

Estimación del rendimiento de la mano de obra en labores de cultivo de palma de aceite: caso polinización asistida*

Estimation of Labor Productivity in Oil Palm: The Case of Assisted Pollination

CITACIÓN: Fontanilla, C., Rincón, V., Mesa, E., Mariño, D., Barrera, E., & Mosquera, M. (2016). Estimación del rendimiento de la mano de obra en labores de cultivo de palma de aceite: caso polinización asistida. *Palmas*, 37(2), 21- 35.

PALABRAS CLAVE: estudio de tiempos y movimientos, eficiencia, GPS.

KEYWORDS: Time and motion study, efficiency, GPS.

RECIBIDO: enero de 2016.

APROBADO: marzo de 2016.

* Artículo de investigación e innovación científica y tecnológica.

CARLOS FONTANILLA DÍAZ
Investigador Asociado. Área de Economía Agrícola y Biometría, Cenipalma
cfontanilla@cenipalma.org

VÍCTOR O. RINCÓN ROMERO
Investigador Asociado. Área de Geomática, Cenipalma
vrincon@cenipalma.org

ELOINA MESA FUQUEN
Responsable de la Sección de Biometría. Área de Economía Agrícola y Biometría, Cenipalma

DANIELA A. MARIÑO
Ingeniera Agroindustrial

EDGAR BARRERA GONZÁLEZ
Superintendente Campos Experimentales, Cenipalma

MAURICIO MOSQUERA MONTOYA
Líder del Área de Economía Agrícola y Biometría, Cenipalma
mmosquera@cenipalma.org

Resumen

El cultivo de palma de aceite es una actividad económica intensiva en el uso de mano de obra. En Colombia, los gastos de mano de obra participan con el 39 % del costo total de la producción de aceite de palma, de ahí la importancia de emprender cualquier acción posible que se oriente hacia una mayor eficiencia del trabajo. Este artículo presenta un enfoque novedoso para estimar los rendimientos de los trabajadores que realizan labores de campo, específicamente la polinización asistida.

El enfoque presentado aquí consiste en recopilar datos en tiempo y lugar de manera continua mediante el uso de dispositivos móviles. El proceso de recolección de datos ocurrió a lo largo de los días de trabajo regulares en una estación de investigación de Cenipalma (Campo Experimental Palmar de La Vizcaína). Adicionalmente, el estudio consideró condiciones ambientales como la temperatura y la humedad relativa mediante el uso del índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo (TGBH). Los resultados indican que un trabajador que realiza polinización asistida debe ser capaz de cubrir entre 7,8 y 11,4 hectáreas en un día de trabajo. El rendimiento del trabajador sería cercano al máximo cuando la temperatura es más fresca y hay menos humedad. En conclusión, la temperatura y humedad tienen una influencia directa sobre el cansancio experimentado por un trabajador. Estos resultados son muy importantes porque introducen las condiciones ambientales en el proceso de estimar un pago justo a los trabajadores del cultivo de palma de aceite. Además, el método de recolección permite recoger más datos e información más precisa, en comparación con los métodos tradicionales basados en cronómetros.

Abstract

Oil palm cropping is an intensive economic activity in the use of labor force. In the Colombian oil palm agroindustry, labor-related expenses participate with 39 % of the total cost of production of palm oil. The latter indicates the importance of undertaking any possible action oriented toward increasing labor force efficiency. This paper presents a novel approach to estimating the yields of workers that carry out field work, specifically for assisted pollination.

The approach presented consists of gathering data on time and location in a continuous manner, by means of mobile devices. The data collection process occurred along regular working days at a Cenipalma Research Station (*Campo Experimental Palmar de La Vizcaína*). Additionally, the study considered environmental conditions such as temperature and humidity employing the Wet Bulbe Globe Temperature Index (WBGTI). Once the data were available, it was possible to estimate the standard time for assisted pollination by using techniques from time and motion studies. Results indicate that a worker should be able of covering between 7.8 and 11.4 hectares on a working day when doing assisted pollination. The yield of a worker would be close to the maximum when temperatures are cooler and there is less humidity. In conclusion, both temperature and humidity have a direct influence on the fatigue experienced by a worker. These results are quite important, because they introduce environmental conditions in the process of estimating a fair payment to oil palm workers. Besides, the method for collecting data allows gathering more data and more accurate information when compared to traditional methods based on chronometers.

