

AGR
0638
E1 L

Herero teca

038956

**EVALUACIÓN DE SISTEMA DE COSECHA MANUAL Y SEMI-MECANIZADA
DE RACIMOS DE FRUTA FRESCA DE
PALMA DE ACEITE *Elaeis guineensis* JacqL**

JULIO EDUARDO ZULETA ACEVEDO

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONÓMICA
VILLAVICENCIO META**

2011

**EVALUACIÓN DE SISTEMA DE COSECHA MANUAL Y SEMI-MECANIZADA
DE RACIMOS DE FRUTA FRESCA DE
PALMA DE ACEITE *Elaeis guineensis* JacqL**

JULIO EDUARDO ZULETA ACEVEDO

**TRABAJO DE TESIS DE GRADO PARA OPTAR
EL TITULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

EDGAR IGNACIO BARRERA

Ingeniero agronomo

Director

CONSTANZA YUNDA

Ingeniera agronoma

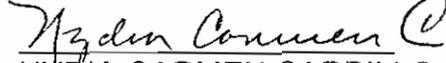
Codirector

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONÓMICA
VILLAVICENCIO META**

2011

NOTA DE ACEPTACION


CONSTANZA YUNDA
CODIRECTOR


NYDIA CARMEN CARRILLO
JURADO


ALVARO ALVAREZ SOCHA
JURADO

Los directores y jurados examinadores de este trabajo de pregrado, no seran responsables de las ideas emitidas por los autores del mismo

Articulo 24 Resolucion N° 04 de 1994

DEDICATORIA

A mis padres, familiares y amigos
Más cercanos A dios por todas las
Bendiciones recibidas

AGRADECIMIENTOS

A dios por las personas que puso en mi camino, mi querida madre Nelly Acevedo y padres Idefonso Pastrana, Luis Eduardo Zuleta, por su confianza y su apoyo en mis años de estudio A mi abuelo Julio Eduardo Zuleta por todos aquellos conocimientos compartidos Mi familia por el apoyo que siempre encuentre en todos ellos

A los ingenieros Edgar Barrera, Constanza Yunda y Andres Camilo Sanchez por su orientacion para el desarrollo del presente Al departamento agronómico de la plantación Palmas Oleaginosas Bucarelia S A los ingenieros Carlos Diaz, Josue Ariza, Guillermo y Edwin Moreno, que me brindaron ayuda y asesoria para la elaboracion de la tesis

A Fernando Rambau y todo el personal de cosecha de la plantacion Oleaginosas Bucarelia S A, quienes estuvieron involucrados directamente en el desarrollo del trabajo de grado

A los profesores y colegas de la universidad, especialmente a mis compañeros y amigos Jorge Delgado, Richard Prieto, Leandro Lemus, Cristian Carrillo, Jhoan Lombana, Paola Pardo, Gustavo Eduardo, por todos aquellos momentos inolvidables vividos

INDICE

1	RESUMEN	13
2	ABSTRACT	13
3	JUSTIFICACION	14
4	PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	16
5	OBJETIVOS	17
5 1	OBJETIVO GENERAL	17
5 2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
6	REVISION LITERARIA	18
6 1	COSECHA DE PALMA DE ACEITE	21
6 1 1	Tipo de contratacion	22
6 1 2	Equipo humano	22
6 1 3	Herramienta de corte	24
6 1 4	Transporte de racimos de fruta fresca	25
6 2	CORTADORES MECANICOS	27
6 2 1	Diseño conceptual del cortador mecanico Cantas™	28
6 2 2	Especificaciones del cortador mecanico Cantas™	30
6 2 3	Rendimientos	31
6 3	ESTUDIOS DE COSECHA EN PALMA DE ACEITE	32
6 3 1	Estudio de referenciacion competitiva (benchmarking) al proceso de corte de fruto en la zona central	33

6 3 2	Estudio de referenciación competitiva (benchmarking) al proceso de corte de fruto en la zona oriental	34
6 3 3	Identificación de palmas con racimos maduros antes de cosecha en el caso de palma adulta	35
6 3 4	Identificación de palmas con racimos maduros antes de cosecha en el caso de palma joven	35
6 3 5	Especialización de la mano de obra en la cosecha de palma de aceite	36
6 4	ESTUDIOS PARA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN PALMA DE ACEITE	37
6 4 1	Estudios de benchmarking	38
6 4 2	Estudios de tiempos y movimientos	40
6 4 2 1	Estudio de movimientos	40
6 4 2 2	Estudio de tiempos	42
7	HIPOTESIS	44
8	METODOLOGIA	44
8 1	LOCALIZACIÓN	44
8 2	MATERIALES	45
8 2 1	Equipos especializados	45
8 2 2	Equipos complementarios	45
8 3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	45
8 4	SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	47

8 5	EVALUACION DE CAMPO	47
8 6	SISTEMA DE COSECHA	48
8 6 1	Sistema Cantas™	48
8 6 2	Sistema convencional	48
8 7	ACTIVIDAD 1 DOCUMENTACION METODOS DE COSECHA	49
8 7 1	Descripcion del método de corte y recoleccion de racimos de fruta fresca objeto de estudio en la plantacion Palmas Oleaginosas Bucarelia S A	50
8 8	ACTIVIDAD 2 ESTUDIO DE TIEMPOS	53
8 8 1	Ciclo de trabajo y elementos	53
8 8 2	Suplementos	54
8 8 3	Determinación del numero de ciclos u observaciones a registrar	55
8 8 4	Sistema de medicion de tiempos y formato de evaluacion	56
9	RESULTADOS	56
9 1	EFICIENCIA DE COSECHA EN TONELADAS/HOMBRE/JORNAL PARA LOS MÉTODOS DE CORTE DE RACIMOS	56
9 2	ESTUDIOS DE TIEMPOS CON CRONOMETRO	58
9 2 1	Tiempo estándar de labor de corte por actividad	59
9 2 2	Tiempo estandar de labor de corte por ciclo de trabajo	61
9 3	ESTIMACIÓN DE COSTO POR TONELADA COSECHADA	64
9 4	AVERÍAS HERRAMIENTA CANTAS™	65

9 4 1 RUPTURA SOLDADURAS	66
9 4 2 DAÑO SOPORTE BALINERA SUPERIOR DEL TELESCOPIO	67
9 4 3 DAÑO SOPORTE INFERIOR DEL TELESCOPIO	68
9 4 4 DESAJUSTE EN GUIAS DE ARMAZÓN DE ALUMINIO DEL TELESCOPIO	69
9 4 5 AVERÍA EJE ESTRIADO	70
10 CONCLUSIONES	72
11 ANEXOS	74
12 BIBLIOGRAFÍA	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Rendimientos, potencia y mano de obra utilizada en las diferentes tecnologías	27
Tabla 2 Proceso de corte de racimos de fruta fresca bajo los parámetros de estudio	50
Tabla 3 Asignacion de suplementos variables y constantes segun los parametros de estudio para la labor de cosecha de racimos de fruta fresca de palma de aceite	54
Tabla 4 Racimos y toneladas cosechadas con dos diferentes metodos de corte	57
Tabla 5 Total de registros obtenidos por metodo y equipo de cosecha	58
Tabla 6 Tiempos estandar por actividad en la labor de corte de racimos de fruta fresca de dos metodos de cosecha	59

Tabla 7	Tiempo estandar por ciclo de trabajo metodo Cantas™	61
Tabla 8	Tiempo estándar por ciclo de trabajo metodo convencional	61
Tabla 9	Estimacion de costo por tonelada segun metodo de cosecha	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fuerzas actuando en la hoz tipo C y la hoz convencional	29
Figura 2	Cortador motorizado Cantas™	30
Figura 3	Metodologia para el desarrollo de los estudios de benchmarking utilizada por Cenipalma	39
Figura 4	Simbologia ASME para el análisis de macro movimientos	41
Figura 5	Diagrama de operaciones del cortador	41
Figura 6	Diagrama de operaciones del recolector	42
Figura 7	Diagrama de operaciones del proceso de cosecha en la plantacion Palmas Oleaginosas Bucarelia S A	52
Figura 8	Tiempos estandar por actividad de metodos de corte	60
Figura 9	Tiempo de corte de hojas vs numero de racimos cosechados por palma	63
Figura 10	Abrazadera superior con soldaduras rotas	66
Figura 11	Soporte balinera del telescopio	67
Figura 12	Soporte balinerra superior del telescopio	68
Figura 13	Soporte inferior	68

Figura 14 Union inferior telescopio-motor	69
Figura 15 Deformacion guia parte inferior de la union del telescopio con el motor	70
Figura 16 Eje estriado	70
Figura 17 Eje estriado con deformaciones	71

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Formato de evaluacion de campo	74
--	----

1 RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de un estudio llevado a cabo en una plantación de palma de aceite en el municipio de Puerto Wilches (Colombia) su principal objetivo fue comparar mediante un análisis de tiempos y movimientos, dos sistemas de corte de racimos de fruta fresca (RFF), con dos diferentes herramientas, un cuchillo motorizado denominado Cantas™ y un cuchillo tradicional malayo, en palmas de 3 a 4 metros de altura. La meta era mejorar los racimos cosechados por trabajador. Los resultados obtenidos muestran que la herramienta no se convierte en un factor determinante dentro de los rendimientos de la labor de corte de racimos, puesto que la diferencia en tiempos estándar de esta labor entre los dos métodos es apenas de un 1.5%, a favor del método con cuchillo malayo.

Palabras clave cosecha, cortador mecánico, tiempos y movimientos

2 ABSTRACT

This work presents the results of a study conducted in an oil palm plantation in the municipality of Puerto Wilches (Colombia), its main objective was to compare through time and motion analysis, two sets of cut fresh fruit bunches (RFF), with two different tools, motorized knife knife called Cantas™ and a traditional Malay, on the palms of 3 to 4 feet high. The goal was to improve the bunches harvested per worker. The results show that the tool does not become a factor in the performance of the work of cutting clusters, since the difference in standard time this work between the two methods is only 1.5%, in favor of Malay knife method.

Keywords harvest, mechanical cutting, time and motion

3 JUSTIFICACIÓN

El cultivo de palma de aceite tiene gran importancia para el mercado de oleaginosas, aceites y grasas en el mundo, logrando una participación del 24% del mercado, compitiendo con el aceite de soja y aceite de colza con una participación en el mercado mundial del 23,9% y 11,5% respectivamente. Colombia es el quinto país, después de Indonesia, Malasia, Nigeria y Tailandia, dentro de los principales países productores en el mundo. En efecto, en los últimos seis años, en Colombia el cultivo se ha visto crecer de manera notable, de 292 570 en 2006 a 404 104 hectáreas en 2010, distribuidas en cuatro zonas palmeras, Norte, Centro, Occidental y Oriental, con una área respectiva de 114 986, 112 986, 18 105 y 158 026 hectáreas (Fedepalma, 2011). De acuerdo con Fedepalma, todavía existen 3 531 844 hectáreas de tierras sin restricción para cultivar la oleaginosa, y 6 133 381 con restricciones moderadas, las mismas que hoy en día se encuentran ocupadas por explotaciones ganaderas y agrícolas.

El crecimiento de la palmicultura en Colombia enfrenta varios retos, uno de los cuales es mejorar los actuales rendimientos en las diferentes labores y zonas, caracterizadas por ser bajas, costosas y depender de altos requerimientos de mano de obra, si se compara con los datos internacionales.

En el plano internacional, la estructura de costos, según Lans and Mill Corporation LMC-(2004-2007), ubica a Colombia como uno de los países con más altos costos de producción por tonelada de aceite de palma crudo (APC), frente a los principales países productores del mundo: Malasia e Indonesia. En este sentido, el costo que marca la principal diferencia con respecto a los principales competidores es el asociado a la mano de obra.

