el tubo de aluminio con gancho para la apertura de brácteas, la bomba insufladora y el dispositivo móvil para el registro de inflorescencias aplicadas
10	**Desplazamiento al lote**	Se moviliza al lote asignado en una motocicleta con el tubo de aluminio al hombro
15	**Desplazamiento y búsqueda de inflorescencias**	Se desplaza entre dos líneas de palma, siguiendo una trayectoria en zigzag. Durante este recorrido visita todas las palmas, girando en torno a ellas en búsqueda de inflorescencias receptivas (primera aplicación) y aquellas marcadas en ciclos anteriores que requieren intervención (segunda y tercera aplicación)
20	**Apertura de brácteas**	Una vez identificada una inflorescencia en antesis (primera aplicación), con el gancho, retira las brácteas pedunculares para exponer los botones florales
25	**Aplicación de la mezcla**	Bombea aire al recipiente que contiene la mezcla para generar presión y así impulsar el producto a lo largo de la manguera. Dirige la boquilla a la inflorescencia en diferentes puntos para garantizar la cobertura. Se aplican alrededor de tres gramos de la mezcla por inflorescencia
30	**Marcación**	Con la punta del gancho con el cual retira las brácteas, marca la hoja que sostiene la inflorescencia con el día del año (consecutivo). Si se trata de segunda aplicación o tercera aplicación, al lado del número traza una línea
35	**Búsqueda de otra inflorescencia**	El operario gira en torno a la palma en búsqueda de otra inflorescencia que requiera ser espolvoreada con la mezcla de ANA
40	**¿Encuentra otra inflorescencia?**	Sí: regresa a la operación 20 No: sigue a la operación 45
45	**Registro en CyberTracker**	Registra en la aplicación CyberTracker las inflorescencias tratadas en esa palma. Número de inflorescencias, receptivas o "pasadas", y número de aplicación (primera, segunda o tercera aplicación).

50	**¿Fin de la jornada?**	Sí: pasa a operación 55 No: regresa a operación 15
55	**Regreso desde el lote**	Se desplaza desde el lote hacia el almacén en una motocicleta
60	**Entrega de herramientas y materiales**	En el almacén, el operario entrega la bomba insufladora, el tubo de aluminio y el sobrante de la mezcla. El dispositivo móvil se pasa al supervisor para la revisión de la información registrada

Tabla 4. Diagrama de procesos del operario que identifica inflorescencias receptivas.

5	**Recepción de herramienta**	A primera hora se dirige al almacén para la recepción del tubo de aluminio (incluye gancho)
10	**Desplazamiento al lote**	Se dirige al lote en una motocicleta con el tubo de aluminio al hombro
15	**Desplazamiento en búsqueda de inflorescencias**	Se desplaza por las calles de cosecha siguiendo una trayectoria en zigzag, para buscar las inflorescencias receptivas (primera aplicación) y hojas marcadas de inflorescencias (segunda y tercera aplicación)
20	**Apertura de brácteas**	Primera aplicación: retira las brácteas pedunculares con ayuda del gancho del tubo de aluminio, para descubrir los botones florales. Segunda y tercera aplicación: rasga con el objetivo de despejar y garantizar el contacto de la mezcla con las flores de la base de la inflorescencia
25	**Marcación**	Con la punta del gancho marca la hoja que sostiene la inflorescencia. Primera aplicación: escribe número del día del año Segunda y tercera aplicación: traza una línea
30	**Búsqueda de otra inflorescencia en la misma palma**	El operario continúa la búsqueda de inflorescencias a tratar en la misma palma
35	**¿Encuentra otra inflorescencia?**	Sí: operación 20 No: operación 15
40	**¿Fin de la jornada?**	Sí: operación 45
45	**Regreso desde el lote**	El trabajador se desplaza desde el lote hacia el almacén en una motocicleta
50	**Entrega de herramienta**	En el almacén, el operario entrega el tubo de aluminio

Tabla 5. Diagrama de procesos del operario encargado de asperjar inflorescencias.

