

Comparación de tres sistemas mecanizados de transporte interno de fruto de palma de aceite

Comparison Among Three Mechanized Systems of Oil Palm Fruits Infield Transportation



AUTORES

Andrés Camilo Sánchez P.

Ingeniero de producción agroindustrial.

Auxiliar de investigación.

asanchez@cenipalma.org

Carlos Andrés Fontanilla D.

Ingeniero de producción agroindustrial.

Auxiliar de investigación.

cfontanilla@cenipalma.org

Mauricio Mosquera M.

M. Sc. Economía agrícola. Líder de economía y biometría.

mmosquera@cenipalma.org

Sergio Pachón Arango

Ingeniero industrial.

Auxiliar de investigación.

spachona@unal.edu.co.

Palabras CLAVE

Mecanización, Eficiencia, Producción de RFF, Costo, Transporte interno.

Mechanization, Efficiency, FFB production, Cost, In-field transport.

Recibido: 3 noviembre de 2009

Aceptado: 30 noviembre de 2009

Resumen

Este artículo describe el proceso de transporte interno de racimos de fruto fresco (RFF) que se lleva a cabo en tres diferentes plantaciones de palma aceitera de Colombia. Las tres utilizan tractores y han diseñado sus sistemas de transporte de acuerdo con el diseño de su plantación, la distancia que las separa de las plantas de beneficio, la disponibilidad de mano de obra y los requerimientos de maquinaria. El costo de transportar una tonelada de RFF fue estimado para cada plantación. Se ha determinado que la eficiencia de un sistema de transporte de fruto depende de dos hechos: la producción de racimos de fruta fresca por hectárea y las actividades que se le asignan a cada trabajador, que en algunos casos generan cuellos de botellas en el sistema.

Summary

This paper describes the in-field transportation process of Fresh Fruit Bunches (FFB), carried out by three different Colombian oil palm plantations. The three of them use tractors and figure out their transportation systems in accordance with their plantation design, distance to the mill, labor availability and machinery requirements. The transportation cost of a ton of FFB was estimated for each plantation. It has been determined that the efficiency of a transportation system depends on two facts. The first one is the production of FFB per hectare. The second refers to the activities assigned to each worker that in some cases generate a bottleneck in the system.

Descripción del problema

EL sector palmicultor colombiano evidencia un crecimiento anual del área sembrada de 11% entre 2001 y 2008, cuando pasó de 150.000 a 320.000 hectáreas aproximadamente; ello generó un incremento en la demanda por mano de obra y obligó a las plantaciones a pagar jornales cercanos a los \$40.000 diarios (Mosquera *et al.*, 2009).

Adicionalmente, si se considera la participación en el costo del rubro mano de obra en la estructura de costos de producción, que es del 30% (LMC, 2004), surge como alternativa, la mecanización de las labores en el cultivo, ya que permite la disminución de los costos, aumenta la eficiencia y, a su vez, permite que los trabajadores obtengan mayor remuneración, y por ende el mejoramiento de la calidad de vida.

Metodología del estudio

Selección de plantaciones

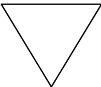
Para la selección de las plantaciones se elaboró una encuesta de sondeo, con el objetivo de identificar cuáles son los sistemas de evacuación y alce de fruto usados por las plantaciones de palma, así como cuál es la tecnología empleada para apoyar la tarea de recolección de fruto.

De acuerdo con lo anterior, se escogió a tres plantaciones de los Llanos Orientales de Colombia que tuvieran sistemas mecanizados para el transporte interno de fruto y alce del mismo. Dos de ellas realizan la recolección mecanizada de RFF en ciertos lotes de su plantación, ya que aún están probando el sistema, y la tercera lo realiza en la totalidad de sus lotes (palma adulta y palma joven).

Documentación de procesos

Se hicieron visitas de campo con duración de cuatro semanas para cada plantación, en las que se documentaron los procesos de evacuación y alce para cada una. En el transcurso de las mismas se describió la secuencia cronológica de todas las operaciones que involucran el proceso de evacuación de fruto, desde los platos de las palmas hasta el punto de acopio y su alce al vehículo que lo transporta hasta la planta de beneficio.

Tabla 1. Simbología para elaboración de diagramas

Proceso	Símbolo	Definición
Operación		Se produce o se realiza algo.
Transporte		Se cambia de lugar o se mueve algo.
Inspección		Se verifica la calidad o cantidad de algo.
Demora		Se interfiere o atrasa el paso siguiente.
Almacenamiento		Se guarda o se protege algo

Fuente: Conjunto estándar de símbolos según las ASME.

Los diagramas de procesos se elaboraron de acuerdo con la simbología (ASME), utilizada para la descripción de procesos operativos (Tabla 1).

Estudio de tiempos y movimientos

Durante la documentación de los procesos se realizaron registros de tiempo con cronómetro a cada actividad integrante de los procesos de evacuación y alce de fruto; esa información se llevó a los formatos establecidos y reposa en el libro de campo.

Posteriormente, los registros de tiempo para los procesos de evacuación y alce de fruto se analizaron mediante estadística descriptiva, y se determinó el tiempo promedio de labor con un intervalo de confianza del 95% (Mosquera y Fontanilla, 2006 y 2008).