En este sentido, en Colombia, la mano de obra representa el 25% del total de la etapa de cultivo y el 30% de la fase de extracción (Duarte y Guterman, 2009), y las diferencias en este aspecto ponen en desventaja la producción nacional frente a la de los principales productores. De acuerdo a los estudios sobre costos a nivel nacional e internacional de la producción de aceite crudo de palma, Colombia reporta jornales promedios de 11 dólares, mientras en Malasia e Indonesia se reportan jornales promedios de dos dólares (LMC, 2004-2007), (Mosquera, 2005)

El sector palmero nacional se caracteriza por presentar altos costos de producción por tonelada de aceite crudo de palma, y dichos costos están directamente relacionados con el de la mano de obra, siendo la cosecha una de las labores que puede llegar a representar hasta el 60% de la mano de obra del cultivo en plantaciones en producción (Fedepalma, 2010)

La cosecha de las palmas de aceite es una labor difícil y costosa, comparada especialmente con la facilidad y economía de los cultivos arables cosechados con máquinas combinadas (Corley 2009). La eficiencia de cada sistema de cosecha, en general, varía de una plantación a otra, dependiendo de su infraestructura física y de la habilidad de la gente, del mantenimiento de los equipos y de una estricta supervisión de todas y cada una de las labores y más aun, del bienestar del personal

Por otra parte, debe considerarse que el 60% de la mano de obra del cultivo se dedica a la cosecha, lo que implica hacer todos los esfuerzos que estén al alcance para lograr que una inversión de esta magnitud en esta actividad sea aprovechada de la mejor manera posible. Es decir se debe trabajar en aumentar la eficiencia de la cosecha (Mosquera M y Fontanilla, 2008), pues es precisamente en este renglón del proceso productivo en donde existe una alta posibilidad de disminuir los costos y de esta forma, mejorar las condiciones competitivas en el mercado internacional

4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Atendiendo a la necesidad de optimizar los procesos de cosecha, el centro de investigación en Malasia (MPOB) ha desarrollado un cortador motorizado popularmente conocido como Cantas™ para la cosecha de racimos de fruta fresca (RFF) en palmas de hasta 5 m de altura (Abdul, 2008) reporta que en ensayos llevados a cabo utilizando, el Cantas™ los trabajadores alcanzan un rendimiento entre 560 a 750 racimos por día (equivalentes a 9,5 a 12,6 Ton/día con peso de racimos de 17 kg), lo cual es notoriamente superior al rendimiento con la cosecha manual, en la cual los trabajadores presentan rendimientos entre 250 a 350 racimos por día (4,2 a 6,0 Ton/día) Por lo tanto, un trabajador empleando Cantas™ es equivalente a dos o tres trabajadores con el método tradicional, lo que se traduce en una reducción hasta del 50% de la necesidad de mano de obra en la operación de cosecha

En este orden de ideas el Cantas™, aparece como una opción que pretende optimizar la labor de cosecha, al ser una herramienta que busca aumentar la eficiencia de la labor, especialmente en el caso de la palmicultura en Colombia

Sin embargo, en nuestro país existe escasa información sobre los rendimientos de cosecha utilizando el cortador motorizado Cantas™, menos aun, no hay evidencia de estudios que validen en condiciones locales, los resultados obtenidos en Malasia. Por lo tanto, este proyecto busca determinar si con la utilización de esta herramienta en la labor de corte de racimos de fruta fresca, se logra aumentar significativamente la eficiencia de cosecha y reducir los costos asociados a esta labor en condiciones locales específicamente en la zona central palmera Colombiana

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Analizar y comparar el desempeño de los métodos de cosecha manual y semi-mecanizado en el corte de racimos de fruta fresca del cultivo de palma de aceite *Elaeis guineensis* L

5.2 Específicos

- 1 Determinar la eficiencia de cosecha en Ton/hombre/jornal de los métodos de cosecha semi-mecanizado y manual
- 2 Determinar los tiempos estándar y la jornada de trabajo para cada uno de los métodos de cosecha
- 3 Estimar el costo por tonelada cosechada para cada uno de los métodos

6 REVISIÓN DE LITERATURA

La superficie mundial de palma de aceite en producción casi se duplicó en la década 1996-2005, pasando de 4,7 a 9,2 millones de hectáreas. En el mercado mundial, la producción de aceite de palma fue de 33,6 millones de toneladas en 2005, frente a 25,4 millones de toneladas en 2002, registrando un incremento anual de 9,8%, es decir, cerca del doble de lo observado en la producción total de aceites y grasas en ese periodo. Vale la pena resaltar que el aceite de palma en 2005 pasó a liderar la producción mundial de aceites y grasas, participando con 24% del total, superando por primera vez, al aceite de soja, que participó con un 23,9%, seguido a su vez, por el aceite de colza con 11,5% (Mesa, 2007)

Por continentes y países, en 2005 se observa que Asia representa el 88,3% de la producción mundial de aceite de palma, América 5,4%, África 4,7% y Oceanía 1,6%. En tanto que los cinco principales países productores continuaron siendo Malasia, Indonesia, Nigeria, Tailandia y Colombia, este último con una participación del 2,0% en el ámbito mundial (Mesa, 2007), lo cual implica que este es un sector realmente importante dentro del sistema económico nacional.

De acuerdo con Fedepalma 2010. En Colombia se estima que el área sembrada en 2009 aumentó 7% hasta 360 537 hectáreas (ha), 23 581 más que en 2008. Este aumento es inferior al registrado en 2008 y al promedio anual entre 2004 y 2008, que fue de 24 500 ha. El 65% del área está en producción y el 35% restante en desarrollo, distribución que no ha cambiado significativamente en los últimos cinco años.

En 2009 el aumento del área en desarrollo fue de 7,7%, superior al del área en producción, que fue de 6,6%. Los mayores aumentos del área en producción ocurrieron en las zonas Oriental, con 11 781 ha y Norte, con 9 444 ha.

El área en desarrollo aumentó más en las zonas Central con 8 517 ha y Occidental, con 3 283 ha, en este último caso debido a las renovaciones con material híbrido alto oleico (Fedepalma, 2010)

Una de las características del sector palmicultor Colombiano es la heterogeneidad de sus procesos productivos. Ello obedece a que el cultivo se ha establecido en diversas zonas agroecológicas, a que los productores Colombianos en el concierto internacional corresponden al grupo de medianos y pequeños y a que los esfuerzos de llevar a cabo proyectos productivos de palma africana son de naturaleza privada y exhiben diversas capacidades para implementar la tecnología disponible (Sanz, 2009), lo cual implica la necesidad de buscar alternativas tecnológicas que puedan ser aplicadas dentro de la diversidad del sector y beneficien a un alto porcentaje de los productores nacionales

Los factores recién mencionados han confluído para que los costos de producción por tonelada de fruto y de aceite de palma varíen de manera drástica entre productores, no solo entre zonas, sino también entre plantaciones de las mismas regiones. Naturalmente estos esfuerzos aislados derivan en que algunas experiencias sean más exitosas que otras lo que se refleja en que ciertas empresas tengan costos de producción similares a los de países líderes en la agroindustria y otras se encuentren bastante rezagadas. Sin embargo, el costo promedio de Colombia es más elevado que el de la agroindustria en el ámbito mundial (Sanz, 2009)

En ese escenario, el empresario que siembre palma deberá ser consciente de que su producción estará expuesta a las fluctuaciones del precio en el mercado internacional y a la competencia de productores eficientes a escala mundial. Es decir, que solo tendrá un negocio rentable si es competitivo

Hablar de competitividad implica profundizar en los costos de producción de aceite de palma, es claro, que si son bajos garantiza un negocio rentable y sostenible. Estudios de comparación de costos en los últimos veinte años, realizados por (LMC, 2004 y Fry 2007), indican que Colombia se caracteriza por poseer altos costos de producción por tonelada de aceite de palma crudo (APC), frente a los principales países productores del mundo. En efecto, para 2005 el costo en Malasia era de US246/ton APC y en Indonesia era de US158/ton APC, mientras que Colombia presentaba un costo de US358/ton APC.

LMC, 2004 presenta datos desagregados de los principales costos de producción de una tonelada de aceite de palma en cuatro rubros: establecimiento, cultivo, cosecha-transporte y extracción, lo cual permite detectar las áreas donde se encuentran las mayores brechas en el país, frente a los principales productores a nivel mundial.

Es así, que el costo que marca la principal diferencia con respecto a los principales competidores es el asociado a la mano de obra. Debe destacarse que, en Colombia, este representa el 25% del total de la etapa de cultivo y el 30%, de la fase de extracción (Duarte y Guterman, 2009), por tanto, las diferencias en este aspecto ponen en desventaja la producción nacional frente a la de los principales productores. Según cifras reportadas en 2004 por la LMC acerca de los costos de 2002/2003 mientras en las plantaciones palmeras de Colombia el promedio era de once dólares jornal, en Malasia e Indonesia reportaron costos de dos dólares (Mosquera y Fontanilla, 2008).

Por otra parte, debe considerarse que el 60% de la mano de obra del cultivo se dedica a la cosecha, lo que implica que se deben hacer todos los esfuerzos que estén al alcance para lograr que la inversión de un peso en esta actividad sea aprovechada de la mejor manera posible. Es decir, se debe trabajar en amentar la eficiencia de la cosecha (Mosquera y Fontanilla, 2008).

6.1 Cosecha en palma de aceite

En palma de aceite la cosecha se considera como la labor culminante de un proceso productivo complejo y demorado, pero también se debe tomar como una labor de tipo permanente con la cual se pretende obtener la máxima cantidad de aceite

Para ilustrar aquello de que la cosecha y la producción son procesos ligados basta con observar el cronograma de desarrollo de los racimos. La producción es un proceso largo que toma aproximadamente unos 40 meses desde que surge la iniciación del primordio floral hasta el momento en que el fruto maduro se cosecha. Dentro de este tiempo transcurren aproximadamente 10 meses para que se produzca la diferenciación sexual de las flores, y luego toma entre 17 y 25 meses para que una flor, una vez haya tomado << la decisión >> de ser femenina o sea de producir aceite a través de un racimo, llegue al punto de antesis que es exactamente cuando se dispone para ser fecundada por el polen masculino. Finalmente de allí en adelante, toma entre 5 y 6 meses para estar en punto de cosecha (Bernal 1993)

La importancia del tema radica en que la cosecha debe ser tomada como la labor con la que se pretende obtener la máxima cantidad y calidad de aceite, porque se trata de una actividad de tipo permanente, ya que se desarrolla todos los días laborales en una empresa en producción. Adicionalmente, la cosecha es una actividad especializada que requiere capacitación, especialización un alto nivel de supervisión, debido a que en su ejecución es posible incurrir en errores que cuestan mucho dinero al afectar, bien sea la calidad o la cantidad del producto final de los trabajos de campo (Bernal, 1993)

El sector palmero, se ha caracterizado por ser dinámico en constante cambio que siempre busca la mejor forma de hacer las cosas. De ahí que hayan existido tantas modalidades o sistemas para realizar la cosecha a través de los años.

6.1.1 Tipo de contratación

En cuanto a sistemas de contratación, en la actualidad muchas de las empresas han sabido combinar los diferentes sistemas de contratación, es decir han logrado que los contratistas de obra y los subcontratistas reciban prestaciones de ley sin que haya vínculo laboral con las empresas, en un segundo plano han logrado que no se marque una brecha en la eficiencia de cosecha entre el personal contratado por labor y el personal de cosecha vinculado laboralmente a la empresa. Esto mediante la adopción de figuras como el destajo y la fijación de tareas.

6.1.2 Equipo humano

La labor de cosecha en las plantaciones de palma de aceite comprende varias actividades, entre las que se destacan: búsqueda de las palmas con racimos aptos para la cosecha, corte de los racimos, recolección de racimos, corte, apilamiento de las hojas, corte del pedunculo y recolección de fruto desprendido, entre otras.

Dentro de los palmicultores ha existido la inquietud por descubrir el sistema idóneo para llevar a cabo la labor de cosecha. La tendencia hace unos años era la de organizar grupos grandes y especializar a cada uno de sus integrantes en una labor. Se tenían entonces cuadrillas de 6 a 8 personas, cada una de las cuales desempeñaba una labor particular (Bernal, 1993).

Luego en la zona Norte y Oriental se iniciaron algunos estudios buscando la composición ideal de los grupos de cosecha, pensando obviamente en la eficiencia y en los costos. Llegando a la conclusión que a menor tamaño de grupo de cosecha mayor es la eficiencia. Siendo una de las conclusiones interesantes de estos estudios que, "en condiciones de la zona Oriental, lo que hacen 8 personas trabajando en cuadrillas de 2, lo pueden hacer perfectamente 6 hombres trabajando individualmente, lo que equivale a que la eficiencia se puede aumentar en un 25% trabajando con cosecheros individuales (Bernal, 1993)

Al respecto, Mosquera *et al*, 2008, en su artículo "Comparación entre cosecha individual y en grupo en una plantación colombiana de palma de aceite" Concluye que el costo por tonelada cosechada de racimos era 17% menor cuando la cosecha era realizada por dos trabajadores, además que los rendimientos para el método de trabajo individual era de 1 474 Kg de RFF/jornal, mientras que el rendimiento para el método de división de trabajo era de 1 612 Kg de RFF/jornal, lo que desmiente el mito de que cuando la cosecha es realizada por un solo operario, este obtiene un mayor ingreso, ya que el operario que realiza todas las actividades de cosecha deja de percibir diariamente \$ 3 443, con respecto a los trabajadores organizados en cuadrillas. Esto afirma que el método de división de trabajo permite la especialización de la mano de obra, lo que se traduce en un entrenamiento diario en una labor específica, especialmente en el corte de palma adulta, en la que se podría lograr un incremento gracias al aumento de la destreza del cortador (Mosquera y Fontanilla, 2008)

6 1 3 Herramientas de Corte

Otro punto aunque parece poco relevante, reviste de bastante trascendencia sobre la eficiencia, es el que hace referencia a las herramientas para el corte de racimos y hojas, especialmente en palma adulta. Dentro de ellas está el cuchillo curvo o <<malayo>>. En Colombia tomó mucho tiempo la generalización de su uso, esto debido a que en su momento fue muy difícil conseguir cuchillos curvos en el país y era necesario importarlos, con el agravante de que tras que se demoraban, siempre llegaban con calidades variables y precios muy altos (Bernal, 1993).