5	**Recepción de insumos herramientas**	A primera hora (6:00-6:14 a. m.), el trabajador recibe en recipientes de 2 litros el ANA en mezcla líquida concentrada (sin diluir con agua). Llena recipientes de 20 litros con agua para preparar la dilución, 1 recipiente de mezcla concentrada requiere 3,5 recipientes de 20 litros con agua
10	**Desplazamiento al lote**	Se dirige al lote en una motocicleta con la bomba de espalda, al hombro, con una carga de la mezcla ya diluida con agua (para poder iniciar su labor en cuanto llegue) y los recipientes con la mezcla concentrada. Operarios de otras labores que van por las mismas rutas, ayudan a transportar los recipientes con agua y los entregan al borde de los lotes en donde se realiza polinización artificial con ANA en mezcla líquida
15	**Desplazamiento y búsqueda de inflorescencias**	Se desplaza por las calles de cosecha, con la bomba de espalda, al hombro, en búsqueda de inflorescencias cuyas brácteas hayan sido despejadas y tengan hojas marcadas
20	**Aplicación de la mezcla**	El volumen asperjado es de 150 cc de ANA en mezcla líquida por inflorescencia. La descarga está calibrada para que dure 7 segundos. Se garantiza la cobertura del área de la inflorescencia
25	**Búsqueda de otra inflorescencia**	El operario busca en la misma palma otra inflorescencia que requiera ser polinizada
30	**¿Encuentra otra inflorescencia?**	Sí: operación 20 No: operación 35
35	**Registro de la información**	Registra en el dispositivo móvil (CyberTracker) el número de inflorescencias aplicadas y estadios (receptiva o pasada) y el ciclo que corresponda
40	**¿Se terminó el contenido de la bomba de espalda?**	Sí: pasa a operación 45 No: pasa a operación 15
45	**Desplazamiento de recarga**	El polinizador se dirige hacia el punto de recarga (donde se han dejado los insumos y el agua)
50	**Carga bomba**	En uno de los recipientes con agua se agrega la cantidad necesaria de la mezcla concentrada. Una vez se homogeniza el contenido, se vierte en la bomba de espalda hasta completar su capacidad
55	**¿Fin de la jornada?**	Si: pasa a operación 60 No: pasa a operación 15
60	**Regreso desde lote**	El trabajador se desplaza desde el lote hacia el almacén en una motocicleta
65	**Entrega de materiales**	En el almacén, el operario entrega la bomba de espalda y el sobrante de la mezcla. El dispositivo móvil es entregado al supervisor para la revisión de la información registrada

Rendimientos de la operación

Dado que el tiempo efectivo se calcula al considerar el tiempo total y se le resta a este el correspondiente a elementos extraños y suplementos, se describen los hallazgos en términos de estos últimos (elementos extraños y suplementos). Las detenciones en la operación se asociaron a fallas de la herramienta de trabajo (dispositivos móviles, equipos de aplicación y gancho) y conversaciones. Los elementos extraños en promedio totalizaron 23,2 min por jornada.

Entretanto, los suplementos registrados fueron consumo de alimentos (desayuno y almuerzo), hidratación y descansos, los cuales totalizaron 28 min por jornada. Dado que la recolección de los datos se llevó a cabo en jornadas completas, no fue necesario hacer los cálculos relativos a suplementos por fatiga, peso y por calor, puesto que esos factores ya estaban contemplados en el tiempo de trabajo.

Para una densidad de 133 inflorescencias/ha, la cuadrilla de 2 operarios que aplicó el ANA en mezcla líquida tuvo como promedio de tiempo efectivo 6,1 horas, en las cuales aproximadamente recorrieron 4,8 hectáreas y, a lo largo de la jornada, asperjaron 637 inflorescencias. Este resultado concuerda con el presentado por Romero *et al.* (2018) quien reportó un rendimiento de 5 ha/jornal, para cada aplicación de ANA líquida, considerando 3 aplicaciones por inflorescencia, con intervalos de 1 semana.

Entretanto, con la misma densidad (133 inflorescencias/ha) el operario encargado de la polinización artificial con ANA en mezcla sólida presentó en promedio 6,3 horas de tiempo efectivo, durante las cuales logró recorrer en promedio 4,1 ha y espolvorear ANA a 541 inflorescencias por jornada. Este resultado se encuentra en el límite bajo del rango reportado por Corredor y Bolívar (2019) para el rendimiento de la polinización artificial con ANA en mezcla sólida, contemplado entre 4 y 6 ha.