Estimación de los costos

Se consideraron los costos variables y fijos de cada sistema de transporte interno: los costos variables agrupan los pagos de mano de obra de cosecha, de recolección de RFF, de bonificaciones por toneladas transportadas, el mantenimiento y los combustibles; los costos fijos agrupan los costos administrativos y el costo de herramientas y equipos.

Costo de herramientas y equipos

Para cada plantación se realizó el inventario de las herramientas y los equipos utilizados en cosecha, eva-



cuación y transporte del fruto a la planta de beneficio. Posteriormente se solicitaron cotizaciones comerciales de dichos equipos y herramientas.

Depreciación

Los camiones, el brazo hidráulico, los zorrillos y las cajas contenedoras se depreciaron a 5 años; los tractores a 10, y en todos los casos se dejó un valor de salvamento del 34%¹ del valor de compra. Para determinar el costo mensual del uso, se utilizó el método de la línea recta, de acuerdo con la vida útil propuesta, y a éste se le dividió entre el promedio mensual de toneladas de RFF que fueron evacuadas.

En el caso de las empresas que manejan *leasing* (plantación A), el costo mensual de herramientas y equipos se determinó como el valor mensual del *leasing* que pagan por ellas.

Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento incluyen el preventivo y el correctivo. Dada la gran variabilidad que se puede presentar en ellos debido a los suelos, el clima y las horas de utilización, se empleó el factor propuesto por el departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad Estatal de Kansas, presentado en el libro de Donnell Hunt, el cual disminuye parte de esta variación. Adicionalmente, se contabilizaron las horas de trabajo en campo de las herramientas y equipos.

El factor propuesto por la universidad es del 1,8% del precio comercial para remolques hidráulicos y vagones por cada 100 horas de uso y de 1,2% del precio comercial para tractores y camiones por cada 100 horas de uso.

Combustibles

El valor en los consumos de combustible se determinó con base en los registros históricos de cada tractor y camión involucrado en el proceso.

Nómina

Se realizó una entrevista al ingeniero a cargo de los procesos, con el objetivo de identificar el personal administrativo de la plantación con funciones en los procesos de cosecha y transporte. Asimismo, se preguntó por el área a cargo y el porcentaje de tiempo dedicado a estos procesos.

Mano de obra

Agrupar el pago del corte de RFF y su recolección, de acuerdo con la composición de cuadrillas de cada plantación.

Resultados

Descripción de la recolección mecanizada

La recolección mecanizada de RFF en las tres plantaciones se realiza con tractores a los cuales se les acopla un remolque-hidráulico (zorrillo). Dicho sistema tractor-remolque se desplaza dentro del lote, realizando una trayectoria de "U" por las calles de cosecha, es decir, ingresa por una calle de cosecha y sale por la siguiente. En el momento que encuentra un racimo, el sistema tractor-remolque se detiene para que un operario lo recoja y lo introduzca en el remolque-hidráulico (zorrillo).

Cuando se completa la capacidad de carga del remolque-hidráulico, el sistema se desplaza hacia el punto de acopio para descargar los RFF en vagones de 10-20 toneladas.

Sin embargo, las plantaciones han diseñado su sistema de acuerdo con sus necesidades, y por ende es un proceso que no está estandarizado, lo que se traduce en diferencias en lo que concierne a herramientas, infraestructura, transporte, sistemas de pagos y supervisión.

La Tabla 2 presenta la maquinaria, el personal de la plantación y los operarios requeridos por cada plantación en el proceso de transporte interno de RFF, de acuerdo con el sistema diseñado.

Diagramas de proceso de evacuación

Plantación A

La plantación A presentó ciclos de cosecha de 12 días. Esta actividad es realizada por dos cuadrillas: la primera está constituida por 10 ó 16 operarios, dependiendo de la época de cosecha, quienes realizan las labores de corte de racimos de fruta fresca, el apilado de hojas y la recolección de fruto suelto; la segunda cuadrilla está compuesta por un tractorista y dos recolectores

1. Valor estimado de depreciación para los tractores en el décimo año (Donnell Hunt, 2001)

Tabla 2. Maquinaria, personal administrativo y operativo para cada sistema evaluado			
Plantación	Maquinaria	Personal de la plantación	Contratistas
Cosecha y recolección			
A	1 Tractor de 25 Hp 1 Remolque hidráulico (1,5 t)	1 Auxiliar de supervisión 1 Supervisor 1 Tractorista	5-8 Cortadores 5-8 Recolectores 2 Racimeros
B	1 Tractor de 25 Hp 1 Remolque hidráulico (1,5 t)	1 Auxiliar de supervisión 1 Supervisor	4 Cortadores 2 Encalladores 8 Peperos 1 Tractorista 2 Racimeros
C	1 Tractor de 60 Hp 2 Remolques hidráulicos (3 t)	1 Jefe de plantación 1 Revisor de campo	2 Cortadores 2 Peperos 1 Tractorista-Racimero
Alce-Transporte			
A	1 Doble troque 1 Brazo hidráulico 20 t 4 Cajas contendoras (18-20 t)	1 Operario de báscula	1 Conductor 1 Auxiliar de alce
B	1 Doble troque 1 brazo hidráulico 16 t 2 Cajas Contenedoras (10-14 t)	1 Supervisor de báscula 1 Auxiliar de báscula	
C1	1 Doble troque Brazo hidráulico 1 Tractor de 65 Hp 2 Cajas contendoras (18-20 t)	1 Conductor 1 Tractorista 2 Auxiliares 1 auxiliar de transporte 1 Operaria báscula	
C2	1 Volqueta (18 t) 1 Tractor de 65 Hp 1 Bob Cat	1 Conductor 1 Tractorista 2 Auxiliares 1 auxiliar de transporte 1 Operario báscula	

(racimeros), quienes realizan la evacuación de los racimos y el fruto suelto que se encuentra almacenado en rafia de polipropileno (RPP).

