

# MARCACIÓN DE PALMAS CON RACIMOS MADUROS

*Evaluación de dos metodologías para el proceso de cosecha*

## IDENTIFYING OIL PALMS

*with Ripe Bunches before the Harvest*

### AUTORES

**Mauricio Mosquera M.**

M. Sc. Economía agrícola.  
Investigador asociado Cenipalma,  
Colombia.  
mauricio.mosquera@cenipalma.org.

**Carlos Andrés Fontanilla D.**

Estudiante. Ingeniería de producción  
agroindustrial.  
Universidad de la Sabana.  
carlos.fontanilla@unisabana.edu.co.

### Palabras CLAVE

Palma de aceite, identificación  
de palmas con racimos  
maduros, cosecha, eficiencia

Oil palm, identification of  
palms with ripe bunches,  
harvest, efficiency

Recibido: 25 marzo 2006

Aprobado: 03 abril 2006

### RESUMEN

Los resultados presentados hacen parte de un estudio llevado a cabo en una plantación de la Zona Oriental para determinar la factibilidad de implementar la práctica de marcación de palmas con racimo maduro antes de la cosecha. El objetivo era aplicar esta práctica a condiciones mucho más exigentes que a las que se sometió en un estudio anterior en la Zona Norte de Colombia. En efecto, la plantación seleccionada contaba con un sistema de cosecha muy eficiente y la eficiencia de la labor era una de las mejores de la Zona Oriental. Los resultados sugieren que mediante la marcación de palmas con racimo maduro antes de la cosecha mejora la validez de esta labor y es rentable.

### SUMMARY

The results reported here, are part of a study carried out in an oil palm plantation of the Colombian Eastern Zone oriented to determine the feasibility of implementing the practice of identifying oil palms with ripe bunches before the harvest. The main objective of this study was to test this practice in much more exigent conditions than those in which it was tested at the Northern Zone of Colombia in a previous study. In fact, the selected plantation had one of the best harvesting system of the Eastern Zone. The results suggest that through identifying oil palms with ripe bunches before the harvest, this operation's efficiency improves and it is cost effective.

## INTRODUCCIÓN

Según la muestra de países productores de palma estudiados por Lans and Mills Corporation (LMC) en 2003<sup>1</sup>, los costos netos de producción de palma de aceite en Colombia (333 dólares por tonelada de aceite crudo) sólo son superados por Nigeria (426 dólares). De manera adicional, el precio en Colombia es muy superior al reportado por Indonesia, el país más competitivo con 176 dólares.

De igual modo, el estudio indica que Colombia posee los costos laborales más altos de la industria de palma de aceite con 93 dólares por tonelada. Sin embargo, la evidencia muestra que el trabajador colombiano vinculado a la Agroindustria de la Palma de Aceite goza de garantías sociales (Mosquera y García, 2005).

En este contexto, la posibilidad de revertir los avances que en materia social ha logrado esta agroindustria en Colombia, se concluye que definitivamente el camino a seguir no es el de disminuir el bienestar del trabajador palmero. En contraste, modificar los métodos de trabajo e implementar procesos que permitan hacer más eficiente la inversión en mano de obra se plantean como las estrategias correctas para reducir los costos de producción.

Una de las alternativas para lograr el incremento de la productividad de la mano de obra, se encuentra en el campo del conocimiento denominado *procesos de producción*, en el cual se identifican dos instrumentos de análisis: *el estudio de tiempos y el estudio de movimientos*. Éstos tienen la finalidad de establecer tiempos estándar<sup>2</sup> y métodos específicos que reduzcan los tiempos de ejecución de las tareas con el objetivo final de minimizar los costos de producción.

En este orden de ideas y debido a que la cosecha es el segundo rubro en participación en los costos de cultivo (20%), después de la fertilización (35%)<sup>3</sup>; y a que la labor de cosecha es de índole manual, se consideró pertinente plantear un estudio de tiempos y movimientos para esta actividad.

## OBJETIVO

El objetivo del trabajo consistió en evaluar dos métodos de cosecha, con el fin de determinar cuál es el más económico, basados en estudios de tiempos y movimientos. Para ello se seleccionó la plantación Palmar El Borrego, ubicada en la Zona Oriental, la cual presenta buenos rendimientos en cuanto a labor de cosecha. Allí se evaluaron el método usual de la plantación y el de marcación previa de palmas con racimo maduro, que ha presentado resultados muy promisorios en la Zona Norte de Colombia.

En el momento de decidir el tipo de lote objeto del estudio, se optó por trabajar en lotes de palma que se cosechan con cuchillo malayo (mayores de siete años), para enfocar el esfuerzo en las edades que concentran la mayor cantidad de fruto de la vida productiva de la palma (89% del total del fruto para 25 años)<sup>4</sup>. Para lograr el objetivo propuesto se llevaron a cabo cinco actividades:

- Análisis del sistema de marcación previa de palmas con racimos maduros
- Diagnóstico operativo para el sistema de cosecha de la plantación Palmar El Borrego (Zona Oriental)
- Implementación y normalización del sistema de marcación previa de palmas con racimo maduro en el Palmar El Borrego
- Estudio de tiempos con cronómetro de los dos métodos de cosecha en el Palmar el Borrego
- Análisis estadístico y económico del sistema de cosecha con marcación previa de palmas con racimos maduros.

## ACTIVIDADES Y RESULTADOS

### *Análisis del sistema de cosecha de racimos en la plantación Padornelo*

Dado que los pioneros en implementar el sistema de cosecha con marcación previa de palmas con racimos

1 Tailandia, Malasia, Indonesia, Colombia, Nigeria, Papúa Nueva Guinea.

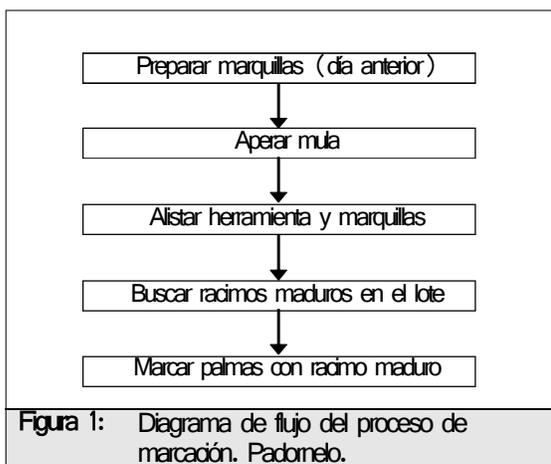
2 Tiempo requerido para llevar a cabo una labor de manera cómoda para un operario promedio, con la capacitación necesaria y un desempeño normal.

3 En el costo total de una tonelada de aceite la cosecha participa con 12%, equivalente a 40 dólares.

4 Datos de encuestas de costos Fedepalma 2003. Muestra 29 empresas.



maduros fueron las plantaciones del grupo Aceites S.A. de la Zona Norte, se realizó una visita a la plantación Inversiones Padornelo (Zona Norte), durante la cual se observó la aplicación del sistema en mención. Allí se logró identificar el diagrama de procesos para cada uno de los operarios que conforman una cuadrilla de cosecha y describir las operaciones que ésta realiza. En las figuras 1, 2 y 3 se presentan los diagramas de flujo de los procesos de cosecha para Inversiones Padornelo.