□

Introducción

El cultivo de la palma de aceite es altamente dependiente de mano de obra cuando se le compara con otros cultivos de oleaginosas. En el caso más drástico, con la misma cantidad de empleados en la agroindustria de la colza en el Reino Unido se produce 19 veces más aceite que en la de la palma de aceite en otras latitudes (Fry, 2007).

Estudios de la competitividad de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia revelan que la mano de obra representa cerca del 39 % del costo total de la producción de una tonelada de aceite de palma (Guterman, 2014). Dicha proporción refleja tanto la dependencia de la mano de obra del sector palmicultor como el bienestar que esta agroindustria ofrece a sus trabajadores. De acuerdo con un estudio adelantado por Fedesarrollo (2011), los trabajadores vinculados al cultivo de la palma de aceite gozan de mejores garantías con respecto a otras agroindustrias: los niveles de formalidad son superiores al 60 %, el ingreso por trabajador es superior en 20 %, tienen mejores condiciones de calidad de vida y la probabilidad de contar con prestaciones sociales es superior en 60,8 puntos porcentuales.

Con base en lo anterior, la única alternativa para disminuir el costo de la mano de obra, sin reducir los logros alcanzados en el campo social, es implementar estrategias que conduzcan a hacer más eficiente la inversión en mano de obra. Actualmente existen técnicas empleadas en el campo de acción del estudio del trabajo o la ingeniería de métodos, que permiten optimizar los procesos que involucran el recurso humano; con estas se estudia al trabajador, ya que es quien ejecuta un procedimiento repetitivo y se analizan variables de interés que afectan su rendimiento (Manzano & García, 2009).

Una de las principales técnicas es el estudio de tiempos y movimientos, que ha sido empleada en múltiples ámbitos productivos y con ella es posible determinar el tiempo estándar, que se refiere al tiempo requerido para que un operario entrenado trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo su labor, a fin de establecer rendimientos según las condiciones propias del lugar (Niebel & Freivalds, 2004).

En la agroindustria de la palma de aceite existen diversas experiencias que basadas en esta técnica han conseguido incrementos en la eficiencia de la mano de obra en labores como fertilización, cosecha y transporte de fruto (Arias, 2009; Castiblanco *et al.*, 2010; Fontanilla *et al.*, 2010; Meré, Vega & Marco, 2010; Mosquera & Fontanilla, 2006; Mosquera & Valenzuela, 2006; Mosquera, Alarcón & Fontanilla 2008; Sánchez *et al.*, 2009, entre otros).

Usualmente, los estudios de tiempos y movimientos en la agroindustria de la palma en Colombia han empleado el cronómetro como instrumento de registro de tiempo. Sin embargo, dada la necesidad de recopilar información de campo, algunas actividades de cultivo como el control sanitario han venido incorporando el uso de dispositivos móviles para el registro de información. En el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, desde el año 2009, comenzaron a implementarse dispositivos móviles con GPS en algunas actividades de cultivo (Araque & Foreiro, 2009). Esta condición de recolección de datos *in situ* no solo favorece la toma de la información de la actividad que se esté realizando sino que permite obtener datos del recorrido (latitud y longitud) y el tiempo (fecha y hora), que son parte del insumo para calcular el rendimiento de los trabajadores en campo.

Durante 2014 y 2015, en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína se implementaron dispositivos móviles con GPS en diversas labores de cultivo y se estableció una metodología para la estimación del rendimiento de la mano de obra a partir de dichos implementos. Este artículo pretende dar a conocer los avances sobre esta metodología y su aplicación en la obtención de rendimientos de la mano de obra en una labor de cultivo: polinización asistida.

Metodología

A partir de la recolección en campo de datos de distancia y tiempo de recorrido, se ha planteado una metodología para la estimación de rendimientos de mano de obra en la ejecución de labores del cultivo de la palma de aceite (Figura 1).

Este trabajo ha sido realizado en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, ubicado en la zona rural del municipio de Barrancabermeja, Santander,

Figura 1. Metodología para la estimación de rendimientos.