Sin embargo, esto abrió una puerta a la industria Colombiana que inició a satisfacer la demanda con productos de buena calidad y a costos razonables, lo que permitió que el uso del cuchillo curvo se generalizara en las 4 zonas palmeras. Encontrando en su momento que se lograba un incremento de la eficiencia de hasta el 20% al cosechar con cuchillo curvo vs pala recta. Ello se debe a que en las palmas adultas es mejor halar ayudándose en el peso del cuerpo que empujar para cortar hojas y racimos, venciendo la fuerza de gravedad y usando más músculos del cuerpo (Bernal, 1993).

Abdul *et al*, (2008) reporta sobre el diseño de dos cosechadoras mecánicas de racimos de palma de aceite, este prototipo usa como principio la vibración unidireccional suministrada mediante un motor de 23,6 cm³, a su vez unido a un mecanismo oscilatorio que convierte el movimiento rotacional en uno unidireccional con una velocidad de 3 000 ciclos/min. Los rendimientos reportados por el autor para poda son de 120-140 hojas/hora y 40-60 racimos/hora. Lo que indican rendimientos de hasta 4t/hombre/jornal.

Abdul et al , (2008) reporta sobre el desempeño de la cosechadora mecanica conocida popularmente como Cantas™ en una plantacion de Malasia, rendimientos de 560 a 750 racimos por dia, equivalentes a 9,5 a 2,6 Ton de RFF/dia En comparacion con la cosecha manual, con una productividad de solo 250 a 350 racimos por dia (4,2 a 6 0 t/dia) A sus ves, asegura que la productividad del Cantas™ es equivalente a dos o tres cortadores humanos Utilizando el Cantas™, seria capaz de reducir en un 50% la necesidad de mano de obra en la operacion de cosecha

6 1 4 Transporte de racimos de fruta fresca

El transporte de racimo de fruta fresca (RFF) en su gran mayoria se asiste con animales domesticos para esta labor, como mulas, bufalos y bueyes, cuya funcion es cargar o halar dispositivos o tecnologias que permiten incrementar la capacidad de carga de una persona (Alfonso, 2009)

Los racimos son transportados a puntos de acopio o directamente al transporte que conduce el producto a plantas de beneficio por medio de camiones, volquetas, cajas contenedoras y gondolas entre otras El alce es realizado de forma manual o mediante gruas que elevan mallas de gran capacidad (Alfonso, 2009)

En Colombia, la practica para transportar internamente los RFF mas frecuente en las diferentes zonas es la de bufalos con zorrillos, tienen el 55% de frecuencia relativa Los mayores rendimientos de esta practica se observan en la zona Norte (2,2 Ton de RFF/dia), seguida por la Oriental (2 Ton de RFF/dia) y la Central (1,9 Ton de RFF/dia) Los sistemas que involucran algun gado de tecnologia presentan los mayores rendimientos para la labor, como son el uso de tractores con remolques hidraulicos, gruas con mallas en la zona Oriental, y cable vias de arrastre manual o con tractor aereo en la zona Occidental

Aquellos sistemas que cuentan con animales de baja capacidad de cargue como bufalos o mulas con cajones o angarillas, son los que presentan los menores rendimientos (1,5 Ton de RFF/día) (Alfonso, 2009)

El bufalo como parte del equipo de recolección, tiene mayor capacidad de carga (0.8 a 1 Ton), la mula con carreta de (0.4 a 0.5 Ton), mula con angarilla de (0.08 a 0.12 Ton) Cuando la carreta va sostenida sobre cuatro ruedas esta capacidad se puede aumentar. Cargas excesivas van en el deterioro de la vida útil de los animales. En este orden de ideas, los bueyes son los animales más frágiles para el trabajo duro, por lo cual necesitan periodos de reposo de 10 a 15 días por cada semana de trabajo (Alfonso, 2009)

Los equipos que permiten incrementar rendimiento en mayor medida son aquellos que evitan la manipulación uno a uno de los racimos en los diferentes movimientos llevados a cabo desde el momento en que se encuentra en el plato de la palma hasta la tolva de la planta de beneficio, por ejemplo el uso de garras mecánicas "grabber", elevadores hidráulicos para descargar varios racimos a la vez, llantas de baja presión o alta flotación, doble llanta, orugas y tecnologías de unta que permiten contabilizar el peso total en línea de racimos transportados. De igual forma se logra mayores beneficios con tecnologías o equipos que permitan ser utilizados en otras labores dentro de la plantación, e incrementar rendimientos para el aprovechamiento de la mano de obra (Alfonso, 2009)

Tecnología	Rendimiento (t/día/ hombre)	Potencia (hp)	Trabajadores (N°)
Manual	1.47	0.13	1
SuperCrawler	2.22	40	3
Hovercraft	2.33		3
Motorcycle trailer	3		1
Powered wheelbarrow	4	4	1
Compact transporter	5		1
Minitractor con trailer	2.66	25	3
Minitractor con trailer ™ con grabber	2.44	25	1
Teltrac	2.22		3
Half track	3	18	3
Wadfoot MK2	2.22	23	3
Mechanical buffalo	2,1	9	1

Tabla 1 Rendimientos, potencia y mano de obra utilizada en las diferentes tecnologías Fuente Ahmad et al , 1999, Ahmad et al , 2001, Mohd et al , 2006 Alfonso et al , 2009

6.2 Cortadores mecánicos de racimos de fruta fresca en palma de aceite

El progreso hacia una máquina de cosecha hasta ahora ha sido escaso y poco prometedor. Las máquinas experimentales han sido lentas e incómodas, y una inspección sencilla no da ninguna confianza de que la mayoría de estas máquinas pudiera realizar el manejo rápido requerido. Los primeros prototipos se proponían elevar al cosechero hasta el racimo, mientras que los últimos se han dirigido emplear una cortadora mecánica controlada desde el suelo.

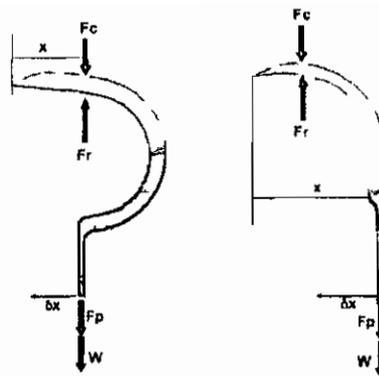
Adb Rahim (1989,2004) reporta que deben considerarse dos alternativas para la cosecha mecanizada: la primera, llevar al cosechero hasta el racimo para hacer el corte, esto mediante plataformas hidráulicas y, la segunda, cortar desde el suelo. El desarrollo de las máquinas diseñadas usa la segunda alternativa dada por el autor.

Es construido un primer prototipo que cuenta con un motor de 31,5 hp de potencia, manos hidráulicas que permiten realizar la poda, corte y transporte de racimo a un contenedor con capacidad de 500 Kg, con rendimientos entre 4-6 Ton de RFF/día, afectados por la variabilidad en altura de las palmas, condiciones del terreno y tiempo efectivo de trabajo (Alfonso, 2009)

Abdul et al (2003) reporta sobre el diseño de dos cosechadoras mecánicas de racimos para palmas de hasta 6 metros de altura. Este prototipo usa como principio la vibración unidireccional suministrada mediante un motor de 23 6 cm³, a su vez unido a un mecanismo oscilatorio que convierte el movimiento rotacional en uno unidireccional con una velocidad de 3 000 ciclos/min. Las máquinas son denominadas comercialmente como CantasTM para la cosechadora de palmas hasta de 6 metros y Cantas Ckat para cosecha en palmas jóvenes de hasta 2 metros.

6.2.1 *Diseño conceptual del cortador mecánico CantasTM*

Si bien, bastantes métodos de corte han sido desarrollados, ninguno de ellos ha sido eficiente en el corte que cuando se utiliza una hoz. Esto es debido al hecho de que esta hoz, con este diseño único, podría tener acceso efectivamente a los racimos y hojas durante el proceso de cosecha. Así, en este nuevo diseño el concepto de cuchillo curvo se mantiene mientras la acción de corte es realizada mecánicamente (Abdul Razak et al, 2003)



Hoz tipo-C

Hoz convencional

Figura 1 Fuerzas actuando en la hoz tipo C y la hoz convencional

Fuente Abdul *et al* , 2008

Para un corte eficiente, la hoz debe estar diseñada de la forma "C" Este diseño ha sido desarrollado por ser efectivo al proporcionar eficiencia en el corte y reducir las vibraciones transferidas al operador durante la operación de corte La hoz "C" permite realizar la fuerza de corte (F_c) y actuar en línea con la fuerza de reacción (F_r), de esta forma se da mayor fuerza al corte (eficiencia de corte) y al mismo tiempo reduce las vibraciones transferidas al operario (Abdul *et al* , 2008)

Las vibraciones que se producen son debido al efecto del momento desarrollado por la fuerza de corte (F_c) y la distancia entre la F_c y el operario (δx), entre mayor sea la distancia entre el proceso de corte y el operario mayor será la vibración producida Una mayor vibración es el resultado de una baja eficiencia de corte y al mismo tiempo el efecto de la vibración es transferido al operario (Abdul *et al* 2008)

En este sentido cortando con la hoz convencional se generara un momento prolongado el cual generara gran vibracion, resultando en una baja eficiencia de corte La forma y dimensiones de la hoz tipo "C" considera las hojas y racimos de fruto y el facil corte de los mismos ejerciendo la minima fuerza necesaria para el corte (Abdul *et al* , 2008)

6 2 2 Especificaciones del cortador mecánico Cantas™

Los principales componentes del cortador son la cabeza de corte, vara telescópica y motor (Figura 2)

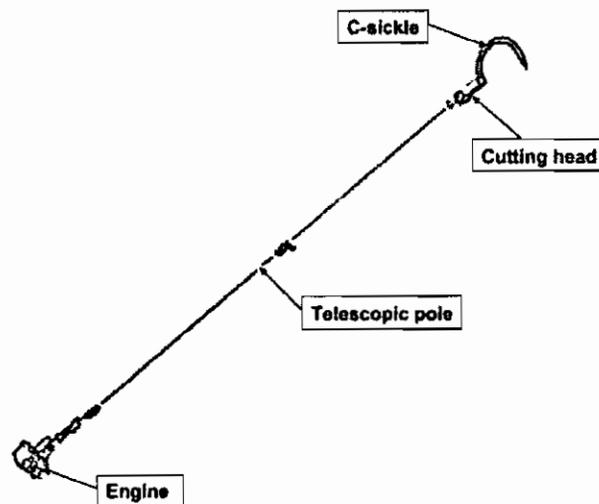


Figura 2 Cortador motorizado Cantas™ Fuente (Abdul *et al* , 2008)

La cabeza de corte comprende una "hoz-C", la vara telescópica esta comprendida por una vara comun y una vara expansible, ejes y rodamientos, mientras un motor 2 tiempos de 1 3 hp provee la fuerza El tanque de combustible tiene una capacidad de 440 cc y un peso total de 7 5 kg La mayoría de los componentes están hechos de una aleacion de aluminio por ser de bajo peso (Abdul, 2008)

6 2 3 Rendimientos

Abdul et al , 2008, presenta el estudio denominado "CantasTM- una herramienta para la eficiencia de la cosecha de racimos de fruta fresca en palma de aceite" realizado en el estado de Tereh Selata, Malasia, en el año 2006 En el expone los siguientes resultados

Con el sistema CantasTM, se puede lograr un diario total de 10 horas trabajadas con un tiempo efectivo de trabajo de 449 minutos (7 5 horas al día) Un promedio productivo por hora de 75 racimos, con un total de racimos de fruta cosechado por día entre 561 (9 5 Ton) a 140 racimos por hombre al día (2,4 Ton) Los estudios revelan que la productividad diaria usando el CantasTM era de un 163% mayor comparada con el sistema manual de hoz convencional, mientras la productividad individual del equipo de CantasTM era de un 31% mayor que el del equipo del sistema manual Esto muestra que los trabajadores del equipo CantasTM deseaban conseguir también un 31% más de ingresos, comparados con los ingresos del equipo manual (Abdul, 2008)

Los estudios también revelaron que usando CantasTM, el operador también podía conservar su energía, lo que prolonga su tiempo de trabajo a 10 horas por día, mientras que usando la hoz de cosecha convencional el tiempo de trabajo por día se reducía a 7 horas En términos de tiempo de trabajo efectivo, el operador usando CantasTM estaba disponible para trabajar un extra de 3 25 horas, comparado con el sistema manual, aunque los dos equipos empezaron al mismo tiempo (Abdul, 2008)

El tiempo promedio tomado para cortar un racimo era de 1 3 min / racimo de fruta y 0 78 min / racimo de fruta, para el sistema manual y el sistema Cantas™, respectivamente. En cada labor de corte el sistema Cantas™ era 37% mas rapido que el sistema manual con hoz convencional.