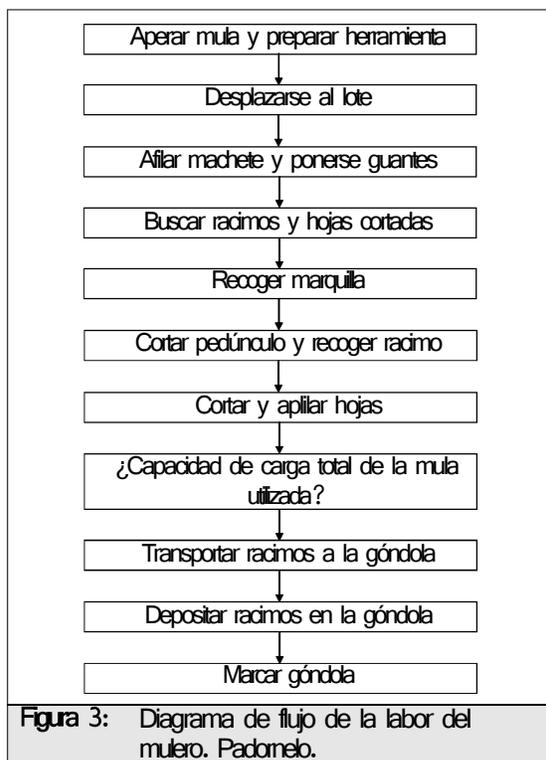
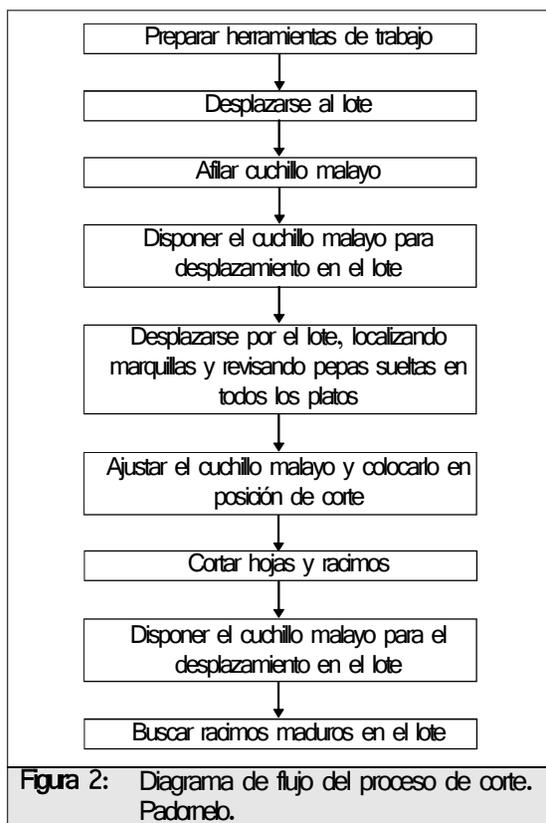


**Diagnóstico operativo del sistema de cosecha de la plantación Palmar el Borrego**

Por sugerencia de representantes de la plantación se consideraron dos tipos diferentes de palma de acuerdo con su altura. De esta manera, se definieron lotes de palma alta (mayor a 11 metros) y mediana (entre 6 y 11 metros).

Los análisis del método de cosecha empleado por el Palmar El Borrego, se realizaron sobre dos cuadrillas, una para cada tipo de palma. Se siguieron los postulados de la teoría de los estudios de tiempos y movimientos, de acuerdo con los cuales los estudios se deben realizar para trabajadores “promedio”<sup>5</sup>. Para la selección de la cuadrilla se consultaron los reportes

<sup>5</sup> Es decir, que es un trabajador con la capacitación necesaria para llevar a cabo la labor encomendada y que posee un desempeño normal. Aplica para cada tipo de palma. Esto significa que se seleccionaron trabajadores promedio para palmas alta y mediana, entendiéndose que la destreza requerida para palma alta es mayor que la requerida para palma mediana.



históricos de la plantación referentes a rendimientos promedio para la labor de cosecha.

El trabajo de las cuadrillas fue observado con el fin de establecer la dinámica operativa de cada uno de sus miembros, la cual se presenta en los diagramas de flujo de proceso (Figuras 4 y 5).

### **Implementación del sistema de marcación previa de palmas con racimos maduros en el Palmar El Borrego**

La etapa de implementación de la metodología propuesta en este caso la de marcación de palmas con racimo maduro es muy importante, ya que de ésta depende que las mediciones comparativas de los dos sistemas de cosecha se hagan manejando ambos sistemas de manera apropiada. Así, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

**Instrucción al personal de cosecha.** Las cuadrillas seleccionadas para el trabajo fueron instruidas con la metodología de cosecha a implementar en la plantación, mediante conferencias dictadas en la plantación.

**Selección del marcador de racimos.** La plantación, de acuerdo con su criterio, seleccionó un operario para marcar racimos. Se pidió al marcador que efectuara recorridos completos por los lotes para cosechar al día siguiente señalando mediante la colocación de cintas de color rojo, la presencia de racimos aptos para su corte<sup>6</sup>. Se le hizo seguimiento al marcador para verificar que estuviera realizando correctamente la labor.

**Personal de corte.** Se le indicó que cortara los racimos en las palmas señaladas con las cintas, sin descuidar aquellas con racimos aptos para corte que hubieran podido quedar sin marcar o con racimos que hubiesen madurado la noche anterior, para lo cual se les pidió que revisaran la presencia de fruto suelto en los platos y en las axilas de la palma.

**Verificación en campo y toma de tiempo.** Una vez se instruyó al personal de la plantación con los cambios que debían hacer en sus operaciones, se procedió a

6 Las cintas se atravesaron con clavos de 15 centímetros de largo y se aseguraron con arandelas de metal. Cabe anotar que el clavo se ubicaba entre las bases peciolares de la palma, sin ser enterrado.

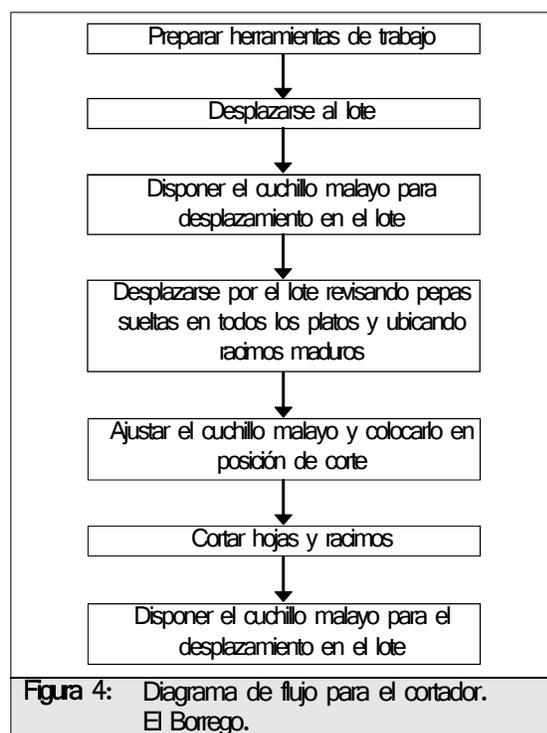


Figura 4: Diagrama de flujo para el cortador. El Borrego.