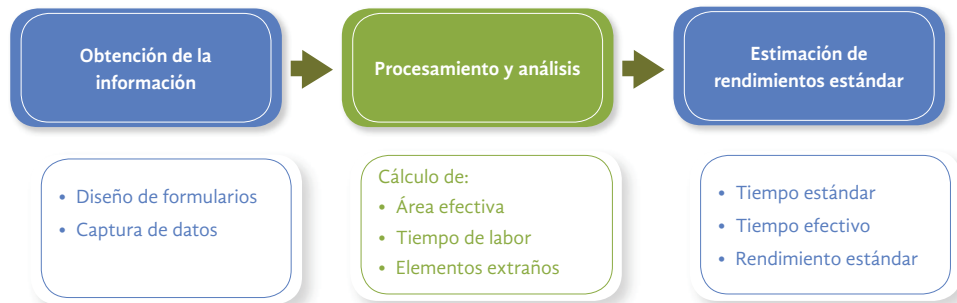


Figura 2. Palmas *E. Oleifera* de 13 años de edad e inflorescencia.



que registra una temperatura media de 29,3 °C, precipitación media anual de 2.693 mm y una humedad relativa de 72 – 77 %. Con ella se estimó el rendimiento de la mano de obra de la labor de polinización asistida en un lote sembrado en 2004 con materiales de origen *Elaeis Oleifera*. Algunas características de dicho lote incluyen una densidad de siembra de 143 palmas por hectárea y palmas con tamaños (desde el suelo a la corona) que van desde 1,5 hasta 1,8 m de altura (Figura 2).

Obtención de datos

Para la obtención de los registros de tiempo y recorrido se requirió que los operarios del cultivo portaran dispositivos móviles con GPS en su recorrido de campo y que dichos dispositivos tuvieran instalado un *software* para la toma de información *in situ*. Se utilizaron dispositivos *smartphone* de sistema ope-

rativo *Android*¹ y el *software CyberTracker*, el cual está siendo utilizado en el cultivo de palma de aceite desde hace más de seis años (Araque & Forero, 2009), considerando la facilidad del registro de la información en campo (Rincón, Molina & Torres, 2015), que permite la georreferenciación de los datos recogidos y la posibilidad de ser implementado en dispositivos de bajo costo como un *smartphone* de gama baja (Figura 3).

Por medio de *CyberTracker* se parametrizaron los *smartphones* para que cada tres segundos registraran la ubicación del dispositivo; es decir, las variables latitud, longitud, elevación, fecha y hora. En este sentido fue posible obtener el recorrido acotado en tiempo y espacio del operario portador del equipo, como se muestra en el siguiente diagrama en donde cada punto corresponde al almacenamiento de las variables mencionadas cada tres segundos (Figura 4).

¹ Se utilizan dispositivos con estas especificaciones debido a que son de bajo costo y cuentan con tecnología GPS que permite georreferenciar el recorrido del operario.



Figura 3. Registro manual en CyberTracker.

El aplicativo *CyberTracker* instalado en cada *smartphone* fue alimentado con formularios digitales para captura de datos (Figura 5). Dichos formularios fueron diseñados según el procedimiento descrito por Rincón *et al.* (2015), e incluyeron variables de interés como: ID palma (línea, palma), cantidad de inflorescencias polinizadas.

Ahora bien, para la obtención de los registros de las variables de interés, los operarios de la labor en estudio debían seguir las instrucciones que se señalan en la Figura 5.

- En campo, indicar el inicio de la jornada en el aplicativo de *CyberTracker* instalado en el *smartphone*.
- Portar durante la jornada de trabajo el dispositivo móvil y ejecutar sus actividades de manera habitual.
- Si la labor exige un reporte detallado a nivel de palma, registrar la información de interés en el formulario diseñado en *CyberTracker*.
- Una vez concluida la jornada, indicarla en el aplicativo de *CyberTracker*.

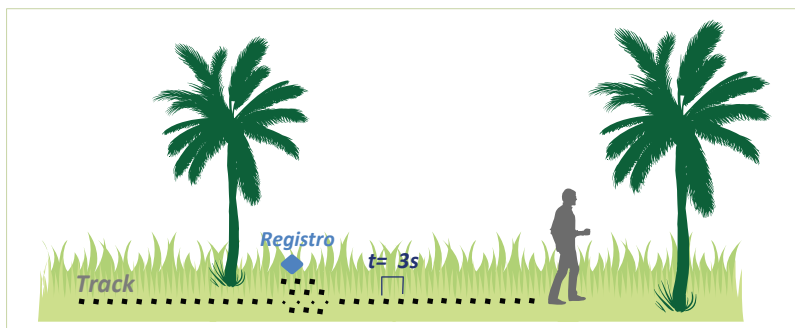


Figura 4. Registro de la información con GPS por *CyberTracker*.

