Boletín Técnico No. 40

Referenciación competitiva al proceso de polinización artificial en cultivares híbridos interespecíficos OxG: Coari x La Mé





Elizabeth Ruiz Álvarez, Mauricio Mosquera Montoya, Daniel Eduardo Munévar Martínez, Kelly Xiomara Sinisterra Ortiz, Daniel Felipe López Alfonso, Luz Adriana Franco Valbuena, Wendy Yurany Hoyos Rojas, Eloína Mesa Fuquen, Irving Bernal Arango, Patricia Sibaja, Jhon Jairo Banguera, Ana Lucía Bolívar Ortíz, Freddy López Rojas, Yesid Mejía Bejarano, Libardo Santacruz Arciniegas, César Aguiar Leonel, Gustavo Rosero Estupiñán, Enerilson Torrecilla Rojas, Wilfredo Jiménez Herrera, Néstor Pulido Álvarez, Lina Fernanda Rojas Yepes



## Boletín Técnico No. 40

Referenciación competitiva al proceso de polinización artificial en cultivares híbridos interespecíficos OxG: Coari x La Mé

### Boletín Técnico No. 40

# Referenciación competitiva al proceso de polinización artificial en cultivares híbridos interespecíficos OxG: Coari x La Mé

Publicación del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, cofinanciada por el Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma.

#### **Director General**

Alexandre Patrick Cooman

#### **Autores**

Elizabeth Ruiz Álvarez, Mauricio Mosquera Montoya,
Daniel Eduardo Munévar Martínez, Kelly Xiomara Sinisterra Ortiz,
Daniel Felipe López Alfonso, Luz Adriana Franco Valbuena,
Wendy Yurany Hoyos Rojas, Eloína Mesa Fuquen,
Irving Bernal Arango, Patricia Sibaja,
Jhon Jairo Banguera, Ana Lucía Bolívar Ortíz,
Freddy López Rojas, Yesid Mejía Bejarano,
Libardo Santacruz Arciniegas, César Aguiar Leonel,
Gustavo Rosero Estupiñán, Enerilson Torrecilla Rojas,
Wilfredo Jiménez Herrera, Néstor Pulido Álvarez,
Lina Fernanda Rojas Yepes

### Autor para correspondencia

Mauricio Mosquera-Montoya, mmosquera@cenipalma.org

#### Coordinación editorial

Yolanda Moreno M., Esteban Mantilla

#### Diagramación

Ximena Díaz Ortiz

### Impresión

Estudio 45-8 S.A.S.

### Cenipalma

Calle 98 # 70-91. Piso 14 PBX: (57-1) 313 8600 www.cenipalma.org Bogotá, D. C., Colombia

Abril de 2021

ISBN: 978-958-8360-82-9

## Presentación

La producción de aceite de palma en el mundo se ha estancado a nivel global. Incluso en el año 2020 decreció en 4 % con respecto a 2019, lo cual se explica fundamentalmente por la caída en los rendimientos del cultivo (t RFF/ha). La disminución en el rendimiento global de 3,3 a 3,1 t APC/ha (al comparar 2019 con 2020), se asoció a aspectos relacionados con la menor fertilización (bajos precios 2018), variables climáticas y escasez de mano de obra. El rendimiento promedio nacional de la agroindustria de la palma en Colombia para el año 2020 fue 3,15 t APC/ha, inferior al de Indonesia (8 %) y al de Malasia (19 %).

Los menores rendimientos de los cultivadores colombianos y el mayor costo de producción afectan su competitividad. Si se considera que el 50 % del aceite producido en el país tiene como destino el exterior, es preciso encontrar entre otras, alternativas que permitan incrementar la productividad y reducir los costos. El objetivo debe ser usar con la mayor eficiencia posible los factores de producción (tierra, capital y trabajo).

En el caso particular de los cultivos de palma de aceite *Elaeis oleifera x Elaeis guineensis* (híbrido OxG), una de las alternativas implementadas es la polinización artificial que corresponde al uso de ácido naftalenácetico (ANA) para complementar o reemplazar, la polinización asistida; tradicionalmente realizada empleando polen proveniente de cultivares *E. guineensis*. La aplicación del ANA contribuye a que se forme una mayor cantidad de racimos (disminuye el malogro) y a estimular la formación de un mayor número de frutos partenocárpicos aceitosos (mayor contenido de aceite), por lo cual se adoptó rápidamente por parte de los productores de híbrido OxG. Sin embargo, a nivel empírico se evidenció gran heterogeneidad en los métodos de aplicación de ANA.

En este orden de ideas, los métodos propios de la referenciación competitiva (benchmarking) se constituyen en una metodología apropiada para encontrar las mejores prácticas asociadas a la polinización artificial, a partir de las experiencias propias de las plantaciones caracterizadas por haber tenido éxito en la adopción de la tecnología ANA.

Este documento sintetiza los resultados de un estudio de *benchmarking* al proceso de polinización artificial en empresas que lo llevan a cabo de las cuatro zonas palmeras de Colombia. La estructura del texto es por capítulos. El primer capítulo ilustra sobre

el proceso de polinización artificial que, en términos generales, estaban realizando las cinco empresas que participaron en el estudio durante el segundo semestre de 2019. El segundo muestra los indicadores seleccionados para medir dicho proceso y las buenas prácticas identificadas. Finalmente, el tercero expone la discusión acerca de la importancia de la cosecha para garantizar el máximo contenido de aceite, en racimos producidos bajo el sistema de polinización artificial.

Alexandre Patrick Cooman, PhD Director General Cenipalma

# Contenido

Int	rodu	cción		8
1.	Doc	ument	ación del proceso	11
	1.1	Metod	lología	14
			tados	
		1.2.1	Descripción de subprocesos implicados en la labor de polinización artificial con ANA	15
			1.2.1.1 Planeación	
			1.2.1.2 Ejecución	19
			1.2.1.3 Supervisión	25
	1.3	Reflex	xiones	25
2.	Ref	erencia	ición competitiva	27
	2.1	Metod	lología	29
	2.2	Result	tados	32
		2.2.1	Eficiencia de la polinización	33
		2.2.2	Eficiencia de la mano de obra	39
		2.2.3	Eficiencia económica	42
	2.3	Reflex	xiones	44
3.	Cos	echa d	e racimos polinizados con ANA	47
	3.1	Metod	lología	50
	3.2	Result	tados	53
		3.2.1	Indicadores técnicos	53
		3.2.2	Indicadores económicos	57
	3.3	Reflex	kiones	61
Сс	nclu	siones		62
Re	ferer	ncias		64
Αg	rade	cimien	tos	69

# Índice de figuras

Figura 1.	Subproceso de la polinización artificial con ANA 1	5
Figura 2.	Insumos empleados en la polinización y logística de manejo 1	7
Figura 3.	Operaria de polinización	7
Figura 4.	Disponibilidad de inflorescencias anuales en cada plantación 1	8
Figura 5.	Diagrama de operaciones de la labor de polinización artificial con ANA	9
Figura 6.	Herramientas e insumos para el inicio de la jornada de polinización	.0
Figura 7.	Alistamiento de mezcla de insumos	0
Figura 8.	Desplazamiento de la labor de polinización	1
Figura 9.	Tipo de inflorescencia para aplicar según estadio fenológico 2	1
Figura 10.	Marcación del peciolo en la hoja soporte de la inflorescencia 2	2
Figura 11.	Equipo estándar de aplicación en polinización artificial con ANA 2	3
Figura 12.	Aplicación de mezcla	4
Figura 13.	Registro de inflorescencias aplicadas	4
Figura 14.	Metodología de referenciación competitiva	0
Figura 15.	Metodología para determinar la conformación externa del racimo . 3	2
Figura 16.	Conformación de racimos	4
Figura 17.	Formación de cuartos del racimo	5
Figura 18.	Diagrama de proceso de polinización en la plantación B 3	7
Figura 19.	Equipo de polinización de la plantación B	8
Figura 20.	Aspectos a considerar para realizar los POE	9
Figura 21.	Temas tratados en la para capacitación de polinizadores	9
Figura 22.	Participación de factores en el costo de polinizar una inflorescencia	0
Figura 23.	Rendimientos laborales y disponibilidad de inflorescencias 4	1
Figura 24.	Costos asociados a la polinización de una inflorescencia	.2

Figura 25	5. Esquema metodológico para la evaluación del punto óptimo de cosecha cultivar Coari x La Mé	51
Figura 26	5. Evaluación del punto óptimo de cosecha por plantación	53
Figura 27	7. Conformación por punto óptimo de cosecha	54
Figura 28	8. Relación entre rendimiento laboral de la cosecha y productividad de la plantación	58
Figura 29	). Palín mecánico	50
Índice	e de tablas	
Tabla 1.	Estudios de referenciación competitiva en cultivos de palma de aceite	9
Tabla 2.	Información general de plantaciones participantes 1	
Tabla 3.	Insumos empleados en la labor de polinización1	6
Tabla 4.	Indicadores de referenciación del proceso de polinización	0
Tabla 5.	Resultados de indicadores del proceso	2
Tabla 6.	Método de aplicación de ANA por plantación3	6
Tabla 7.	Registros asociados a rendimientos laborales	0
Tabla 8.	Dosis de insumos empleados	
Tabla 9.	Personal de supervisión	4
Tabla 10.	Indicadores de referenciación del proceso de cosecha5	1
Tabla 11.	Categorías de evaluación de punto óptimo de cosecha	
	y conformación del racimo5	2
Tabla 12.	Análisis de potencial de aceite por categorías de racimo	5
Tabla 13.	Potencial de aceite estimado	5
Tabla 14.	Ciclos de cosecha promedio en plantaciones	6
Tabla 15.	Parámetros relacionados con el rendimiento laboral en la cosecha 5	7
Tabla 16.	Rendimientos de plantación (t/ha) y costos de la cosecha	9

## Introducción

La polinización es el proceso que hace posible la producción de semillas y frutos, mediante la transferencia de polen desde los estambres hasta los estigmas o partes receptivas de las flores. En cultivares de palma de aceite *Elaeis guineensis*, este proceso ocurre de manera natural gracias a la acción entomófila (Corley & Tinker, 2008). Sin embargo, en cultivares de híbrido interespecífico OxG (*Elaeis oleifera x Elaeis guineensis*) debido a múltiples factores, es necesario realizar la polinización de manera asistida empleando recurso humano (Sánchez *et al.*, 2011).

La polinización participa con un 18 % del costo de producir una tonelada de fruta (Mosquera *et al.*, 2019). Dada la gran cantidad de mano de obra que demanda y la baja disponibilidad de este recurso en algunas regiones, la investigación y búsqueda de opciones que permitan mejorar la producción de racimos (RFF) se mantiene constante.

Una de las alternativas consideradas es la aplicación exógena de fitorreguladores del tipo de las auxinas, particularmente de ácido naftalenacético (ANA), regulador que ha sido empleado en la producción agrícola por su contribución en la promoción de las fases reproductivas de los cultivos (floración y fructificación). La literatura reporta las respuestas de uso de ANA en cultivos frutales, evidenciando incrementos del tamaño y peso de los frutos, su cuajado, inducción de la partenocarpia e, incluso, participación en la calidad y en la poscosecha de estos (Amado & Fischer, 2006; Liu *et al.*, 2016; Singh & Mirza, 2017). En palma de aceite, los resultados de investigación sugieren que su aplicación en diferentes estadios fenológicos de las inflorescencias (antesis y posantesis de siete y 14 días), permite obtener mayor proporción de frutos partenocárpicos y así incrementar el contenido de aceite en el racimo (Daza *et al*, 2021).

En Colombia, la tecnología de ANA en medio sólido tuvo sus inicios hacia el segundo semestre de 2018, por lo cual se trata de una tecnología de reciente implementación a escala comercial, que se encuentra en proceso de ajuste. En consecuencia, se presentan variaciones de tipo logístico respecto a la conformación de las cuadrillas de trabajo para realizar las aplicaciones, formulación del ANA utilizado (sólido o líquido), dosis, equipos y frecuencia de ingreso a una misma área (una, dos o tres veces por semana). Asimismo, se evidencian diferencias en los resultados obtenidos en términos del peso medio de los racimos con respecto a la polinización tradicional. En general, se observa que la tasa de extracción de aceite (TEA) incrementa en más de tres puntos porcentuales (Ayala & Romero, 2019). Lo anterior sugiere la necesidad de determinar las mejores prácticas asociadas a la aplicación de la tecnología. Para ello se utilizó la referenciación competitiva (benchmarking), metodología de mejoramiento continuo

que permite la comparación del desempeño de las plantaciones en procesos productivos, a través de la medición de indicadores concertados por las partes involucradas y su documentación.

El *benchmarking* ha sido empleado por empresas de diferentes sectores (ganadería, café, caña y palma de aceite) en Colombia. La Tabla 1 sintetiza los estudios de referenciación competitiva realizados a procesos de producción de la agroindustria de la palma de aceite en el país.