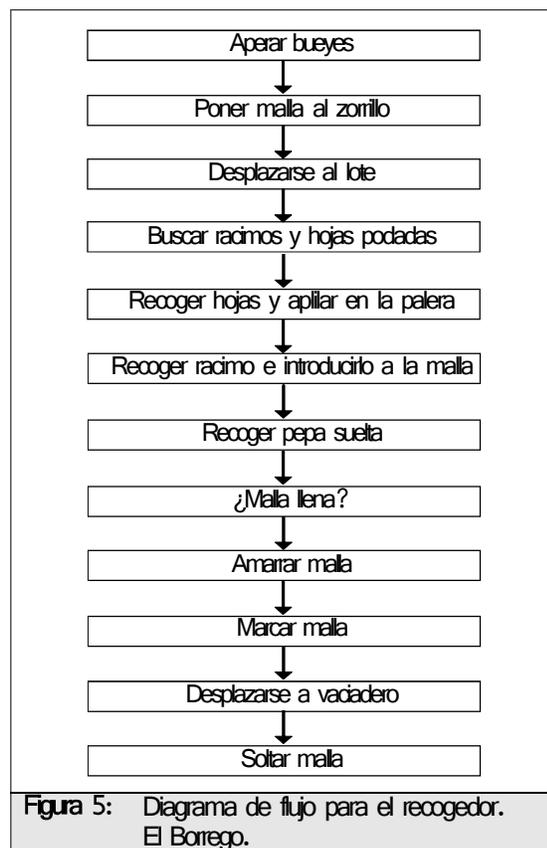


Figura 5: Diagrama de flujo para el recogedor. El Borrego.



realizar tomas de tiempos a los subprocesos modificados con el sistema de marcación previa de palmas con racimo maduro, verificando que se estuviese siguiendo correctamente la instrucción. Como se esperaba, las cuadrillas seleccionadas tardaron cerca de cuatro semanas en adaptarse al sistema de cosecha con marcación previa de racimo maduro. Una vez logrado, se procedió a llevar a cabo el estudio de tiempos con cronómetro para los dos

sistemas de cosecha. El resultado de esta etapa es el de la documentación del proceso de cosecha, incluyendo marcación previa de palmas con racimo maduro para el Palmar El Borrego (Figuras 6, 7 y 8).

### Estudio de tiempos con cronómetro

Una vez se contó con el personal capacitado para la ejecución del sistema de marcación previa de palmas con racimos maduros, se procedió a la evaluación en campo de los dos sistemas de cosecha. Las cuadrillas trabajaron bajo estas dos modalidades de manera intercalada. En la Tabla 1 se presenta el sistema de toma de tiempos que se siguió.

El registro de tiempos para la labor de corte se realizó durante 48 días en un periodo de 11 semanas, lo cual se constituye en una muestra representativa de la labor a lo largo del año, más aún si se considera que la metodología empleada bloquea la estacionalidad de la producción de fruto. Durante el tiempo

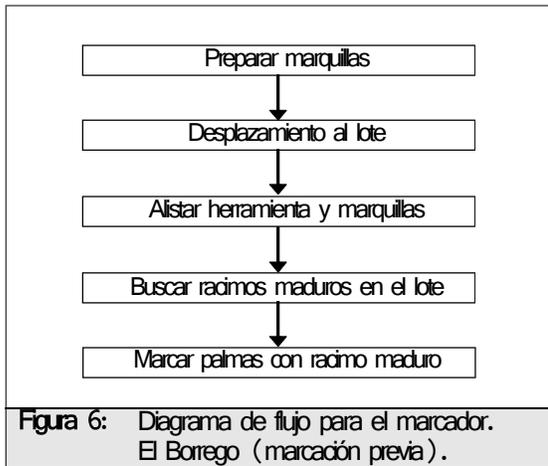


Figura 6: Diagrama de flujo para el marcador. El Borrego (marcación previa).

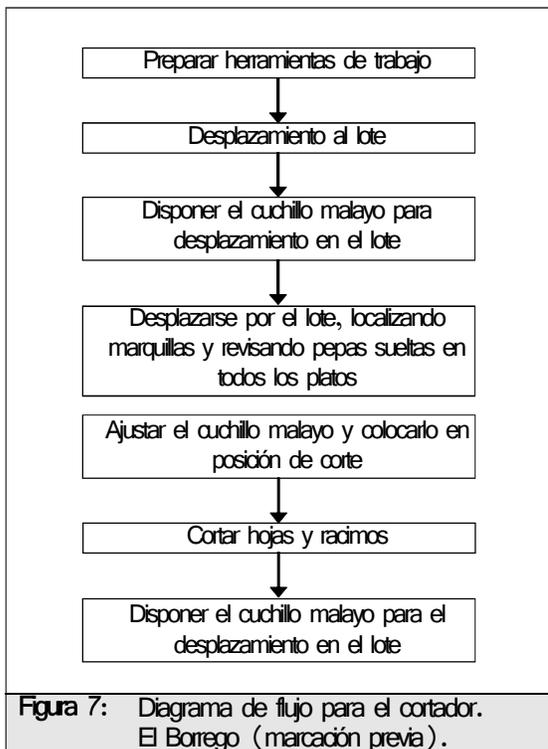


Figura 7: Diagrama de flujo para el cortador. El Borrego (marcación previa).

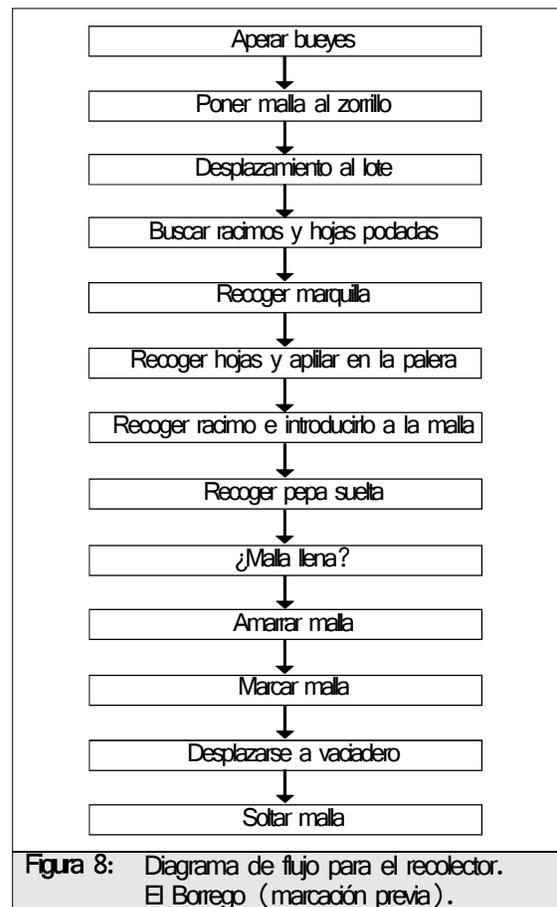


Figura 8: Diagrama de flujo para el recolector. El Borrego (marcación previa).

