

Estudio de tiempos y movimientos para la polinización artificial: estudio de caso en una plantación de Santander (Colombia)*

Time and Motion Study on Artificial Pollination: Case of Study in a Plantation from Santander (Colombia)

CITACIÓN: 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 Santander (Colombia). *Palmas* 41(3), 11-23.

PALABRAS CLAVE: productividad de la mano de obra, costo unitario, híbrido OxG, ácido naftalenacético, *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*.

KEYWORDS: Labor productivity, unit cost, hybrids OxG, α -naphthaleneacetic acid, *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*.

* Artículo de innovación e investigación científica y tecnológica.

RECIBIDO: julio de 2020.

APROBADO: agosto de 2020.

CAMPEROS R. JHONATAN E.

Asistente de Investigación II
Unidad de Validación de Cenipalma

PULIDO Á. NÉSTOR F.

Director Agronómico de Palmas
Monterrey S. A.

MUNÉVAR M. DANIEL E.

Auxiliar de Investigación II
Unidad de Validación de Cenipalma

TORRECILLA R. ENERILSON

Coordinador Agronómico de Palmas
Monterrey S. A.

REQUENA E. JORGE A.

Supervisor de Polinización de Palmas
Monterrey S. A.

ARIAS G. HUGO A.

Tecnólogo de Campo
Unidad de Validación de Cenipalma

MOSQUERA MONTOKA MAURICIO

Coordinador de la Unidad de Validación
de Cenipalma
Autor de correspondencia
mmosquera@cenipalma.org

Resumen

La Pudrición del cogollo (PC) es la enfermedad más limitante para los cultivos de palma de aceite en Colombia. Algunos cruces entre *Elaeis oleifera* y *Elaeis guineensis* (híbridos OxG) se han plantado en regiones colombianas que sufrieron esta epidemia, dado que han demostrado un cierto grado de resistencia al ataque de la PC. Sin embargo, su polinización natural es deficiente, una característica del híbrido OxG, lo que limita la producción de racimos de fruta

fresca de palma de aceite. Esto ha obligado a los cultivadores de este híbrido a implementar estrategias como la polinización asistida (aplicación de polen de *E. guineensis* sobre las flores en la antesis) y la polinización artificial (al aplicar el ácido naftalenacético (ANA) en las flores que necesitan ser polinizadas). Estas estrategias han mostrado buenos resultados en términos de formación de racimos y aumento en el contenido de aceite de los frutos, por lo que los cultivadores han sido proclives a adoptarlas con el fin de beneficiarse frente a la resistencia a la PC y tener un negocio rentable. Cabe destacar que las empresas han modificado el método sugerido por la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma) para aplicar ANA. En lugar de utilizar una solución líquida que lo contiene (recomendado por Cenipalma), han implementado una mezcla sólida con ANA, argumentando que es más fácil de manejar en los campos. Los resultados del método utilizado por los productores también han sido prometedores, logrando buenos indicadores de formación de racimos y contenido de aceite. Es así como se llevó a cabo un estudio de tiempos y movimientos en una plantación de Santander (Colombia) que había mostrado excelentes resultados con el método de aplicación de una mezcla sólida de ANA en las flores que requerían polinización. Además de describir dicho método, el objetivo de este estudio fue medir la productividad laboral para la polinización artificial (mediante el uso de una mezcla sólida que contiene ANA). Los resultados indicaron que en un día laboral un trabajador era capaz de cubrir un área de 1,99 ha, y el costo total de una aplicación por flor era de \$ 306 (incluyendo mano de obra, herramientas e insumos).

Abstract

Bud rot (BR) is the most limiting disease for oil palm crops in Colombia. Since some crossings between *Elaeis oleifera* and *Elaeis guineensis* (hybrids OxG) have proven a certain degree of resistance to the attack of BR, they have been planted in Colombian regions that suffered from BR outbreaks. However, a deficient natural pollination is a characteristic of hybrids OxG, which in turn, limits the production of oil palm fresh fruit bunches. The latter has forced hybrid OxG growers to implement strategies such as the assisted pollination (applying pollen from *E. guineensis* on flowers at anthesis) and the artificial pollination (applying α -naphthaleneacetic acid (NAA) on flowers that need to be pollinized). These strategies have shown good results in terms of bunch formation and increase in the oil content of fruits, so growers have been prone to adopt them in order to benefit from the resistance to BR and having a profitable business. This paper focuses on artificial pollination from a labor productivity standpoint. It must be highlighted that companies have modified the method suggested by Cenipalma for applying NAA. Instead of using a liquid solution containing NAA (as recommended by Cenipalma), they have implemented a solid mixture containing NAA, arguing that it is easier to handle in the fields. The results of the method implemented by growers have been also promising and have achieved good indicators of bunch formation and oil content. A time and motion study was carried out in order to describe the method of applying a solid mixture of NAA on flowers requiring pollination. It was carried out at a plantation from Santander (Colombia) that has shown excellent results with this method. Besides describing the method, the goal of this study was to measure labor productivity for artificial pollination (by using a solid mixture containing NAA). Results indicate that at a working day a worker covers an area of 1.99 ha and the total cost of an application per flower is COP 306 (including labor, tools and inputs).