Tabla 1. Estudios de referenciación competitiva en cultivos de palma de aceite

	Estudios de benchmarking	Buenas prácticas	
Polinización	Prácticas de manejo y costos de producción (Ruiz <i>et al.</i> , 2015)	Se identificaron buenas prácticas asociadas a la labor como: incentivos a la mano de obra mediante bonificaciones sustentadas en desempeños eficientes y calidad en la labor, capacitación de los trabajadores y supervisión de la labor.	
cha	Mejores prácticas que explican los bajos costos (Mosquera et al., 2006)	Compra y contratación del mantenimiento de la herramienta. 2. Uso de zorras de gran capacidad.     Sepecialización del trabajo. 4. Cosecha poda.     Sepecialización del trabajo. 4. Cosecha poda.     Sepecialización del trabajo. 4. Cosecha poda.	
Cosecha	Referenciación competitiva para la agroindustria de la palma de aceite en Colombia (Mosquera & Gallego, 2005)	Planeación. 2. Control de calidad. 3. Motivación.     Dos podas al año. 5. Verificación de la madurez.	
Planta de beneficio	Mejores prácticas en plantas de beneficio para el procesamiento de fruto de palma de aceite en Colombia (Mosquera et al., 2006)	Para minimizar pérdidas de aceite en tusa: 1. Uso de descarga de vapor de autoclave y automatización de la esterilización para minimizar las pérdidas de aceite en tusa. 2. Automatización de la prensa y control de nivel de digestores. Para minimizar pérdidas de aceite en fruto adherido: 3. Uso de picos de presión de acuerdo con la calidad de fruta	
Alce y transporte	Mejores prácticas para el transporte de fruto de palma (Medina, 2009)	Uso del transporte con zorrillo tipo balanza para disminuir los tiempos de descargue y transporte y los costos por tonelada	

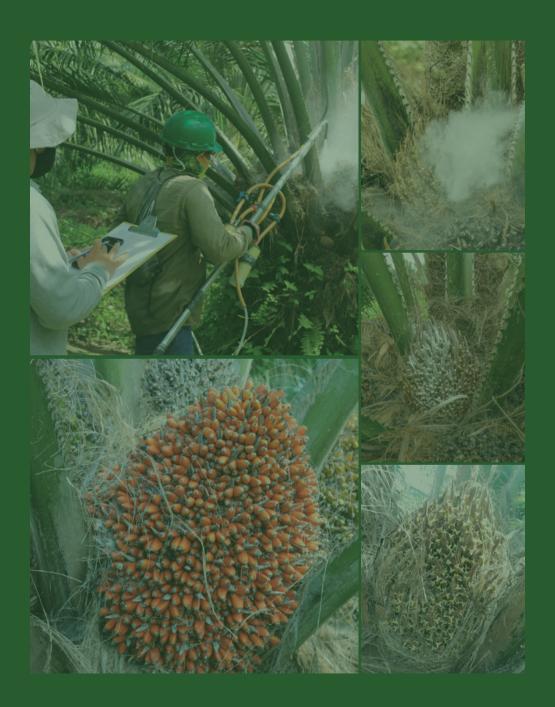
	Estudios de benchmarking	Buenas prácticas	
Alce y transporte	Sistemas de evacuación y alce de fruto (Fontanilla <i>et al.</i> , 2010)	Mejorar la productividad de la plantación para disminuir el costo de alce de RFF. 2. Sistemas de alce manual son competitivos frente a los de alce semimecanizado y mecanizado. 3. Garantizar la logística y el seguimiento a la operación de alce para mejorar el rendimiento de la mano de obra.	
Alce y	Comparación entre alce manual y cablevía en Campo Experimental Palmar de la Vizcaína (Castiblanco et al., 2010)	El sistema cablevía presenta una mejor respuesta a la evaluación rápida y efectiva del fruto del campo hasta el vehículo. La reducción en tiempo de llenado del vehículo es de 70,33 %, respecto al alce manual.	

Como se mencionó anteriormente, la polinización artificial, es decir, la aplicación del ANA a inflorescencias de cultivos de palma de aceite, es una práctica muy reciente y no existen estudios previos de referenciación competitiva para esta. Precisamente, la contribución más importante de los resultados que aquí se dan a conocer, fue la de llenar este vacío en el conocimiento.



Polinización artificial - ANA

# 1. Documentación de proceso



Este capítulo presenta la documentación del proceso de polinización artificial en cinco plantaciones de palma de aceite, en el segundo semestre del 2019. Las empresas, ubicadas en las cuatro zonas palmeras colombianas, se caracterizan por destacados desempeños productivos y altos niveles de adopción de tecnología.

El cultivo del híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) cuenta en la actualidad (2020) con más de 70.000 ha sembradas en Colombia (Ayala & Romero, 2019), distribuidas en las regiones: Norte – Urabá, Central, Oriental y Suroccidental. Este proviene del cruzamiento de madres *E. oleifera* y padres *E. guineensis*. En el país, uno de los principales híbridos plantados ha sido el Coari x La Mé (54 % del área) (Unidad de Extensión, Cenipalma, comunicación personal diciembre, 2020), razón por la cual se seleccionó para realizar este trabajo de referenciación competitiva.

La siembra de estos cultivares se incentivó por su resistencia parcial a la Pudrición del cogollo (PC)<sup>1</sup> (Ávila *et al.*, 2016). Por ello, su establecimiento ha representado ahorros en términos logísticos y económicos. Sin embargo, la necesidad de ser polinizados de manera asistida se ha convertido en un reto debido a sus características, entre las que destacan: la baja viabilidad y germinabilidad de su polen (Guataquira *et al.*, 2019), la reducida actividad de los polinizadores naturales, la escasa producción de inflorescencias masculinas y la presencia de brácteas pedunculares indehiscentes que dificultan el ingreso del polen (Forero *et al.*, 2012).

Hasta el 2018, la polinización asistida se realizaba aplicando polen cosechado de cultivares *E. guineensis* a inflorescencias en estadio fenológico de antesis (Ruiz *et al.*, 2015). Dicha labor resultaba clave para la correcta formación de los racimos. Según reportan los estudios, al polinizar era posible alcanzar *fruit set* superiores al 65 % (potencial de aceite del 24 %) (Zambrano, 2004); mientras que en condiciones de polinización natural no superaba el 45 % (potencial de aceite del 12 %) (Rosero & Santacruz, 2014).

Dado que las inflorescencias son receptivas al polen únicamente en estadio de antesis (607), y a que esta tiene una duración de 24 horas (Hormaza *et al.*, 2010), era preciso entrar tres veces por semana a la misma hectárea, es decir, visitar cada hectárea cultivada aproximadamente 150 veces en el año (Romero, 2018). Así, los rendimientos de un trabajador se estimaron entre ocho y 12 ha por día (Ruiz *et al.*, 2015), lo que implica contar con una gran cantidad de personal disponible para realizar la labor.

<sup>1</sup> La Pudrición del cogollo se considera la enfermedad más limitante de cultivos de palma *Elaeis guineensis* en Colombia y en América (Sanz, 2016).

En el 2018, Cenipalma compartió los resultados experimentales de la aplicación de ácido naftalenacético (ANA) líquido, en la producción de racimos de palma de aceite. Dichas aplicaciones a inflorescencias durante y después de la antesis, permitieron el desarrollo y llenado de frutos, así como la producción de un 15 % más de racimos, con porcentajes de formación de frutos principalmente partenocárpicos cercanos al 95 % (Daza *et al.*, 2020; Romero *et al.*, 2021).

# 1.1 Metodología

La referenciación competitiva se realizó en cinco plantaciones de las cuatro zonas palmeras. Para ello, se trabajó con información primaria y secundaria de doce lotes, cultivados con híbrido OxG Coari x La Mé (siembras 2009 – 2012) (Tabla 2). La documentación del proceso se llevó a cabo en un periodo de dos a tres semanas en cada plantación, en las cuales se observaron las diferentes etapas del proceso y se entrevistó al personal de todas las áreas asociadas a la labor: Coordinación, Supervisión, Operación y Administración.

Tabla 2. Información general de plantaciones participantes

Plantación	А	В	С	D	Е	
Área total sembrada con cultivares híbridos OxG (ha)	1.323	474	3.500	3.599	1.563	
Cultivar predominante	Coari x La Mé					
Porcentaje de área sembrada	97 %	100 %	98 %	92 %	72 %	
Área (ha) con cultivares híbridos OxG siembras 2009 – 2012	1.323	329	854	2.188	1.563	

En este capítulo se presenta la forma en la que las empresas participantes realizan la labor, considerando tres grandes aspectos que son transversales a todas: planeación, ejecución y supervisión.

### 1.2 Resultados

En el momento en el que se hizo la referenciación competitiva, todas las plantaciones llevaban a cabo, la polinización empleando tres insumos: polen, talco y ANA. En la mayoría (4 de las 5 empresas), se empleó la mezcla de tres insumos: polen+ talco + ANA, con tres aplicaciones a cada inflorescencia, normalmente en estadio de antesis (607) y posantesis (estadios fenológicos 609 – 703). En la otra empresa, polen+ talco en antesis y dos refuerzos con ANA, siete y catorce días después de antesis.

# 1.2.1 Descripción de subprocesos implicados en la labor de polinización artificial con ANA

La Figura 1 muestra los subprocesos que componen el proceso de polinización artificial con ANA y cada uno de ellos es explicado a continuación.

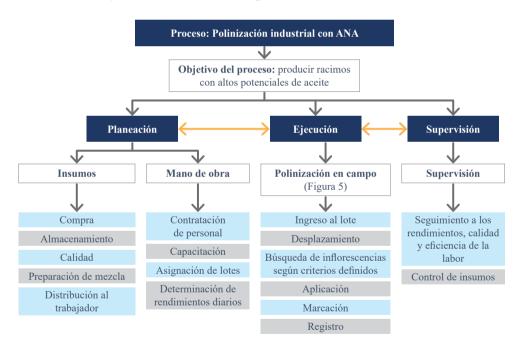


Figura 1. Subprocesos de la polinización artificial con ANA

#### 1.2.1.1 Planeación

Corresponde a la actividad realizada para estimar los requerimientos necesarios para la ejecución de la labor: insumos, mano de obra, equipos y transporte (Figura 1).

Dado que el mayor costo se concentra en la mano de obra y en los insumos, se hace referencia a estos dos factores.

Insumos. Involucra lo relacionado con la compra, almacenamiento, control de calidad, preparación de mezclas y entrega a los trabajadores. Las plantaciones que participaron en este estudio emplean tres insumos principales: polen, talco y ANA (Tabla 3). Estos se presupuestan considerando las áreas a polinizar, las edades de los cultivos y el número de inflorescencias que produce una palma de aceite en el año de acuerdo con su edad.

Tabla 3. Insumos empleados en la labor de polinización

Plantación		А	В	С	D	Е		
	Consumo (kg/ha/año)	0,56	0,75	0,67	0,47	0,52		
polen	Característica	Compra a terceros		Cosecha de cultivos E. guineensis propios		Compra a terceros		
	Almacenamiento	Refrigerado a temperaturas entre -17 °C y – 24 °C						
	Consumo (kg/ha/año)	1,35	1,2	0,97	1,12	1,26		
talco	Concentración	6 %	6 %	98 %	98 % / 6 %	98 %		
at	Formulación			Sólida				
	Almacenamiento	Almacén en donde se garantizan oscuridad y bajas condiciones de humeda						
ANA	Consumo (kg/ha/año)	22,3	25,6	22,9	17,2	19,2		
٩	Almacenamiento	Almacén en donde se garantizan bajas condiciones de baja luminosidad						

En la Tabla 3 se presentan las características de los insumos empleados en cada plantación y las condiciones de almacenamiento, importantes para garantizar su eficacia. Las cifras de consumo de insumos por hectárea en el año se estimaron de acuerdo con las dosis empleadas, el número de aplicaciones realizadas a cada inflorescencia y el promedio de inflorescencias disponibles anualmente en cada plantación. La logística de preparación de mezclas y entrega de insumos a los trabajadores, la lleva a cabo el personal de supervisión (supervisores y auxiliares), normalmente el día anterior. La cantidad de mezcla, que usualmente se distribuye en bolsas o termos, se determina a partir de los datos diarios de inflorescencias disponibles en los lotes.

Debe quedar homogénea, considerando las proporciones de cada insumo. Algunas plantaciones cuentan con equipos para hacerlo (Figura 2).



Figura 2. Insumos empleados en la polinización y logística de manejo

Mano de obra. La cantidad de personal está dada en función del método de polinización definido, de la disponibilidad de inflorescencias y del rendimiento del trabajador en el campo (Figura 3).



Figura 3. Operaria de polinización

Las plantaciones A y B presentaron un comportamiento uniforme a lo largo del año, en lo que concierne al número de inflorescencias disponibles (A = más de 150 inflo-

rescencias/ ha/mes y B = más de 200 inflorescencias/ha/mes); en las C, D y E, se observaron dos épocas con diferente disponibilidad de inflorescencias (Figura 4). Entre los meses de octubre a mayo se evidenció una mayor (de 150 a 180 inflorescencias/ha/mes), y de mayo a septiembre una menor (de 60 a 80 inflorescencias/ha/mes).

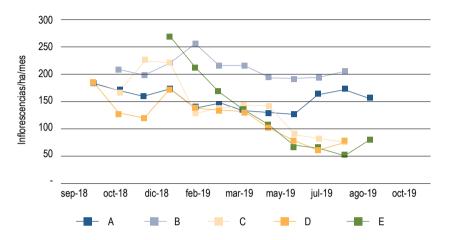


Figura 4. Disponibilidad de inflorescencias anuales en cada plantación

El comportamiento homogéneo en la producción de inflorescencias de las plantaciones A y B se debe, por lo menos en parte, a que en estas regiones hay una distribución uniforme en la precipitación a lo largo del año. En las demás, se dan épocas de sequía que causan déficit hídrico, y no se cuenta con sistemas de riego que permitan suplirlo. Debe recordarse que la temporada seca afecta el número de inflorescencias disponibles y la relación de estas de los cultivos (Mejía, 2000), y que los efectos del estrés hídrico se observan en el campo entre 20 y 30 meses después (Woittiez *et al.*, 2018).