Los requerimientos de labor fueron reducidos de 16 a solo 8 (50% de reduccion) trabajadores para cubrir un are de 292 hectareas, el area de trabajo por trabajador fue incrementada de 1 18 a 1 37 (105%) mientras la productividad se incremento de 4 19 a 11 6 toneladas de fruta por dia (176%) (Abdul, 2008)

6 3 Estudios de cosecha en palma de aceite

En Colombia a partir de 2004, el Centro nacional para la investigacion en palma de aceite, Cenipalma, ha venido trabajando en la investigacion de iniciativas que permitan la disminucion del costo de la cosecha. De una parte, han realizado diferentes estudios intentando identificar las Mejores Practicas que utilizan las empresas de la agroindustria (benchmarking) y de otra implementando metodos propios de la ingenieria de Procesos (estudios de tiempos y movimientos).

A continuacion se presentan los resultados y conclusiones de algunos de estos estudios ya publicados.

6.3.1 *Estudio de referenciarian competitiva (benchmarking) al proceso de corte de fruto en la zona central*

Segun Montoya & Velasco , 2008, las mejores practicas encontradas en esta zona palmera, corresponden a la planeación de la cosecha, el control de la calidad, motivación y otros factores

Con respecto a la planeacion, Montoya & Velasco , 2008, resaltan la implementacion de practicas como censos de produccion rigurosos en plantaciones como Oleaginosas las Brisas S A y Palmas Oleaginosas Bucarelia S A Lo que les ha permitido obtener estimativos de cosecha muy ajustados y a su vez establecer los requerimientos de la cosecha cuatro meses adelante, en terminos de personal, animales, herramientas y carretas requeridas De esta manera, puede solicitarse la contratacion del personal con anticipacion suficiente, para capacitarlo

En cuanto al control de calidad en la zona central, de acuerdo con la informacion disponible de la zona centro, el 14% de los racimos cosechados no esta en el estado ideal de madurez o son anormales Asi, 1% corresponde a fruto verde, 2% a fruto podrido, 9% a racimos sobre maduros y 2% a racimos anormales La estimacion del efecto de este problema arroja que la zona central podria reducir sus costos de produccion en 1,53%, aproximadamente ocho dolares por tonelada de aceite

6.3.2 Estudio de referenciarian competitiva (benchmarking) al proceso de corte de fruto en la zona oriental

Segun Montoya & Dias , 2008, las mejores practicas para esta zona palmera estan relacionadas con herramientas de trabajo, uso más eficiente de mano de obra, contratación de servicios de reparacion y visibilidad del fruto para cosecha

La contratacion de servicio de reparacion por parte de plantaciones como Palmasol S A y Palmeras de San Antonio, puede llegar a constituir un ahorro de 0,6% en los costos por tonelada de aceite, es decir, 3 1 dolares Este ahorro esta ligado directamente a la ausencia de un departamento de mantenimiento de maquinarias dentro de estas plantaciones (Mosquera y Fontanilla, 2008)

El uso más eficiente de la mano de obra, se refiere a la especialización de la misma, en particular la division del trabajo en las labores de cosecha permite a cada trabajador especializarse en lo que mejor sabe hacer Esta practica permite disminuir el costo de la herramienta y de los semovientes La puesta en practica de la especializacion de trabajo puede llegar a representar un ahorro del 2,6% en los costos por tonelada de aceite, es decir 13,4 dolares (Mosquera y Fontanilla, 2008)

En cuanto a la visibilidad del fruto, se refiera a la labor de cosecha-poda, llevada a cabo en particular por la plantacion Palmar el Borrego esta practica consiste en cortar las hojas que esten por debajo del racimo en el momento de cortarlo y, desde luego, la hoja que acompaña el fruto Esta practica representa un ahorro del 0,5%, es decir, 2,6 dolares por tonelada de aceite (Mosquera y Fontanilla 2008)

6 3 3 Identificación de palmas con racimos maduros antes de la cosecha en el caso de palma adulta

El método de cosecha Marcacion tiene gran impacto para la labor del cortador. Resulta mas ventajoso, porque disminuye el tiempo de desplazamiento y le permite cosechar mas palmas por dia, lo que a su vez permite disminuir los ciclos de cosecha. El metodo de cosecha Marcación no tiene mayor impacto sobre la labor del recolector. Aunque se introduce una nueva actividad, que es recoger la marquilla, el tiempo que el recolector le dedica a esta representa entre 3% y 4% del tiempo total de la labor (Mosquera y Fontanilla,2008)

Implementar el metodo de Marcacion es rentable, solo si el operario dedicado a marca los lotes logra cubrir una extensa área en donde trabaje un alto numero de cosecheros y si el aumento en los racimos cosechado por cuadrilla es considerable. Este metodo permite su implementación en palma mediana, donde los cosecheros no son tan experimentados y cualquier herramienta les facilita enormemente su labor.

6 3 4 Identificación de palmas con racimos maduros antes de la cosecha en el caso de palma joven

Con el metodo de marcacion aprovechado a su maximo potencial, se cosecharian 379 racimos en palma abierta (71% adicional) y 293 racimos en palma cerrada (49% adicional). Adicionalmente, se tendria un incremento en el rendimiento de la mano de obra, expresado en RFF/jornal del 14%, en el caso de palma abierta, y del 10% en el caso de palma cerrada (Mosquera y Garcia , 2005)

Por otra parte la cosecha con marcacion de racimos incrementa los costos por tonelada de RFF cosecha entre el 5% y el 7% en palma abierta y entre 6% y el 8% en palma cerrada, debido a los jornales pagados por la inclusion del marcador. Segun lo anterior, a pesar de que con la inclusion del metodo de marcacion, se ve un aumento apreciable en el rendimiento de los racimos cosechados por jornal se concluye que la cosecha con marcacion previa de racimos maduros no es economicamente viable si no se tiene en cuenta que, al facilitar la labor del cortador aumentar su rendimiento, debe hacerse un ajuste al pago del cortador por tonelada cosechada (Mosquera y Garcia , 2005)

Adicionalmente, se hace necesario, determinar el impacto que puede generar la inclusion de la marcación en los indicadores de calidad del fruto y las perdidas por los racimos quedados dentro del lote. De otra parte, es importante tener en cuenta que existen perdidas por la asignacion deficiente de recursos y que con la marcacion previa, al final del dia se conoceria cuanto fruto hay en el campo para recoger el siguiente dia

6.3.5 Especialización en la mano de obra en la cosecha de palma de aceite

En este trabajo se comparo el sistema de cosecha individual vs division de trabajo. En el primero un solo trabajador realiza todas las labores de cosecha, en el segundo sistema, la labor de cosecha se divide en dos trabajos, un cortador y un recolector, y cada trabajo es asignado a un operario de la cuadrilla cosecha que esta conformada por dos personas.

Realizado el estudio de tiempos y movimientos, Montoya & Fontanilla en 2008, presentan los siguientes resultados y conclusiones:

La cosecha bajo el método de división del trabajo, permite la especialización de la mano de obra, lo que se traduce en un aumento diario en una labor específica, especialmente en el corte de la palma adulta, donde se podría lograr un incremento en el rendimiento gracias al aumento en la destreza del cortador

Debido a que con el método de trabajo individual se requiere que el operario utilice parte de la jornada (14%) en alistar el equipo de cosecha y en sacar el fruto a los puntos de acopio, su rendimiento al final del día (59 RFF/jornal) es inferior al rendimiento por jornal del método de división de trabajo (65 RFF/jornal)

Dado que el rendimiento al final de la jornada bajo el método de trabajo individual es inferior con respecto al de la división de trabajo, el ingreso percibido por el operario que realiza todas las actividades de la cosecha sufre una disminución cercana a los \$ 3 500

El método de trabajo individual incrementa el costo de la tonelada de RFF cosechada, con respecto al método de división de trabajo, ya que para cosechar la misma área, sin afectar los ciclos de cosecha, con el método de trabajo individual, se requiere aumentar la consecución de los equipos de cosecha y, por tanto, su mantenimiento, en una proporción de 2,2, con respecto a los requeridos por el método de división del trabajo aumentando de esta manera los costos fijos de cada tonelada cosechada

6.4 Estudios para optimización de procesos y labores en la palma de aceite

En el año 2003 Cenipalma enfoca sus esfuerzos en la exploración de metodologías estructuradas para la implementación de estudios de benchmarking (o referenciación competitiva) Entre las alternativas estudiadas, Cenipalma escogió la del American Productivity and Quality Center-APQ- y la adaptó a las particularidades del sector

Por otra parte, en 2005, Cenipalma comenzo a explorar la posibilidad de aplicar metodos de la ingenieria de procesos, especificamente, estudios de tiempos y movimientos. Una vez consideradas las bondades de este tipo de estudios para comparar la rentabilidad y optimizar procesos productivos, se adaptaron las metodologias para las particularidades del sector.

6.4.1 *Estudios de benchmarking*

La referenciación competitiva o benchmarking es un proceso estrategico de identificación y aprendizaje de las mejores practicas, para lograr un optimo desempeño organizacional mediante la adaptacion de las mismas. Para tal fin se presenta como una actividad permanente de comparacion, analisis y mejoramiento de procedimientos y tecnicas, cuyo objetivo es un aumento continuo de la productividad y de la eficiencia economica de un sector productivo, un grupo de empresas o una empresa individual (Guevara y Manjarres,2004)

Se debe destacar que, por su naturaleza el benchmarking no es una práctica nueva en la historia de la actividad empresarial, por el contrario, ha sido uno de los motores que ha permitido su desarrollo. Lo que es relativamente nuevo, es la implementacion de metodologias formales para ponerlo en practica (Guevara y Manjarres,2004)

Uno de los organismos que ha estado a la vanguardia del desarrollo de metodologias para llevar a cavo este tipo de estudios es el American Productivity Quality Center-APQC- Producto del desarrollo de indicadores y de herramientas para la recoleccion y el análisis de informacion relativa a mejores practicas, el APQC desarrollo una metodologia para llevar a cabo estudios de bechmarking (Camp , 1995), que consta de las siguientes fases: 1) inicio del proyecto, 2)

planeación del estudio, 3) recolección de datos, 4) análisis de datos y presentación de informe final, y 5) adaptación y adopción.

Por su parte, Cenipalma ha adaptado la metodología de la APQC, combina la fase de inicio del estudio con la de planeación, y la fase de adopción de las mejores prácticas identificadas, está a cargo de los técnicos y gerentes, quienes decidirán adoptarlas, con base en sus propios criterios técnicos y económicos.

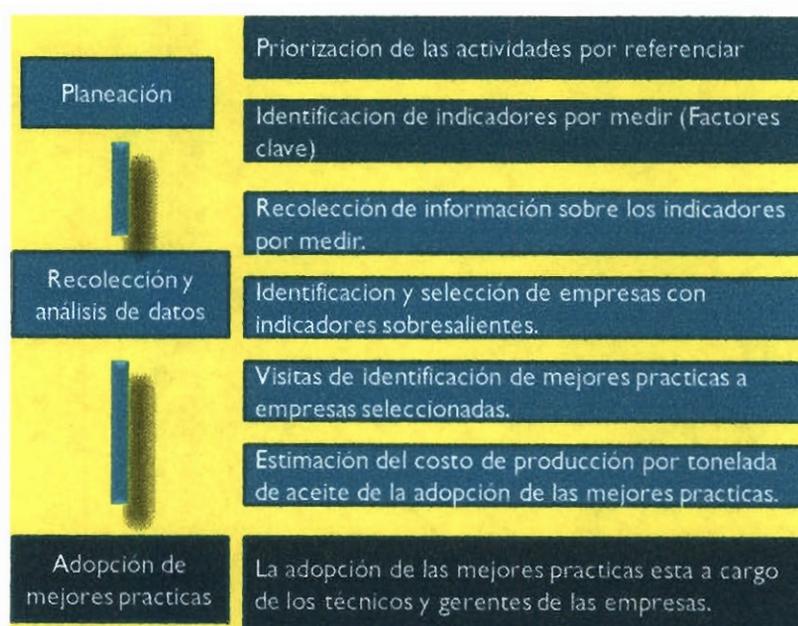


Figura 3. Metodología para el desarrollo de los estudios de benchmarking utilizado por Cenipalma. Fuente: (Guevara y Manjarres, 2004)

6.4.2 Estudios de tiempos y movimientos

Son una herramienta de mejoramiento continuo que permite el análisis sistemático de los métodos de trabajo empleados en una actividad productiva. Se utilizan con el objetivo de disminuir el costo estándar de un proceso, gracias a la eliminación, combinación, reorganización y simplificación de los subprocesos, sin disminuir la calidad de los productos y servicios. Vale la pena resaltar, que los costos bajos y la alta calidad permiten una ventaja competitiva.

6.4.2.1 Estudio de movimientos

El objetivo de los estudios de movimientos es encontrar el mejor método de trabajo, de acuerdo con los recursos existentes para el desarrollo de una actividad productiva. Para esto se deben reducir los costos y el esfuerzo; si es el caso, han de desarrollarse herramientas y/o métodos que faciliten las tareas y se debe capacitar a los empleados con el mejor método. El estudio de movimientos se divide en dos grandes grupos: los macro movimientos y los micro movimientos. (Mosquera y Gevara., 2005)

Los macro movimientos se utilizan para analizar el sistema de manera general y las operaciones que lo componen. Los macro movimientos son clasificados en operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos, y posteriormente son plasmados en diagramas de operaciones, de procesos o de flujo de procesos. Las técnicas para su análisis parten de la simbología de la ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).