**Tabla 1: Estudio de tiempos con cronómetro**

SEMANA		S9 P-A	S10 P-M	S11 P-A	S12 P-M	S13 P-A	S14 P-M	S15 P-A	S16 P-M	S17 P-A	S18 P-M	S19 P-A	
Día de la semana	0	CP	CP	CP	CP	CP	CP		CP	CP			
	1	MR	MR	MR	MR	MR	MR	CP	MR	MR	CP	CP	
	2	CP	CP	CP	CP	CP	CP	MR	CP	CP	MR	MR	
	3	MR	MR	MR	MR	MR	MR	CP	MR	MR	CP	CP	
	4	[Hatched bar]							MR	[Hatched bar]		MR	MR
	5	[Hatched bar]											
	6	[Hatched bar]											

P-A: palma alta-Lotes 1,3 y 5- Cuadrilla de cosecha de José Gutiérrez  
 P-M: palma mediana-Lotes 7, 8, 10-12 y 14. Cuadrilla de cosecha de Félix García  
 Marcador de racimos: Ignacio Duarte  
 CP: cosecha plantación  
 MR: marcación previa de palmas con racimo maduros  
 S9: Corresponde a la novena semana de desarrollo del protocolo de investigación, ya se habían cubierto las etapas anteriores (documentación en Padonebo, documentación en El Borrego e implementación de la metodología).

de estaba en la plantación, se realizaron los siguientes registros de tiempo como se observa en la Tabla 2.

Durante estas pruebas se tuvo en cuenta:

- Verificación de la aplicación de la metodología especificada
- Tiempo de cada operación realizada por parte del operario en su actividad
- Distancia entre palmas con racimo cosechado.

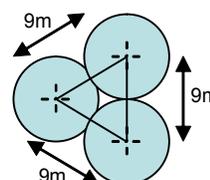
**Tabla 2: Total de registros obtenidos por actividad, tipo de palma y sistema de cosecha**

Actividad	Tipo de palma	Sistema	No. de veces
Recolección	PA	CP	429
Recolección	PA	MR	271
	<b>Total PA</b>		700
Recolección	PM	CP	279
Recolección	PM	MR	216
	<b>Total PM</b>		495
Corte	PA	CP	422
Corte	PA	MR	424
	<b>Total PA</b>		846
Corte	PM	CP	380
Corte	PM	MR	360
	<b>Total PM</b>		740
Marcación	PA	MR	360
	<b>Total PA</b>		360
Marcación	PM	MR	433
	<b>Total PM</b>		433
	<b>Total general</b>		3574

PA: palma alta (altura mayor a once metros)  
 PM: palma mediana (altura entre seis y once metros)  
 CP: cosecha plantación  
 MR: marcación previa de palmas con racimo maduros  
 No. de veces. Cantidad de veces que se evaluó la labor.

**Distancia entre palmas con racimo maduro.** Dado que la distancia entre palmas con racimo es de vital importancia en el resultado de los tiempos de ciclo, debía considerarse como una variable del estudio. De esta manera se estableció como unidad de medida de esa distancia: la diagonal (Figura 9).

Por lo general, en los lotes de palma de aceite, éstas son sembradas a una distancia de nueve metros entre cada una, formando un triángulo equilátero de nueve metros de base, con el objetivo de sembrar 143 palmas por hectárea. Esto implica que sobre el plano horizontal exista un ángulo de 60 grados entre palmas y que al trazar sobre una de ellas una línea imaginaria perpendicular a la línea de palmas, no se encuentre palma.



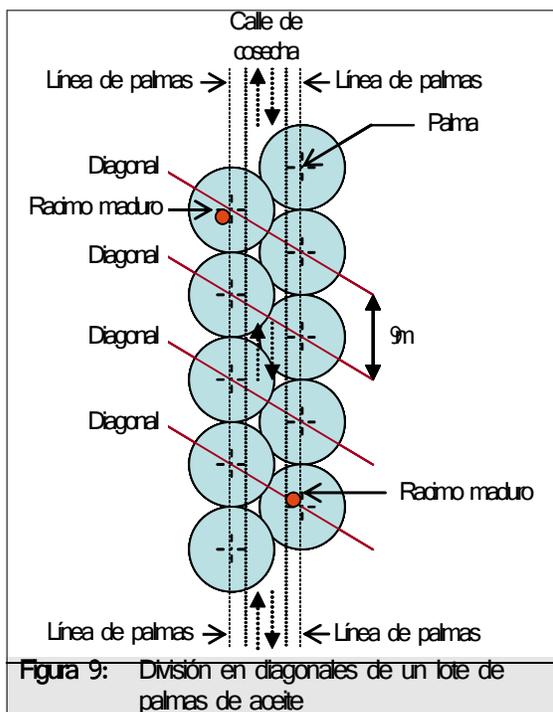


Figura 9: División en diagonales de un lote de palmas de aceite

Para registrar el tiempo de desplazamiento del cortador, fue necesario encontrar una unidad de medida que describiera la distancia existente entre palmas con racimo maduro. Si se tomaba el número de palmas como unidad de medida, se corría el riesgo de que las distancias variaran, cuando sobre la misma calle de cosecha se pasara a cosechar de una línea de palmas a la otra. Por esta razón, se decidió utilizar las diagonales como unidad de medida, ya que entre diagonales siempre iba a existir una distancia uniforme de nueve metros. De esta manera, se cuentan las diagonales existentes entre una palma con racimo maduro y la siguiente. Como ejemplo, en la Figura 9, se puede observar que hay una distancia de tres diagonales entre palmas con racimo maduro.

### Tiempos estándar para los dos sistemas de cosecha

Los primeros resultados del estudio de tiempos y movimientos realizado en el Palmar El Borrego para las actividades de corte y recolección son los diagramas de flujo para los procesos y los tiempos estándar de operación por cada tipo de palma para un día de labores.

Para la elaboración de los tiempos estándar representados en estos diagramas de flujo de proceso es fundamental llevar a cabo un cálculo de los suplementos<sup>7</sup>. En este trabajo se tuvieron en cuenta dos clases de suplementos: por fatiga y personales. Para los primeros se da un tiempo adicional de 5% por cada 10 libras levantadas por minuto, mientras que los suplementos personales corresponden a 5% del tiempo laborado por día, que representa las necesidades personales del ejecutor, entre las cuales se pueden contar alimentación, necesidades personales y conversaciones con otros trabajadores (Meyers, F. 2000).

Los suplementos calculados para el recolector de palma alta son del 25% del tiempo total, mientras que para el mediana son del 27% del tiempo total. Para el caso de la labor de corte, los suplementos para el cortador de palma alta son del 15% del tiempo total, mientras que para el de mediana son de 12%. Los tiempos estándar para una jornada laboral de nueve horas del recolector incluyendo suplementos se presentan para cada tipo de palma en las tablas 3 y 4.

La diferencia para la labor de recolección según el método o tecnología utilizada radica en que se incluye un nuevo proceso. Éste se representa en la actividad número 22 (recoger marquilla), que dentro de la actividad de recolección significa 13 y 16 minutos diarios, es decir, 3% para palma alta y 4% para mediana del tiempo total. En cuanto al número de palmas para las cuales se realizó la labor de recolección, se encontró que éstas disminuyen en cinco palmas en la mediana y cuatro en la alta. Se puede notar que el número de palmas visitadas se tomó con base en la cantidad de veces que el recolector recogió pepa suelta.

A continuación, en las tablas 5 y 6 se presentan los tiempos estándar para una jornada laboral de nueve horas del cortador para cada tipo de palma. Al igual que para el recolector también se consideran los suplementos.