El proceso de evacuación mecanizada de los racimos se realiza con un tractor de 25 Hp y un remolque hidráulico con capacidad para 1,5 toneladas. El proceso se divide en cuatro operaciones: Acondicionamiento de la maquinaria, recolección de los racimos y el fruto suelto almacenado (RPP), desplazamiento al punto de acopio y desplazamiento a la calle de cosecha (Tablas 3 y 4).

Plantación B

La plantación B presentó ciclos de cosecha de 17 días en los bloques utilizados para el estudio (1, 2 y 7). Dicho proceso de cosecha es realizado por un contratista, quien dispone de dos cuadrillas: la primera se encarga de los bloques 1 y 2 y la otra del bloque 7. Cada cuadrilla está compuesta por cuatro cortadores

de racimos de fruta fresca, dos encalladores encargados de cortar el pedúnculo al racimo y de apilar las hojas y ocho peperos (en su mayoría son mujeres), que se ocupan de apilar el fruto suelto. Adicionalmente, la plantación asigna un auxiliar de campo y un supervisor de campo para cada cuadrilla.

En el proceso de evacuación mecanizado de racimos se utilizan un tractor de 25 Hp y un remolque hidráulico con capacidad para 3 Ton. Al igual que en la plantación anterior, este proceso se divide en cuatro operaciones: acondicionamiento de la maquinaria, recolección de los racimos y fruto suelto apilado, desplazamiento al punto de acopio y desplazamiento a la calle de recolección. La cuadrilla está compuesta por un tractorista y dos recolectores (racimeros), quienes evacúan los racimos y recogen el fruto suelto con el raspa-raspa. En la Tabla 5 se describen las operaciones involucradas en el proceso, y en la Tabla 6, sus costos.



Tabla 3. Descripción del proceso de evacuación de fruto en la plantación A

Diagrama de operación	Número de actividad	Descripción de la actividad	Operario	Observaciones
	05	Recibir el tractor	Tractorista	El tractorista recibe el tractor con combustible y revisado.
	10	Desplazamiento al lote	Tractorista y recolectores	
	15	Conducir el tractor a través de la calle de recolección	Tractorista	Se realiza en forma de U
	20	Recoger los racimos	Recolectores	
	25	Anotar el código del cortador y la cantidad de racimos recogidos en la U	Tractorista	
	30	¿El zorrillo hidráulico se encuentra lleno? Sí: Pasar a la actividad 35 No: Vuelve a la actividad 15	Tractorista y recolectores	
	35	Desplazamiento al punto de acopio	Tractorista	
	40	Descargar los racimos	Tractorista y Recolectores	Cuando la caja contenedora se encuentra llena, se presentan demoras entre 2-5 minutos. Se requiere nivelar la carga (encarrada)
	45	¿Fin de la jornada? Sí: Pasar a la actividad 50 No: Vuelve a la actividad 15.	Tractorista y recolectores	
	50	Desplazamiento al taller	Tractorista	
	55	Suministro de combustible al tractor	Auxiliar de taller	
	60	Realizar mantenimiento de 10 horas	Mecánico	

Plantación C

La plantación C es diferente a las anteriores, debido a que, adicional al ingreso que se recibe por el cultivo de palma de aceite, se obtienen ingresos provenientes del ganado bovino.

Aunque el ganado siempre está dentro de los lotes de palma, no se encuentra libre por toda la plantación, porque ésta, además de los excelentes criterios técnicos empleados para su manejo, cuenta con cercas eléctricas que le permiten tratarlo mejor.

Tabla 4. Costos promedios de la plantación A			
Costos de Cosecha			
	Ítem	Costo mensual (\$)	Costo/tonelada
Costos variables			38.615
	Mano de obra directa cosecha		31.248
	Corte, encalle y pepeo		22.590
	Racimeros		6.210
	Tractorista		2.448
	Mantenimiento preventivo y correctivo	6.976.500	6.388
	Gastos operativos	1.069.214	979
Costos Fijos			4.949
	Herramienta y maquinaria	2.410.400	2.207
	Mano de obra indirecta y administrativos	2.994.943	2.742
Total			43.565
Costo de transporte			
	Ítem	Costo mensual(\$)	Costo/tonelada
Costos variables			5.501
	Mano de obra directa transporte	1.241.973	1.137
	Mantenimiento preventivo y correctivo	3.883.810	3.556
	Gastos operativos	881.591	807
Costos fijos			1.291
	Herramienta y maquinaria	1.186.720	1.087
	Mano de obra indirecta y administrativos	222.768	204
Total			6.792
Costo total cosecha, evacuación y transporte			50.356

En cuanto al cultivo de palma de aceite, allí se presentan ciclos de cosecha de 15 días, y cabe resaltar que la totalidad de la cosecha es “mecanizada”. La cuadrilla de cosecha está compuesta por cinco operarios, que se dividen las labores de tal manera que se tengan dos cortadores de fruta fresca, dos recolectores de pepa suelta y un tractorista-racimero (Tabla 7).