De igual manera, la Figura 4 ilustra diferencias respecto a la proporción de inflorescencias en cada plantación. La B presentó 20 % más respecto a la A, 35 % más que la E y 66 % más que la C y D. Ello indica un mayor potencial productivo en condiciones de la plantación B, dado por las condiciones edafoclimáticas y por la adopción de mejores prácticas de manejo agronómico. Esto se tiene en cuenta en el Capítulo 2, donde se describen las mejores prácticas asociadas a los rendimientos y costos de la labor.

En conclusión, la disponibilidad de inflorescencias es un factor clave a la hora de planificar los rendimientos asignados a los trabajadores, en términos de la cantidad y de su fluctuación a lo largo del año. Esto quiere decir que no se puede exigir la misma meta en todas las plantaciones y tampoco en el transcurso del año. Por el contrario, la planificación sobre el requerimiento de mano de obra se debe realizar considerando el potencial productivo de cada plantación y el método empleado (Sánchez *et al.*, 2010).

### 1.2.1.2 Ejecución

Se describen las actividades llevadas a cabo por los operarios de polinización en las cinco plantaciones, mediante un diagrama de flujo de operaciones (Figura 5).

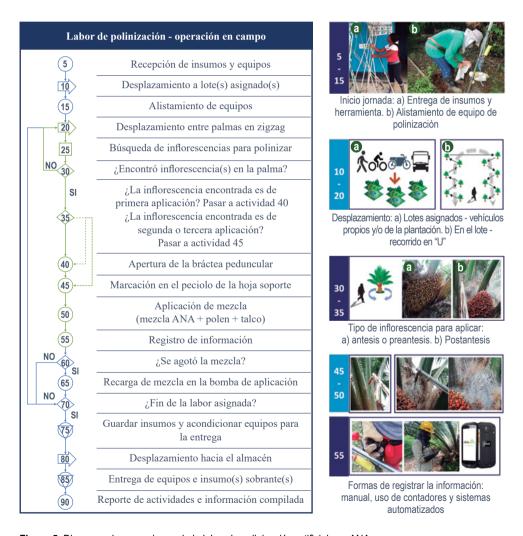


Figura 5. Diagrama de operaciones de la labor de polinización artificial con ANA

Cabe anotar que estos hacen uno o dos ingresos al mismo lote en la semana (según el criterio de su plantación), lo que implica que realizan entre 52 y 104 ingresos por hectárea en el año y, de manera inversa, con la frecuencia varía el número de inflorescencias a tratar por hectárea. El día laboral generalmente comienza con la llegada de los trabajadores a puntos de encuentro, donde el personal de supervisión entrega: área asignada, insumos para el día y equipo de trabajo (Figura 6).



Figura 6. Herramientas e insumos para el inicio de la jornada de polinización

A continuación, los trabajadores se desplazan en vehículos propios o de las plantaciones hasta los respectivos lotes. Al llegar, alistan los equipos y depositan las mezclas en los respectivos recipientes para realizar la primera ronda de aplicación (Figura 7). A lo largo de la jornada laboral, es probable que debido a la disponibilidad de inflorescencias la mezcla de insumos en el equipo se agote. En ese caso el operario hace una parada para recargar los recipientes (Figura 5 elemento 65).



Figura 7. Alistamiento de mezcla de insumos

En la Figura 5, las operaciones que el trabajador realiza con mayor frecuencia durante su jornada laboral se señalan en color verde. Estas corresponden al desplazamiento en campo, búsqueda y toma de decisiones sobre inflorescencias en estadio fenológico adecuado, marcación de peciolo de la hoja que soporta la inflorescencia a polinizar, aplicación de la mezcla y registro.

**A. Desplazamiento.** Se realiza entre dos líneas de palma (calle) haciendo una U, es decir, ingresando por una calle y saliendo por la siguiente. Se sigue un patrón de zigzag, según se observa en la Figura 8, en donde se rodea cada palma en búsqueda de inflorescencias disponibles para polinizar.

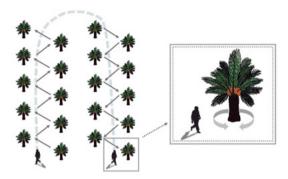


Figura 8. Desplazamiento de la labor de polinización

**B.** Búsqueda, decisión de inflorescencias para aplicar y marcación de hojas. El operario rodea cada palma para identificar inflorescencias que se encuentren en los diferentes estadios fenológicos en los que deben ser tratadas (Figura 9). Así se pueden hallar inflorescencias: 1) para primera aplicación en estadio de antesis (Figura 9 a), y 2) para segundo y tercer pase, posantesis 609 - 703 (Figura 9 b).



**Figura 9.** Tipo de inflorescencia para aplicar según estadio fenológico: a. Inflorescencia en plena antesis para primera aplicación. b. Inflorescencia en posantesis para segunda y tercera aplicación

Inflorescencias para primera aplicación. El trabajador debe considerar tres criterios para seleccionarlas: apertura de la bráctea peduncular en un 80 %, lóbulos del estigma abiertos y de color crema, y la hoja adyacente al racimo no tiene ninguna marca (Figura 9 a). Para poder observar bien el estadio de la inflorescencia, se procede a terminar de rasgar la bráctea peduncular con ayuda de un gancho que hace parte del equipo de polinización. A las inflorescencias de primera aplicación, dependiendo del método de polinización, se les suministra la mezcla, ya sea polen + talco + ANA o bien, polen + talco. Una vez realizada, el operario hace una marca en el peciolo de la hoja (Figura 10) que soporta el racimo, que generalmente incluye el día y/o semana en la que se llevó a cabo la aplicación.

Inflorescencias para segundo y tercer pase. El trabajador observa la marcación realizada en el peciolo de la hoja que soporta el racimo (Figura 10). Cada plantación maneja una nomenclatura para hacerla. Normalmente, trazan una raya (/) para cada aplicación, posterior a la marca de la primera semana. Las consideraciones respecto a la marcación de la hoja son:

- a. Se hacen signos especiales cuando la primera aplicación corresponde a una inflorescencia que pasó del estadio de preantesis o antesis, como por ejemplo un asterisco o una letra (A, para antesis; P, para postantesis).
- b. Se utilizan diferentes símbolos, según el día de ingreso al lote, ya que la mayoría de las empresas participantes realizan dos entradas a la semana a un mismo lote. Estos se incluyen como parte de la marcación para identificar las dos aplicaciones siguientes. Adicionalmente, esto sirve para evitar que se vuelva a polinizar una inflorescencia que ya había recibido atención, por ejemplo: 5 z/z/



Figura 10. Marcación del peciolo en la hoja soporte de la inflorescencia

C. Aplicación. Al momento de documentar la práctica, en la mayoría de los casos se empleaba la mezcla de los tres insumos (polen, ANA y talco). Con respecto al equipo, se utilizaba el mismo que servía para aplicar polen. Este consta de un tubo de aluminio de aproximadamente dos metros de largo, cuya longitud cambia según la altura de las palmas (Figura 11). Pegado con soldadura, lleva un gancho que sirve para la apertura de brácteas (Figura 11 a). El equipo cuenta con un recipiente en el que se deposita la mezcla a aplicar (ANA + polen + talco) (Figura 11 b), y una bomba insufladora que genera la presión necesaria para impulsar la mezcla hacia la inflorescencia, a través de una manguera unida al tubo. Para sujetar el equipo el operario utiliza una piernera.



Figura 11. Equipo estándar de aplicación en polinización artificial con ANA

Respecto a la aplicación, se busca cubrir completamente cada inflorescencia en la parte basal, media y apical, con la dosis necesaria de mezcla (Figura 12). En las empresas A, C y D se realizan tres aplicaciones en la zona basal, de manera que se inyecte el tubo lo más profundo posible para generar un efecto de insuflación de la mezcla en todo el interior. Así se garantiza la formación de frutos internos del racimo. Por otra parte, la calidad del destape y de la aplicación son fundamentales para el cubrimiento de la inflorescencia y la futura calidad de la conformación de los racimos.



Figura 12. Aplicación de mezcla

**D. Registro de inflorescencias aplicadas.** Una vez que se lleva a cabo la aplicación, se anota la cantidad de inflorescencias polinizadas. Esto se hace con tres fines: 1) registrar el rendimiento de la labor para efectos de pago y en algunas plantaciones para bonificaciones, 2) planificar la cantidad de insumos a emplear en la siguiente jornada, y 3) consolidar información para el análisis de productividad. En las plantaciones participantes se realiza de diferentes maneras: manual en hojas de papel, con contadores o con sistemas automáticos que permiten tomar y analizar datos en tiempo real (Figura 13).





Figura 13. Registro de inflorescencias aplicadas

La labor del polinizador termina una vez recorre el área asignada para cada día. En ese momento, regresa al sitio inicial para entregar los equipos, insumos sobrantes y reporte de la cantidad de inflorescencias que fueron aplicadas.

### 1.2.1.3 Supervisión

Corresponde al acompañamiento en la ejecución del proceso. El personal de supervisión se encarga de la preparación de insumos, la coordinación de la logística de la operación en campo y el seguimiento a la labor en términos cualitativos y cuantitativos. El control consiste en la revisión diaria al trabajo de los operarios de polinización que tiene asignados. La actividad se centra en seleccionar dos líneas de palma y hacer el recorrido para verificar los siguientes aspectos que se consideran importantes:

*Calidad*. Se evalúa la aplicación de las inflorescencias disponibles, la cobertura, la apertura de la bráctea hasta la base y la marcación de la hoja.

*Confianza*. Se comparan los reportes que los trabajadores realizan y lo que el supervisor evalúa en el campo.

Áreas aplicadas. Se confirma que las áreas programadas para polinizar sean efectivamente aplicadas.

La información proveniente de las evaluaciones permite tomar decisiones en varios sentidos. Por ejemplo: establecer necesidades de capacitación a raíz de la identificación de fallas en la calidad de las aplicaciones realizadas, bonificar a trabajadores con desempeño superior, proyectar la cantidad de insumos a aplicar, y planear aspectos de logística relacionados con la cosecha, entre otros. Al finalizar la supervisión se retroalimenta al operario acerca de los criterios recién mencionados.

### 1.3 Reflexiones

La polinización artifical con ANA, aunque es una tecnología muy reciente, comparte mucho elementos de la polinización asisitida que pueden favorecer su adopción por parte de las plantaciones que la implementan. En este capítulo se identificó que el proceso de polinización empleando ANA cambia algunos aspectos del método tradicional en el que se empleaba polen; sin embargo, el flujo del proceso y de la labor *per se* se mantiene. En el siguiente capítulo se presentan aquellos que a las cinco plantaciones les ha permitido alcanzar resultados destacados.



Insumos y herramientas para polinización con ANA

# 2. Referenciación competitiva



En este capítulo se presentan los indicadores (técnicos y económicos) y las mejores prácticas asociadas al proceso de polinización artificial.

La actividad se difundió rápidamente entre cultivadores de híbrido OxG al finalizar el 2018, debido a varios factores de los que se destacan dos. El primero, el incremento en la eficiencia de la polinización (cerca del 100 % de inflorescencias polinizadas), resultado de hacerlo en estadios posteriores a la antesis y garantizar la formación de frutos (Daza *et al.*, 2020; Ruiz *et al.*, 2020). El segundo, el aumento en la tasa de extracción de aceite (TEA) en más de tres puntos porcentuales, dado la mayor proporción de frutos partenocárpicos aceitosos (Romero *et al.*, 2020).

Ahora bien, la adopción de la tecnología se realizó siguiendo diferentes métodos entre las plantaciones. Se implementó considerando distintas dosis, tipos de mezcla (ANA en suspensión líquida o en mezcla sólida), frecuencias de ingreso a los lotes, y estadios fenológicos de las inflorescencias en los que se lleva a cabo la aplicación, entre otros aspectos que afectan la labor. Precisamente dicha heterogeneidad en los métodos hizo pertinente adelantar este estudio de referenciación competitiva, e identificar mejores prácticas asociadas a la aplicación de ANA, aprovechando la disposición de cinco plantaciones para compartir sus experiencias.

# 2.1 Metodología

La metodología empleada siguió trabajos previos de referenciación competitiva elaborados por Cenipalma en otros procesos de producción del cultivo, como la cosecha, el procesamiento de la fruta y la polinización únicamente con polen, entre otros (Fontanilla *et al.*, 2010; Mosquera & Gallego, 2005; Ruiz *et al.*, 2015). Las etapas de ejecución del trabajo se observan en la Figura 14. A continuación, se presentan algunas aclaraciones metodológicas.

Fase de planeación. Se definieron los indicadores de resultado que permitirían medir el proceso. Estos fueron precisados a partir de estudios previos de referenciación competitiva en la labor de polinización, empleando polen únicamente (Ruiz *et al.*, 2015). En una etapa posterior, los indicadores fueron socializados con los encargados del proceso en cada plantación (coordinadores de polinización) y, a partir de ahí, se concertó su pertinencia y la metodología para su medición (Tabla 4).