Introducción

La Pudrición del cogollo (PC) es considerada la enfermedad más limitante para el buen desarrollo de los cultivos de palma de aceite en Colombia. En este

orden de ideas, la PC afectó a más de 30.000 ha de palma en la Zona Suroccidental, 40.000 ha en Puerto Wilches y, hoy en día, devasta los cultivos de palma del departamento del Magdalena (Sanz, 2016; Fedepalma, 2019). Dada la resistencia parcial a la PC de algunos

cultivares de híbrido interespecífico OxG (a partir de ahora denominado como híbrido OxG), se ha incrementado la siembra de estos en el país como respuesta a esta problemática fitosanitaria (Alvarado *et al.*, 2013; Ávila-Díazgranados *et al.*, 2016; Romero, 2018).

Para que se dé la formación de frutos, es necesario el estímulo de la polinización y la fertilización del ovario (Ben-Cheikh *et al.*, 1997). Los cultivares híbridos OxG presentan una deficiente polinización natural ocasionada por la baja viabilidad y fertilidad de su polen. Adicionalmente, las inflorescencias femeninas están protegidas por fibras (prófilo y brácteas pedunculares) que dificultan el contacto del polen con las flores en antesis (Alvarado *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2011; Forero *et al.*, 2012; Romero, 2018). Para mejorar la formación de los racimos en palmas de cultivares híbridos OxG, los palmicultores recurrieron a la polinización asistida, labor que consiste en aplicar polen de origen *Elaeis guineensis* a las inflorescencias femeninas en antesis (Sánchez *et al.*, 2011). Para garantizar la polinización en el total de las flores, es necesario visitar el mismo lote tres veces a la semana. Con esta práctica se garantiza el aprovechamiento del potencial productivo del cultivo, obteniendo ganancias en tamaño, peso, conformación y calidad de aceite (Sánchez *et al.*, 2011).

Se ha reportado que el rendimiento promedio de los trabajadores que realizan la polinización asistida es de 10 ha/jornal, valor que fluctúa en función de la densidad de inflorescencias y de la frecuencia de entrada a los lotes (Sánchez *et al.*, 2011). Un estudio de tiempos y movimientos realizado por Fontanilla *et al.* (2016) estimó que el rendimiento osciló entre 7,8 y 11,4 ha/jornal, en un cultivo de *Elaeis oleifera*, dependiendo de la densidad de racimos y de la temperatura ambiental. Ruiz *et al.* (2015) reportaron resultados similares en el híbrido OxG para las zonas Oriental y Suroccidental entre 7 y 12 ha/jornal en palmas adultas. Además, cabe anotar que la polinización asistida participó en el costo de producción entre 15 %-18 % (Mosquera *et al.*, 2019).

De otra parte, se destaca que en racimos de palmas híbrido OxG cultivar Coari x La Mé, el 65 % del contenido de aceite en el racimo corresponde a frutos normales, y el 35 % a frutos partenocárpicos (Rincón *et al.*, 2013). Contrario a lo observado en cultivares *E. guineensis* para los cuales el número de frutos partenocárpicos y su contenido de aceite son

tan bajos que ni siquiera se tienen en cuenta para los análisis de racimo (Prada y Romero, 2012). Los frutos sin semilla (partenocárpicos) se presentan naturalmente o se pueden desarrollar por medio de aplicaciones de reguladores de crecimiento como las auxinas y giberelinas a flores no polinizadas (Taiz y Zeiger, 2006; Taiz *et al.*, 2017). En consecuencia, el interés en el híbrido OxG se ha centrado en inducir la formación de frutos partenocárpicos por medio de aplicaciones de reguladores de crecimiento. Ussa *et al.* (2013) lograron, por medio de aplicaciones de ácido giberélico en antesis y ácido giberélico más ácido α -naftalenacético en posantesis, formar racimos de híbrido OxG con peso medio y potencial de aceite, iguales estadísticamente a los polinizados comercialmente (polen + talco).

Fue así como Cenipalma a partir del 2013 incurrió en la inducción de partenocarpia en racimos de híbrido OxG, por medio de aplicaciones de reguladores de crecimiento. Las auxinas presentaron la respuesta más promisoría. En efecto, en 2016 se reportó que por medio de aplicaciones exógenas de ácido α -naftalenacético (ANA) y 2,4-D, se formaban frutos partenocárpicos en racimos de palmas provenientes de cultivares híbridos OxG, obteniendo contenidos de aceite similares a los registrados en racimos con polinización asistida (Daza *et al.*, 2016). A través de pruebas controladas (aislando inflorescencias) y en campo (aplicación comercial), se determinó que la aplicación del ANA en una concentración de 1.200 ppm en medio líquido, antes, durante y después de la antesis, incentivó el desarrollo y el llenado de frutos; a esta tecnología se le denominó polinización artificial (Romero, 2018). Este cambio, impuso la necesidad de entrar al mismo lote tres veces, pero con intervalos de una semana (antesis, ocho días después de antesis y quince días después de antesis). Es decir, más inflorescencias a polinizar por entrada al lote, lo cual a su vez impactó el rendimiento del trabajador (Romero, 2018).

La polinización artificial fue adoptada de manera masiva por los cultivadores de palmas de híbrido OxG, como consecuencia del incremento en el potencial de aceite y de la reducción de racimos malogrados. Sin embargo, contrario a lo propuesto por Cenipalma (ANA en medio líquido) y a pesar de los resultados promisorios de la tecnología, actualmente se aplica el

ANA en polvo sobre las inflorescencias. El argumento principal para introducir ese cambio se basó en las dificultades que generaba el transporte de agua requerida para el uso del ANA en medio líquido.