Como se puede observar, la metodología de marcación previa de palmas con racimo maduros permite un aumento de las palmas cosechadas. Este

7 Suplemento: es un tiempo adicional que se le da al ejecutor para que realice cómodamente alguna actividad.

**Tabla 3:** Diagrama de flujo de proceso. Recolector de palma mediana

Recolector PM		CP			MR		
Número actividad	Descripción de la actividad	TCP (min.)	%	No. de veces	TCP (min.)	%	No. de veces
5	Amugar bueyes	6	1	1	6	1	1
10	Poner malla al zorrillo	16	4	5	16	4	5
15	Desplazamiento al lote	30	7	1	30	7	1
20	Desplazamiento y búsqueda de racimos y hojas podadas	41	10	350	39	9	336
22	Recoger marquilla	0	0	0	16	4	154
25	Recoger hojas y apilarlas en palera	72	17	519	69	16	498
30	Recoger racimo e introducirlo en la malla	37	9	160	36	8	154
35	Recoger pepa suelta	189	44	133	181	42	128
45	Amarrar malla	19	4	5	19	4	5
47	Marcar malla	6	1	5	6	1	5
50	Desplazamiento a la carretera	10	2	5	10	2	5
55	Soltar malla	3	1	5	3	1	5
Total		430	100		430	100	

PM: palma mediana  
 TCP: tiempo de operación expresado en minutos  
 MR: marcación previa de palmas con racimo maduro  
 CP: cosecha plantación  
 No. de veces: cantidad de veces que en una jornada laboral realiza la operación

**Tabla 4:** Diagrama de flujo de proceso. Recolector de palma alta

Recolector PA		CP			MR		
Número actividad	Descripción de la actividad	TCP (min.)	%	No. de veces	TCP (min.)	%	No. de veces
5	Amugar bueyes	6	1	1	6	1	1
10	Poner malla al zorrillo	19	4	5	19	4	5
15	Desplazamiento al lote	30	7	1	30	7	1
20	Desplazamiento y búsqueda de racimos y hojas podadas	56	13	430	54	13	415
22	Recoger marquilla	0	0	0	13	3	117
25	Recoger hojas y apilarlas en palera	64	15	420	62	14	406
30	Recoger racimo e introducirlo en la malla	33	8	121	32	7	117
35	Recoger pepa suelta	186	43	102	180	42	98
45	Amarrar malla	18	4	5	18	4	5
47	Marcar malla	6	1	5	6	1	5
50	Desplazamiento a la carretera	9	2	5	9	2	5
55	Soltar malla	2	1	5	2	1	5
Total		430	100		430	100	

PA: palma alta  
 TCP: tiempo de operación expresado en minutos  
 MR: marcación previa de palmas con racimo maduro  
 CP: cosecha plantación  
 No. de veces: cantidad de veces que en una jornada laboral realiza la operación

aumento está representado en 31 palmas con racimos maduros para el cortador de palma mediana y en 13 con racimo maduro de palma alta al día.

Al considerar que en palma mediana se encontró un racimo cada 2.53 diagonales y que en la alta uno cada 3.97 diagonales, el cambio de sistema de



**Tabla 5:** Diagrama de flujo de procesos para el cortador de palma alta

Cortador PA		CP			MR		
Número actividad	Descripción de la actividad	TCP (min.)	%	No. de veces	TCP (min.)	%	No. de veces
5	Desplazamiento a lote	30	6	1	30	6	1
10	Preparar herramienta	10	2	1	10	2	1
15	Desplazamiento y búsqueda de racimo	109	23	823	90	19	871
20	Disposición herramienta para corte	57	12	207	61	13	220
25	Corte de hojas y racimo	245	52	911	259	55	963
30	Disposición herramienta para desplazamiento	24	5	207	25	5	220
Total		475	100		475	100	

PA: palma alta  
 TCP: tiempo de operación expresado en minutos  
 MR: marcación previa de palmas con racimo maduro  
 CP: cosecha plantación  
 No. de veces: cantidad de veces que en una jornada laboral realiza la operación

**Tabla 6:** Diagrama de flujo de procesos para el cortador de palma mediana

Cortador PM		CP			MR		
Número actividad	Descripción de la actividad	TCP (min.)	%	No. de veces	TCP (min.)	%	No. de veces
5	Desplazamiento a lote	30	6	1	30	6	1
10	Preparar herramienta	10	2	1	10	2	1
15	Desplazamiento y búsqueda de racimo	71	14	477	56	12	555
20	Disposición herramienta para corte	52	11	188	57	12	219
25	Corte de hojas y racimo	295	61	841	301	62	978
30	Disposición herramienta para desplazamiento	29	6	188	32	6	219
Total		486	100		486	100	

PM: palma mediana  
 TCP: tiempo de operación expresado en minutos  
 MR: marcación previa de palmas con racimo maduro  
 CP: cosecha plantación  
 No. de veces: cantidad de veces que en una jornada laboral realiza la operación

cosecha permite recorrer 1,1 hectáreas adicionales para palma mediana y 0,67 para la alta por día.

Se puede percibir que la cantidad de palmas visitadas por el cortador se toma con base en el número de veces que éste dispone de la herramienta para corte, por ser un indicador de las palmas que contenían racimo maduro.

Los resultados indicaron que el cortador de palma alta es mucho más rápido que el de mediana. Lo anterior, obedece a que el de alta es bastante experimentado y lleva 11 años en la plantación. Cabe esperar que esta diferencia pueda tener efectos sobre algunos de los resultados de los análisis estadísticos.

**Análisis estadístico y económico de los sistemas de cosecha**

**Análisis de regresión.** La información recolectada sobre el estudio de tiempos se analizó mediante dos modelos de regresión lineal. Uno para el cortador y otro para el recolector. El modelo para el primero fue concebido bajo la forma:

$TDES = f(DIAG, TEC, TLOT, TPAL)$ , donde, TDES. Es el tiempo de desplazamiento y búsqueda de racimos. En efecto, con el nuevo sistema de cosecha se espera minimizar este tiempo, que como se observó en los diagramas de proceso corresponde

a 23% en palma alta y 15% en mediana de la jornada laboral del cortador.

DIAG. Es el número de diagonales por las que debe desplazarse el cortador, entre una palma con racimo maduro y la siguiente.

TLOT. Los lotes de palma alta y mediana en los que se realizó el estudio fueron clasificados por el personal de la plantación, según la dificultad para transitar en ellos. De esta manera, se clasificaron los lotes en dos grupos: baja dificultad de tránsito (PA: L1, L4 y L5; PM: L8, L10, L12, L14) y mediana dificultad (PA: L3; PM: L7, L11).

TPAL. Corresponde a la clasificación de las palmas, según la altura (alta y mediana).

TEC. Corresponde al sistema de cosecha que está siendo empleado, bien sea el de cosecha del Palmar El Borrego o el de marcación previa de palmas con racimo maduro.

Cabe anotar que este modelo, ignora las interacciones que pueden existir entre las variables consideradas en el mismo. Sin embargo, los resultados de los coeficientes de determinación, hicieron que se contemplara su publicación. De manera adicional, se llevó a cabo el análisis factorial que incluye las interacciones entre las variables predictorias (se presenta más adelante en el texto).

De esta manera, se desarrolló un modelo de regresión lineal, el cual fue corrido con el paquete Statistix 8 y arrojó los siguientes resultados: las variables DIAG ( $p=0.0000$ ), TEC ( $p=0.0000$ ) y TPAL ( $p=0.0000$ ) y la constante ( $p=0.0002$ ) resultaron ser estadísticamente significativas, mientras que la variable TLOT ( $p=0.9185$ ) no lo fue. Esto quiere decir que entre los dos tipos de lote (baja y mediana dificultad de tránsito), no existe diferencia estadística significativa en las condiciones del terreno que afecte el desplazamiento del cortador (malezas, platos sucios, topografía irregular).