Los cortadores, como su nombre lo indica, son los encargados de realizar la búsqueda y el corte de los racimos de fruta fresca. Dependiendo de la época del año realizan el corte recorriendo dos líneas de palma cuando hay abundancia de fruta y tres líneas cuando hay escasez de la misma.

Los recolectores de fruta suelta son los encargados de recolectar los frutos sueltos desprendidos por el racimo en el momento del corte, almacenarlos en sacos de rafia de polipropileno y depositarlos en el remolque hidráulico. Ellos también son los encargados de raspar² las hojas con el objetivo de evitar que el ganado que se encuentra dentro de los lotes se espine

y que el sistema tractor-remolque se pinche; además, deben cortar las hojas en cuatro partes para que se descompongan más rápido e impedir que se formen calles de palera.

El tractorista-racimero es el encargado de cortar el pedúnculo y depositar el racimo en el remolque; sin embargo, en baja cosecha también raspa y pica las hojas. El tractor utilizado en este tipo de recolección es de 65 Hp.

Los costos presentados en la Tabla 8 hacen referencia a la finca denominada C1, que es diferente a la finca C2 (Tabla 9) debido a la cantidad de herramienta que posee y al sistema de alce utilizado para el transporte a la planta de beneficio.

Determinación de la velocidad de recolección de cada sistema

La velocidad de recolección (ha/hora) para cada sistema se determinó con base en los registros de tiem-

2. Raspar hoja: Esta actividad consiste en quitar las espinas del pecíolo de la hoja de la palma hasta los 10 primeros folíolos de la base a la punta.



Tabla 5. Descripción del proceso de evacuación de fruto en la plantación B

Diagrama de operación	Número de actividad	Descripción de la actividad	Operario(s)	Observaciones
	05	Revisar el tractor	Tractorista	Suministro de combustible desaireado, agua y revisión.
	10	Desplazarse al lote	Tractorista y recolectores	
	15	Conducir del tractor a través de la calle de recolección	Tractorista	Se realiza en forma de U
	20	Recoger los racimos maduros y fruto suelto.	Recolectores	
	25	¿El zorrillo hidráulico se encuentra lleno? Sí: Pasar a la actividad 25 No: Vuelve a la actividad 15	Tractorista y recolectores	
	30	Desplazamiento al punto de acopio	Tractorista	
	35	Descargar los racimos	Tractorista y recolectores	A medida que se va llenando la vagoneta el descargue se hace más lento
	40	¿Fin de la jornada? Sí: Pasar a la actividad 40 No: Vuelve a la actividad 15.		
	45	Desplazamiento a planta (lugar donde estaciona el tractor)	Tractorista y recolectores	

pos con cronómetro; después de eliminar los datos considerados atípicos³, se construyeron intervalos de confianza del 95%, y aquellos registros de tiempos que se situaron dentro del intervalo de confianza fueron objeto del análisis de la velocidad de recolección. Posteriormente se graficó el tiempo empleado por cada sistema versus el índice de racimos.

La Figura 1 muestra que el sistema más eficiente de recolección es el utilizado por la plantación A. De las otras dos plantaciones debe cuestionarse la similitud en términos de eficiencia identificada entre las plantaciones B y C, ya que el sistema de la primera cuenta

con una recolección realizada por dos operarios racimeros y un tractorista, mientras que en el sistema de la plantación C se tiene un operario tractorista-racimero realizando operaciones de picado de hojas, corte de pedúnculo y recolección de racimos.

Entre los resultados que diferencian a las dos plantaciones se encontró que los operarios de la plantación B tienen que buscar los racimos alrededor de la palma, porque estos no son dejados previamente sobre la calle por donde se desplaza el sistema de recolección, sino que se dejan en el lugar donde hayan caído (canales, dentro de la maleza, entre

3 Dato atípico: son aquellos registros de tiempo en los cuales se presentaron modificaciones al método de trabajo establecido o el operario realizó alguna actividad inusual dentro del desarrollo de su trabajo.

Tabla 6. Costos promedio de la plantación B			
Costos de cosecha			
Ítem	Costo mensual	Costo/tonelada (\$)	
Costos variables		33.325	
Mano de obra directa cosecha		22.040	
Peperos		4.528	
Corteros		8.302	
Encalladores		2.642	
Tractorista		2.040	
Recolectores (racimeros)		4.528	
Mantenimiento preventivo y correctivo	4.491.974	9.284	
Gastos operativos	968.136	2.001	
Costos fijos		4.539	
Herramienta y maquinaria	893.563	1.847	
Mano de obra indirecta y administrativos	1.302.600	2.692	
Total		37.864	
Costo de transporte			
Ítem	Costo mensual	Costo/tonelada	
Costos variables		5.787	
Mano de obra directa transporte	489.568	1.012	
Mantenimiento preventivo y correctivo	1.883.059	3.892	
Gastos operativos	427.438	883	
Costos fijos		1.475	
Herramienta y maquinaria	575.379	1.189	
Mano de obra indirecta y administrativos	138.500	286	
Total		7.263	
Costo total cosecha, evacuación y transporte		45.127	

otros). Adicionalmente, los racimeros tienen que recoger el fruto suelto. Estas dos actividades cargan al sistema de recolección de RFF de tiempos extras, situación que no se presenta en la plantación A, en cuyo sistema simplemente se recogen los racimos y el fruto suelto en sacos sobre la calle por donde se desplaza.