Nótese que los dos operarios que asperjan ANA en medio líquido solo logran cubrir 17 % más área que la que cubre el operario que espolvorea ANA. Ello impacta el costo por inflorescencia haciéndolo más alto en el caso de la mezcla de ANA en medio líquido y se explica por qué los operarios de la cuadrilla repiten operaciones tales como: llegar al lote, desplazarse por el lote, búsqueda de inflorescencias y regresar desde el lote.

Evaluación económica

En Palmares del Cucú el costo de la mano de obra de la polinización artificial varía con respecto al tipo de mezcla utilizada (sólida o líquida). El de la mano de obra para aplicar el ANA en mezcla líquida (con dos operarios) es 40,1 % superior al de aplicar el ANA en mezcla sólida (con un operario). También es más costosa la aplicación de ANA en medio líquido en lo que concierne a insumos (17,7 % más alto) y herramientas (20 % más alto) (Tabla 6).

Finalmente, en Palmares del Cucú se estimó que el costo anual de llevar a cabo la polinización artificial con ANA en mezcla líquida fue de $ 1.213.000/ha; 32 % más alto que cuando se utilizó el ANA en presentación sólida, el cual se estimó en $ 920.000/ha (Tabla 6). Esa diferencia de $ 293.000/ha al año puede llevar al lector desprevenido a concluir que se recomendaría el ANA en polvo. Sin embargo, la evidencia en Palmares del Cucú apunta a que el PMR a

Tabla 6. Indicadores de costo para la polinización artificial con ANA en Palmares del Cucú

Indicador	ANA en mezcla líquida	ANA en mezcla sólida
$ mano de obra/inflorescencia	155	110
$ insumos/inflorescencia	73	62
$ herramientas/inflorescencia	6	5
$ total/inflorescencia (una aplicación)	233	177
$ total/inflorescencia (3 aplicaciones)	700	530

los cuales se les aplicó el ANA líquido fue de 16,6 kg, mientras que el PMR fue de 13,9 kg cuando se utilizó el ANA en mezcla sólida (Cenipalma, 2020). Esos 2,7 kg de diferencia en el PMR representan más de 4 toneladas de fruto por hectárea en 1 año (asumiendo 1.500 racimos/ha), las cuales no solo compensarían el costo extra de utilizar el ANA líquido, sino que dejarían un mayor rédito económico.

Conclusiones

Este estudio documentó, mediante métodos propios de los estudios de tiempos y movimientos, los procesos de aplicación de ANA en mezcla sólida (espolvoreado) y ANA en mezcla líquida (asperjado) en una plantación de la Zona Central, en lotes de palmas del mismo cruzamiento (Brasil x Djongo) y de la misma edad. Estos resultados brindan información muy útil acerca de la logística necesaria para implementar el uso de ambas presentaciones del ANA.

El resultado permite afirmar que, en Palmares del Cucú, el rendimiento de un trabajador utilizando ANA en presentación sólida es inferior en 17 % al de dos trabajadores aplicando ANA en presentación líquida, y ello se explica porque los dos trabajadores deben atender las mismas palmas, luego, subprocesos como el de desplazarse al interior de los lotes y alrededor de las palmas, se repiten en las descripciones de procesos de los dos trabajadores. Ello tiene repercusiones importantes sobre el costo total de la polinización artificial con ANA en mezcla líquida al año y este es 24,3 % superior al de realizarla en mezcla sólida. En efecto, las estimaciones arrojaron una diferencia de $ 293.000/ha al año. Sin embargo, es importante considerar que en Palmares del Cucú el PMR asperjados (ANA en mezcla líquida) fue 2,7 kg superior al de los racimos espolvoreados (ANA en mezcla sólida), es decir 19,4 % más pesados. Esa diferencia, puede ser suficiente para favorecer el uso de ANA en mezcla líquida, desde el punto de vista de la rentabilidad del negocio.

Estos resultados dan cabida a nuevas preguntas de investigación, como la de extender este tipo de análisis para considerar no solo el efecto sobre el rendimiento de la mano de obra, sino también el efecto sobre llenado y peso de racimos de una y otra presentación del ANA. También se debe responder a la pregunta de si las eficiencias varían y en qué medida lo hacen, si la altura de los racimos es mayor, si el comportamiento es similar en otros cultivares diferentes al estudiado.

Bibliografía

Camperos, J. E., Sinisterra, K., Pulido, N. & Mosquera-Montoya, M. (2020). *Rendimiento de la mano de obra para la labor de polinización artificial: factores a tener en cuenta para su estimación*. En proceso editorial.