**Toma de datos en campo.** Una vez establecidos los indicadores y la metodología para su medición, se elaboró un cuestionario con dos componentes temáticos: 1) Datos para estimación de indicadores de medición del proceso, para lo que se indagó

por registros de las plantaciones, con excepción del indicador conformación del racimo que se tomó en campo (Figura 15). 2) Documentar el proceso e identificar buenas prácticas asociadas a la polinización, preguntando por el método empleado, la logística de los insumos, la mano de obra, equipos, operación en campo y supervisión. Los datos fueron suministrados por coordinadores de polinización, supervisores, auxiliares y operarios en campo.

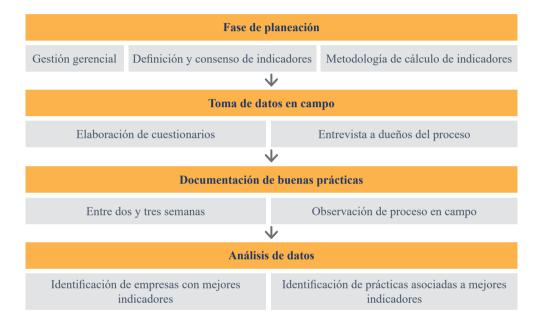


Figura 14. Metodología de referenciación competitiva

Tabla 4. Indicadores de referenciación del proceso de polinización

Indicador	Fórmula	Forma de medición	Criterio de posición
Formación de	# inflorescencias aplicadas	Suma del número de inflorescencias aplicadas (entre enero y marzo de 2019) en 12 lotes y suma de número de racimos formados entre cinco y seis meses después (junio a agosto) (julio a septiembre) en los mismos 12 lotes	Posición líder para
racimos	# racimos cosechados		el mayor porcentaje

Indicador	Fórmula	Forma de medición	Criterio de posición
Conformación externa del racimo	# de racimos en clase 1 # de racimos totales	Se evaluaron al menos 1.000 racimos en 12 lotes en cada plantación y se calculó su conformación externa siguiendo la escala propuesta por la plantación Palmeiras (Figura 15).	Posición líder para el mayor porcentaje
Rendimiento laboral (época de mayor y menor disponibilidad de inflorescencias)	# de inflorescencias aplicadas ha/vez	Se estimaron las inflorescencias aplicadas por ha/vez, de acuerdo con reportes del # de inflorescencias/lote/mes, y la frecuencia de ingreso a los lotes.	Posición líder para el mayor rendimiento
Área cubierta / trabajador/ semana	hectáreas (ha) polinizadas trabajador	Se valoró a partir del registro de las plantaciones respecto a área recorrida (hectáreas) por jornada laboral.	Posición líder para la mayor área cubierta por trabajador
Costo de mano de obra directa		Se determinó según el jornal pagado en cada plantación y el rendimiento promedio ponderado (inflorescencias/ha/vez).	
Costo de insumos	costo (\$) inflorescencia / aplicación	Se calculó a partir de las dosis de los insumos aplicados por inflorescencia y los precios.	Posición líder para el menor costo unitario
Costo total		Se estimó de acuerdo con los costos de mano de obra directa, supervisión, insumos y equipo.	

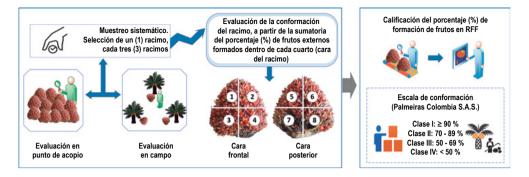


Figura 15. Metodología para determinar la conformación externa del racimo

**Documentación de buenas prácticas.** Se desarrolló entre dos y tres semanas en cada plantación y correspondió a la observación de los subprocesos asociados a la polinización, así como al diligenciamiento del cuestionario (acápite de documentación). Se realizaron entrevistas a los responsables con el objetivo de identificar buenas prácticas asociadas a la labor.

**Análisis de datos.** En esta etapa, utilizando estadística descriptiva, se calcularon los diferentes indicadores (Tabla 4) para cada una de las plantaciones, a las que se les asignó una posición. Se identificaron las mejores prácticas, que conllevaron a un desempeño superior en los diferentes subprocesos, de acuerdo con el puesto obtenido por las mismas en cada uno de los indicadores.

## 2.2 Resultados

Se estimaron los indicadores según la metodología señalada en la Tabla 4, cuyos resultados se evidencian en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados de indicadores del proceso

Indicador	ítem	Plantación					
mulcador	item	Α	В	С	D	Е	
1. Formación de	Calificación	100 %	100 %	86 – 100 %	88 – 100 %	78 – 93 %	
racimos	Posición	1	1	1	1	2	
2. Conformación	Calificación	35 %	70 %	44 %	31 %	57 %	
del racimo	Posición	4	1	3	5	2	

Continúa

Indicador	ítem	Plantación					
mulcador	item	Α	В	С	D	Е	
Rendimiento laboral en	(Inf/ha/vez)	21,2	27,6	17,4	19,2	48,7	
época de alta floración	Posición	3	2	5	4	1	
4. Rendimiento laboral en	(Inf/ha/vez)	18,9	24,7	12,4	11,4	19,2	
época de baja floración	Posición	3	1	4	5	2	
5. Área cubierta /trabajador/	Ha/trabajador/ semana	15,6	21	21	19,5	30,5	
semana	Posición	5	2	2	4	1	
6. Costo de mano de obra	\$/inflorescencia	156	127	221	252	146	
directa por aplicación	Posición	3	1	4	5	2	
7. Costo de	\$/inflorescencia	85	64	69	49	63	
insumos por aplicación	Posición	5	3	4	1	2	
8. Costo total	\$/inflorescencia	266	228	309	325	238	
por aplicación*	Posición	3	1	4	5	2	
Posición promedio		3,6	1,4	3,3	3,9	2,1	

Nota. \*El costo total incluye el valor de insumos, mano de obra, equipo y supervisión

A partir de las calificaciones para cada indicador y las posiciones ocupadas por las plantaciones, se procedió a identificar buenas prácticas relacionadas con la eficiencia de la polinización (indicadores 1 y 2), eficiencia de la mano de obra (3 a 5) y eficiencia económica (6 a 9). Se consideraron aspectos de manejo que fueran diferentes en las plantaciones que presentaron las menores posiciones promedio en los indicadores de la Tabla 5. A continuación, se describe al detalle el análisis de los indicadores y las buenas prácticas identificadas.

## 2.2.1 Eficiencia de la polinización

La eficiencia de la polinización se midió a través de dos indicadores: la formación de racimos a partir de las inflorescencias polinizadas y la conformación externa del raci-

mo en términos de la clase (no se valoró la formación interna de frutos en el racimo). Para el primero, es conveniente indicar que se consideraron los racimos entre seis y siete meses después de la polinización. Las plantaciones A, B, C y D tuvieron porcentajes de formación entre 85 % - 100 %, y solo en la E estuvo por debajo del 85 %.

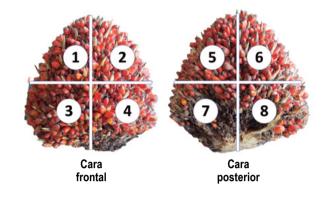
Con respecto al segundo indicador se evaluaron al menos 1.000 racimos en cada plantación, lo que arrojó que más del 87 % de los racimos evaluados se encontraron en clases I y II (Figura 16). Es decir con más del 70 % de frutos formados en el racimo. Es notable que en todas las plantaciones se obtuvo más de 80 % de racimos formados en clase I y II y el menor en clases III y IV al igual que la E.



Figura 16. Conformación de racimos

A partir de la medición del indicador de conformación de racimo, se identificaron aspectos relacionados con la calidad de las aplicaciones realizadas, mediante la formación de frutos en cada uno de los cuartos del racimo. Así, en la Figura 17 se puede observar que en todas las empresas es común que haya una formación de más del 95 % de los frutos en los cuartos superiores, tanto en la cara posterior como en la frontal. Sin embargo, en los cuartos inferiores los porcentajes son menores, especialmente en la cara posterior del racimo. Esto puede deberse a varios aspectos como: la asincronía floral, la disposición de las inflorescencias sobre las axilas de las hojas (lo que dificulta la cobertura de la aplicación en estas áreas) o la longitud del tubo que se inserta para la aplicación al no alcanzar las caras posteriores.

Se resalta que las empresas B y E obtuvieron porcentajes de conformación del racimo en dichos cuartos mayores al 70 %, evidenciando las mejores prácticas asociadas a la polinización.



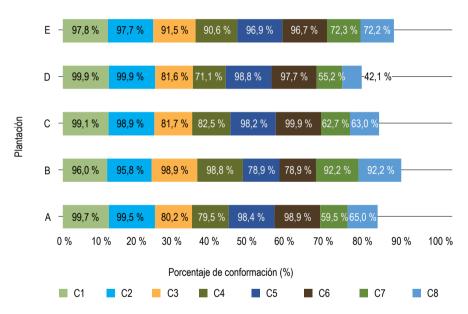


Figura 17. Formación de cuartos del racimo

Entre las buenas prácticas asociadas a la obtención de mejores resultados en la eficiencia de la labor (indicadores uno y dos), están:

**Método.** Hace referencia al procedimiento empleado en cada plantación en términos de dosis y logística de manejo de insumos, equipo de aplicación y asignación de la mano de obra en el campo. Se encontró que en la plantación B se realizó la aplicación separada de polen y ANA. En el estadio fenológico de antesis se administró la mezcla de polen + talco, y en posantesis (7 dda y 14 dda), ANA (Tabla 6).

Tabla 6. Método de aplicación de ANA por plantación

	А	В	С	D	Е
Método	3 aplica- ciones de ANA+talco + polen en antesis (607), 7 dda (609), 14 dda (703)	1 aplicación de polen+ talco en antesis (607) y dos aplicaciones de ANA a los 7 dda (609), 14 dda (703)	3 aplicaciones de ANA+talco + polen en preantesis 3 (603), antesis (607), 7 dda (609), 14 dda (703)	3 aplica- ciones de ANA+talco + polen en antesis (607), 7 dda (609), 14 dda (703)	3 aplica- ciones de ANA+talco + polen en antesis (607), 7 dda (609), 14 dda (703)
Dosis (g/inflorescencia)	ANA (0,24 g) + polen (0,1 g) + talco (3,9 g)	polen (0,3 g) + talco (3,7 g) y ANA (0,24 g)	ANA (0,24 g) + polen (0,2 g) + talco (5,6 g)	ANA (0,24 g) + polen (0,08 g) + talco (3,6 g)	ANA (0,24 g) + polen (0,10 g) + talco (3,76 g)
Concentración de ANA en un kg/producto	6 %	6 %	98 %	98 % / 6 %	98 %
Concentración en ppm	55.814	74.074	39.344,3	59.701,5	58.536,6

La aplicación separada de polen y ANA asegura que exista una mejor formación de frutos en el racimo, especialmente de normales. Este resultado es consistente con las pruebas llevadas a cabo por Cenipalma, según las cuales en la mezcla del polen y el ANA, el segundo insumo afecta negativamente la germinabilidad y viabilidad del primero (Ruiz *et al.*, 2020). Esto implica un cambio en el diagrama de operaciones del polinizador, debido a que debe tomar la decisión de suministrar polen + talco en el caso de inflorescencias de primera aplicación; mientras que, si es de segunda y/o tercera, se emplea ANA + talco (Figura 18).

Dicha modificación en el método implica diferencias en el equipo de aplicación, dado que se hace preciso mantener los insumos separados. En ese sentido, el empleado por esta plantación presenta una variación respecto al documentado en el Capítulo 1 (utilizado por la mayoría de las plantaciones que adoptaron la polinización artificial), principalmente por el uso de dos recipientes para almacenar por un lado la



Figura 18. Diagrama de proceso de polinización en la plantación B

mezcla polen y talco, y por el otro, el ANA (Figura 19). Adicionalmente, se incluyen dos mangueras independientes que se encuentran comunicadas con los respectivos recipientes para permitir el transporte de los insumos. La mezcla es arrojada a través de una bomba neumática.

Otro de los aspectos que se evidenció que la plantación B realiza de manera diferente corresponde a la aplicación de una mayor concentración de ANA. Sin embargo, no es posible aseverar en este estudio que la aplicación de una mayor concentración de ANA es determinante en la formación de los frutos.

Manejo de insumos en campo. Una de las prácticas adicionales realizada por la empresa B corresponde al manejo de los insumos en el campo, que incluye dos aspectos principales:

- Almacenamiento: mientras ocurre el desplazamiento, los insumos son entregados en bolsas con cierre hermético. Para el polen, en particular, se entregan baterías de frío que le permiten mantener la viabilidad y germinabilidad.
- 2) Logística de entrega de insumos: el suministro de dosis extra garantiza que se aproveche el tiempo del trabajador.



Figura 19. Equipo de polinización de la plantación B

**Procedimientos operativos estándar (POE).** Una de las buenas prácticas identificadas correspondió a la estandarización del proceso, su respectiva documentación y socialización con los diferentes actores que intervienen. Se estableció que tres de las cinco empresas contaban con los POE en el momento de la documentación. Se resalta la empresa B, que incluye una completa descripción del proceso de polinización, el uso de elementos de seguridad durante la ejecución de la labor, las características de las inflorescencias a polinizar, los criterios de polinización y la forma de aplicación, entre otras (Figura 20).