Análisis comparativo de los sistemas

Con el fin de comparar todos los sistemas, se establecieron condiciones homogéneas en cuanto a los ciclos de cosecha. Por tanto, se limitaron a 12 días los ciclos de cosecha de todas las plantaciones para dos escenarios: uno de alta cosecha y otro de baja cosecha. Estos escenarios de producción se construyeron con base en los históricos de producción suministrados por cada plantación. La Tabla 10 muestra los rendimientos comparativos para cada escenario,

de acuerdo con el sistema utilizado y por tanto, con la velocidad de recorrido.

En la Tabla 10 se puede observar que el sistema de la plantación A es el más eficiente porque en pico de cosecha logra evacuar 45% más de RFF que el sistema la plantación B, 56% más que el sistema 2 de la plantación C y 66% más que el sistema 1 de la plantación C. Para el escenario de baja cosecha, el sistema de la plantación A evacua 37% más de RFF que el sistema de la plantación B, 68% más que el sistema 1 de la plantación C y 77% más que el sistema 2 de la plantación C.

Costos de mano de obra en cosecha

La Tabla 11 muestra la forma como se divide el pago de mano de obra por tonelada de acuerdo con cada sistema.



Tabla 7. Descripción del proceso de evacuación de fruto en la plantación C

Diagrama de operación	Número de actividad	Descripción de la actividad	Operario	Observaciones
	05	Revisar el tractor	Tractorista -racimero	
	10	Enganchar los remolques hidráulicos	Tractorista -racimero	
	15	Desplazarse al lote de cosecha	Tractorista -racimero	
	20	Conducir y buscar palmas con racimos maduros.	Tractorista -racimero	
	25	Raspar y cortar hojas	Tractorista -racimero	
	30	Cortar pedúnculo, recoger racimos y depositar al zorrillo hidráulico	Tractorista -racimero	
	35	¿El zorrillo se encuentra lleno? Sí: Pasa a la actividad 40 No: Vuelve a la actividad 20		
	40	Desplazamiento a la carretera	Tractorista -racimero	
	45	¿Quedan zorrillos vacíos en el lote? Sí: Pasa a la actividad 50 No: pasa a la actividad 55		
	50	Desenganche de zorrillo cargado y enganche de zorrillo vacío.	Tractorista -racimero	
	55	Enganchar zorrillo cargado (si lo hay)	Tractorista -racimero	
	60	Desplazarse a centros de acopio	Tractorista -racimero	
	65	Pesar el sistema tractor-zorrillo hidráulico en la báscula	Tractorista -racimero	
	70	Acopar los zorrillos hidráulicos	Tractorista -racimero	
	75	¿Fin de la jornada? Sí: Pasa a la actividad 80 No: Vuelve a la actividad 10		
	80	Abastecer de combustible al tractor y parquear	Tractorista -racimero	

Nótese que en todas las plantaciones el pago es diferente, lo cual se debe a que la cosecha es una labor efectuada por cooperativas o contratistas privados y son ellos quienes definen la cuantía de

sus actividades. Es de aclarar que en la plantación B se muestra el costo que el contratista paga a los empleados más no el que la plantación paga al contratista que es de \$30.500/t RFF.

Tabla 8. Costos promedio de la plantación C finca C1			
Costos de Cosecha			
Ítem	Costo mensual (\$)	Costo/tonelada	
Costos variables		65.502	
Mano de obra directa cosecha		35.669	
Corte		15.694	
Pepeo y recolección (racimero-tractorista)		19.975	
Mantenimiento preventivo y correctivo	16.144.800	23.384	
Gastos operativos	4.452.480	6.449	
Costos fijos		7.216	
Herramienta y maquinaria	4.162.400	6.029	
Mano de obra indirecta y administrativos	819.808	1.187	
Total		72.718	
Costo de transporte			
Ítem	Costo mensual(\$)	Costo/tonelada	
Costos variables		9.989	
Mano de obra directa transporte		1.210	
Mantenimiento preventivo y correctivo	4.900.714	7.098	
Gastos operativos	1.159.871	1.680	
Costos fijos		3.210	
Herramienta y maquinaria	1.642.274	2.379	
Mano de obra indirecta y administrativos	574.085	831	
Total		13.198	
Costo total cosecha, evacuación y transporte		85.916	

Análisis comparativo de los sistemas en cuanto a costos

Como se mencionó, los costos de los sistemas de evacuación mecanizada de RFF son sensibles a la cantidad de racimos disponible en el lote. La Tabla 12 muestra los costos de cosecha en los que incurren las plantaciones, de acuerdo con el escenario de producción, sin incluir el costo de mano de obra directa en cosecha; para la plantación B el costo registrado es aquel en el que incurre el contratista.

En la Tabla 12 se puede observar que en época de pico de producción, el sistema 2 de la plantación C disminuye sus costos en 57% con respecto al escenario de baja producción, mientras el sistema 1 de la plantación C baja sus costos en 53%, la plantación A en 41% y la plantación B en 16%.