Proceso	Símbolo	Definición
Operación		se produce o 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 protege algo

Figura 4. Simbología ASME para el análisis de macro movimientos.

Fuente: (Garcia, 2005)

Se fija el diagrama de operaciones de macro movimientos para la labor de cosecha de la siguiente manera:



Figura 5. Diagrama de operaciones del cortador

Fuente: (Garcia., 2005)

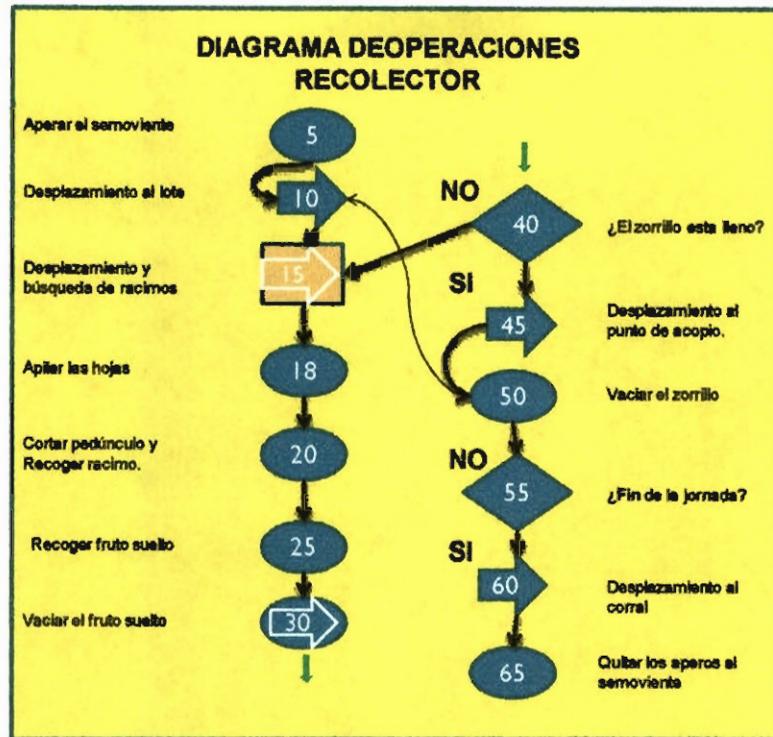


Figura 6. Diagrama de operaciones del recolector

Fuente: (García.,2005)

6.4.2.2 Estudio de tiempos

Los estudios de tiempos sirven para estandarizar operaciones. Estándar es el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación d trabajo, con un operador calificado y bien capacitado que trabaja a una velocidad normal y hace la tarea específica. El estudio de tiempos a menudo se define como un método para determinar “un día de trabajo justo” (Niebel y Freivalds, 2004)

Los objetivos del estudio de tiempos son: evaluar la posibilidad de reducción de costos y escoger el método más económico con base en análisis de costos y no de opiniones, minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos, mantener la calidad del

Producto y determinar el número de personas necesarias para realizar una labor. Hay dos métodos básicos para realiza el estudio de tiempos. (Mosquera y Guevara., 2005)

El primer método se denomina de Observación directa; este tiene lugar en el mismo momento en el que se efectúan las operaciones. De acuerdo con la teoría de los estudios de tiempos, puede realizarse de manera discontinua (observaciones aleatorias, conocido como muestreo del trabajo-Work Sampling) o continua (observaciones a un número determinado de ciclos de la operación por medir).

El segundo método se denomina tiempo predeterminado, en este método se registran los gestos necesarios para llevar a cabo la operación, sin tomar tiempos; después se consultan las tablas en las que aparecen los tiempos de ejecución de cada gesto, según el movimiento y sus características, así se obtiene los tiempos totales para cada operación. Para establecer los estándares de tiempo bajo este esquema se puede recurrir a software de tiempos predeterminados, basados en sistemas como Work-factor, MTM (Methods Time Measurement) o MOST (Maynard Operation Sequence Technique) (Niebel y Freivalds, 2004) (Mosquera y Guevara, 2005)

7. HIPÓTESIS

El tiempo promedio de cosecha en el sistema semi-mecanizado, con el uso del *CantasTM*, es inferior en no menos de un 25%, al tiempo promedio de cosecha en sistema manual, bajo las mismas condiciones de campo.

8. METODOLOGÍA

La actividad involucra la evaluación de dos sistemas de cosecha, manual y semi-mecanizada, de racimos de fruta fresca de palma de aceite, en palmas de hasta 4.5 metros de altura, en condiciones de la sub-zona palmera de Puerto Wilches, en el Magdalena Medio Santandereano.

8.1 Localización

El ensayo se desarrolló en la zona 7 de la plantación Palmas Oleaginosas Bucarelia, en el Kilometro 8 vía Wilches-Bucaramanga (Colombia), localizado a 7° 22' de latitud norte y 73° 48' longitud oeste, con una altura de 80 msnm y una precipitación media anual de 2.400 mm; donde se seleccionaron los lotes 12 a 27 de la siembra 1997, que cuentan con materiales tipo IRHO y altura promedio de 4.5 metros, con una producción media anual de 25 Ton de RFF/año.

8.2. Materiales

8.2.1 Equipos especializados

- Cuchillo malayo motorizado CANTAS^{mt}
- Cuchillo malayo manual

8.2.2 Equipos complementarios

- Cronometro digital
- Formatos de evaluación
- Elementos de seguridad industrial

8.3 Análisis estadístico.

La información recolectada del estudio de tiempos con cronómetro se analizó mediante el método de regresión lineal múltiple. Para satisfacer los supuestos del modelo es necesario hacer una transformación de los tiempos de corte con logaritmo natural.

Siguiendo este modelo se estableció cuáles de las variables consideradas, son estadísticamente significativas, lo que permitió agruparlas en explicativas y exclusivas.

Para la labor del cortador, se plantea que el tiempo de corte sigue el modelo:

$\text{LnTCOR} = f(\text{DRAC}, \text{MCOS}, \text{CCOS}, \text{NCOB}, \text{DIAG}, \text{HOJ}, \text{RAC}, \text{ECOR},)$. Donde:

- LnTCOR:** Logaritmo natural del tiempo de corte. Corresponde al tiempo necesario para que el cortador se desplace, ubique el racimo y cosecha una palma.
- DRAC:** Densidad de racimos. Indica el porcentaje de palmas con racimo maduro sobre el total de las palmas del lote por cosechar.
- MCOS:** Método de cosecha. $\text{Cantas}^{\text{TM}} = 0$ y $\text{Manual} = 1$.
- CCOS:** Ciclos de cosecha. Días traducidos entre los ingresos a cosechar un mismo lote.
- NCOB:** Nivel de cobertura. Corresponde a la altura y densidad de la cobertura presente en el lote por cosechar. Bajo = 1, Medio = 2 y Alto = 3.
- DIAG:** Distancia existente entre dos palmas con racimo maduro (expresada en desplazamientos de nueve metros sobre la calle de cosecha).
- HOJ:** Hojas. Hojas cortadas en la palma por cosechar.
- RAC:** Racimos. Racimos cortados en la palma por cosechar.
- ECOR:** Elementos cortados. Cuenta la cantidad de racimos y hojas cortados por palma.

Para determinar la interacción entre las variables explicativas encontradas, se realizó un análisis de tipo factorial, estableciendo un diseño completamente al azar en cada caso.

8.4 Sistematización y análisis de la información.

Se realizó una base de datos usando el programa Microsoft Office Excel (2009). Los resultados se sometieron a análisis estadístico en el programa Statistix 8.0 (2008).

8.5 Evaluación de campo.

La prueba se llevó a cabo en los lotes 12 a 27 de la siembra 1997, en la zona 7 de la plantación Palmas Oleaginosas Bucarelia, ubicada en la sub-zona palmera de Puerto Wilches, en el Magdalena Medio Santandereano. Estos lotes fueron seleccionados por poseer palmas con una altura de 4.5 metros.

Para la evaluación de campo se conformaron dos equipos de 2 trabajadores cada uno, dando un total de 4 trabajadores para la evaluación. En el momento de la selección del personal se tuvo en cuenta el peso y estatura de cada uno de los integrantes, esto con la finalidad de conformar equipos de trabajo lo más homogéneos posible en cuanto a contextura. De igual modo se tuvo en cuenta que los operarios que desempeñen la labor de corte tengan experiencia en la labor. Teniendo en cuenta los ciclos de cosecha, para los lotes donde se realizaron las evaluaciones, se establecieron ciclos de 8 días de cosecha, realizando evaluaciones intercaladas para cada uno de los sistemas de cosecha.

La evaluación tuvo un tiempo inicial de 1 mes. Al cabo de este primer mes se realizó un primer análisis sobre los datos recolectados. Se realizó una segunda evaluación, de 1 mes nuevamente.

8.6 Sistema de cosecha.

Se evaluó la eficiencia en el corte de racimos de fruta fresca de dos sistemas de cosecha, el sistema Cantas^{mt} vs sistema tradicional con malayo convencional. Cada uno de estos sistemas estuvo conformado por equipos de dos trabajadores, un cortador y un recolector.

8.6.1 *Sistema Cantas^{mt}*

Se conformó un equipo de trabajo (cuadrilla), compuesto por dos operarios, un cortador y un recolector. Los operarios que desempeñaron la función de cortador fueron instruidos en el manejo de la máquina y realizaron exclusivamente la labor de corte, mientras que el operario restante realizó las labores de cargar de racimos a la carreta, apilar hojas, coleccionar frutos perdidos. Los racimos de fruta fueron transportados usando un búfalo enganchado a una carreta.

8.6.2 *Sistema convencional*

Se conformó un equipo de trabajo (cuadrilla), compuesto por dos operarios, un cortador y un recolector. Los operarios que desempeñaron la función de cortador fueron instruidos en el manejo de la máquina y realizaron exclusivamente la labor de corte, mientras que el operario restante realizó las labores de cargar de

racimos a la carreta, apilar hojas, coleccionar frutos perdidos. Los racimos de fruta fueron transportados usando un búfalo enganchado a una carreta.

8.7 ACTIVIDAD 1. Documentación de los métodos de cosecha

Previo al estudio de tiempo se hace necesario definir el ciclo de trabajo y sus elementos a evaluar. En este sentido, se estudiaron los macro movimientos de forma general y las operaciones que lo complementen.

Se diseñó un manual de toma de tiempos para delimitar el inicio y el fin de las actividades de cada subproceso de cosecha, con el objetivo de evitar que se mezclaran los tiempos de dos actividades seguidas.

Para definir los elementos de la labor de cosecha de racimos, se parte de la base de los estudios de cosecha en palma de aceite, realizados por Cenipalma en 2008.

Definiendo entonces el método de corte de racimos de fruta fresca (RFF) de la siguiente manera:

Actividades de la cosecha	Descripción	Responsabilidad
Desplazamiento y búsqueda de los racimos	Desplazamiento dentro del lote en búsqueda de racimos maduros.	Cortador
Alistar herramientas para corte	Una vez identificada la palma con racimo maduro, alistar la extensión del cuchillo malayo o el CANTAS y colocarlo en posición de corte	Cortador
Corte de hojas y racimos	Cortar la hojas requeridas y los racimos maduros existentes en la palma. Colgar el cuchillo en la palma.	Cortador
Alistar la herramienta para desplazamiento	Descolgar el cuchillo de la palma y ponerlo en posición para desplazarse (Posición vertical, al hombro o en el zorrillo). El cortador continúa con la búsqueda de racimos.	Cortador
¿Fin de jornada?	Mientras no haya terminado la jornada de trabajo, se continúa con la labor de cosecha.	Cortador

Tabla 2. Proceso de corte de racimos de fruta fresca bajo los parámetros de estudio. Fuente: (Zuleta 2011)

Las técnicas para el análisis de procedimientos parten de la simbología de la ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos) ,2005.

8.7.1 Descripción del método de corte y recolección de racimos de fruta fresca objeto de estudio, en la plantación Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

En la empresa, el sistema de corte y recolección de racimos de fruta fresca (RFF), está organizado bajo el método de división de trabajo, conformándose equipos de dos personas, cada una de las cuales desempeña una labor específica, distinguiéndose dos actividades: la de corte de racimos y la de recolección de racimos.

Corte de RFF: comprende desde el desplazamiento y búsqueda de palmas con racimos maduros dentro de los lotes hasta el corte de hojas y racimos en cada una

de las palmas cosechadas. Al responsable de esta actividad se le denomina cortador y cumple igual función en los dos sistemas de corte de racimos evaluados en el presente estudio.

Recolección de racimos de fruta fresca (RFF): comprende el desplazamiento dentro de los lotes, el encalle de las hojas cortadas, corte de pedúnculo largo de los racimos y la recolección de los mismos junto con el fruto desgranado, que se pueda encontrar en lo platos. Al responsable de esta actividad se le denomina recolector.

A continuación se muestra el diagrama y la descripción de operaciones objeto de estudio. Cabe aclarar que tanto el diagrama como la descripción de operaciones es igual para cada uno de los dos sistemas de corte de fruta evaluados, salvo la operación de recarga de combustible, que solo se tiene en cuenta en el sistema Cantas™.