Capacitaciones. Todas las plantaciones cuentan con procesos de capacitación a los polinizadores, que normalmente están a cargo del personal de supervisión, y poseen componentes teóricos y prácticos. El práctico por lo general se realiza entre dos y cuatro días, en los que el trabajador nuevo acompaña a uno antiguo para aprender. Los temas en los que se enfocan las capacitaciones se exponen en la Figura 21.

Generalidades	Aspectos fisiológicos	Insumos y equipo	Pro	ceso
Objetivo y justificación de la	Descripción gráfica de	Características	Entrega de mezcla	Aplicaciones
labor	estadios ichologicos	Almacenamiento	Tanqueo de equipo	Marcación de hojas
Definiciones		Preparación de mezclas	Desplazam.	de nojas
y gráficos del proceso	Reconocimiento de inflorescencias	Entrega y devolución	Apertura de brácteas	Registro de datos

Figura 20. Aspectos a considerar para realizar los POE

Proceso	Método	Seguridad	
Importancia de la labor	Dosis	Uso de EPP	
Reglamentos internos	Estadios fenológicos de	Uso seguro de la mezcla	
Desplazamiento en lotes	inflorescencia	Uso seguro de agroquímicos	
Disposición de insumos en equipo	Apertura de brácteas	Manejo adecuado	
Frecuencia de ingreso a los lotes	Aplicación	de equipos	
Registro de datos	Marcación de hoja	Autocuidado	

Figura 21. Temas tratados en la capacitación de polinizadores

Se destaca que las empresas A y B llevan a cabo procesos de reinducción cada dos a tres meses en los aspectos en los que se ha realizado la capacitación, y cada ocho días se hacen refuerzos en temas de seguridad. Estas reinducciones se basan en las falencias identificadas a partir de la supervisión de la labor.

#### 2.2.2 Eficiencia de la mano de obra

La mano de obra es el factor con mayor participación en el costo de polinizar una inflorescencia, siendo superior al 60 % del costo total en las cinco plantaciones del estudio (Figura 22). Por ello, es preciso asegurar la eficiencia del recurso humano.

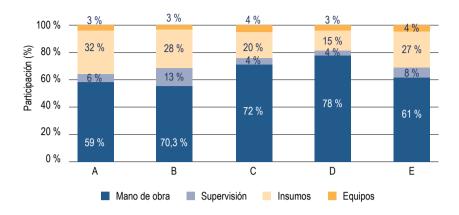


Figura 22. Participación de factores en el costo de polinizar una inflorescencia

Productividad de los cultivos y disponibilidad de inflorescencias. En la Tabla 7 se sintetizan los resultados de los indicadores que midieron la eficiencia del recurso humano. A partir de los registros de inflorescencias aplicadas en los doce lotes evaluados y de las frecuencias de ingreso para realizar la labor, se estimaron los rendimientos en términos de número de inflorescencias aplicadas por día. Se consideraron dos épocas: la de mayor y la de menor disponibilidad de inflorescencias, dado que este es un factor determinante.

**Tabla 7.** Registros asociados a rendimientos laborales

Plantación	А	В	С	D	E
Frecuencia de ingreso a los lotes	2 veces/	2 veces/	2 veces/	2 veces/	1 vez/
	semana	semana	semana	semana	semana

La Figura 23a, presenta los rendimientos en época de menor disponibilidad de inflorescencias para cada plantación. Hay una gran diferencia entre las cinco plantaciones (60 a 200 inflorescencias/ha/mes). La B y la A registran los mayores rendimientos laborales dado que la disponibilidad es superior. Por lo tanto, el trabajador encuentra una mayor cantidad de inflorescencias por hectárea.

En el caso de la época de mayor disponibilidad (Figura 23b), se registra un rango de 125 a 175 inflorescencias por hectárea en un mes. Las plantaciones A y B muestran los mayores rendimientos. La E alcanza niveles altos debido a que allí se realiza un

único ingreso a la semana (Tabla 7), luego hay una mayor acumulación de inflorescencias. Sin embargo, esta configuración en la frecuencia se constituye en un factor negativo para la calidad de la labor, puesto que al haber tantas inflorescencias se prioriza por el trabajador la cantidad a polinizar sobre la calidad. Esto se evidencia en el menor porcentaje de racimos formados a partir de inflorescencias polinizadas cuantificados en el indicador 1 (Tabla 5) para esta plantación.

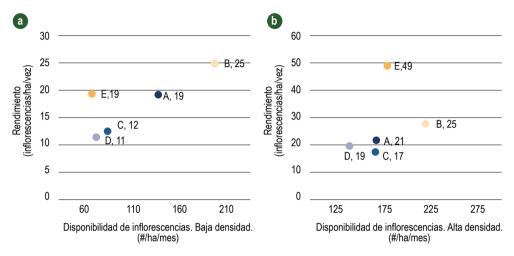


Figura 23. Rendimientos laborales y disponibilidad de inflorescencias

En este sentido, la meta de rendimientos planteada debe considerar como aspecto importante el potencial productivo de los cultivos y las épocas de disponibilidad de inflorescencias. En el caso de las condiciones de las plantaciones A y B, en donde se cuenta con precipitaciones homogéneas a lo largo del año, se garantiza que la disponibilidad de inflorescencias sea superior y estándar. Adicionalmente, la adopción de mejores prácticas agrícolas asegura un alto rendimiento, lo que a su vez conduce a la mayor eficiencia del recurso humano en la labor de polinización. Es recomendable entonces, explorar alternativas como la adopción de sistemas de riego que permitan un mayor potencial productivo en los cultivos híbridos OxG, en condiciones donde se presentan temporadas de sequía (plantaciones C, D y E).

Buenas prácticas asociadas al manejo del personal. Las empresas han optado por desarrollar programas para retener al personal en la plantación. Se destaca el caso de la C, en donde se negocia el área a recorrer según la disponibilidad de inflorescencias. Inclusive, en épocas de alta densidad, se contrata mano de obra extra. Adicionalmente, se hacen reconocimientos a los trabajadores que obtienen los mejores indicadores en la medición del desempeño y se ha establecido un esquema de boni-

ficaciones pagando dinero extra de acuerdo con el cumplimiento de criterios de calidad planteados por la plantación. Otra iniciativa que contribuye a atraer al personal es la de proveer el transporte a la plantación desde los cascos urbanos hasta los lotes.

#### 2.2.3 Eficiencia económica

La eficiencia económica de la labor es el resultado de las buenas prácticas descritas previamente, además de considerar el uso efectivo de los recursos. Los resultados de los indicadores asociados a la eficiencia económica de la labor se presentaron en la Tabla 5 y midieron en su orden los costos relacionados con mano de obra, insumos y costos totales.

En la Figura 24 se detallan los costos de polinizar una inflorescencia en cada plantación una vez (es decir, no se muestra el valor de las tres aplicaciones realizadas a cada una). Los costos estimados dependen del método empleado, las dosis y del rendimiento laboral. Las plantaciones B y E presentan los menores totales, en 27 % y 23 % respectivamente. A continuación, se indican factores que afectan positivamente la eficiencia económica de la labor.

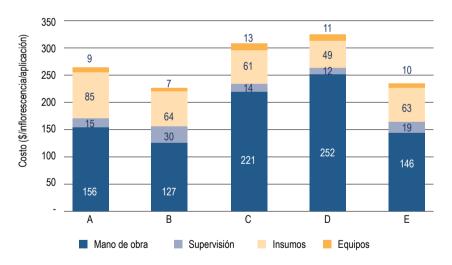


Figura 24. Costos asociados a la polinización de una inflorescencia

Eficiencia en mano de obra. El menor costo unitario de la mano de obra obedece a la mayor disponibilidad de inflorescencias en una hectárea. Esto permite hacer una eficiencia en el costo unitario, al garantizar que en una jornada laboral se polinicen más inflorescencias.

Otra práctica, para asegurar la eficiencia económica de la polinización, es la de monitorear el rendimiento de los operarios a través de métodos que permiten verificar el recorrido y la cantidad de palmas tratadas. Este es el caso de las empresas A y B que emplean plataformas digitales para el registro de datos asociados al rendimiento laboral. Dicha información posibilita el análisis en tiempo real sobre el recorrido y la actividad de los polinizadores, lo que contribuye a incrementar la eficiencia de la labor mediante la agilidad en la toma de decisiones con respecto a la mano de obra.

Eficiencia en el uso de los insumos. Los menores costos asociados al uso de insumos se deben a diferentes aspectos, entre los que se observó una dosis inferior (Tabla 8). Nótese que la empresa B evidencia una menor cantidad de insumos porque realiza una aplicación de polen + talco y dos de ANA. El realizar una aplicación de polen y dos de ANA representa un ahorro de 38 % respecto al promedio de consumo de insumos de las empresas que aplicaron tres aplicaciones de la mezcla polen + talco + ANA.

Tabla 8. Dosis de insumos empleados

Plantación	А	В	С	D	Е
Dosis	ANA (0,24 g) polen (0,1g) talco (3,9 g)	ANA (0,24 g) polen (0,3 g) talco (3,7 g)	ANA (0,24 g) polen (0,2 g) talco (5,6 g)	ANA (0,24 g) polen (0,2 g) talco (5,6 g)	ANA (0,24) polen (0,1) talco (3,76)
Cantidad de mezcla por inflorescencia (g/vez)	4,3	3 g de Polen + Talco (inflo- rescencias en antesis) 4 g de ANA + Talco (inflo- rescencias en posantesis)	6,1	4	4,1
Cantidad de mezcla por inflorescencia (g/tres veces)	12,9	7	18,3	12	12,3

Un aspecto para destacar es que las plantaciones C y D aprovechan la ventaja competitiva de producir su propio polen y con ello ahorran el 50 % en el costo.

Otra de las buenas prácticas asociadas a la eficiencia en el costo de los insumos, corresponde a las actividades de control en campo que permiten asegurar que estos se empleen de manera correcta. La plantación B pesa los insumos entregados al inicio de la jornada laboral y al finalizar, se solicita a los trabajadores devolver la mezcla restante. La medición asegura la revisión de la cantidad de insumos empleados. Este tipo de prácticas se pueden establecer de manera más sencilla en plantaciones con menor área a polinizar.

**Supervisión.** Se realiza en todas las plantaciones que participaron en este estudio y es la clave para monitorear los recursos utilizados (mano de obra e insumos). Controlan la polinización artificial en términos de rendimiento de la mano de obra, consumo de insumos y calidad de las aplicaciones de ANA. Se encontraron dos mejores prácticas asociadas. La primera fue el área asignada al personal de supervisión, evidenciando que, a menor área, mayor control de la labor (Tabla 9).

Tabla 9. Personal de supervisión

Plantación	Unidad	А	В	С	D	E
Área cubierta /personal de supervisión	Hectárea (ha)	265	109	427	300	162

La segunda se refiere a la medición de criterios de calidad, de la que se resaltan los siguientes aspectos:

- a. Plantación A: se evalúa la conformación de los racimos (cinco o seis meses después de la aplicación).
- b. Plantación B: se examina la capacidad del operario para el reconocimiento de los estadios de las inflorescencias en los que se requiere tratamiento con polen o ANA (preantesis, antesis, posantesis).
- c. Plantación C: se valora la polinización de inflorescencias disponibles, la coincidencia entre los reportes de los trabajadores y de los supervisores, y aspectos relacionados con la calidad de la labor, como correcta apertura de brácteas, cubrimiento de la aplicación y marcación de la base de las hojas.

## 2.3 Reflexiones

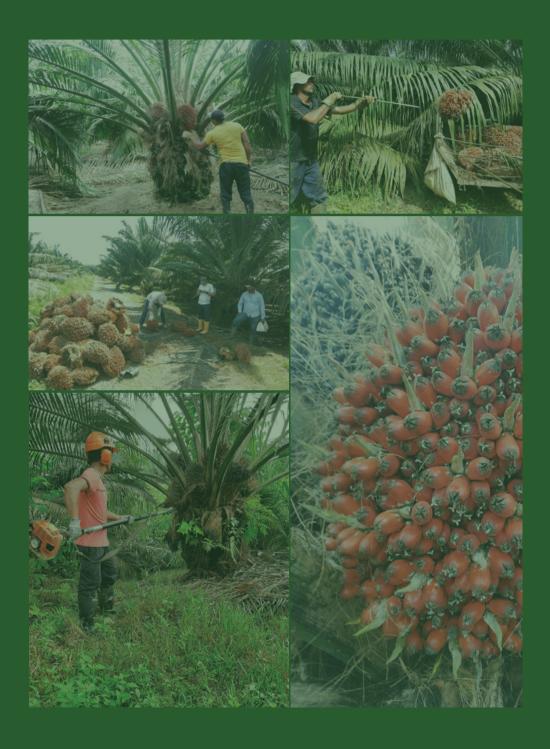
En este capítulo fue posible identificar mejores prácticas de la polinización obtenidas en plantaciones que obtuvieron los mejores desempeños según los indicadores evaluados. Se resalta que aplicar el polen separado del ANA se constituye en una práctica que contribuye a la formación de los racimos y permite optimizar la eficiencia económica de la labor. Igualmente aspectos como la adopción de buenas prácticas de manejo contribuyen a incrementar los potenciales productivos y en consecuencia, a optimizar la mano de obra como factor determinante en la labor.