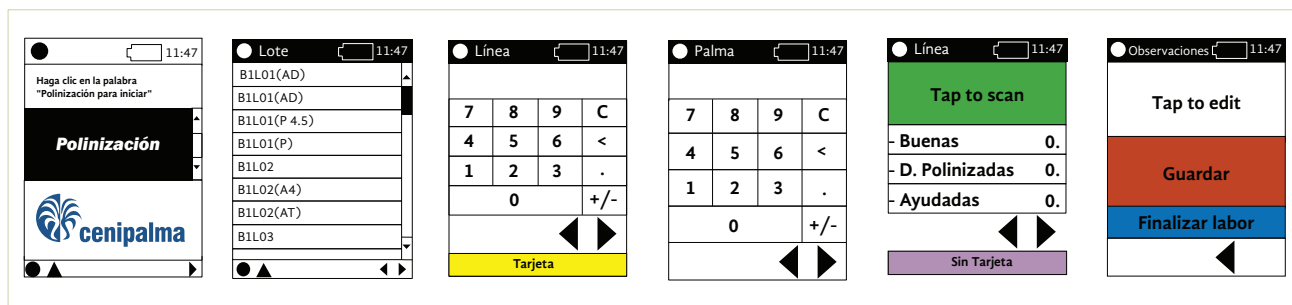


Figura 5. Formulario digital para el registro de inflorescencias polinizadas.

Procesamiento y análisis de los datos

Los datos recogidos con los dispositivos móviles en campo fueron descargados a diario y se almacenaron en una base de datos en forma de tablas relacionando información de tiempo y espacio. Desde la plataforma del *software CyberTracker* los datos fueron exportados al sistema de información geográfica QGIS, siguiendo el procedimiento utilizado por Rincón *et al.* (2015), donde se analiza la información conseguida y se generan gráficos del recorrido de la jornada (Figura 6).

Cálculo de área efectiva de la labor (A_E)

El área recorrida de cada jornada se calculó a partir de la huella de recorrido que deja el operario durante la jornada. Sobre esta huella se estableció un radio de 10 metros, lo que permite agrupar las palmas laterales del sendero o calle de cosecha por donde transita el operario. Mediante una herramienta de geometría en QGIS se dibujó el área cubierta por la huella del trabajador a lo que se denominó polígono.

A partir de este polígono se determinó el área geométrica teniendo por tanto un estimado del área efectiva de trabajo cubierta por el operario (Figura 7).

Se debe tener en cuenta que es necesaria una transformación en el sistema de coordenadas para realizar los análisis, pues los datos originales se encuentran

en coordenadas geográficas y para analizarlos se debe modificar el sistema de coordenadas planas.

Cálculo del tiempo de labor (T_T)

El tiempo total de labor T_T se obtuvo restando el tiempo de finalización de la jornada (hora del último punto del recorrido) del tiempo de inicio de la jornada (hora del primer punto del recorrido).

$$T_T = t_f - t_i$$

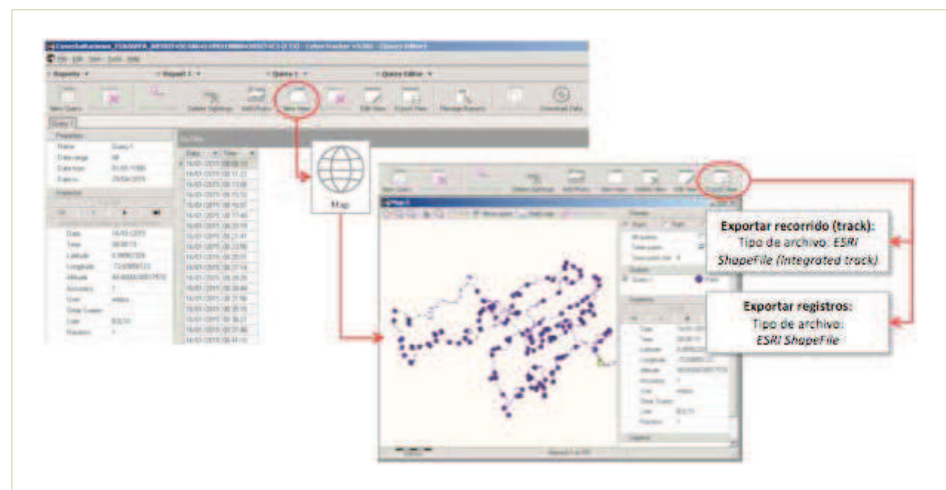
Donde,

t_f , corresponde a la hora en que finaliza la labor que se obtiene del último punto del recorrido.

t_i , corresponde a la hora en que inicia la labor que se obtiene del primer punto del recorrido.