Dado que la polinización artificial en el híbrido OxG es una labor relativamente reciente en el cultivo de palma de aceite, no se conoce con detalle el rendimiento de los operarios, ni la logística inherente a su implementación. Con el fin de contribuir a llenar este vacío en el conocimiento de la polinización artificial con ANA espolvoreada, se implementó un estudio de tiempos y movimientos con el propósito de documentar los procesos y los tiempos requeridos, cuya metodología y resultados se presentan a continuación.

Materiales y métodos

Ubicación

El estudio de tiempos y movimientos se llevó a cabo en la plantación Palmas Monterrey S. A., municipio de Puerto Wilches (Santander, Colombia), en palmas híbridas OxG (Coari x La Mé) de 13 años (2,5 m de altura en promedio). La zona cuenta con una temperatura y humedad relativa media anual de 27 °C y 76 %, respectivamente, y una precipitación anual acumulada entre 2.500 y 2.800 mm.

Descripción de herramientas e insumos utilizados en la plantación Palmas Monterrey S. A.

Dado que cada plantación define los recursos a utilizar para la polinización artificial según su disponibilidad y criterio técnico, es importante describir insumos (mezcla ANA en polvo), equipos, herramientas y elementos de protección personal utilizados. Esto se llevó a cabo por medio de la observación de la jornada laboral durante un periodo de dos semanas y entrevistas con los responsables de la polinización.

Elaboración del diagrama de proceso

Se realizó el reconocimiento de las actividades (elementos) desarrolladas durante una jornada laboral, que de igual forma, se hizo mediante la observación de la labor en campo y entrevistas con operarios y supervisores de polinización. De acuerdo con la información recolectada, se elaboró el diagrama de procesos para la polinización artificial con ANA en polvo, utilizando las convenciones de la Asociación de Ingenieros Mecánicos de los Estados Unidos (ASME, por sus siglas en inglés), adaptadas por Cenipalma (Sánchez *et al.*, 2010) (Tabla 1). Se procedió a verificar que el diagrama de procesos se ajustara al día a día de la labor. En este orden de ideas, se observaron las actividades de cuatro operarios de polinización en su jornada laboral.

Tabla 1. Simbología utilizada para establecer el diagrama de operaciones.

Símbolo	Proceso	Actividad de cultivo
	Operación	Es cuando se produce o efectúa algo: para la palma de aceite pueden ser acondicionar herramientas, cortar hojas y racimos, recoger fruto del suelo, aplicar fertilizantes, registrar palma enferma, registrar estructuras, erradicar palma, etc.
	Transporte	Es cuando se cambia de lugar o se mueve: desplazamientos al lote, por las líneas de palma, a los puntos de acopio, a la planta de beneficio, a la siguiente palma, etc.
	Inspección	Es cuando se verifica calidad o cantidad: inspección palma, inspeccionar madurez de los racimos, calidad de cosecha, etc.
	Demora	Es cuando se interfiere o retrasa el paso siguiente: por falta de insumos (fertilizantes, glifosato, etc.), daños en la maquinaria, etc.
	Almacenamiento	Es cuando se guarda o se protege: guardar herramientas de trabajo.
	Decisión	Es cuando se tiene la opción de seguir realizando la actividad o se pasa a otra.

Fuente: simbología ASME, adaptada por Sánchez *et al.* (2010).

Estudio de tiempos

Captura de datos. De acuerdo con las operaciones establecidas mediante el diagrama de procesos, se procedió a la toma de tiempos, para la cual se utilizaron formularios digitales diseñados en la aplicación móvil para la captura de datos *Cybertracker* (versión 3.496). A través de esta, se registró el nombre del operario de polinización, el del analista de tiempos, el lote de aplicación y cada uno de los elementos que componen la jornada laboral desde la recepción de herramienta, hasta su entrega al final del día. Dado que el sistema registra la hora, los minutos y segundos al almacenar cada actividad de la labor, se puede determinar su duración. Para el análisis de los datos se utilizó estadística descriptiva y el análisis se desarrolló por medio del *software* Microsoft Excel 365 (Professional Plus) y el paquete estadístico R (versión 3.5.3).

En lo que concierne a las operaciones al interior del lote, las que se repiten con mayor frecuencia a lo largo de la jornada y que denominaremos en adelante como ciclos básicos de la labor de polinización artificial, es importante que el lector tenga claros los siguientes términos: la diagonal, corresponde al desplazamiento entre una palma y la siguiente; la inspección, a la búsqueda de inflorescencias para aplicar con ANA; la apertura de las brácteas pedunculares, a despejar la inflorescencia en la cual se va a espolvorear el ANA; la marcación, a escribir sobre la base de la hoja la fecha de polinización; la aplicación, a espolvorear el ANA sobre las inflorescencias; y finalmente, el conteo, al registro de la inflorescencia tratada en el collar denominado “camándula”.