Cayón, D. (2018). *Inducción y desarrollo de frutos con polinización y hormonas en híbridos OxG de palma de aceite (Elaeis oleifera* Kunth Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Cenipalma. (2020). *Informe de Labores Cenipalma 2019*. Bogotá: Fedepalma.

Corredor, J. E. & Bolívar, A. L. (2019). Principales efectos de la polinización artificial (ANA), en el híbrido OxG en Palmeiras Colombia. Presentación oral XV Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, Bucaramanga, Colombia.

Daza, E. Pardo, A., Urrego, N., Ayala, I., Ruíz-Romero, R. & Romero, H. M. (2016). Evaluación del uso de hormonas sobre la formación de frutos partenocárpicos en el híbrido interespecífico OxG. Poster XIII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite, Bogotá, Colombia.

Genty, P. & Ujueta, M. (2013). *Relatos sobre el híbrido interespecífico de palma de aceite OxG Coari* x *La Mé: esperanza para el trópico*. Bogotá: Fedepalma.

Guataquira, S., Mesa-Fuquen, E., Ruíz-Romero, R. & Romero, H. M. (2019). Evaluación de la viabilidad y germinabilidad del polen durante la labor de polinización asistida en campo. *Palmas, 40*(1), 13-20.

Hormaza, P., Forero, D., Ruíz-Romero, R. & Romero H. M. (2011). Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). Bogotá: Cenipalma.

Lietzow, C. D., Zhu, H. Y., Pandey, S., Havey, M. J. & Weng, Y. Q. (2016). QTL Mapping of Parthenocarpic Fruit Set in North American Processing Cucumber. *Theoretical and Applied Aenetics, 129*, 2387-2401.

Mosquera-Montoya, M., Valderrama, M., Ruíz, E., López, D., Castro, L. & González, M. (2018). Costos económicos de producción para el fruto de palma aceitera y el aceite de palma en 2016: estimación para un grupo de productores colombianos. *Palmas, 39*(2), 13-26.

Mosquera-Montoya, M., Ruíz, E., Castro, L. & Munévar, D. (2019). Estimación de costos de producción para productores de palma de aceite que han adoptado buenas prácticas agrícolas. *Palmas, 40*(2), 3-20.

Peláez, E., Ramírez, D. & Cayón, G. (2010). Fisiología comparada de palmas africanas (*Elaeis guineensis* Jacq.), Americana (*Elaeis oleifera* HBK Cortes) en Hacienda La Cabaña. *Palmas, 31*(2), 29-38.

Prada, F. & Romero, H. M. (2012). Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Bogotá: Cenipalma, SENA, SAC.

Qian, C., Ren, N., Wang, J., Xu, Q., Chen, X. & Qi, X. (2018). Effects of Exogenous Application of CPPU, NAA and GA on Parthenocarpy and Fruit Quality in Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Food Chemistry, 243*, 410-413.

Rincón, V., Molina, A. & Torres, J. L. (2015). *Elaboración de formularios móviles digitales para el registro de datos en plantaciones de palma de aceite (Principios básicos)*. Bogotá: Cenipalma.

Romero, H. M. (2018). Polinización artificial de híbridos OxG para la obtención de frutos partenocárpicos y la producción de aceite (*Elaeis oleifera* Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.). *El Palmicultor*, 558, 15-18.

Romero, H. M., Daza, E., Urrego, N., Rivera, Y. & Ayala, I. (2018). La polinización artificial con reguladores de crecimiento incrementa la producción de aceite en híbridos interespecíficos. Presentación oral XIX Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite, Cartagena, Colombia.

Ruíz, E., Fontanilla, C., Mesa-Fuquen, E., Mosquera-Montoya, 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.

Sánchez, A., Fontanilla, C. & Mosquera-Montoya, M. (2010). *Métodos para el desarrollo de estudios de tiempos y movimientos para labores de cultivo en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores*. Bogotá: Cenipalma.

Sánchez, R., Daza, E., Ruíz-Romero, R. & Romero, H. M. (2011). *Polinización asistida en palma de aceite. Tecnología para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores*. Bogotá. Cenipalma.

Scheaffer, R. L. (2000). *Elementos de muestreo.* México: Grupo Editorial Iberoamericano.

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. Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Agronomía Colombiana, 37*(1), 12-17.