Por otra parte, el estudio de tiempos y movimientos está dirigido exclusivamente a determinar el tiempo estándar de la labor de corte de racimos de fruta fresca (RFF).

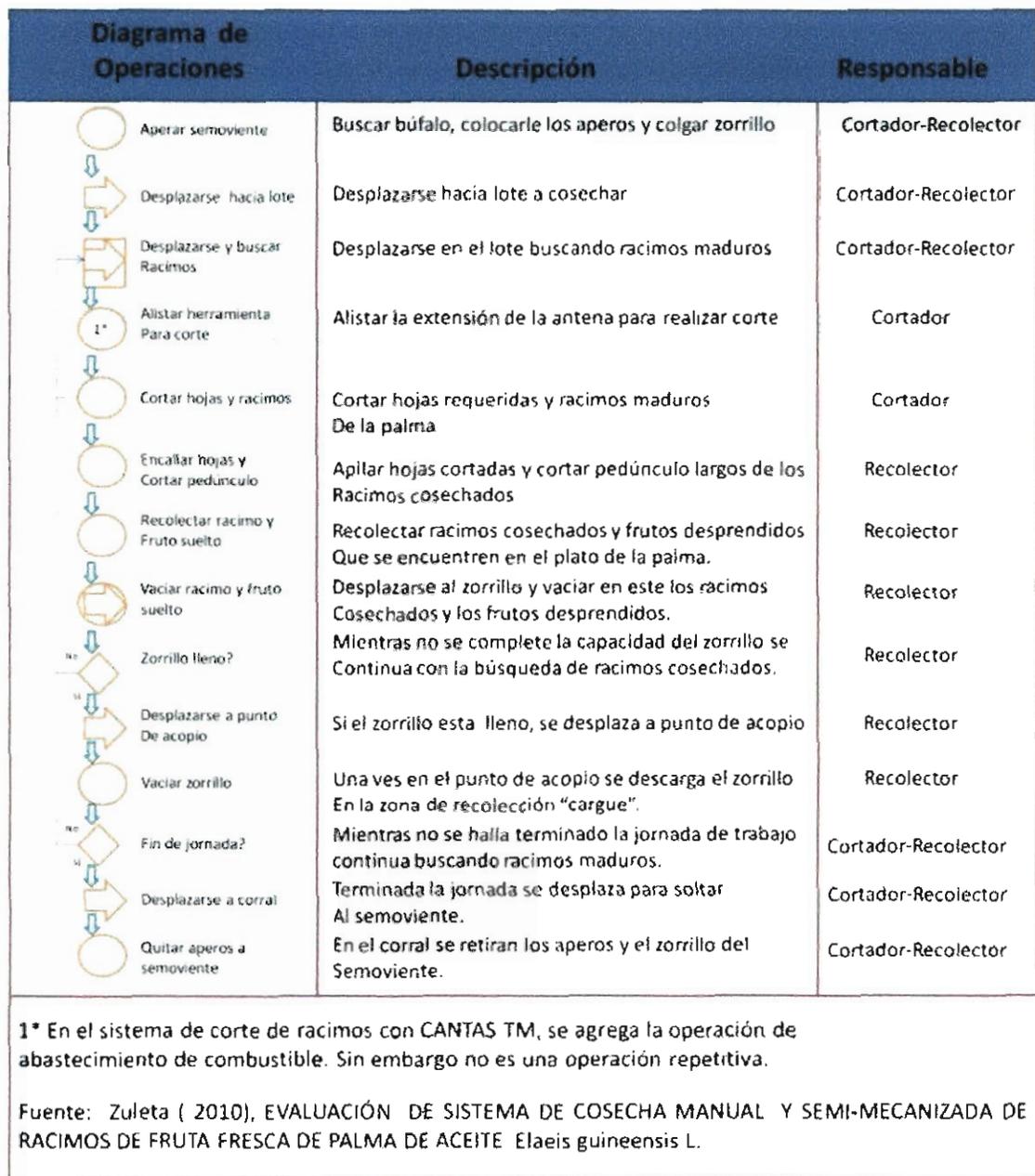


Figura 7. Diagrama de operaciones del proceso de cosecha en la plantación Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

8.8 ACTIVIDAD 2. Estudio de tiempos

Partiendo de un método ya definido, se procedió a la realización del estudio de tiempos, mediante el método de observación directa continua, que comprende las actividades referentes al muestreo, evaluaciones en campo de los ciclos de trabajo.

8.8.1 *Ciclo de trabajo y elementos*

El ciclo de trabajo para el presente estudio comprende las actividades realizadas en la labor de corte. El ciclo inicia en el momento que el operario inicia el desplazamiento dentro del lote en búsqueda de palmas a cosechar, identifica la palma con racimos maduros y finaliza cuando el cortador termina de alistar la herramienta para desplazarse nuevamente, en búsqueda de mas palmas con cosecha.

El ciclo de trabajo se ha dividido en dos elementos repetitivos y dos no repetitivos:

- Elemento 1: desde que inicia desplazamiento dentro del lote en búsqueda de palmas con cosecha hasta que identifica una palma con racimos maduros.
- Elemento 2: desde que coloca la herramienta en posición e inicia el corte de hojas necesarias y racimos presentes en la palma, hasta que finaliza de cortar el último racimo u hoja presente en la palma.
- Elemento A (reabastecer de combustible el motor del CantasTM): este es el elemento no repetitivo y va desde que el operario apaga el motor del

Cantas™, hasta que finaliza de reabastecer de combustible el tanque y enciende nuevamente el motor.

- Elemento B (Ajustar la altura de la antena telescópica): es el segundo elemento no repetitivo y va desde que el operario se detiene, alista la herramienta para manipularla, hasta que finaliza de ajustar la altura de la antena telescópica.

El proceso de valoración de ritmo de trabajo de los operarios será calificado según la escala porcentual propuesta por Ortiz, 1999.

8.8.2 Suplementos.

La asignación de suplementos constantes y variables será dada según la tabla propuesta por Ortiz, 1999, en Análisis y mejoramiento de la empresa.

SUPLEMENTOS CONSTANTES	Hombres	Tension mental	Hombres
Por necesidades personales	5	moderadamente complejo	1
Base por fatiga	4	Monotonía	
		bastante monotonó	1
SUPLEMENTOS VARIABLES		Tedio	
Por trabajar de pie	2	algo aburrido	0
Por postura anormal			
ligeramente incómoda	0		
Uso de la fuerza o de la energía muscular			
peso levantado en kilos			
7,5	2		
6,0	1		
Condiciones atmosféricas			
calor y humedad	8		
Concentración intensa			
trabajo de precisión	2		
Ruido			
continuo	0		

Tabla 3. Asignación de suplementos variables y constantes según los parámetros de estudio para la labor de cosecha de racimos de fruta fresca de palma de aceite.

Fuente: (Ortiz, 1999)

El suplemento por contingencia corresponde a 5%, para una jornada laboral de 8 horas de trabajo.

8.9.3 Determinación del número de ciclos u observaciones a registrar.

El número de observaciones que dé el estudio se define por la fórmula estadística para muestreo de datos propuesta por Ortiz, 1999.

$$N = \frac{(S * t_{\alpha/2, n-1})^2}{e^2} \quad \text{Donde:}$$

S: es el valor correspondiente a la desviación estándar de la muestra.

t: es el valor obtenido en la tabla para la distribución t-student al nivel de confianza fijado.

e: representa el margen de error deseado expresado en unidades de tiempo en segundos.

El nivel de confianza definido para el estudio será del 95%, con una precisión de \pm 4 segundos por ciclo de trabajo.

El muestreo preliminar fue de 15 observaciones o ciclos de trabajo en donde se registrará el tiempo del ciclo global. Partiendo de estos datos se estimará el número de observaciones necesarias para satisfacer el nivel de confianza definido para el estudio.

8.9.4 Sistema de medición de tiempos y formato de registro.

El sistema de medición fue repetitivo o de vuelta a cero, mediante el cual se tomaron los tiempos de cada uno de los elementos que componen en ciclo de trabajo. Los datos obtenidos se registraron en el formato de evaluación (Anexo.A)

9. RESULTADOS

9.1 Eficiencia de cosecha en Toneladas / Hombre / Jornal para los dos métodos de corte de racimos

En total fueron cosechadas 233,7 toneladas durante el transcurso del estudio, de las cuales, 85.2 toneladas fueron colectadas con el método CantasTM y 148.5 con el método tradicional o Malayo, esto corresponde a un 36,7% y 63,5% respectivamente.

Se estableció un peso medio de racimo de 16.5 Kilogramos y tres densidades de racimos del 20%, 30% y 40%. Siendo la densidad del 30% la media en las evaluaciones, lo que implica que se encontró un racimo maduro cada 1.1 diagonales o 3.3 palmas.

En la tabla 4 se presenta la información correspondiente a los racimos y toneladas cosechadas con los dos métodos de corte de racimos de fruta fresca evaluados.

METODO	# Racimos	Ton	MEDIA	MEDIA
	Cosechados	Cosechadas	Ton/Jornal/Metodo	Ton/Hombre/Jornal
CANTAS*	4.960	85,2	4,3	2,2
MALAYO**	9.175	148,5	5,0	2,5
TOTAL	14.135	233,7		

* Toneladas cosechadas en 20 estudios realizados. Antes de avería definitiva de la maquina.

** Toneladas cosechadas en 30 estudios realizados.

Tabla 4. Racimos y Toneladas cosechadas con dos diferentes métodos de corte

La diferencia en cuanto al número de racimos y toneladas cosechadas entre los dos métodos de corte de racimos, radica en que con el método de corte CantasTM, apenas se lograron completar 20 de los 30 estudios establecidos en la metodología, esto debido a que la herramienta presento averías irreparables antes de terminar las evaluaciones de campo. Dichas averías serán expuestas más adelante en el numeral 9.4

Sin embargo, la información colectada permitió establecer el rendimiento de toneladas cosechadas, siendo el método tradicional (Malayo), un 14% más efectivo en el corte de racimos en una jornada de cosecha y un 12 % más efectivo en las toneladas/hombre/jornal, estableciendo como referencia la cosecha con el método tradicional. Estos resultados se traducen en un mayor número de hectáreas cosechadas y, por tanto, un mayor número de racimos cortados diariamente, en el método tradicional con herramienta malayo.

Estos resultados difieren de los datos expuestos en el estudio realizado por el centro de investigación de Malasia MPOB, por sus siglas en ingles, dado que reportan rendimientos de 560 a 750 racimos por día lo que equivales a 9,5 y 12,6 toneladas

diarias respectivamente. En toneladas hombre jornal equivale a 4.7 y 6.3 toneladas por operador e una jornada de trabajo. Como se expuso anteriormente, las averías que se presentaron a medida que los estudios avanzaban afectaron drásticamente los rendimientos diarios de cosecha, de allí la gran diferencia entre los resultados.

9.2 Estudio de tiempos con cronometro.

El registro de tiempos para la labor de corte se realizó durante cincuenta días en un periodo de siete semanas. Se realizaron registros de ciclos básicos del proceso de corte durante toda la jornada de trabajo en cada uno de los estudios, obteniendo la información a partir de la totalidad de los ciclos básicos y de los racimos cortados en cada jornada. Durante este lapso se registró el tiempo a un total 10.430 ciclos básicos, distribuidos en los dos métodos de corte (Tabla.9), lo que indica la confiabilidad del estudio desde el punto de vista estadístico.

Metodo de Cosecha	Codigo de cuadrilla	No. de Ciclos basicos	No. Estudios Realizados
CANTAS	69	2.582	13
	150	1.330	7
Sub Total		3.912	20
MALAYO	69	3.601	15
	150	2.917	15
Sub Total		6.518	30
Total General		10.430	50

Tabla. 5. Total de registros obtenidos por método y equipo de cosecha.

9.2.1 Tiempo estándar de labor de corte por actividad.

Los tiempos estándar por actividad, para una jornada efectiva de 6 horas (360 minutos), en la labor de corte de racimos de fruta fresca, con una densidad de racimos del 30%, incluyendo suplementos personales, se presentan en la tabla 10 a continuación.

Tiempo estandar por actividad		CANTAS		MALAYO	
Codigo Actividad	Descripcion de actividad	TOP (min)	%	TO (min)	%
5	Desplazamiento a lote	40	11	40	11
10	Preparar Herramienta	30	8	30	8
15	Desplazamiento y busqueda de racimos	139	39	142	39
20	Cortar Hojas y racimos	114	32	138	38
25	Abastese combustible/Elemento extraño	37	10	10	3
TOTAL		360	100	360	100

TOP: tiempo de operación expresado en minutos

Tabla 6. Tiempos estándar por actividad en la labor de corte de racimos de fruta fresca de dos métodos de cosecha.

Para el caso de la labor de corte, no existe una diferencia significativa entre los dos métodos de cosecha. Sin embargo y contrario a lo que se esperaba según la hipótesis planteada, es el método tradicional con cuchillo malayo, el que muestra una diferencia a favor del 6% en la actividad de corte de hojas y racimos.