Estos resultados permiten concluir que existe diferencia en cuanto al tiempo de desplazamiento del cortador. Cuando la distancia aumenta en una diagonal, también lo hace el tiempo de desplazamiento en 7,54 segundos, cuando cambia el tipo de palma de media a alta, el tiempo crece en 1,94 segundos y

cuando el sistema utilizado es la marcación previa de palmas con racimos maduros, el tiempo de desplazamiento es menor en 6,17 segundos. Este modelo presentó un  $R^2 = 0,91$ .

Para el recolector, el modelo fue concebido bajo la forma de:

$TOP = f(TEC, TPAL, RACIMOS, HOJAS)$  ,  
donde:

TOP. Al tiempo de operación de la labor de recolección le fue restado el tiempo de desplazamiento, con lo que se obtuvo el tiempo de operación del recolector (TOP).

HOJAS. Número de hojas recogidas, picadas y apiladas.

RACIMOS. El número de racimos recogidos en cada palma.

TPAL. Corresponde a la clasificación de las palmas, según la altura (alta y mediana).

TEC. Corresponde al sistema de cosecha que está siendo empleado, bien sea cosecha Palmar El Borrego ó marcación previa de palmas con racimo maduro.

Al igual que en el modelo anterior, no se consideran las interacciones, pero también se llevó a cabo el análisis factorial que se presenta más adelante.

Este modelo arrojó los siguientes resultados: las variables HOJAS ( $p=0.0000$ ), RACIMOS ( $p=0.0000$ ) y TPAL ( $p=0.0000$ ) resultaron ser estadísticamente significativas, mientras que la variable TEC ( $p=0.1314$ ) y la constante no lo fueron. Esto quiere decir que un cambio en la tecnología utilizada (marcación previa de palmas con racimos maduros o la de la plantación) no afecta de manera significativa el tiempo de operación de recolección. Además, como la constante resultó ser no significativa, se forzó el modelo a pasar por el origen, teniendo en cuenta que si el recolector no realiza ninguna actividad no existiría el tiempo de operación.

Estos resultados indican que el tiempo de operación del recolector cambia cuando: aumenta el número de hojas a recoger (por cada hoja aumenta 11,52 segundos), cuando crece el número de racimos a recoger (por cada racimo se eleva 80,74 segundos), y cuando la labor se realiza en palma alta el tiempo



se incrementa en 35.96 segundos, con respecto al de la palma mediana. El modelo forzado a pasar por el origen, presentó un  $R^2 = 0,82$ .

**Análisis factorial.** Con el objetivo de conocer las interacciones existentes entre las variables pertenecientes a cada modelo (TDES y TOP), se diseñaron dos estructuras factoriales bajo un diseño completamente aleatorizado, que se corrieron con SPSS.

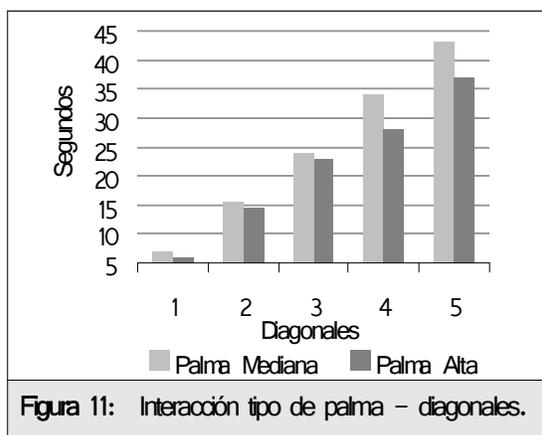
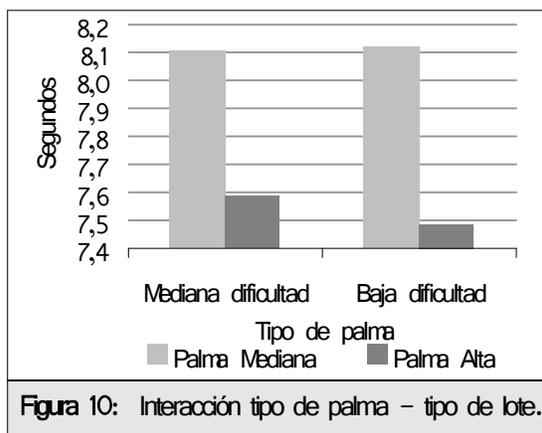
*Los resultados del análisis factorial para el cortador.* El resultado del factorial para TDES, arroja que las variables TPAL ( $p=0.000$ ), TEC ( $p=0.000$ ) y DIAG ( $p=0.000$ ) son significativas y que las interacciones TPAL\*TLOT ( $p=0.002$ ), TPAL\*DIAG ( $p=0.000$ ), TLOT\*DIAG ( $p=0.013$ ), TPAL\*TLOT\*DIAG ( $p=0.027$ ) y TEC\*DIAG ( $p=0.000$ ) son significativas.

Se puede observar que con respecto al análisis de regresión, el factorial introduce al tipo de lote en el modelo, en cuanto factor que interactúa con los demás. En las figuras 10 y 11 se presentan las interacciones estadísticamente significativas para el tiempo de *desplazamiento y búsqueda de racimo* (TDES). También es importante considerar que 80% de los datos se concentran en desplazamientos entre una y cinco diagonales, por lo cual se generan las figuras 10 y 11 para este intervalo.

**Interacción tipo de palma - tipo de lote (TPAL\* TLOT).** Para los lotes con baja y mediana dificultad de tránsito, el tiempo de *desplazamiento y búsqueda de racimo* (TDES), resultó ser menor en palma alta que en la mediana. Este resultado se atribuye a la velocidad a la cual se desplazan los cortadores, siendo más rápido el cortador de palma alta que el de la mediana.

**Interacción tipo de palma – distancia entre palmas con racimo (TPAL\* DIAG).** El tiempo de *desplazamiento y búsqueda de racimo* aumenta en la medida en que lo hace el número de diagonales. Sin embargo, el tiempo es menor en palma alta. De nuevo, se presenta el efecto de la mayor velocidad de desplazamiento del cortador de palma alta debido a su habilidad. Cabe anotar que para el intervalo de diagonales considerado, la relación es lineal tanto en palma mediana como en alta.

**Interacción tipo de lote – distancia entre palmas con racimo (TLOT\* DIAG).** El tiempo de *desplazamiento y*



*búsqueda de racimo* aumenta en la medida en que lo hace la distancia entre palmas con racimo. Esa relación se ve afectada por las condiciones del lote, en términos de facilidad de desplazamiento. Puede afirmarse que el tiempo promedio de desplazamiento del cortador es menor para lotes de baja dificultad de desplazamiento, sin embargo, las respuestas aumentan en la medida en que lo hace la distancia (Figuras 12 y 13).

Para el intervalo de diagonales considerado, la relación es lineal, tanto en lotes de mediana y baja dificultad de tránsito, aún cuando la intensidad de la relación sea diferente.