Otras prácticas como documentar y socializar el proceso, capacitar a los polinizadores, evaluar el desempeño de su labor e incentivar a la mano de obra fueron aspectos determinantes en plantaciones exitosas en el manejo de la polinización.



Proceso de cosecha de racimos de palma de aceite

# 3. Cosecha de racimos polinizados con ANA



En este capítulo se presentan los resultados del estudio de referenciación competitiva realizado para la identificación de buenas prácticas asociadas al manejo de la cosecha en racimos obtenidos por polinización artificial. Se analizaron indicadores técnicos como el cumplimiento del punto óptimo de cosecha (POC), y económicos como el rendimiento laboral y el costo de la labor. Entre las buenas prácticas identificadas se destacan el acatamiento de los criterios de cosecha, la supervisión oportuna de la actividad, la formación permanente de los colaboradores y el uso de alternativas mecanizadas.

La cosecha de la palma de aceite es la tarea final del proceso productivo del cultivo, en la cual se recolectan los racimos que deben estar en su punto adecuado de madurez, es decir en POC (Cortés *et al.*, 2017). Para los híbridos, se han investigado y validado criterios como el *desprendimiento* (número de frutos que caen naturalmente del racimo), la *opacidad* (cambio en el color de los frutos asociado con la pérdida de brillo de los frutos externos), y el *cuarteamiento* (porcentaje de frutos que presentan ranuras) (Caicedo *et al.*, 2017).

Uno de los impactos de la polinización artificial ha sido el incremento en el contenido de aceite, dado principalmente por el aumento del número de frutos partenocárpicos aceitosos. Este solo se puede hacer tangible si durante el proceso de producción, la cosecha de los racimos se realiza en el momento óptimo de madurez. De lo contrario, las ganancias en aceite se pueden perder (Hernández *et al.*, 2020). Estudios previos adelantados por Sinisterra *et al.* (2019) en el cultivar híbrido OxG Cereté x Deli, muestran que la TEA incrementa en 2,6 puntos en racimos con conformaciones clases I y II en POC (producto de buenas prácticas en la polinización), frente a aquellos de la misma conformación pero cosechados en estadio fenológico inadecuado. Asimismo, Romero *et al.*, 2021 reportan que un cambio en el método de polinización de los racimos sumado a la implementación de criterios de POC, significa un incremento de 3,6 puntos porcentuales de TEA en plantaciones del cultivar híbrido OxG Coari x La Mé, en la zona de Urabá.

De esta manera, las ventajas e impactos de la polinización artificial solo son tangibles cuando se acompañan de las mejores prácticas en todos los procesos de producción del cultivo. Entre estas se destacan la nutrición, el manejo de plagas y enfermedades, y principalmente la cosecha de los racimos en punto óptimo (Ruiz *et al.*, 2020). Su adopción garantiza incrementos en la productividad en términos de fruta y aceite, que a la larga impactan el resultado económico del negocio (Ruiz *et al.*, 2017).

En lo que respecta a las buenas prácticas en la cosecha, una de las más importantes es tener criterios adecuados para determinar la madurez óptima del racimo (Rin-

cón et al., 2013), así como una logística idónea (planeación, gestión de personal y conformación de cuadrillas), que permita efectuarla con criterios de eficiencia técnica y económica. Se considera que debe se asegurar el corte de todos los racimos maduros en el lote, su recolección y el de la fruta suelta, poca manipulación del racimo después del corte (cantidad de golpes), y que tras la cosecha, la fruta sea procesada dentro de las siguientes 24 horas (Erales, 2016)

La diversidad de sistemas de cosecha y de resultados de productividad que existen entre empresas a nivel nacional, permite que herramientas como la referenciación competitiva (benchmarking) contribuyan en la identificación de mejores prácticas asociadas a un proceso. En cultivares *E. guineensis* en Colombia, se han realizado estudios de benchmarking a la cosecha desde enfoques técnicos, logísticos y económicos, que han llevado a mejores prácticas asociadas a los procesos de corte (Aldana, 2005; Mosquera & Gallego, 2005), alce y evacuación de fruto (Fontanilla et al., 2010), resultando financieramente eficientes (Mosquera et al., 2019; Mosquera et al., 2018).

Este capítulo expone las mejores prácticas de las empresas para cosechar adecuadamente racimos obtenidos con la aplicación de ANA. Está organizado en cuatro secciones: la primera corresponde a la presente introducción; en la segunda se describen los aspectos metodológicos relacionados con la identificación y calificación de los indicadores utilizados para referenciar el proceso; en la tercera se sintetizan los hallazgos más relevantes del estudio estableciendo las plantaciones con desempeño superior en cada uno de los indicadores evaluados y la documentación de las mejores prácticas encontradas para obtener dichos resultados; finalmente, en la cuarta se presentan las reflexiones y conclusiones.

## 3.1 Metodología

Se empleó la misma metodología descrita en el Capítulo 2 (Figuras 14 y 15), pero el objeto de estudio fue el proceso de cosecha. La justificación de este trabajo redunda en que los beneficios de realizar la polinización artificial solo podrían evidenciarse al realizar una cosecha adecuada de los racimos. No se cuenta con datos de la empresa A para el ejercicio de Referenciación competitiva realizado en el proceso de cosecha.

**Definición de indicadores.** Para este ejercicio se analizaron los aspectos que aparecen en la Tabla 10.

y alce de racimos de la plantación

Indicador	Fórmula	Forma de medición
Punto óptimo de	# de racimos en estadio 807 - 809	Se evaluaron 1.000 racimos en 12 lotes en cada plantación y se estimó el estadio
cosecha (POC)	# de racimos totales	fenológico de los cosechados (Figura 15).
Punto óptimo de cosecha * conformación (POCxC)	# de racimos en Clase 1 y estadio 807 -09 # de racimos totales	Valoración a partir de los datos recopilados de POC y conformación de racimos (Capítulo 2)
Rendimiento	t RFF  Jornal	Análisis de registros históricos de la empresa
Costo unitario	Costo (\$)	Estimación a partir de las tarifas de corte

t RFF

Tabla 10. Indicadores de referenciación del proceso de cosecha

Recolección de datos y documentación. Para la captura de datos se diseñaron dos formularios: uno para hacerlo en campo y otro con fuentes de información secundaria. Los cuestionarios, diligenciados por los coordinadores, incluyeron preguntas relacionadas con el proceso y con los costos de la labor de cosecha. La recolección de datos sobre punto óptimo se hizo mediante muestreo sistemático por lote, que consistió en evaluar un racimo por cada tres cosechados (mínimo 1.000 por plantación) (Figura 15). Para los datos en campo se diseñaron formularios en el software CyberTracker. Se capturó información sobre conformación, opacidad, cuarteamiento por cada racimo evaluado, siguiendo la metodología descrita en el Capítulo 2. Adicionalmente, se ingresó la calificación del estadio fenológico según la escala BBCH para el cultivar Coari x La Mé (Figura 25).



**Figura 25.** Esquema metodológico para la evaluación del punto óptimo de cosecha cultivar Coari x La Mé. Fuente: adaptado de Millán *et al.* (2017).

Para comprender los aspectos asociados al rendimiento laboral de la cosecha, se realizó una documentación operativa de los procesos de corte y alce de racimos durante al menos dos semanas. Se identificaron las actividades y se representaron a través de diagramas de proceso siguiendo la metodología propuesta por Sánchez *et al.* (2010).

Análisis de datos. En este capítulo no se realizó una jerarquización de las empresas, pero sí se determinaron aquellas que presentaron los mejores resultados. El cálculo de los indicadores se hizo aplicando estadística descriptiva para el análisis.

Punto óptimo de cosecha. El parámetro evaluado fue el estadio fenológico del racimo, a partir de la observación del porcentaje de cuarteamiento y opacidad de sus frutos. Siguiendo la metodología expuesta en el Capítulo 1, cada racimo se dividió en ocho cuartos que representaban el 100 %: cuatro en la cara frontal y cuatro en la posterior. El valor máximo alcanzado por cada uno fue de 12,5 %, de tal manera que la sumatoria del porcentaje asignado correspondió al del cuarteamiento u opacidad, según el caso.

Punto óptimo de cosecha y conformación del racimo. Este indicador se estimó con el objetivo de determinar la proporción de racimos que cumplen con los dos criterios. Para ello, se creó una categorización que permitió establecer el porcentaje de racimos que fueron bien polinizados y cosechados en estado óptimo de maduración, materializando los resultados de realizar las mejores prácticas de manejo agronómico (polinización) y de cosecha. Dichas categorías consideraron la combinación de las clases de los racimos (documentadas en el Capítulo 2) y los estadios fenológicos, tal y como se muestra en la Tabla 11. Las plantaciones con mejor desempeño fueron aquellas que mostraron el mayor porcentaje en el rango óptimo y bueno.

Rendimiento laboral y costo unitario. El primero se calculó a partir de las toneladas de fruta cosechadas por un hombre en un día, reportadas por los supervisores en cada plantación, y se relacionó con la productividad de la empresa, dado que los rendimientos en la labor están determinados por la productividad de los lotes. El costo de la cosecha se estimó considerando el valor pagado por corte y alce de una tonelada de fruta.

Tabla 11. Categorías de evaluación de punto óptimo de cosecha y conformación del racimo

Categorías	Descripción	Ejemplo
Óptimo	Racimos Clase I, cosechados en los estadios 807 y 809	

Categorías	Descripción	Ejemplo
Bueno	Racimos Clase II, cosechados en los estadios 807 y 809	
Aceptable	Racimos Clase III, cosechados en los estadios 807, 809	
Inadecuado	Racimos Clase I, II, III y IV cosechados en los estadios 805 y 806; racimos Clase IV cosechados en estadios 807, 809 y sobremaduros	

## 3.2 Resultados

#### 3.2.1 Indicadores técnicos

**Punto óptimo de cosecha.** Todas las plantaciones registraron un buen desempeño en la cosecha de racimos en POC. Se destacan la B y la D, al presentar respectivamente, un 95 % y un 91 % de racimos cosechados en los estadios 807 y 809, es decir, en un estado óptimo de madurez (Figura 26).

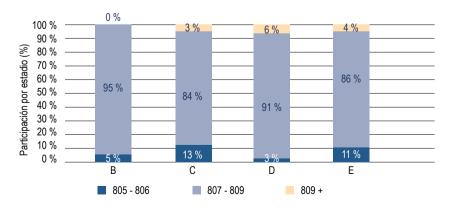


Figura 26. Evaluación del punto óptimo de cosecha por plantación

En las plantaciones (salvo en la B), se cortaron racimos sobremaduros, aunque en una baja proporción. Se esperaba que cumplieran con al menos dos criterios de cosecha, de modo que sus características eran más heterogéneas en lo que a cuarteamiento y opacidad de los frutos se refiere. Esta última, para el estadio 807, tuvo valores de 69 a 92,5 % y se incrementó en el estadio 809. Igual comportamiento se presentó con el cuarteamiento, tal como se esperaba.

Punto óptimo de cosecha vs. conformación (POCxC). Se encontró que las empresas aprovechan adecuadamente alrededor del 80 % de los racimos bien conformados durante la cosecha (categorías óptimo y bueno), promoviendo al máximo la cantidad de aceite disponible. No obstante, la de los mejores resultados fue la B (Figura 27).

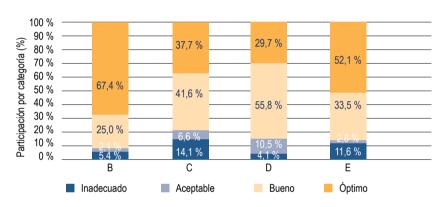


Figura 27. Conformación por punto óptimo de cosecha

Estudios realizados por el Área de Procesamiento de Cenipalma, y reportados en los Comités Agronómicos Regionales, han mostrado que el impacto en términos de potenciales de aceite de cosechar racimos maduros Clase I, es de un 5,67 % por encima de los Clase II, y entre el 12,98 % y el 17,32 % comparado con racimos inmaduros en estas clases (Cortés *et al.*, 2020). Considerando dichos resultados, se llevó a cabo un ejercicio de estimación de la cantidad de aceite que se podía extraer de los racimos cosechados por las plantaciones y evaluados en este estudio, clasificados en las categorías de maduro (estadios 807 y 809) e inmaduro (estadios 805 y 806) (Tabla 12). Posteriormente, se halló el porcentaje de racimos en cada escala y, utilizando el dato de potencial de aceite reportado, se determinó el de aceite ponderado. La Tabla 12 muestra, a manera de ejemplo, el ejercicio con cada una de las plantaciones. Cabe mencionar que, para efectos de este análisis, los racimos en estadio 809 (sobremaduros) no fueron tenidos en cuenta por su baja participación.

<b>Tabla 12.</b> Análisis de potencial de aceite por categorías de	Tabla 12	∖nálisis d	e notencial	l de aceite	e nor categoría	s de racimo
--	----------	------------	-------------	-------------	-----------------	-------------

Plantación	Categorías	Porcentaje de racimos (%)	Potencial de aceite	Potencial aceite	
1 Idillacion			reportado (%)	Ponderación (%)	
	Clase I Inmaduro	6,19	20,31	1,26	
	Clase II Inmaduro	5,48	15,97	0,87	
С	Clase III Inmaduro	1,52	14,85	0,23	
	Clase IV Maduro	36,92	33,29	12,29	
	Clase II Maduro	42,09	27,62	11,63	
	Clase III Maduro	6,8	27,12	1,84	
	Clase IV Maduro	1,22	20,69	0,25	
	Total de potencial aceite (%)				

Finalmente, como se evidencia en la Tabla 13, los resultados de este ejercicio son consecuentes con los indicadores de conformación, POC y POCxC, donde la plantación B nuevamente obtiene un desempeño superior, con un potencial de aceite ponderado estimado de 30,97 %. Lo anterior quiere decir que la diferencia de aproximadamente 10 % de racimos cosechados en estados óptimo y bueno, se traduce en hasta tres puntos porcentuales de aceite.