En efecto, con una densidad de racimos del 30%, se establece un rendimiento medio de 306 racimos y 7 hectáreas cosechadas para el método con cuchillo Malayo y 248 racimos con 5.7 hectáreas cosechadas para el método con la herramienta Cantas. Esto es, una diferencia del 18,9% en rendimientos con relación al número de racimos y 18,5% en rendimiento con respecto al número de hectáreas, entre los dos métodos de

corte de racimos, y en ambos parámetros la actividad es favorable en el sistema tradicional de cosecha.

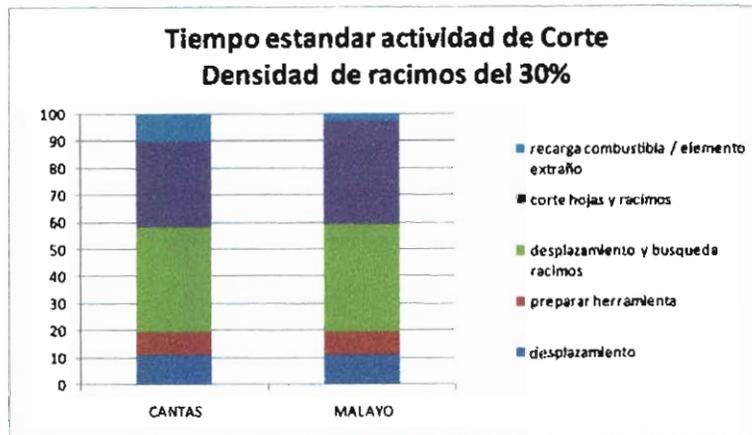


Figura 8. Tiempos estándar por actividad de métodos de corte.

Como se observa en la figura el tiempo estándar de desplazamiento, preparación de herramienta, desplazamiento y búsqueda de racimos no muestran diferencias sustanciales entre los dos métodos de corte, de manera que son entonces los elementos de corte de hojas y racimos, y elemento extraño, los elementos de la labor que influyen directamente en el rendimiento.

El elemento extraño es un componente con una participación del 10% en el método Cantas y apenas una participación del 3% en el método Malayo, diferencia que se explica porque en el método Cantas este componente está conformado por la recarga de combustible, mientras que en el corte con cuchillo Malayo, este componente es la básicamente la modificación de longitud de la antena de la herramienta.

9.2.2 Tiempo estándar de labor de corte por ciclo de trabajo.

A continuación, en las tablas 11 y 12, se presentan los tiempos estándar para la actividad de corte por ciclo de trabajo, con una densidad de cosecha del 30%, teniendo en cuenta suplementos por fatiga y por factores personales.

CORTE DE FRUTO CANTAS					
Elemento	Tiempo Reloj(segundos)	Suplementos %	Tiempo		Tiempo asignado
			suplementos segundos	Numero de veces que se repite el elemento en un ciclo de trabajo	
1	8,6	10	0,86	1	9,46
2	14,76	15	0,15	1	16,97
A	700,0	0	0	1	700,0
total tiempo por ciclo de desplazamiento y corte de 1 Rc/2Hj					26,4

1: desplazamiento y búsqueda de racimos; 2: corte de hojas y racimos
A: elemento extraño

Tabla 7. Tiempo estándar por ciclo de trabajo método Camtas™.

CORTE DE FRUTO MALAYO					
Elemento	Tiempo Reloj	Suplemento.	Tiempo		Tiempo asignado
			suplemento segundos	Numero de veces que se repite el elemento en un ciclo de trabajo	
1	8,6	10	0,86	1	9,46
2	14,38	15	0,15	1	16,54
A	12,5	0	0	1	12,53
total tiempo por ciclo de desplazamiento y corte de 1 Rc/2Hj					26,0

1: desplazamiento y búsqueda de racimos; 2: corte de hojas y racimos
A: elemento extraño

Tabla 8. Tiempo estándar por ciclo de trabajo método tradicional.

Para la elaboración de los tiempos estándar se lleva a cabo el cálculo de los suplementos, considerando para la labor de corte dos tipos, personales y por fatiga, siendo estos del 15% del tiempo total de el elemento de corte de racimos y hojas, lo que corresponde a dos segundo y una milésima (2,1 segundos) adicional por ciclo de trabajo en el elemento de corte.

Como se puede observar los tiempos estándar de la labor de corte y desplazamiento en un ciclo de trabajo no presentan diferencias significativas, entre los dos métodos. Siendo apenas cuatro centésimas de segundo (1,5%) más rápido con el método malayo que con el método cantas. Lo que implica que la herramienta no se convierte en un factor determinante dentro de los rendimientos de la labor de corte de racimos.

Por el contrario, es la simplicidad de la herramienta la que termina siendo un factor determinante en los rendimientos de cosecha, puesto que el cuchillo CANTAS, al ser una herramienta más compleja en su funcionamiento, genera problemas de desajustes de sus partes al ir acumulando horas de trabajo, lo que finalmente causa daños que requieren de reparaciones técnicas no fáciles de realizar en campo. Por otra parte, la simplicidad del cuchillo MALAYO, elimina en gran parte estos problemas, permitiendo prever y arreglar más fácilmente averías en campo.

Por otra parte, si se considera que las densidades de cosecha superiores al 40% se pueden encontrar tres o más racimos maduros por palma, los tiempos de corte bajo estos parámetros favorecen el funcionamiento de la herramienta CANTAS. Como se observa en la figura 9, a medida que se incrementa el número de racimos cosechados por palma, el tiempo de corte de hojas y racimos es un 10.8% menor en el caso de dos racimos y un 14.7% menor en el caso de tres racimos para la herramienta CANTAS.

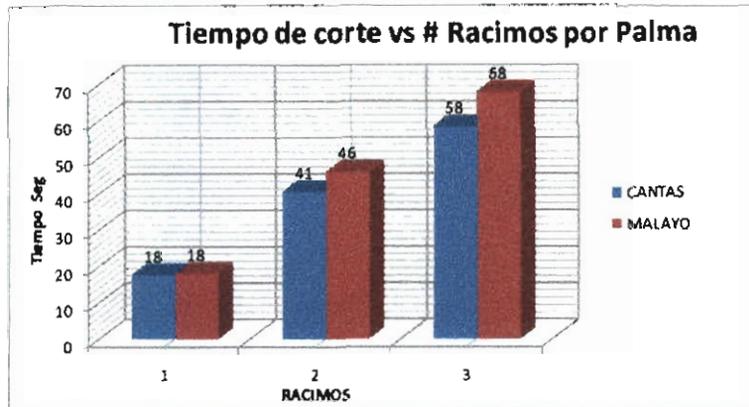


Figura 9. Tiempo de corte de hojas vs número de racimos cosechados por palma.

Esta diferencia radica en la relación que existe entre el número de hojas que se requieren cortar para cosechar un racimo maduro, siendo esta relación de forma general de 2:1, ósea que para cosechar un racimo es necesario cortar dos hojas, para cosechar dos racimos es necesario cortar tres hojas y para cortar tres racimos es necesario cortar 5 hojas.

Considerando lo anterior, la herramienta Cantas™, facilita la labor de corte de hojas pudiendo retirar de dos a tres hojas en un solo movimiento. Sin embargo, a pesar de poseer esta ventaja frente al cuchillo malayo, no permite incrementar significativamente los rendimientos en número de racimos cortados por jornada de trabajo, puesto que, la aparición de palmas con tres o más racimos por cosechar es muy poco común, aun con densidades de racimos superiores al 40%.

9.3 Estimación de costo por tonelada cosechada.

Para la evaluación económica de los dos métodos de corte de racimos, se tomó los costos fijos involucrados en la cosecha, estimados en la plantación Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A. para la herramienta Cantastm se desprecio los costos de impuestos de importación y transporte de la herramienta, calculando un valor neto sin impuestos de \$1.800.000 por unidad. En la tabla numero 9 se muestran los costos fijos estimados por método.

Costos fijos asociados a la cosecha	Metodo de Cosehca	
	CANTAS	MALAYO
Costo de herramienta	\$ 21.128	\$ 1.347
Costo de mantenimiento de la herramienta	\$ 2.000	\$ 1.100
Costo de mantenimiento de semovientes	\$ 272	\$ 272
Costo de administracion	\$ 1.522	\$ 1.522
Costo mano de obra	\$ 25.000	\$ 25.000
Costo por tonelada de RFF cosecha	\$ 49.922	\$ 29.241
Aumento en el costo pro ton de RFF cosechada	71%	

Tabla 9. Estimación de costo por tonelada según método de cosecha

Al no existir una casa comercial que comercialice y distribuya la herramienta CantasTM en el país, la empresa o persona interesada en adquirir esta herramienta tiene que incurrir en pago de impuestos de importación y envío del artefacto. Si se trasladan estos gastos al costo total de la herramienta y finalmente al costo por tonelada se genera un incremento del 176% sobre cada tunéala cosechada, con respecto al método de cosecha que utiliza la herramienta convencional o Malayo.

Si se desprecia el costo por impuestos de importación y trasladada se genera un incremento del 71% sobre cada tonelada cosechada con la herramienta Cantas™, respecto al cuchillo Malayo.

Por otra parte, al no ser significativa la diferencia entre los dos métodos de corte en cuanto a tiempos estándar y que el método con cuchillo Malayo sea un 12% más eficiente en los rendimientos de toneladas hombre jornal que el método Cantas hacen concluir que el incremento en el costo por tonelada no justifique una inversión de esta magnitud.

Además, la falta de una casa comercial que represente y preste un servicio de soporte técnico y refacciones de la herramienta, hacen muy costosas las labores de mantenimiento y reparación de la herramienta Cantas™.

9.4 AVERIAS HERRAMIENTA CANTAS™

En el transcurso de las evaluaciones se tomo registro de las horas diarias y acumuladas de trabajo para cada uno de los dos cuchillos malayos motorizados o Cantas™, con el fin determinar rendimientos de consumo de combustible y requerimientos de mantenimiento o reparaciones.

Teniendo en cuenta que el estudio pretendía evaluar la eficiencia de la herramienta como tal, en la labor de corte de racimos de fruta fresca, se realizaron evaluaciones hasta el punto en el cual las reparaciones necesarias no requirieran de reingeniería de la herramienta, modificando su naturaleza de fábrica. A este punto se le denomino punto de quiebre.

Los cuchillos se diferenciaron por el código de inventario interno de la empresa siendo el código 02608 el asignado a la cuadrilla número 69 y el código 02606 asignado a la cuadrilla número 150. En total se realizaron 13 estudios con la herramienta 02608 y 7 estudios con la herramienta 02606, antes de que estas presentaran punto de quiebre.

A continuación se describirá cada una de las averías en orden secuencial antes de que se presentara punto de quiebre.

9.4.1 Ruptura soldaduras



Figura 10. Abrazadera superior con soldaduras rotas.

A las 12,5 horas acumuladas de trabajo hubo ruptura de los puntos de soldadura del soporte superior del telescopico. Esta falla hace que las abrazaderas del telescopico móvil no ajuste correctamente, permitiendo movimiento libre de la antena impidiendo establecer una longitud fija de trabajo. La reparación se lleva a cabo de forma fácil corrigiendo los puntos con una soldadura de mejor calidad.

9.4.2 Daño soporte balinera superior del telescópico.

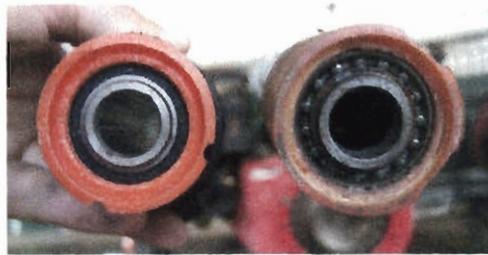


Figura 11. Soporte balinera de telescopio: Izquierda soporte nuevo, Derecha soporte dañado.

Dentro del telescopio se encuentran dos tipos de soportes de balinera, unos móviles, de los cuales se encuentran dos, ellos se deslizan por dentro del telescopio y su posición es determinada según la longitud a la que se gradué el telescopio o antena. Los soportes fijos se encuentran en los extremos inferior y superior del telescopio aferrados a una estructura de aluminio.

A las 37.5 horas acumuladas de trabajo se presentó daño en el soporte superior del telescopio. Como se observa en la foto 2, en el soporte dañado hace falta el empaque de caucho que evita que la balinera se salga de su sitio y deje de girar, esto hace que el eje estriado que va por el centro del telescopio no engrane en la camisa superior y por tanto no se transmita potencia al cuchillo vibratorio. El daño se produjo por derretimiento del empaque de caucho debido al calor generado por el propio funcionamiento de la herramienta.