La Tabla 13 muestra los costos del transporte de RFF desde el punto de acopio hasta la planta de beneficio. Los resultados obtenidos están influenciados por el tipo de vehículo utilizado y por la capacidad de carga para transportar los RFF.

La Tabla 14 resume el costo total de los sistemas. Nótese que el sistema de la plantación B es 6% más económico que la plantación A, 14% más que el sistema 2 de la plantación C y 40% más económico que el sistema 1 de la plantación C para el escenario de alta producción. En el escenario de baja producción, el sistema de la plantación B sigue siendo el más económico. Sin embargo, vale la pena recordar la variación que genera la inclusión del costo de mano de obra directa, ya que por la ubicación geográfica de la plantación, es posible que exista mayor disponibilidad de la misma y, por ende, que se generen menores costos.

Determinación de horas máquina con base en los ciclos de cosecha

Para poder realizar el análisis comparativo de los sistemas, se fijó el ciclo de cosecha en 12 días, ya que una variación en los ciclos de cosecha produce una variación en las toneladas de RFF y con ello se afectan los costos. A su vez los costos están en función de las toneladas evacuadas por el sistema durante un determinado periodo.



Tabla 9. Costos promedio de la plantación C finca C2			
Costos de Cosecha			
Ítem	Costo mensual (\$)	Costo/tonelada	
Costos variables		52.105	
Mano de obra directa cosecha		35.669	
Corte		15.694	
Pepeo y recolección (racimero-tractorista)		19.975	
Mantenimiento preventivo y correctivo	17.832.000	12.527	
Gastos operativos	5.565.600	3.910	
Costos fijos		4.207	
Herramienta y maquinaria	4.724.500	3.319	
Mano de obra indirecta y administrativos	1.263.543	888	
Total		56.312	
Costo de transporte			
Ítem	Costo mensual	Costo/tonelada	
Costos variables		2.873	
Mano de obra directa transporte		705	
Mantenimiento preventivo y correctivo	1.788.000	1.256	
Gastos operativos	1.299.011	913	
Costos fijos		1.743	
Herramienta y maquinaria	1.516.460	1.065	
Mano de obra indirecta y administrativos	965.591	678	
Total		4.617	
Costo total cosecha, evacuación y transporte		60.929	

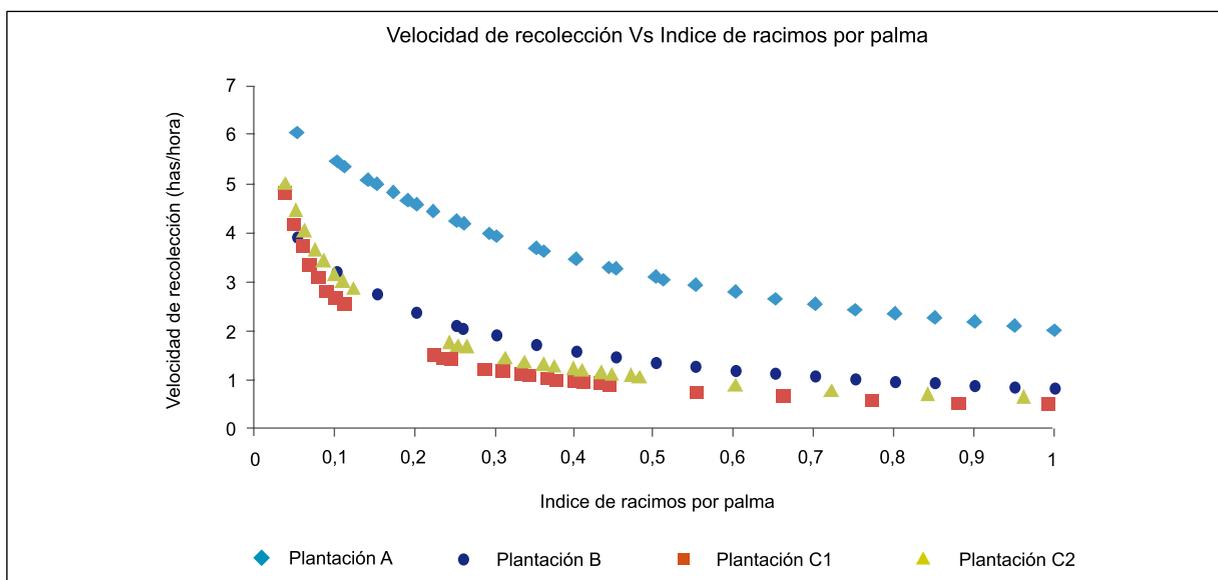


Figura 1. Velocidad de recolección (ha/hora).

La Tabla 15 muestra la cantidad de horas máquina requeridas por la plantación A y la plantación C en el escenario de baja producción y de acuerdo con el ciclo de cosecha.