Debido a que en la fase de recolección de información no existe un observador externo que pueda identificar las distracciones o elementos extraños que se presentan durante la jornada de trabajo, uno

Figura 6. Procedimiento para el cálculo de área efectiva



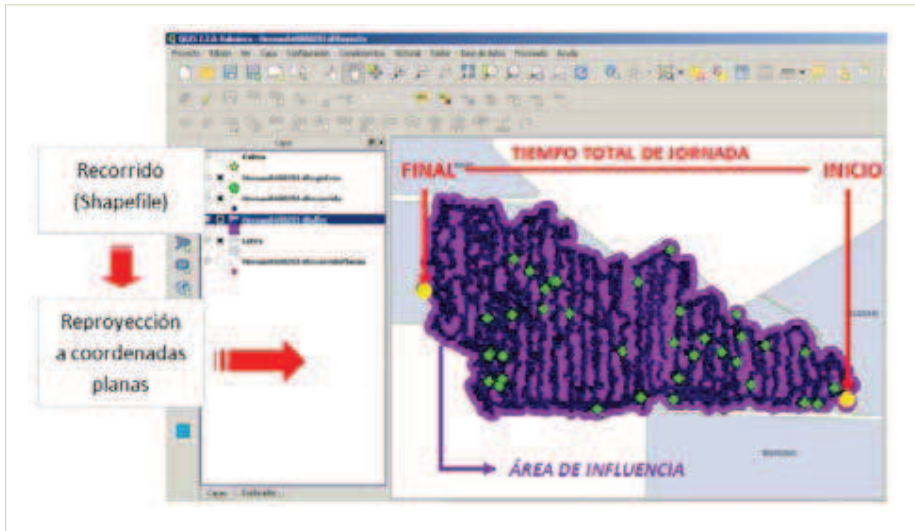


Figura 7. Procedimiento para el cálculo de datos globales.

de los desafíos de esta metodología es definir algunos criterios que faciliten la depuración de eventos asociados a dichas distracciones. Por lo anterior, a continuación se definen las variables de detenciones efectivas, no efectivas y de estas se desglosa el concepto de elementos extraños.

Identificación y clasificación de detenciones de la jornada

El dispositivo móvil fue configurado para que registrara latitud, longitud y elevación cada tres segundos. A partir de esta información fue posible calcular la distancia recorrida por el operario en cada lapso. Se asignó el atributo de “detención” o “tránsito”, dependiendo de si el operario estuvo detenido o en movi-

miento, respectivamente. Se determinó que un operario está en movimiento siempre que no permanece por más de tres segundos en un mismo lugar; es decir, que la distancia entre un punto y el siguiente de su huella de recorrido sea superior a 70 centímetros (lo que equivale a un paso del operario); así mismo, cuando el operario no estuvo en movimiento, se consideró una detención.

Seguido a esto, según la naturaleza de la “detención”, esta se clasificó en dos categorías: detención efectiva (*DE*) y detención no efectiva (*DNE*). En la Figura 8 se presenta el registro del recorrido obtenido durante una jornada de trabajo; las detenciones identificadas se marcan en color, los desplazamientos con verde y con azul, los momentos en los que el operario realizó algún registro en el dispositivo móvil.

Figura 8. Ejemplo de tabla de datos del recorrido.

En la categoría *DE* se acogieron todas las detenciones que ocurrieron como consecuencia de la ejecución del ciclo básico de la labor, excluyendo el recorrido de desplazamiento entre la palma anterior y la actual. El ciclo básico puede definirse como el conjunto de movimientos y acciones que conforman una secuencia repetitiva y cuyo objetivo es ejecutar la tarea principal de la labor en estudio. Para el caso de polinización asistida, el ciclo básico se compone de cuatro acciones: desplazamiento entre una palma y la siguiente, identificación en la palma de la inflorescencia en antesis, polinización de la inflorescencia y registro de polinización en un dispositivo móvil.

Por su parte, en la categoría *DNE* se acogieron todas las detenciones de las que no existe evidencia de que se haya completado el ciclo básico de la labor, es decir que durante esa detención no se polinizó alguna inflorescencia.