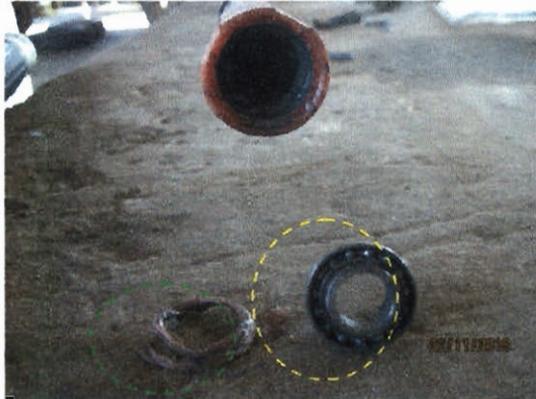


Figura 12. Soporte balinera superior de telescopio: Circulo verde; empaque soporte balinera derretido: Circulo amarillo; balinera metálica sin empaques de soporte.

Para la reparación fue necesario retirar la parte dañada y reemplazarla por una unidad nueva.

9.4.3 Daño soporte inferior del telescopio.

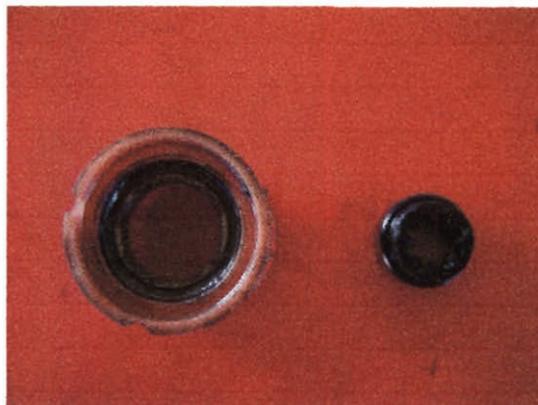


Figura 13. Soporte inferior: Izquierda; armazón soporte sin balinera. Derecha; balinera de plástico averiada.

A las 41 horas de trabajo se presentan fallas en el soporte inferior, la balinera de plástico se desencaja del soporte móvil y se tuerce, impidiendo que el eje estriado engrane y funcione correctamente pudiendo torcer incluso el eje estriado. Para su reparación definitiva fue necesario remplazar la parte por una unidad nueva, puesto que se intento corregir la falla sobre la misma parte y esta fallo repetidamente después de reparaciones parciales.

9.4.4 Desajustes en guías de armazón de aluminio del telescopio.

A las 44 horas acumuladas de trabajo, de forma general se observaron deformaciones en las estructuras de aluminio que soportan las distintas partes de la máquina, impidiendo que las turecas y tornillos de ajuste funcionaran correctamente, afectando de forma general el correcto funcionamiento de la máquina.



Figura 14. Unión inferior telescopio-motor: Círculo Amarillo; engrane telescopio motor: Círculo Rojo; soporte balinera inferior y unión con armazón del telescopio.

La unión inferior es una estructura que une el motor a gasolina Stell con el telescopio, en uno de sus extremos posa el soporte de la balinera inferior y el otro extremo encaja con el engrane del motor Stell. Sobre esta unión se dispone el mando de aceleración y encendido de la máquina. Como se observa en la foto 6, el tornillo que asegura la unión

con el motor Steel, deforma la guía. Esto hace que no se ajuste adecuadamente la unión, al trabajar la herramienta, el peso del motor hace que este se deslice hacia atrás tensionando los cables del mando y finalmente desengranando el eje estriado del engrane del motor.

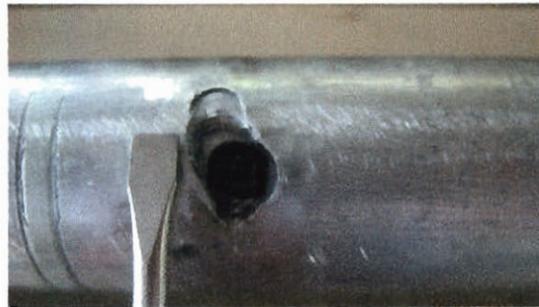


Figura 15. Deformación guía parte inferior de la unión del telescopio con el motor.

9.4.5 Avería eje estriado.



Figura 16. Izquierda: eje estriado central; Derecha: Camisa superior

El eje estriado es una la parte que transmite la fuerza del motor Stell al cuchillo malayo, se encuentra ubicado en la parte central del telescopio, centrado por los soportes de balineras móviles y fijos. Dentro del armazón del telescopio se disponen dos camisas, ubicadas en la parte inferior y superior, que permiten que el eje estriado se engrane con los toma fuerza del motor y del cuchillo. Estas camisas además dan una libertad de movimiento en forma vertical, permitiendo graduar la altura e corte.



Figura 17. Eje estriado con deformaciones sobre ranuras.

A las 48 horas acumuladas de trabajo, las deformaciones en las ranuras del eje estriado hacen que este no se mueva libremente dentro de las camisas inferior y superior, de tal forma que al intentar modificar la altura e corte e la herramienta, la camisa superior arrastre totalmente el eje y este se a su vez desengrana la camisa inferior el toma fuerza y se desengrana del propio eje, impidiendo el funcionamiento de la máquina.

A las 51 horas acumuladas de trabajo la suma de las averías, como son los problemas de desajuste por daño en las guías del armazón de aluminio en el telescopio, el mal funcionamiento del eje estriado por la deformación de las estrías y la falta de repuestos nuevos de soportes de balineras, hacen que la herramienta encuentre un su punto de quiebre, puesto que no permite trabajar de forma continua en la labor de corte de racimos.

Por otra parte, la falta de una casa comercial que represente la marca y suministre de repuestos, hace difícil y costosa la adquisición de dichas partes. Además los materiales en los que se encuentran hechas muchas de las partes de aluminio no permiten soldaduras puesto que presentan calibres muy delgados dificultando aún más la reparación.

10. CONCLUSIONES

La cosecha bajo el método tradicional con cuchillo malayo, es un 14% más efectiva en el corte de racimos en una jornada de trabajo, determinando un rendimiento diario de 306 racimos y 2.5 Ton/hombre/jornal. Con respecto al método Cantas™, bajo el cual se establece un rendimiento diario de 248 racimos y 2.2 Ton/hombre/jornal, siempre y cuando la herramienta perdure en el tiempo. De esta forma se Refuta la hipótesis planteada en el presente trabajo, según la cual la herramienta Cantas™ mejoraba en no menos de un 25% los rendimientos en la labor de RFF.

El tiempo estándar de la labor de corte para los dos métodos evaluados, muestra una diferencia del 6% a favor del método tradicional con cuchillo Malayo, en la actividad de corte de hojas y racimos, lo que se traduce en una diferencia del 18.9% en rendimientos con relación a número de racimos y 18.5% en rendimiento respecto a número de hectáreas recorridas, esto en comparación al método con cuchillo motorizado Cantas™.

Por otra parte, los tiempos estándar de la labor de corte y desplazamiento para un ciclo de trabajo no presentan diferencias significativas, entre los dos métodos. Siendo apenas cuatro centésimas de segundo (1,5%) más rápido con el método malayo que con el método Cantas™. Lo que implica que la herramienta Cantas™ no se convierte en un factor determinante dentro de los rendimientos de la labor de corte de racimos.

En este sentido, se debe considerar para futuros estudios sobre eficiencias de cosecha, no solo el tipo de herramientas utilizada sino también el tipo de conformación de cuadrillas de cosecha y la distribución de las labores dentro de los individuos que conformen las cuadrillas.

La herramienta CantasTM muestra ser más efectiva en el corte de hojas, permitiendo cortar hasta dos a tres hojas en un solo movimiento, por ello se observa que, a medida que aumenta el número de racimos y hojas cortadas por palma la eficiencia en la labor de corte es mayor para la herramienta CantasTM, en un 10.8% en el caso de dos racimos y 4 hojas., 14.7% en el caso de tres racimos y cinco hojas, con respecto al tiempo empleado con el cuchillo Malayo tradicional. Pero, al no ser frecuente la aparición de palmas con más de tres racimos listos para cosecha en los lotes, hace que esta ventaja en cuanto a corte de hojas no represente un aumento en la eficiencia de corte de RFF a lo largo de la jornada de trabajo.

Ya que la herramienta CantasTM muestra una mayor eficiencia en el corte de hojas respecto a el cuchillo Malayo, se puede considerar que para futuros estudios, que la actividad de poda puede convertirse en la más apropiada para el proceso de normalización de los sujetos instruidos en el uso de la herramienta CantasTM.

El método de corte CantasTM incrementa el costo de la tonelada de RFF cosechada, con respecto al método de corte con cuchillo Malayo en un 71%. Incremento debido fundamentalmente al costo neto de la herramienta. Teniendo en cuenta que los rendimientos de toneladas hombre jornal no son mayores con la herramienta CantasTM y que los tiempos estándar para la labor de corte no muestran diferencia significativa con respecto al cuchillo Malayo, una inversión de esta magnitud resulta ser inviable económicamente.

11. ANEXOS

Anexo A. Formato de toma de datos para el estudio de tiempos de la labor de corte de racimos de fruta fresca (RFF) de palma de aceite.

Formato de registro de tiempos para el cortador							
Estudio Num. _____		Fecha: _____		LOTE: _____			
Cortador: _____							
CICLO	ELEMENTO	(Diag)	Valoración	TO	(#hojas)	(#racimos)	TMP/NORM
1	1						
	2						
2	1						
	2						
3	1						
	2						
4	1						
	2						
5	1						
	2						
6	1						
	2						
7	1						
	2						
8	1						
	2						
9	1						
	2						
10	1						
	2						
11	1						
	2						
12	1						
	2						
13	1						
	2						
14	1						
	2						
15	1						
	2						
16	1						
	2						
17	1						
	2						
18	1						
	2						
19	1						
	2						
ELEMENTOS NO REPETITIVOS					DATOS ADICIONALES		
					kg cuadrilla/día		
					Palmas evaluadas		
					Palmas cosechadas		
					Peso promedio racimo		
					VERIFICACION TIEMPOS		
					T.inicio		
					T.terminacion		

12. BIBLIOGRAFÍA

- ABDUL, R. J. (2008). A tool for the efficient harvesting of oil palma fresh fruit bunches. *Journal oil Palm Research*, Vol 20, 548-558.
- ALFONSO, O. B. (2009). Diagnóstico de la mecanización del cultivo de la palma de aceite. *Palmas*, 9-19.
- ALFONSO, O. B. (2009). La mecanización de la palma de aceite. *Palmas*, Vol30, 21-29.
- BERNAL, H. (1993). Sistemas y eficiencia de cosecha en Colombia. *Palmas*, Vol 13, 7-13.
- CENIPALMA. (2008). *El cultivo de palma de aceite y sus beneficios: guía para el nuevo palmicultor*. Bogotá: Fedepalma.
- CORLEY, R. T. (2009). *La palma de aceite*. Londres: Blackwell Publishing Ltda.
- MESA, J. (2007). Nuevas oportunidades para un posicionamiento estratégico del aceite de palma en el mercado mundial. *Palmas.*, Vol28, Tomo 1.
- DUARTE Y GUTERMAN (2009). *Actualización de costos de producción de aceite de palma : informe final*. Bogota: Consultor DG-Fedepalma.
- FEDEPALMA. (2010). Boletín económico. *Boletín* , 1-7.
- GUEVARA & MANJARES. (2005). Benchmarking: una oportunidad para promover la competitividad de la Agroindustria de Palma Aceitera en Colombia. *Palmas*, Vol 25, 35-44.

- MOSQUERA & FONTANILLA (2008). Comparación entre cosecha individual y en grupo en una plantación de palma de aceite. *Palmas*, Vol29, 11-16.
- MOSQUERA. (2006). Referenciación competitiva al proceso de cosecha en zona oriental. *Palmas*, Vol 27, 2-35.
- MOSQUERA & FONTANILLA. (2008). Especialización de la mano de obra en la cosecha de palma de aceite. *Palmas*, Vol 28, 11-20.
- MOSQUERA & FONTANILLA. (2008). *Identificación de palmas con racimos maduros antes de la cosecha en el caso de palma adulta*. Bogotá: Cenipalma-Colciencias.
- MOSQUERA & GARCIA. (2005). Estudio de tiempo y movimientos para la agroindustria colombiana de la palma de aceite. *Ceniavances No.119*, 12-19.
- MOSQUERA & GARCIA. (2005). Referenciación competitiva para la agroindustria colombiana de la palma de aceite. *Boletín técnico No.17*, 19-21.
- MOSQUERA & FONTANILLA. (2008). Estudio de referenciación competitiva al proceso de corte de fruto en la zona oriental. *Estudios de cosecha de palma de aceite*, 34-36.
- MOSQUERA & FONTANILLA. (2008). *Estudio de referenciación competitiva al proceso de corte de fruto en la zona oriental*. En: *Estudios de cosecha de palma de aceite*. Bogotá: Cenipalma-Colciencias.
- NIEBEL & FREIVALDS. (2004). *Métodos , estándares y diseño de trabajo*. Bogotá: Alfaomega Colombiana S A.
- ORTIZ. (1999). *Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa*. Bucaramanga: U.I.S Universidad Industrial de Santander.

SANZ. (2009). Avances y logros tecnológicos de Cenipalma en el 2008. *Congreso Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (XXXVII)* (págs. 141-152). Santa Marta-Colombia: Fedepalma.

FEDEPALMA. (2011). Anuario estadístico 2011: Federación nacional de cultivadores de palma de aceite Fedepalma.