Tabla 13. Potencial de aceite estimado

Plantación	Potencial de aceite estimado
В	30,97
С	28,37
D	28,84
E	29,33

Mejores prácticas identificadas. El buen desempeño en la cosecha puede alcanzarse mediante la implementación de las siguientes prácticas: a) definir adecuadamente los criterios de cosecha específicos para el cultivar y cumplirlos en campo; b) implementar ciclos de cosecha adecuados; c) asegurar una efectiva supervisión de la labor y d) contar con personal debidamente capacitado para realizar bien el trabajo.

**Criterio de cosecha.** Hace referencia a la directriz que la plantación tiene definida para el corte de racimos en el momento óptimo. Es decir, aquel en el que el racimo está maduro y ha alcanzado la mayor concentración de aceite. Durante el corte, el personal de cosecha suele aplicar estos criterios de manera conjunta o como mínimo dos de los

tres, debido a que por la variabilidad y la maduración poco uniforme de estos cultivares es muy difícil establecer un solo parámetro. Adicionalmente, no es fácil distinguir el color de los racimos en los estadios cercanos al óptimo (806, 807,809), generando confusión en quien realiza el corte (Amado *et al.*, 2017; Rincón *et al.*, 2013). En este sentido, se podrían cosechar aquellos que cumplan con el color y el cuarteamiento de los frutos, pero que no presenten desprendimiento.

Ciclos de cosecha. Se refiere a la frecuencia de ingreso a los lotes para el corte de racimos. Esta labor depende de la logística de la empresa, y la disponibilidad de fruta y de mano de obra. Se encontró que las plantaciones mantienen ciclos de cosecha entre 10 y 20 días (Tabla 14), dependiendo de la disponibilidad de fruta. Se resalta la plantación B que se esfuerza por mantener intervalos de 10 días.

	В	С	D	Е
En pico alto	10 días	15 días	10 a 15 días	16 días
	10 0185	i i i i i i i i i i i i i i i i i i i		

15 días

20 días

Tabla 14. Ciclos de cosecha promedio en plantaciones

En valle

**Auditoría y supervisión.** Impactan directamente la eficacia de la cosecha (cortar los racimos en POC) e, indirectamente, la cantidad de aceite extraído de manera significativa. En general, las plantaciones participantes tienen esquemas de supervisión y hacen seguimiento al cumplimiento de criterios de cosecha, porcentaje de racimos según estado de madurez, número de racimos sin cortar o sin alzar, recolección de fruto suelto, racimos con corte de pedúnculo inadecuado, acomodación de hojas y uso de elementos de protección personal (EPP).

El control de la labor de cosecha puede ser apoyado por actores de otros procesos. Por ejemplo, en el caso de la plantación B, el personal encargado de la polinización ayuda a la verificación de racimos maduros no cosechados, de forma que cuando se están visitando las inflorescencias, los pueden identificar. Adicionalmente, el reporte de la calidad en campo se complementa con la información que envía la planta de beneficio, haciendo también un chequeo cruzado.

Una buena práctica identificada en la plantación C corresponde a la auditoría de los racimos cosechados por practicantes del SENA, quienes evalúan una muestra de racimos cosechados teniendo como criterios la maduración y otros aspectos relacionados con la calidad.

**Capacitación al personal.** Su fin es garantizar la competencia y las habilidades requeridas por parte del personal. Los procesos de capacitación motivan y generan apropiación de la labor, creando un sentido de compromiso y responsabilidad.

Algunos de los temas de formación que se identificaron en las empresas participantes, incluyen la fenología de los racimos, los criterios de corte y aspectos de salud ocupacional. Ciertas plantaciones complementan las capacitaciones resaltando la importancia de la labor que realiza el cosechero, siendo este hecho destacable en el sentido que el trabajador se exhorta al compromiso.

La supervisión y la capacitación tienen un punto de contacto en las retroalimentaciones periódicas que se efectúan al evaluar la calidad de la cosecha. Por esta razón, los adiestramientos se convierten en un soporte para acompañar los procesos de mejora para los trabajadores que hayan presentado dificultades con el cumplimiento de los criterios de calidad establecidos. En estos casos, se realizan nuevos entrenamientos para afianzar los conocimientos técnicos.

Finalmente, se destaca que algunas plantaciones buscan el apoyo de entidades especializadas (como el SENA), para abordar los procesos de capacitación y certificación de competencias laborales.

#### 3.2.2 Indicadores económicos

Rendimiento laboral de la cosecha. Responde a factores como el rendimiento del cultivo, el sistema de cosecha, la conformación de las cuadrillas y el tamaño de la plantación. La Tabla 15 resume los principales parámetros en las plantaciones participantes.

Α В C D Ε tRFF/ jornal 2.7 3,5 2 2,6 2,3 2,5 Mecanizado Manual Corte Stihl PC 70 Palín malayo Manual con Semime-Manual Manual búfalos v canizado **Alce** (búfalos) evacuación con tractor (búfalos) con tractor y zorro Cuadrilla\*\* 1 c, 2 r 1 c, 1 r 1 cr 9 cr. 1 t 11 c, 1 t, 1 r 1 c, 1 r

Tabla 15. Parámetros relacionados con el rendimiento laboral en la cosecha

Nota. \*por día, \*\*Abreviaturas: c = cortador, r = recolector, cr = cosechero-recolector y t= tractorista.

La plantación B registra el mayor rendimiento por persona en los sistemas de cosecha manual y la plantación A el mayor para la cosecha con corte mecanizado y alce manual.

La heterogeneidad en el rendimiento laboral es consecuente con la heterogeneidad en el rendimiento del cultivo, la disponibilidad de mano de obra (alta rotación) y las capacidades de los cosecheros. Como ya se mencionó, la plantación B presenta la productividad más alta y, asimismo, la mayor densidad de inflorescencias polinizadas. En consecuencia, también hay un número superior de racimos disponibles para cosechar por los trabajadores, lo que, sumado al mayor peso medio de los racimos, repercute en más toneladas cosechadas al día (Figura 28).

Adicionalmente, se debe destacar el uso de salarios de eficiencia, resultado del diálogo entre trabajadores y empresarios, que reconoce de forma económica y proporcional el esfuerzo en una labor, y que ha permitido la implementación de contratos al destajo con garantías laborales (Gutiérrez *et al.*, 2017; Sierra, 2018).

La Figura 28 muestra el efecto que tiene la disponibilidad de racimos en el rendimiento laboral. En las plantaciones con mayor productividad por lote, es probable que el tiempo dedicado a efectuar desplazamientos para encontrar al menos un racimo, se utilice para cortar, acomodar o evacuar los frutos, sin importar el sistema de cosecha (Munévar *et al.*, 2020).

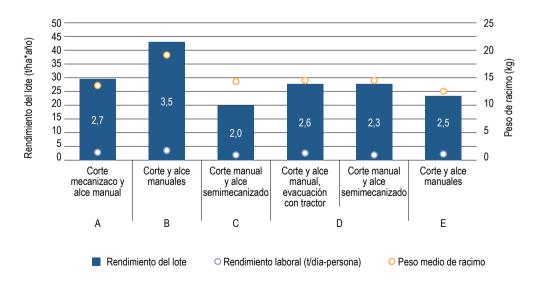


Figura 28. Relación entre rendimiento laboral de la cosecha y productividad de la plantación

En las plantaciones C, D y E se presenta un escenario de menor productividad de la cosecha, que resulta, entre otros factores, de la dificultad que enfrentan para cubrir la demanda por fuerza de trabajo. Esto ha llevado a una competencia por la mano de obra y alta rotación del personal. Por esta razón, las empresas tienen como reto retener a los empleados, manejando estrategias como ofrecer mejores salarios y la mecanización de labores (Escobar *et al.*, 2011; Otero, 2019).

Costo unitario. La cosecha, de acuerdo con Mosquera *et al.* (2019), concentra el 16 % de los costos de producción en los cultivares híbridos OxG. Dicho costo se relaciona principalmente con la productividad del cultivo y los rendimientos de la labor. Este último varía dependiendo de la logística y la estricta aplicación de los criterios de cosecha. Las plantaciones C, D y E, ubicadas en regiones donde hay alta competencia por mano de obra, reportan los mayores costos por tonelada de RFF (Tabla 16).

Plantación	А	В	С	D	Е
Productividad t RFF/ha año (2019)	29,91	35,96	20,14	24,86	19,11
Costo unitario cosecha (\$/t RFF)	32.000	32.560	51.700	54.373	53.000
Costo cosecha por área (\$/ha/año)	957.120	1.170.858	1.041.238	1.351.713	1.012.830

Tabla 16. Rendimientos de plantación (t/ha) v costos de la cosecha

Las tarifas pagadas resultaron más altas en las plantaciones con menor rendimiento, sin importar el sistema de cosecha implementado. Esto tiene sentido ya que en esas condiciones es necesario tener un mayor valor cancelado por tonelada, para garantizar un ingreso mínimo justo para los trabajadores. Pero, considerando además el panorama de disponibilidad de mano de obra en las plantaciones C, D y E, los precios altos de la labor pueden corresponder a una estrategia de retención de personal.

**Mejores prácticas identificadas.** Desde el punto de vista económico, la eficiencia del uso de los recursos en la cosecha y la adecuada gestión del personal son los ejes que permiten la consolidación de buenos resultados en la cosecha.

**Sistemas de bonificaciones.** Se constituyen en una estrategia importante para incentivar el rendimiento de los trabajadores y garantizar la calidad de la labor de cosecha.

La plantación A bonifica en función del cumplimiento de las metas diarias de la plantación (\$ 10/RFF), la cantidad de racimos adicionales (\$ 130/RFF) y la calidad de racimos cosechados incluyendo la recolección de fruta suelta (\$ 10/RFF). El salario emocional también es un elemento para destacar en la gestión del recurso humano. Específicamente se refiere a reconocimientos en especie (anchetas, premios, bonos) para aquellos trabajadores destacados. Asimismo, se penaliza el ausentismo injustificado, mediante el no pago de las bonificaciones.

Corte con palín mecánico. La plantación A reportó incremento del rendimiento laboral hasta en 50 %. La D está en una fase incipiente del uso de palines mecánicos, pero el área aún no es representativa. Para el caso específico de la A, la adaptación al uso de la máquina por parte de los operarios duró alrededor de dos años, logrando reducir el costo de la mano de obra por kg de RFF cosechado de \$ 21,8 a \$ 18,5 pesos. Adicionalmente, ha garantizado un corte más rápido y limpio, produciendo un menor impacto en la calidad de los racimos (Figura 29).

Especialización de la mano de obra. En las plantaciones estudiadas, las cuadrillas de cosecha se componen de cortadores y alzadores. Esto coincide con el trabajo de Mosquera *et al.* (2008), en el que se llegó a la conclusión de que dichas cuadrillas tenían mayor rendimiento por jornal, con respecto a los empleados que realizaban cosecha individual. En la plantación A, el cortador trabaja con palines mecanizados



Figura 29. Palín mecánico

en tanto que en las C y D cuentan con sistemas semimecanizados para el alce de RFF. Las herramientas mecanizadas obligan a la especialización de los operarios de cosecha en determinadas actividades, dada la necesidad de que el rendimiento compense el costo de la inversión y de la reposición de los equipos. Ello, desde luego, redunda en la mejora de los indicadores de toneladas de racimos cosechados por jornal.

Registro de datos de cosecha en plataformas digitales. Es una herramienta que soporta el proceso de toma de decisiones en las plantaciones de palma de aceite. En esencia, las aplicaciones para el manejo de la cosecha permiten registrar los racimos cosechados asociados a cada palma debidamente georreferenciada, lo que repercute en disponer de información más precisa para los diferentes procesos gerenciales. En las plantaciones A y B, a diferencia de las demás, se lleva el registro de forma digital. De acuerdo con la descripción de los desarrolladores, las aplicaciones persiguen objetivos como la gestión y control de la producción, la administración del personal y la generación de informes.

## 3.3 Reflexiones

Los beneficios de la polinización artificial se observan posteriormente en la tasa de extracción de aceite, es por ello que resulta imprescindible realizar una cosecha considerando la madurez adecuada de los racimos, si se quieren ver incrementos en los contenidos de aceite. Para ello, es preciso trabajar en la capacitación del trabajador respecto a los criterios de madurez en los cultivares híbridos, así como medir indicadores de calidad asociados a la labor.

### Conclusiones

En el 2018 se realizó un cambio tecnológico en el proceso de polinización de los cultivares híbridos OxG, que consiste en aplicar el regulador de crecimiento. En el presente estudio se evidenció que en las plantaciones participantes se adoptó esta tecnología con éxito.