Determinación del tamaño de la muestra. Con el fin de determinar la cantidad de ciclos básicos a los cuales se les debe tomar el tiempo (muestreo del trabajo), se hizo seguimiento durante la jornada laboral a un operario de polinización seleccionado al azar (entre 8 operarios). Con base en los datos colectados (281 ciclos básicos), se estimó que el tiempo promedio que toma realizar un ciclo básico es de 48,5 s y la varianza es de 906,01 s². Con la ayuda de la Ecuación 1 que corresponde a un muestreo aleatorio simple (Martínez Bencardino, 2012), un nivel de confianza del 95 % y un error relativo del 3 % (error absoluto = 1,45 s), se determinó un tamaño de muestra de 1.655 ciclos

básicos. El muestreo de estos ciclos se realizó a los 8 operarios de polinización, cada operario fue muestreado durante 2 horas hasta completar el total de ciclos básicos requeridos.

$$n_o = \frac{Z^2 * S^2}{E^2} \quad (1)$$

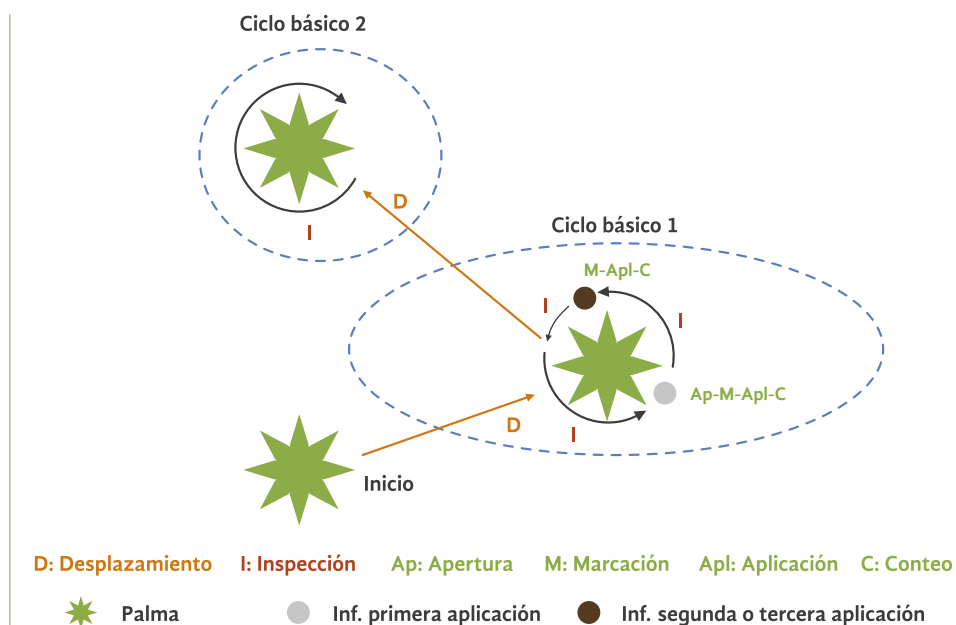
Z = valor según tabla de distribución normal con un nivel de confianza del 95 %, S² es la varianza muestral y E = error absoluto.

Tiempos de aplicación. Para el análisis de los datos se consideraron cuatro categorías según el número de inflorescencias que deben ser polinizadas por palma con ANA en polvo, por entrada, desde cero hasta tres inflorescencias por palma. Para aclarar la importancia de estas cuatro categorías, se presenta un ejemplo que ilustra el recorrido de un operario de polinización a dos palmas, y que da lugar a ciclos básicos que comprenden diferentes operaciones que afectan la duración de estos (Figura 1).

El primer ciclo básico inicia con el desplazamiento (D) del operario desde la palma en la parte inferior, hasta la palma ubicada en el medio del diagrama. Al llegar, inicia con la inspección (I) en búsqueda de inflorescencias. Inicialmente, encuentra una inflorescencia de primera aplicación y en esta procede a abrir brácteas (Ap), marcar la hoja (M), aplicar la mezcla de ANA en polvo (Apl) y contarla (C) en el collar camándula. Una vez finaliza, procede con la inspección (I) en búsqueda de otras inflorescencias, y encuentra otra de segunda o tercera aplicación (la cual no requiere de apertura). En esta procede a marcar (M), aplicar la mezcla con ANA en polvo (Ap) y contarla (C) en el collar camándula, una vez termina. Continúa con la inspección de la palma y no encuentra más inflorescencias por aplicar, finalizando el primer ciclo básico, el cual presentó una palma con dos inflorescencias por aplicar.

El segundo ciclo básico inicia con el desplazamiento (D) hacia la palma ubicada en la parte superior del diagrama. Una vez llega, inicia la inspección (I) y no encuentra inflorescencias (0 inflorescencias), dando como finalizado el segundo ciclo básico que correspondió a una palma sin inflorescencias (Figura 1). Este recorrido entre las palmas continúa hasta finalizar la tarea entregada al operario de polinización.

Figura 1. Ejemplo de tipos de ciclos básicos.
Ciclo 1: palma con dos inflorescencias por aplicar y una de ellas es de primera aplicación.
Ciclo 2: palma sin inflorescencia por aplicar



Suplementos y elementos extraños

Para determinar el rendimiento del operario, también se consideran los suplementos de tiempo, es decir, que se reconoce el tiempo extra por el tipo de trabajo. Para ello se tienen en cuenta: concentración requerida, peso que carga, calor y humedad del ambiente, pues estos factores impactan el rendimiento.