**Interacción sistema de cosecha-distancia entre palmas con racimo (TEC\* DIAG).** El tiempo de *desplazamiento y búsqueda de racimo* aumenta en la medida en que lo hace la distancia entre palmas con racimo. Aquí es clara la influencia de la tecnología utilizada, que

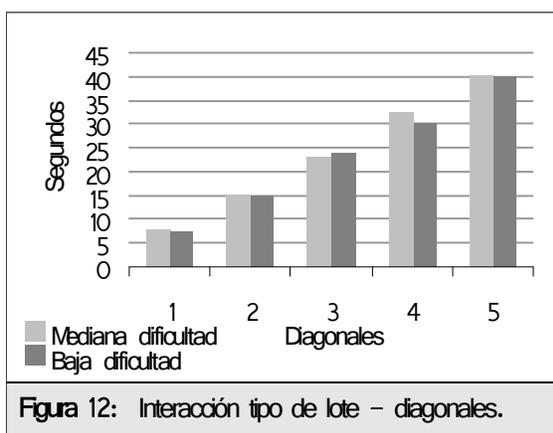


Figura 12: Interacción tipo de lote - diagonales.

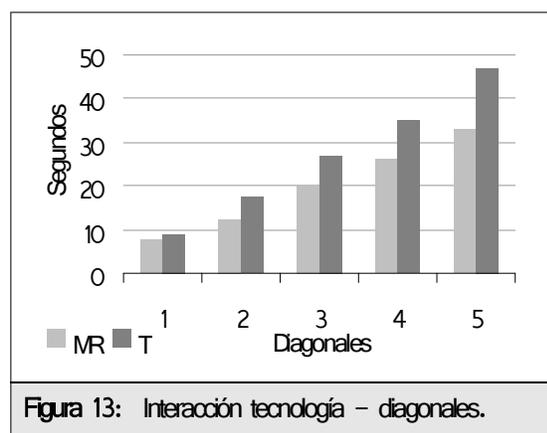


Figura 13: Interacción tecnología - diagonales.

muestra una tendencia a reducir el tiempo de desplazamiento, cuando se utiliza el sistema de marcación previa de palmas con racimo maduro. Para el intervalo de hojas considerado, la relación es lineal para las dos tecnologías probadas y, de igual modo, se verifican diferencias en la intensidad de la relación.

**Resultados del análisis factorial para el recolector.** A continuación se presentan las interacciones que resultaron significativas para el tiempo de operación de recolección (TOP). El resultado del factorial arroja que las variables HOJAS ( $p=0.000$ ), RACIMOS ( $p=0.000$ ) y que las interacciones TPAL\*HOJAS ( $p=0.000$ ), TPAL\*RACIMOS ( $p=0.019$ ), HOJAS\*RACIMOS ( $p=0.000$ ) Y TPAL\*HOJAS\*RACIMOS ( $p=0.000$ ), son significativas.

Es importante considerar que 98,5% de los datos de palmas con racimo se concentran en palmas con uno y dos racimos. De igual modo, 86% de los datos se concentran en palmas a las cuales se les podó entre una y seis hojas. Por estas razones los análisis gráficos se centran en estos intervalos.

**Interacción tipo de palma - número de hojas (TPAL\*HOJAS).** El tiempo de operación de recolección (TOP) aumenta en la medida en que lo hacen las hojas a apilar, mostrando una tendencia mayor en palma alta. Esto se explica porque las hojas de las palmas altas, son más grandes y requieren de mayor tiempo y esfuerzo para ser levantadas, debido a que estos lotes fueron sembrados con material papúa. Cabe anotar que para el intervalo de hojas considerado, la relación es lineal, tanto en palma mediana como en alta (Figura 14).

**Interacción tipo de palma - número de racimos recogidos (TPAL\*RACIMOS).** El tiempo de recolección de fruto aumenta cuando lo hace el número de racimos a recoger. En palma mediana, el tiempo de operación de recolección es menor, porque los racimos son menos pesados que los de palma alta, lo que también obedece al hecho de que los lotes de palma alta son de variedad papúa. Asimismo, al caer de una altura menor se desprende menos fruto y el tiempo dedicado a la actividad de recolección de fruto o pepa suelta es menor (Figura 15).

**Interacción número de hojas - número de racimos (HOJAS\*RACIMOS).** El tiempo de operación de recolección (TOP) aumenta en la medida en que lo hacen las hojas a apilar y los racimos a recoger. Cabe anotar que para el intervalo de hojas considerado, la relación es lineal y se tiene diferencia de intensidad en la relación cuando se consideran uno y dos racimos (Figura 16).

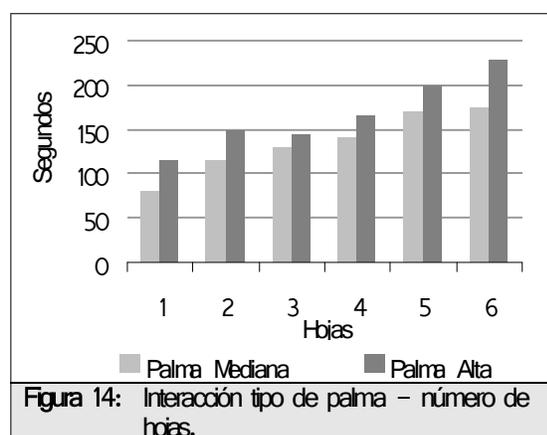


Figura 14: Interacción tipo de palma - número de hojas.

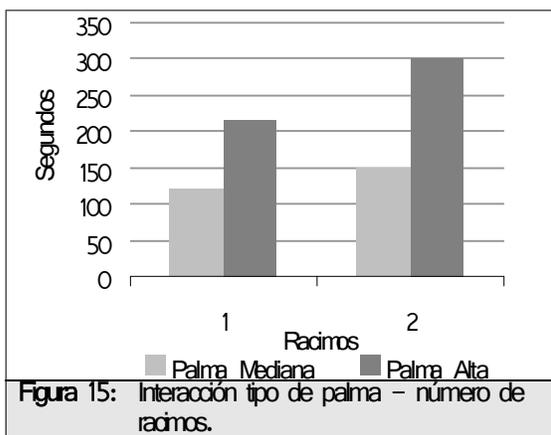


Figura 15: Interacción tipo de palma - número de racimos.

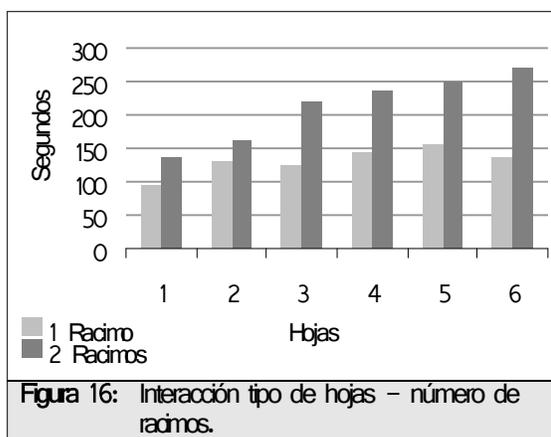


Figura 16: Interacción tipo de hojas - número de racimos.

**Interacción (entre número de hojas - número de racimos y tipo de palmas\*HOJAS\*RACIMOS\*TPAL).** El tiempo de operación de recolección (TOP) aumenta en la medida en que lo hacen las hojas a apilar y los racimos a recoger. En palma mediana el tiempo operación de recolección (TOP) es menor que en palma alta, debido a que los racimos y las hojas son de menor tamaño (efecto del material genético). De igual modo, el desprendimiento de fruto del racimo es menor.