Entre los principales hallazgos se encuentran que factores como el manejo del cultivo y las condiciones propias de cada región afectan el rendimiento del cultivo y, por ende, la eficiencia de procesos como el de la polinización. Adicionalmente, la logística y los métodos implementados por las empresas garantizan la consecución de mejores resultados. Por ejemplo, obtener racimos bien formados se puede lograr con la estandarización del método de aplicación, el uso de polen en antesis y de ANA en posantesis (7 y 14 dda), la capacitación adecuada del personal, así como una correcta estrategia asociada al manejo de los insumos.

En términos económicos, la mano de obra participa con más del 60 % del costo de polinizar una inflorescencia empleando ANA. Se resaltan aspectos importantes como la incidencia de rendimientos laborales superiores, cuando se cuenta con una mayor disponibilidad de inflorescencias. Igualmente, el control de los insumos entregados a los polinizadores, así como su eficiencia relacionada con la aplicación de menores dosis y la separación de polen y ANA.

El beneficio de la polinización artificial es el incremento en el potencial de aceite en los racimos y solo se puede lograr cuando se realiza una cosecha adecuada, atendiendo los criterios de calidad y de eficiencia, como se observó en las empresas participantes. Por lo tanto, es un objetivo para las plantaciones obtener racimos bien formados y con las mejores condiciones de madurez, a partir de la definición de unos estándares en cuanto al cuarteamiento, color, opacidad y desprendimiento de frutos. Contar con un personal motivado y suficientemente capacitado, acompañado de una supervisión oportuna y veraz, contribuye a conseguir racimos óptimos para su procesamiento.

Y aunque la polinización artificial demostró impactar de manera positiva el potencial de aceite de los racimos, su implementación puede requerir cambios en la logística de la cosecha. Esto, en el sentido de que, a mayores rendimientos de toneladas por hectárea, mayor demanda de mano de obra. Así, es necesario tener en cuenta la capacidad de labor de las cuadrillas de cosecha y asegurarse de contar con la fuerza de trabajo suficiente para el corte, recolección, evacuación y transporte de racimos, ya sea con el aumento del personal o la implementación de labores mecanizadas o semimecanizadas.

Frente a esto último, es importante decir que la mecanización y el uso de tecnologías de la información en la cosecha están siempre en función de las características inherentes a las empresas. Las plantaciones deben adoptar las mejores prácticas que les sean viables técnica y económicamente, propendiendo por la optimización de los recursos.

Finalmente, aunque el alcance en este estudio fueron los acopios internos de las plantaciones, es importante indicar que los beneficios obtenidos en una buena cosecha pueden perderse si no se realiza un adecuado transporte a la planta de beneficio, haciendo hincapié en que también se debe garantizar una acertada logística de cargue y transporte, en pro de la tasa de extracción de aceite.

## Referencias

- Aldana, G. (2005). Benchmarking en corte y recolección del fruto de la palma de aceite en la empresa Palmas del Casanare (Tesis de grado). Universidad de La Salle, Bogotá. Recuperado de: https://ciencia.lasalle.edu.co/administración agronegocios/35.
- Amado, A., Pardo, A., & Romero, H. (2017). Avances en la validación de la escala BBCH en híbridos interespecíficos OxG en Tumaco y su uso en la determinación del punto óptimo de cosecha. *Ceniavances*, 185, 1–8.
- Amado, M., & Fischer, G. (2006). El ácido alfa-naftalenacético (ANA) y el ácido giberélico (GA3) influyen en la producción y calidad del fruto del durazno 'Melocotón Amarillo' (*Prunus persica L.*) Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Gerhard\_Fischer/publication/256575939\_El\_acido\_alfa-naftalenacetico\_ANA\_y\_el\_acido\_giberelico\_GA3\_influyen\_en\_la\_produccion\_y\_calidad\_del\_fruto\_del\_durazno\_'Melocoton\_Amarillo'\_Prunus\_persica\_L/links/02e7e52536c68b41f7000000/El-acido-alfa-naftalenacetico-ANA-y-el-acido-giberelico-GA3-influyen-en-la-produccion-y-calidad-del-fruto-del-durazno-Melocoton-Amarillo-Prunus-persica-L.pdf
- Ávila, R., Daza, E., Navia, E., & Romero, H. M. (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(1), 74–81. https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1.53760
- Ayala, I. M., & Romero, H. M. (2019). Cultivares híbrido OxG y la reactivación productiva de zonas con problemáticas de PC. En: XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite, Bucaramanga, Colombia.
- 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. *Fedepalma* (Cenipalma, Vol. 1, Issue 118).
- Castiblanco, J y Mosquera, M (2010). Evaluación económica de dos sistemas de evacuación de fruto: alce manual y cable vía. *Revista Palmas 31*(1), 33 42
- Corley, R., & Tinker, P. (2008). The Oil Palm (4 edición). Word Agriculture Series.
- Cortés, C., Penagos, Y., Lizarazo, G., & Toca, J. (2017). *Corte y recolección de racimos en palma de aceite*. Bogotá, Colombia: SENA-Fedepalma. ISBN: 978-958-8360-64-5.

- 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*.
- Daza, E., Ayala-Díaz, I., Ruiz-Romero, R., & Romero, H. M. (2020). Effect of the application of plant hormones on the formation of parthenocarpic fruits and oil production in oil palm interspecific hybrids (*Elaeis oleifera* Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Plant Production Science*, 1–9. https://doi.org/10.1080/1343943X.2020.1862681
- Erales, R. (2016). Calidad de Cosecha. Boletín Técnico La Palma, 5.
- Escobar, D., Olivera, M., Parra, M., Rojas, N., Moreno, J., Quintero, C., & Tibocha, A. (2011). *Estudio de caracterización del empleo en el sector palmero colombiano*. Bogotá, Colombia: Fedesarrollo.
- Fontanilla, C., Pachón, S., Castiblanco, J., Mosquera, M., & Sánchez, A. (2010). Referenciación competitiva a los sistemas de evacuación y alce de fruto. *Boletin Técnico*, 25. https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/article/view/10506/10496
- Forero, D., Hormaza, P., Moreno, L., Ruiz, R., & Romero, H. M. (2012). *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite*. Bogotá, Colombia: Cenipalma.
- Guataquira, S., Mesa, E., Ruiz, R., & Romero, H. (2019). Evaluación de la viabilidad y germinabilidad del polen durante la labor de polinización asistida en campo. *Palmas*, 40(1), 13-20.
- Hernández, D., Rodríguez, J., Daza, E., Lemus, L., & Mosquera, M. (2020). Punto óptimo de cosecha de racimos para híbridos interespecíficos OxG (Coari x La Mé) asperjados con reguladores de crecimiento. *El Palmicultor, 580,* 16–17.
- Hormaza, P., Forero, D., Ruiz, R., & Romero, H. (2010). Fenología de la palma de aceite africana (Elaeis guineensis Jacq.) y del híbrido interespecífico OxG. Bogotá, Colombia: Cenipalma.
- Liu, X., Xu, T., Dong, X., Liu, Y., Liu, Z., Shi, Z., Wang, Y., Qi, M., & Li, T. (2016). The role of gibberellins and auxin on the tomato cell layers in pericarp via the expression of ARFs regulated by miRNAs in fruit set. *Acta Physiologiae Planta-rum*, 38(3), 77. https://doi.org/10.1007/s11738-016-2091-0

- Gutiérrez, D. P., Nauzan, V. H., & Díaz, G. A.(2017). Los salarios de eficiencia en el sector bananero de Urabá, Colombia. *Revista de Economía Del Caribe*, 20, 1–26.
- Medina Rodríguez, M. F. (2009). Análisis y mejora del método de transporte del fruto de la palma de aceite en la empresa Palmas Arizona S.A. [Universidad Pontificia Bolivariana].
- Mejía, J. (2000). Consumo de agua por la palma de aceite y efectos del riego sobre la producción de racimos, una revisión de literatura. *Palmas*, *21*(1).
- Mosquera, M, Díaz, D., & García, E. (2006). Estudio de referenciación competitiva en el proceso de cosecha en la Zona Oriental. *Revista Palmas*, 27(2).
- Mosquera, M., Ruiz, E., Castro, L. E., López, D. F., & Munévar, D. E. (2019). Estimación del costo de producción para productores de palma de aceite de Colombia que han adoptado buenas prácticas agrícolas. *Palmas*, 40(2), 3–15. http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/estudio\_costos\_final\_2017\_2018.pdf
- Mosquera, M., Fontanilla, C. A., & Alarcón, W. H. (2008). Comparación entre cosecha individual y en grupo en una plantación colombiana de palma de aceite. *Palmas*, 29(2), 11–16.
- Mosquera, M., & Gallego, M. C. (2005). Referenciación competitiva para la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. Estudios de cosecha y control de pérdidas en la Zona Central. Boletín Técnico, 17, 30.
- Mosquera, M., Valderrama, M., Ruiz, E., López, D., Castro, L. E., & González, M. A. (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.
- Munévar, D. E., Ruiz, E., Díaz, W., Báez, D. E., Hernández, J. S., Samalanca, Ó., & Mosquera, M. (2020). Cosecha en cultivos de palma de aceite mediante el uso del grabber : caso de estudio en una plantación de Colombia. *Palmas*, 41(2), 13–26.
- Otero, A. (2019). El mercado laboral rural en Colombia, 2010-2019. *Documentos de trabajo sobre Economía Regional y Urbana*, 281. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004
- 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 caracte-

- rísticas fisicoquímicas del aceite para determinar el momento de cosecha óptimo en híbridos interespecíficos de palma OxG. *Palmas*, 34(2), 21–33.
- Romero, H. M., Daza, E., Ayala-Díaz, I., & Ruiz-Romero, R. (2021). High-Oleic Palm Oil (HOPO) Production from Parthenocarpic Fruits in Oil Palm Interspecific Hybrids Using Naphthalene Acetic Acid. *Agronomy*, 11(290), 1–18. https://doi.org/10.3390/agronomy11020290
- Romero, H., Daza, E., Urrego, N., Rivera, Y., & Ávila, R. (2018). La polinización artificial con reguladores de crecimiento incrementa la producción de aceite en híbridos interespecíficos OxG. XIX Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite, Cartagena
- 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), 11–19.
- Rosero, G., Santacruz, L., Ríos, A., & Carvajal, S. (2017). Influencia del destape de la inflorescencia en la polinización asistida del híbrido OxG. *Palmas*, *38*(1), 49–62.
- Ruiz, E., Fontanilla, C., Mesa, E., Mosquera, M., Molina, D., & Rincón, A. (2015). Prácticas de manejo y costos de producción de la palma de aceite híbrido OxG en plantaciones de la Zona Oriental y Suroccidental de Colombia. *Palmas*, 36(4), 11–29.
- Ruiz, E., Mesa, E., Mosquera, M., & Barrientos, J. (2017). Technological factors associated with oil palm yield gaps in the Central Region in Colombia. *Agronomía Colomiana.*, 35(2), 256–264.
- 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., Ruiz, R., & Romero, H. (2011). Polinización asistida en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía de facilitadores (1ª. Ed.). Bogotá, Colombia: Cenipalma..
- Sánchez, A., Fontanilla, C., & Mosquera, M. (2010). Métodos para el desarrollo de estudios de tiempos y movimientos para labores de cultivo en palma de aceite: cosecha. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores. Bogotá, Colombia: Cenipalma.

- Sanz, J. (2016). Pudrición del cogollo: enfrentamiento integral contra un enemigo letal, *P. palmivora. Palmas, 37* (Especial Tomo I), 109–114.
- Sierra, V. (2018). Agroindustria del cultivo de palma de aceite: fenómeno en la estructura agraria del Urabá Antioqueño (Tesis de grado). Universidad de Antioquia, Medellín. http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15750/1/SierraVanessa 2018 AgroindustriaCultivoPalma.pdf
- Singh, J., & Mirza, A. (2017). Study on Physicochemical Properties of Fruits as influenced by Naphthalene Acetic Acid: A Review. *International Journal of. Engineering. Research & Technology*, 6(06), 941–945.
- Sinisterra, K. X., Caicedo, A., Castilla, C., Ceballos, D., Palacio, M., Cortés, I.,... Mosquera, M. (2019). Validación del punto óptimo de cosecha para los cultivares Cereté x Deli y Cereté x Yangambi en Tumaco. *Ceniavances*, 189, 1-8.
- Woittiez, L., Wijk, V., Slingerland, M., Noordwidk, M., & Guiller, K. (2018). Brechas de rendimiento en el cultivo de palma de aceite: una revisión cuantitativa de factores determinantes. *Palmas*, *39*(1), 16–68.
- Zambrano, J. E. (2004). Los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* HBK. x *Elaeis guineensis* Jacq.: una alternativa de renovación para la Zona Oriental de Colombia. *Palmas*, 25(Especial), 339-349.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, por la financiación de este trabajo. Asimismo, a los gerentes de las empresas participantes que brindaron información y permitieron el acceso a sus datos. Un especial reconocimiento al personal de Cenipalma que contribuyó con el desarrollo de este trabajo, particularmente a Edison Daza, Jhonatan Camperos, Alejandra García, Hugo Arias, Alexander Biojó, Herney Berdugo, Adolfo Polo, Ximena Benavides y Estefanía Vargas.

Esta publicación es propiedad del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, por tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de Cenipalma. Al realizar la presente publicación, Cenipalma ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que esté expresamente indicado, no se ha utilizado en esta publicación información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta publicación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.

Calle 98 # 70-91. Piso 14 PBX: (57-1) 313 8600 www.cenipalma.org