Estimación de costos

El costo de la polinización artificial se estimó por inflorescencia. Para el costo fijo se tomó el valor de los insumos de acuerdo con la dosis de aplicación que maneja la plantación, tomando precios de 2019. El costo correspondiente a la mano de obra se tomó a partir del valor pagado por parte de la plantación por aplicar una inflorescencia en el 2019 (228 pesos/inflorescencia). No se incluyeron costos asociados a herramientas ni equipos.

Resultados

Insumos, herramientas y elementos de protección personal utilizados en Palmas Monterrey S. A.

Durante el estudio de tiempos y movimientos se utilizó la mezcla de talco, ANA en polvo (pureza del

98 %) y polen. Por inflorescencia se aplicó como mínimo 4,1 g de la mezcla (según tamaño). Para facilitar la preparación, se realizó la mezcla de los productos para 100 inflorescencias, mezclando 376 g de talco, 24 g de ANA y 10 g de polen. Esta mezcla de 410 g del producto se denominó dosis, y en una jornada laboral con baja densidad de inflorescencias femeninas en las palmas se entregaron 4 dosis al operario de polinización. En épocas del año con alta densidad de inflorescencias se entregaron hasta 6 dosis.

La herramienta principal de trabajo fue el gancho-lanza. Este es un tubo metálico de aluminio de 1,5 pulgadas de diámetro con una longitud de 2,3 metros, que tiene en su extremo superior una punta metálica curva hueca que ayuda a desgarrar la bráctea peduncular y marcar la base de la hoja, además de permitir la salida de la mezcla, ya que está conectada a una manguera que va en el interior del tubo del gancho. En el otro extremo de la manguera se conecta a una bomba insufladora, que tiene una capacidad de almacenar 160 g de mezcla del producto, para un total de 39 inflorescencias aplicadas por carga en promedio (4,1 g/inflorescencia). Naturalmente, el tamaño de la inflorescencia determina la necesidad de aplicar mayor cantidad de producto (4,5 g/inflorescencia). Para fines prácticos, en la plantación se asume que se pueden aplicar entre 35 y 39 inflorescencias por carga de bomba.

La bomba insufladora se lleva en un canguro o riñonera (Figura 2; elemento 3), que se sujeta a la altura de la cadera del operario de polinización mediante dos correas; una va a la pierna y la otra a la cintura. Para cargar la mezcla del producto y conservar la viabilidad del polen se utiliza un termo con capacidad de cuatro litros, el cual es entregado a cada operario al inicio de la jornada laboral en el almacén. Finalmente, para realizar el registro de las inflorescencias aplicadas, se utiliza un collar (camándula) con cuentas de tres colores para contabilizar cada inflorescencia, considerando si esta corresponde a primera, segunda o tercera aplicación (Figura 2; elemento 5).

En cuanto a elementos de protección personal, el operario de polinización utiliza un casco (tipo I-clase E) para protegerse de golpes laterales y frontales en la cabeza, un protector respiratorio (tipo N95) con válvula unidireccional para proteger las vías respiratorias

de irritaciones, guantes de carnaza completos para evitar el contacto directo del producto con la piel y protegerse de las espinas de la palma. Finalmente, las botas de caucho de caña alta para protegerse de la humedad y contusiones al desplazarse en el lote.

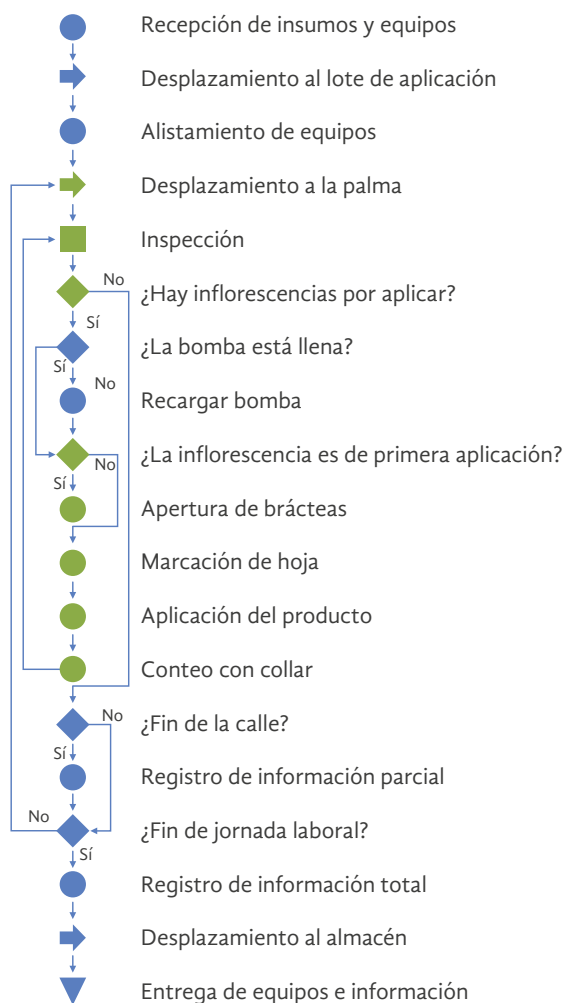
Diagrama de proceso de la labor

El diagrama de procesos (Figura 3), sintetiza los elementos (actividades) que componen la jornada laboral de polinización artificial con ANA en polvo. Los símbolos de las actividades con menor frecuencia en la jornada, como por ejemplo la recepción de insumos, alistamiento de equipos y desplazamiento al almacén, se muestran en azul. Entretanto, las actividades del ciclo básico (desplazamiento entre palmas o diagonal, inspección de la palma, aplicación del producto, conteo en camándula), se resaltaron en verde.