## ANÁLISIS DE COSTOS

Finalmente, se hizo un análisis de costos con el fin de identificar si es rentable implementar la tecnología en la plantación. Con este fin, se tomó como fuente

de información el trabajo de cosecha para la Zona Oriental, en donde cada plantación presentó la información sobre el costo por tonelada de fruto cosechado.

Como costos adicionales se consideraron el jornal que debe pagarse al marcador de racimos y el costo de las marquillas. De acuerdo con los datos del estudio de tiempos, se identificó que un marcador en palma alta es capaz de marcar 24 hectáreas. Dado que en palma alta una cuadrilla alcanza a recorrer 12 hectáreas en un día, utilizando el sistema de marcación previa de palmas con racimo maduro, el marcador sería capaz de marcar el fruto de 2 cuadrillas. Para el caso de palma mediana, en donde se produce una mayor cantidad de frutos, la cuadrilla es capaz de recoger fruto de 8 hectáreas en un día y el marcador cubre 30 hectáreas<sup>8</sup>, es decir, le marca a 4.6 cuadrillas.

Con la implementación de la tecnología de marcación de racimos, el cortador logra un incremento de 16% en racimos cosechados en palma mediana, mientras que en la alta es del 6%.

En efecto, si se estima un aumento de 10% en los costos de herramienta por el hecho de introducir las marquillas y el costo adicional del marcador, se obtiene un incremento en los costos de cosecha del 3,5%. Sin embargo, al considerar el aumento en los racimos cortados se obtiene una disminución del 2% del costo total por tonelada de fruto cosechada para palma alta y de 11% para mediana. Es decir que, el costo por tonelada de aceite disminuiría en 0.8 dólares en palma alta y en 4.4 en mediana.

## CALIDAD

A diario y después de realizar el registro de tiempos, se procedió a verificar la calidad de los racimos cortados. De esta manera, se realizó un recorrido con el supervisor encargado y se recopiló el número de los racimos clasificados por el supervisor, según su estado de madurez. Los resultados se sintetizan en la Tabla 7.

<sup>8</sup> Es importante resaltar que de acuerdo con los datos recolectados en el campo para palma alta se encuentra un racimo cada ocho palmas, mientras que para palma mediana se encuentra racimo cada cinco. De aquí que alcance a marcar más palmas en lotes de palma mediana.

**Tabla 7:** Calidad del fruto cosechado

Calidad de fruto	Marcación	Tradicional
Total maduros	0,84	0,86
Total sobremaduros	0,13	0,11
Total verdes	0,01	0,01
Total podridos	0,02	0,01

Como se puede apreciar, la diferencia en la calidad de fruto entre uno y otro sistema de cosecha para la plantación Palmar El Borrego, no es importante. De manera adicional, los datos están condicionados al día del ciclo en el cual se hicieron las mediciones, lo que refleja que esta plantación tiene unos ciclos bastante regulares que fluctúan alrededor de los diez días.

Asimismo, debe aclararse que con la metodología propuesta se está en la capacidad de ajustar los ciclos de cosecha a ocho días para la plantación, ya que el número adicional de palmas visitadas diariamente hace posible permite recorrer mayores distancias. En efecto, para palma mediana puede ajustarse en dos días el ciclo de cosecha, mientras que para la alta el ciclo puede ajustarse en un día.

## CONCLUSIONES

El sistema de cosecha de marcación previa de palmas con racimo maduro impacta la labor del cortador. Resulta más ventajoso porque disminuye el tiempo de desplazamiento y le permite cosechar más palmas por día.

El sistema de cosecha de marcación previa de palmas con racimo maduro no tiene mayor impacto sobre la labor del recolector. Aunque se introduce una nueva

actividad que consiste en recoger la marquilla, el tiempo que el recolector le dedica a ésta representa sólo el 3% del tiempo total de la labor.

Implementar la tecnología de marcación previa de palmas con racimo maduro es rentable porque disminuye los costos de cosecha por tonelada de fruto.

El sistema de marcación de palmas con racimo maduro no tiene efecto directo sobre la calidad de fruto, pero a través del ajuste de ciclos de cosecha se puede disminuir el porcentaje de racimos sobremaduros.

Para trabajos posteriores, se sugiere que se trate de aislar el efecto de la destreza de los cortadores puesto que en este trabajo, algunas de las diferencias que se atribuyen al tipo de palma, pueden estar influenciadas por la mayor experiencia del cosechero de palma alta.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a las siguientes organizaciones por su colaboración en la financiación de este proyecto: Fondo de Fomento Palmero, Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, Francisco José de Caldas (Colciencias - Proyecto N° 7262-071 7407 - Estudios de referenciación competitiva para la agroindustria colombiana de la palma de aceite).

Así mismo a las siguientes personas por su hospitalidad y colaboración con el desarrollo de este proyecto: Francisco Barreto, ingeniero agrónomo Óscar Mario Bastidas y al personal de la plantación El Borrego, involucrado en este trabajo. De igual modo a Ricardo Martínez por su apoyo en el análisis estadístico y a Diego Fernando Díaz en la parte logística.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, JM; Serwatoesky, RJ. 1995. Análisis de la cosecha y manejo poscosecha del ajo en la región del Bajío. Harvest and post harvest Technologies for fresh fruit and vegetables. Guanajuato, 20-24. Proceedings of the International Conference. St Joseph. ASAE. 1995:191-197.
- Lands and Mills Corporation (LMC). 2004. *Estudio de costos 2002/2003*. LMC. Londres (Inglaterra).

- León, A; Granados JF. 2004. Identificación de palmas con racimos a cosechar: una estrategia para incrementar la productividad de la agroindustria de la palma de aceite. *Revista Palmas* (25) Tomo II. Fedepalma. Bogotá (Colombia).

- Meyers, F. 2000. *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. Alfa Omega. Segunda edición. Ciudad de México (México).



- Moncaleano, R. 1994. *Estudio de métodos y tiempos para la comercialización de dátiles en Coamerca*. Cenca. Cali (Colombia).
- Morales, S. 1999. Descripción, evaluación y mejoramiento del proceso de corte de fruto de la palma de aceite. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Tesis de pregrado.
- Mosquera, M; García E. 2005. Impacto social de la agroindustria de palma de aceite. *Revista Palmas*. En proceso de impresión.
- Mosquera, M; Gallego M. 2005. Referenciación competitiva para la agroindustria colombiana de la palma de aceite. *Boletín Técnico No. 17*. Fedepalma. Bogotá (Colombia).
- Mosquera, M; Díaz, D; García E. 2005. Estudio de *Benchmarking* del proceso de cosecha en zona oriental. En proceso de impresión.
- Nebel, B; Freivalds A. 2004. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. Prentice Hall. Onceava edición. Bogotá (Colombia).
- Vélez, JC; Montoya, R; Oliveros, T. 1999. Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual de café. *Boletín técnico Cenicalé*. Fedecafé. Chinchina (Colombia): (21):1-19.

## Tarifas de suscripción 2006

### Revista Palmas

Trimestal (4 ejemplares/año)  
\$175.000 (Colombia) US\$90 (Exterior)

### Boletín El Palmicultor

Mensual (12 ejemplares/año)  
\$130.000 (Colombia) US\$80 (Exterior)

### Tarifa Palmera

(Palmas, El Palmicultor, Ceniavances y Calendario  
Oferta sólo para palmicultores colombianos)  
\$120.000 (Colombia únicamente)