En la Tabla 15 puede observarse que en época de baja producción, la plantación C realiza los ciclos de cosecha cada 15 días, porque este ciclo le permite tener un mayor índice de racimos para cosechar,

Tabla 10. Rendimientos comparativos								
PLANTACIÓN	A		B		C1		C2	
Escenario de Producción	Pico	Bajo	Pico	Bajo	Pico	Bajo	Pico	Bajo
Área (ha)	455	455	224	224	520	520	1148	1148
RFF (Ton/ha/mes)	4,05	1,55	3,15	1,75	2,68	0,42	2,53	0,52
Producción de lote (Ton)	1843	705	706	392	1393	218	2904	597
Ciclo de cosecha (días)	12	12	12	12	12	12	12	12
Índice de racimos (No de racimos del lote/No de palmas del lote)	0,65	0,23	0,37	0,21	0,39	0,06	0,37	0,08
Velocidad del recorrido (ha/h)	2,06	3,60	1,58	2,25	0,89	3,69	1,22	3,61
Peso promedio de racimos (Kg)	20,0	20,0	27,5	27,5	26,0	26,0	26,0	26,0
Eficiencia (Ton/cuadrilla/día)	34,7	15,5	19,2	9,8	11,7	5,0	15,1	3,6
Horas efectivas de Recolectión	9	6	9	6	9	6	9	6

Tabla 11. Pago de mano de obra directa								
PLANTACION	A		B		C1		C2	
Escenario de producción	Pico	Bajo	Pico	Bajo	Pico	Bajo	Pico	Bajo
Ítem	Mano de obra en cosecha (pesos/ Ton RFF)							
Corteros			\$ 8.302	\$ 8.302	\$ 14.278	\$ 19.496	\$ 13.200	\$ 19.461
Peperos	\$ 22.590	\$ 22.590	\$ 4.528	\$ 4.528				
Encalladores			\$ 2.642	\$ 2.642				
Tractorista	\$ 1.450	\$ 3.790	\$ 1.650	\$ 2.331	\$ 18.173	\$ 24.814	\$ 16.800	\$ 24.769
Recolectores (racimero)	\$ 6.210	\$ 6.210	\$ 4.528	\$ 4.528				
Costos de mano de obra directa	\$ 30.250	\$ 32.590	\$ 21.650	\$ 22.331	\$ 32.451	\$ 44.310	\$ 30.000	\$ 44.230

Tabla 12. Costos de cosecha								
PLANTACIÓN	A		B		C1		C2	
Escenario de producción	Pico	Bajo	Pico	Bajo	Pico	Bajo	Pico	Bajo
Ítem	Costo de cosecha (pesos/Ton RFF)							
Costos variables	\$ 6.383	\$ 8.176	\$ 11.307	\$ 12.032	\$ 23.573	\$ 37.858	\$ 13.236	\$ 29.908
Mantenimiento preventivo y correctivo	\$ 5.580	\$ 6.975	\$ 9.833	\$ 9.806	\$ 17.534	\$ 30.373	\$ 9.403	\$ 20.312
Gastos operativos	\$ 803	\$ 1.201	\$ 1.474	\$ 2.226	\$ 6.038	\$ 7.485	\$ 3.832	\$ 6.596
Costos Fijos	\$ 2.933	\$ 7.664	\$ 3.310	\$ 5.464	\$ 4.557	\$ 21.477	\$ 2.810	\$ 10.031
Herramienta y maquinaria	\$ 1.308	\$ 3.418	\$ 1.464	\$ 2.141	\$ 4.001	\$ 17.943	\$ 2.375	\$ 7.914
Mano de obra indirecta y administrativos	\$ 1.625	\$ 4.246	\$ 1.846	\$ 3.323	\$ 556	\$ 3.534	\$ 435	\$ 2.117
Total cosecha	\$ 9.316	\$ 15.840	\$ 14.617	\$ 17.496	\$ 28.129	\$ 59.335	\$ 16.046	\$ 36.939

garantizando así los jornales de su mano de obra y minimizando la utilización de maquinaria. Ello se traduce en menores consumos de combustible y reduce los costos de mantenimiento.

Conclusiones

En este estudio se referenciaron tres sistemas de recolección de RFF con tractores; el ejercicio representa un avance en el conocimiento de esta labor, que se

está generalizando en varias plantaciones colombianas debido al bajo requerimiento de mano de obra y al incremento de la productividad que se genera cuando se introducen criterios de especialización en las labores.

Las plantaciones documentadas han diseñado sus sistemas de recolección y transporte de acuerdo con sus necesidades, como disponibilidad de mano de obra, estado de los lotes y maquinaria, entre otros; de otro lado, los costos promedios al año también



Tabla 13. Costos de transporte

PLANTACIÓN	A		B		C1		C2	
Escenario de producción	Pico	Bajo	Pico	Bajo	Pico	Bajo	Pico	Bajo
Ítem	Costo de transporte (pesos/ Ton RFF)							
Costos Variables	\$ 4.995	\$ 6.244	\$ 5.403	\$ 6.135	\$ 9.317	\$ 12.820	\$ 2.489	\$ 4.092
Mano de obra transporte	\$ 674	\$ 1.761	\$ 694	\$ 1.249	\$ 567	\$ 3.602	\$ 345	\$ 1.680
Mantenimiento preventivo y correctivo	\$ 3.512	\$ 3.671	\$ 3.825	\$ 4.003	\$ 7.068	\$ 7.519	\$ 1.231	\$ 1.498
Gastos operativos	\$ 808	\$ 812	\$ 884	\$ 883	\$ 1.683	\$ 1.700	\$ 912	\$ 914
Costos fijos	\$ 765	\$ 1.998	\$ 1.012	\$ 1.821	\$ 1.503	\$ 9.554	\$ 855	\$ 4.158
Herramienta y maquinaria	\$ 644	\$ 1.683	\$ 815	\$ 1.468	\$ 1.114	\$ 7.079	\$ 522	\$ 2.540
Mano de obra indirecta y administrativos	\$ 121	\$ 316	\$ 196	\$ 353	\$ 389	\$ 2.475	\$ 332	\$ 1.617
Total transporte	\$ 5.760	\$ 8.243	\$ 6.415	\$ 7.956	\$ 10.820	\$ 22.374	\$ 3.343	\$ 8.250