Figura 2. Herramientas y equipos utilizados para la labor de polinización artificial con ANA



Figura 3. Diagrama del proceso de la labor de polinización artificial con ANA en polvo, en la plantación Palmas Monterrey S. A.



Jornada laboral

Inicia con la llegada de los operarios de polinización al almacén en las rutas de la empresa, donde se les entregan los insumos, los equipos y se les asigna la tarea a desarrollar en la jornada laboral. Posteriormente, se desplazan en las rutas a los lotes o puntos de encuentro (ranchos) para realizar el alistamiento de los equipos. Luego realizan la labor en campo, desplazándose palma a palma. Esta labor se encuentra constituida por los ciclos básicos, recarga de la bomba y registro de la información parcial. Esta última se realiza al terminar cada calle recorrida, con un formato establecido en papel. Al finalizar su labor en campo o tarea asignada, los operarios de polinización totalizan los registros parciales (registro de información total) y esperan las rutas para realizar su desplazamiento al almacén para la entrega de los datos y los equipos a su supervisor.

Es importante destacar que, en Palmas Monterrey S. A., si la inflorescencia es de primera aplicación se marca con el día del mes, si la inflorescencia es de segunda aplicación se marca con la letra “H” y si es de tercera aplicación se marca con el día y el mes.

Tiempos y movimientos

Jornada laboral

La jornada laboral de la polinización artificial con ANA en polvo inició a las 5:50 a. m. y en promedio tuvo una duración de 8 horas (h) con 31 minutos (min) (Figura 4). El tiempo efectivo, que se define como el tiempo en el que se realizaron las actividades necesarias para el desarrollo de la labor, correspondió al 68,2 % de la jornada (5 h con 49 min). Dentro de este tiempo efectivo, 4 h con 15 min, fueron utilizadas para las actividades propias de la polinización

artificial y 1 h con 34 min se destinaron a actividades como recepción, entrega y preparación de los equipos. Las restantes 2 h con 42 min, correspondieron a suplementos y elementos extraños (Figura 4).

Suplementos

Los resultados arrojan que 10,8 % del tiempo (55 min) fue utilizado para suplir sus necesidades básicas, como fue la toma del desayuno y almuerzo (23 min), la hidratación (5 min), periodos de descanso (25 min) e ir al baño (2 min). Esta proporción de tiempo coincide con el 9 % reportado por Sánchez *et al.* (2010) y con el 15 % reportado por Fontanilla *et al.* (2016) para el caso de la polinización asistida.

Elementos extraños

Los elementos extraños representaron el 21 % (1 h con 47 min) del tiempo total de labor, evidenciando elementos como reajustes del equipo por averías o desconexión de alguna manguera (5 min), mover el termo con ANA de un lugar a otro (2 min), refuerzos de aplicación de alguna inflorescencia atrasada o quedada (2 min), conversaciones (2 min), espera del transporte para regresar al almacén (1 h con 31 min) y otros elementos extraños (5 min). Lo anterior indica que la mayor oportunidad de mejora en los procesos de esta plantación correspondió a modificar la manera como se definió el transporte de los operarios en campo.

Tiempos de operación: ciclos básicos

Como se detalló en la sección metodológica, se consideraron 4 categorías para el estudio de los ciclos básicos. En la Tabla 2, se presentan las diferencias en el tiempo que toma realizar un ciclo básico en una palma sin inflorescencias (11 s) hasta el tiempo que toma tratar una palma con 3 inflorescencias (82,5 s). Las diferencias radican en el tiempo de inspección (entre 8 s-22 s) y aplicación (entre 7 s-23 s).

Partiendo de una jornada laboral completa en la cual en promedio se realizan 281 ciclos básicos de polinización artificial (distribuidos en las 4 categorías), se estimó que a un operario de polinización le toma 1,7 h (1 h con 42 min) aplicar una hectárea con ANA en polvo. Por lo tanto, si el tiempo neto de aplicación es de 3 h con 25 min, el operario de polinización tendría un rendimiento de 1,99 ha/jornal (286 palmas/jornal) (Tabla 3). Este rendimiento es inferior al reportado por Ruiz *et al.* (2015) y por Fontanilla *et al.* (2016), quienes estimaban entre 7 y 12 ha/jornal. La disminución del rendimiento para la polinización artificial es explicada por la frecuencia de ingresos al lote en la semana (1 vez/semana) y el número de aplicaciones por inflorescencia (3 aplicaciones), en comparación a lo realizado en la polinización asistida con 3 ingresos por semana y 2 aplicaciones por inflorescencia.

Figura 4. Distribución de la jornada laboral (minutos)

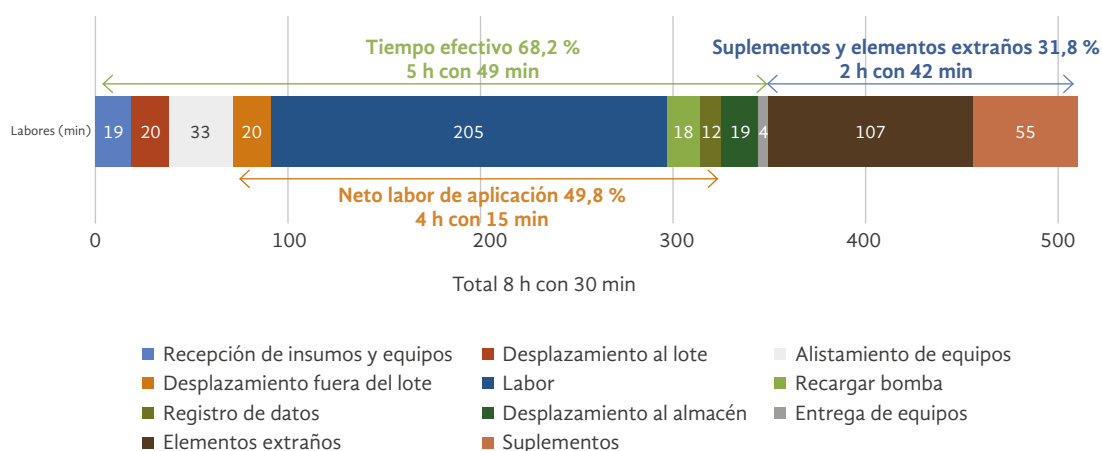


Tabla 2. Tiempo estándar (s) de los elementos que componen el ciclo básico.

Tipo de palma (4 categorías)	Diagonal	Inspección	Apertura	Marcación	Aplicación	Conteo	Total
Palma sin inf.	3	8					11
Palma 1 inf.	3	14	14	3	7	2	43
Palma 2 inf.	3	20	16	8	14	4	65
Palma 3 inf.	3	22	17,5	12	23	5	82,5

Inf.: inflorescencia

Tabla 3. Estimación de tiempo por hectárea, considerando el número de ciclos y el número de palmas.

Tipo de palma (4 categorías)	Ciclos observados	Proporción	Palmas/ha	Tiempo (s)	Tiempo total (s)	Tiempo total (h)
Palma sin inf.	89	32 %	46	11	506	0,14
Palma 1 inf.	77	27 %	39	43	1.677	0,47
Palma 2 inf.	104	37 %	53	65	3.445	0,96
Palma 3 inf.	11	4 %	6	82,5	495	0,14
Total	281		144		6.123	1,71

Inf.: inflorescencia

Costos de la labor

El resultado del costo por inflorescencia es de \$ 306 por aplicación (Tabla 4). La mano de obra tiene la mayor participación en dicho costo (74,5 %). Este costo por inflorescencia es 42 % mayor al reportado por Díaz (2020) para un sistema de aplicación de ANA en polvo (\$ 216/aplicación). La diferencia radica en los rendimientos laborales reportados por el autor (8 ha/jornal). Para la estimación del costo por hectárea se tuvo en cuenta la densidad de 163 inflorescencias por hectárea.

Conclusiones

El estudio de tiempos y movimientos de la polinización artificial con ANA en polvo tiene importancia para el sector palmero, dado que con esta herramienta se puede estimar el rendimiento de la labor y estable-

cer el pago justo de la misma. También, tiene relevancia para el sector debido a que el estudio se realizó en palmas con más de 2,5 metros de altura, evidenciando que la mayor limitante presentada fue la inspección de las inflorescencias, pues entre más altura, más dificultad para hacerla.

En comparación a la polinización asistida con polen, el rendimiento de la labor de polinización artificial con ANA es inferior. Esto obedece a que, en este método, se encuentran más inflorescencias para aplicar por entrada al lote, ya que se hacen tres aplicaciones por inflorescencia, con intervalos de una semana.

Con los resultados presentados, es necesario realizar estudios de tiempos y movimientos para otros cultivos híbridos OxG, de diferentes edades de siembra y niveles de productividad. Ello permitirá entender a qué factores obedece la variabilidad en el rendimiento de la polinización artificial.

Tabla 4. Costo de la polinización artificial (\$/inflorescencia)

Rubro	Costo	
Insumos		
ANA	\$ 8.965/ha	\$ 55/inflorescencia
Talco	\$ 652/ha	\$ 4/inflorescencia
Polen	\$ 3.097/ha	\$ 19/inflorescencia
Subtotal insumos (I)	\$ 12.714/ha	\$ 78/inflorescencia
Mano de obra		
Subtotal mano de obra (II)	\$ 37.164/ha	\$ 228/inflorescencia
Total por inflorescencia (I)+(II)	\$ 49.878/ha	\$ 306/inflorescencia

Agradecimientos

Especial agradecimiento a Cenipalma por su apoyo en la realización de este trabajo; al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, por el aporte de los recursos para el cabal desarrollo del estudio; a Palmas Monterrey S. A. por permitir el desarrollo del estudio en su plantación. Asimismo, a los revisores del Comité de Publicaciones de Cenipalma, Eloína Mesa,

Iván Ayala y Rodrigo Ruiz, quienes contribuyeron a mejorar este documento. Finalmente, los autores desean expresar un sentido mensaje de condolencia por la pronta partida del Ingeniero Enerilson Torrecilla Rojas, Coordinador agrónomo de Palmas Monterrey S. A. y coautor de este artículo, quien se destacó por su compromiso, entusiasmo e interés por la investigación científica en torno a la palma de aceite, y cuyo aporte a esta investigación fue fundamental.