Tabla 14. Costo total de los sistemas

PLANTACIÓN	A		B		C1		C2	
Escenario de producción	Pico	Bajo	Pico	Bajo	Pico	Bajo	Pico	Bajo
Ítem	Costos (pesos/Ton RFF)							
Costos de mano de obra directa en cosecha	\$ 30.250	\$ 32.590	\$ 21.650	\$ 22.331	\$ 32.451	\$ 44.310	\$ 30.000	\$ 44.230
Costos de cosecha	\$ 9.316	\$ 15.840	\$ 14.617	\$ 17.496	\$ 28.129	\$ 59.335	\$ 16.046	\$ 36.939
Costos de transporte	\$ 5.760	\$ 8.243	\$ 6.415	\$ 7.956	\$ 10.820	\$ 22.374	\$ 3.343	\$ 8.250
Total	\$ 45.326	\$ 56.673	\$ 42.682	\$ 47.783	\$ 71.401	\$ 126.019	\$ 49.389	\$ 89.419

Tabla 15. Horas de maquinaria requerida de acuerdo al ciclo de cosecha

Plantación	Ciclo de cosecha	Entradas al tote Por mes	Hectáreas/día	Toneladas recogidas/ciclo	Índice de racimos por palma	Velocidad (has/hora)	Horas de trabajo en lote	Equipos de trabajo	Horas de trabajo mes
A	8	3,3	28,4	109	0,17	4,24	6,71	1,12	194
	10	2,6	22,8	136	0,21	3,90	5,83	0,97	171
	12	2,2	19,0	163	0,25	3,60	5,27	0,88	156
	14	1,9	16,3	190	0,29	3,35	4,85	0,81	146
C	8	2,8	28,7	43	0,05	4,43	6,48	0,81	154
	10	2,2	23,0	54	0,06	3,99	5,75	0,72	138
	12	1,8	19,1	65	0,08	3,38	5,66	0,71	136
	14	1,6	16,4	76	0,09	3,10	5,29	0,66	127
	15	1,5	15,3	81	0,09	3,10	4,94	0,62	120

varían considerablemente (desde \$45.127/t para la plantación B hasta \$85.197/t para la plantación C), debido a la utilización de diferentes tecnologías.

Sin embargo, independientemente de sus necesidades de plantación, el estudio indica que el sistema de recolección (tractor-remolque hidráulico) de RFF debe ser eficiente y, por consiguiente, se deben evitar tiempos muertos.

Así mismo, debe tenerse en cuenta que la eficiencia de estos sistemas está dada por la agilidad de sus operarios, la cantidad de operaciones a ellos asignadas para la recolección, y por el índice de racimos por palma en función del ciclo de cosecha de la plantación.

De los sistemas estudiados, se puede concluir que el modelo utilizado por la plantación A es el más eficiente, como quiera que sus operarios se encuen-

tran totalmente familiarizados con esta tecnología y el sistema no presenta tiempos muertos, debido a que operaciones como el pepeo son realizadas previamente. Adicionalmente, es de destacar el modelo de recolección de la plantación C, que en época de baja cosecha y con ciclos de 15 días, garantiza una cantidad de fruta que permite sostener los jornales de mano de obra y a su vez disminuir los requerimientos de maquinaria.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia y Tecnología (Colciencias), Proyecto Código 7262-403-20623, contrato 422-2007; a Fedepalma- Fondo de Fomento Palmero; a los ingenieros de las plantaciones, a los supervisores y a los demás operarios de las empresas visitadas, con quienes se tuvo contacto en el marco del estudio.



Bibliografía

Hunt, D. 2001. *Farm Power and Machinery Management*. Tenth edition. United States of America: Waveland Press, Inc.

García, R. 2005. *Estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Segunda edición. México: McGraw-Hill.

LMC International Ltd. 2004. *The LMC Worldwide Survey of Oilseed and Oil Production Costs*. LMC. Oxford.

LMC. 2004-2008. *Oilseeds Products. Outlook for profitability to 2020*.

Niebel, B.; Freivalds A. 2004. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. Edita Prentice Hall. Onceava edición. Bogotá. Colombia.

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

Mosquera, M.; Bernal, P.; Carreño, A. 2009. *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena oleaginosa, grasa y aceites en Colombia con énfasis en oleína roja*. Cenipalma, Fedepalma, Minagricultura y Universidad Nacional de Colombia. Primera edición. Julio. 183 p. Bogotá, D.C. Colombia.

Mosquera, M; Fontanilla, C. 2006. Evaluación de dos metodologías para el proceso de cosecha de palma de aceite. *Palmas* (Colombia) 27(1) 4-11.

Mosquera, M; Fontanilla, C. 2008. *Estudios de Cosecha en Palma de aceite*. Bogotá, Colombia. Grupo OP Gráficas, 127p.