Bibliografía

- Alvarado, A., Bulgarelli, J. & Moya, B. (2000). Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *E. guineensis* Jacq. y *E. oleifera* HBK, Cortes. *ASD Oil Palm Papers*, (20), 35-36.
- Alvarado, A., Escobar, R. & Henry, J. (2013). El híbrido OxG Amazon: una alternativa para regiones afectadas por Pudrición del cogollo en palma de aceite The Hybrid OxG Amazon. *Palmas*, 34(Especial, Tomo I), 305-314.
- Ávila-Díazgranados, R., Daza, E., Navia, E. & Romero, H. (2016). Response of Various Oil Palm Materials (*Elaeis guineensis* and *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis* interspecific hybrids) to Bud Rot Disease in the Southwestern Oil Palm-growing Area of Colombia. *Agronomía Colombiana*, 34, 74-81. doi: 10.15446/agron.colomb.v34n1.53760

- Ben-Cheikh, W., Perez-Botella, J., Tadeo, F. R., Talon, M. & Primo-Millo, E. (1997). Pollination Increases Gibberellin Levels in Developing Ovaries of Seeded Varieties of Citrus. *Plant Physiology*, 114(2), 557-564. doi: 10.1104/pp.114.2.557
- Daza, E., Pardo, A., Urrego, N., Ayala, I. M., Ruiz, R., & Romero, H. M. (2016). Evaluación del uso de hormonas sobre la formación de frutos partenocárpicos en el híbrido interespecífico OxG. *XIX Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite*. Recuperado de <http://web.fedepalma.org/bigdata/reunion2016/poster/5poster.pdf>
- Díaz, D. (2020). *Comparación de estructura de costos con aplicación de hormonas en la conformación de racimos de palma de aceite comercial (var. IHRO Cabaña) en la Plantación Agropecuaria Macolla S. A. S.* (Tesis de pregrado). Universidad de Los Llanos, Escuela de Ingeniería en Ciencias Agrícolas, Villavicencio.
- Fedepalma. (2019, Noviembre 1). *Zona Norte: puntualiza estrategia contra la PC para salvar plantaciones de palma de aceite en Magdalena*. Recuperado de <http://web.fedepalma.org/zona-norte-estrategia-pc-plantaciones-palma-en-magdalena>
- Fontanilla Díaz, C., Rincón Romero, V. O., Mesa Fuquen, E., Mariño, D., Barrera González, E. & Montoya, M. M. (2016). Estimación del rendimiento de la mano de obra en labores de cultivo de palma de aceite: caso polinización asistida. *Palmas*, 37(2), 21-35. Recuperado de <https://doi.org/ISSN 01212923>
- Forero-Hernández, D. C., Hormaza-Martínez, P. A., Moreno-Caicedo, L. P. & Ruíz Romero, R. (2012). *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite* (1a ed.; H. M. Romero Angulo, Ed.). Bogotá: Centro de investigación en Palma de Aceite (Cenipalma).
- Martínez-Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo* (Décimo tercera ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Mosquera-Montoya, M., López, D., Ruiz, E., Valderrama, M. & Castro, L. (2019). Mano de obra en cultivos de palma aceitera de Colombia: Labor Force in Colombian Oil Palm Crops: Share in Production. *Palmas*, 40(1), 46-53.
- Prada-Chaparro, F. & Romero Angulo, H. M. (2012). *Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores*. (1a ed.). Bogotá.
- Rincón, S. M., Hormaza, P. A., Moreno, L. P., Prada, F., Portillo, D. J., García, J. A. & Romero, H. M. (2013). Uso de las etapas fenológicas de los frutos y características fisicoquímicas del aceite para determinar el momento de cosecha óptimo en híbridos interespecíficos de palma OxG. *Palmas*, 34(2), 21-33.
- Romero, H. (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.
- Ruiz, E., Fontanilla, C., Mesa, E., Mosquera, M., Molina, D. & Rincón, A. (2015). Prácticas de manejo y costos de producción de palma de aceite híbrido OxG en plantaciones de ZO y ZSO en Colombia. *Palmas*, 36(4), 1-19.

- Sánchez, A., Fontanilla, C. & Mosquera, M. (2010). *Métodos para el desarrollo de estudios de tiempos movimientos para labores de cultivo en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: Guía para facilitadores* (1 ed.). Bogotá: Cenipalma.
- Sánchez-Rodríguez, A., Daza, E., Ruíz Romero, R. & Romero Angulo, H. M. (2011). *Polinización asistida en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía de facilitadores* (1a ed.). Bogotá.
- Sanz, J. (2016). Pudrición del cogollo: enfrentamiento integral contra un enemigo letal, *P. palmivora*. *Palmas*, 37(Especial Tomo I), 109-114.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (2a ed.). Universitat Jaume I de Castellón. Traducción de Plant physiology 3ª edición en inglés de 2002.
- Taiz, L., Murphy, A., Monshausen, G. & Peer, W. (2017). Sinais e Transdução de Sinal. En L. Taiz, E. Zeiger, I. M. Moller & A. Murphy, *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (6 ed., págs. 407-445). Porto Alegre: Artmed.
- Ussa, I., Cayon, D., Contreras, A., Rodríguez, D. & Zuñiga, E. (2013). Efecto de giberelinas y auxinas en el desarrollo de racimos y producción de aceite en híbrido (OxG) en Oleaginosas las Brisas. *XI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, 1-28. doi: 1037//0033-2909.I26.1.78