Identificación de elementos extraños (*EE*)

Los elementos extraños (*EE*) se refieren a aquellas interrupciones generadas por retrasos inevitables como la interrupción de otro operario o descompostura de la herramienta, así como los retrasos que se generan intencionalmente como ir a beber agua o detenerse a descansar (Niebel & Freivalds, 2004). La identificación de los *EE* cobra importancia en los estudios de tiempos y movimientos porque calcular los tiempos estándar, a partir de registros que hayan sido influenciados por los *EE*, puede conducir a una mala estimación.

Debido a que con esta metodología no se hace observación directa de los operarios en campo y se evita al máximo interferir con el proceso habitual del operario en campo, no se generan reportes de cuándo sucede un *EE*. Por ello, fue necesario definir criterios para determinar cuándo una detención puede considerarse como un *EE*.

Identificación de elementos extraños en las detenciones efectivas:

El criterio empleado para definir la presencia de un *EE* en una *DE* fue la opinión de expertos sobre

la premisa de cuánto es el tiempo máximo que puede tardar un operario polinizando una palma. De acuerdo con los supervisores de la labor (quienes recurrentemente evalúan el desempeño de los operarios), el tiempo de polinización de una inflorescencia en la palma no debe tardar más de tres minutos y si la palma tiene más de una inflorescencia en antesis, su polinización no debe superar los cuatro minutos. Con base en este criterio, aquellos reportes superiores a este valor fueron descartados de los registros de tiempo y catalogados como *EE*.

Identificación de elementos extraños en las detenciones no efectivas:

Las *DNE* pudieron ocurrir porque el operario durante su búsqueda en la palma no encontró alguna con inflorescencias en antesis, lo que en teoría no debe representar un *EE*, o porque se le presentaron distracciones ajenas a la labor. En cualquier caso, el tiempo de permanencia de un operario en la palma para la búsqueda no exitosa de inflorescencias en antesis, no puede ser superior al tiempo que requiere para polinizarla.

Con el propósito de identificar *EE*, los tiempos de las detenciones fueron analizados empleando estadística descriptiva; se observó el patrón de comportamiento de los datos en términos de su simetría respecto a una medida de tendencia central con el propósito de identificar la medida adecuada (media o mediana). En cada caso se realizó una prueba de normalidad para verificar la distribución de los datos. El valor máximo reportado en las *DE* para polinizar una inflorescencia (después de descartar los *EE*), fue utilizado como criterio para definir el tiempo límite para que un operario conduzca la búsqueda no exitosa de inflorescencias en antesis en una sola palma. Por tanto, las *DNE* que superaron este parámetro fueron calificadas como elementos extraños.

Estimación del tiempo de trabajo efectivo (*TE*)

El tiempo de trabajo efectivo de la labor se refiere a la suma de los periodos de trabajo que el operario destina de forma exclusiva a la ejecución de las tareas

propias de la labor. Este tiempo se obtiene a partir de la diferencia entre el tiempo total de la jornada y el de los elementos extraños.

$$TE = T_T - EE$$

Estimación de suplementos (SS)

Los suplementos se emplean en los estudios de tiempos para compensar los retrasos, las demoras y los elementos contingentes que hacen parte de la tarea (García, 2005). La asignación de suplementos varía de acuerdo a la labor y las condiciones bajo las que se realiza y pueden determinarse como lo indica (Nie-

bel & Freivalds, 2004). Los suplementos considerados en este estudio y la forma de calcularlos se presenta en la Tabla 1.

Cabe mencionar que el suplemento de fatiga por calor se calculó a partir del índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo (TGBH), de acuerdo con las recomendaciones establecidas en la Norma ISO 7243 y la 7933 para la evaluación de ambientes térmicos, como lo reporta Parsons (2006), (Tabla 2). Dicho índice relaciona las variables de temperatura ambiente, humedad relativa y temperatura de globo².

2 Es la temperatura a la que se ve expuesto un trabajador como consecuencia de la radiación, esta relaciona la temperatura de los elementos que componen el entorno del trabajador y la superficie aparente de los mismos. Protocolo Temperatura, Laboratorio de Producción. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Ed. 2008-1

Tabla 1. Cálculo de suplementos para las labores en campo.

Fatiga por calor	Fatiga por peso	Necesidades personales	Fatiga básica	Tedio
$TGBH=(0,7 + Tbh)+(0.2 * Tg)+(0.1 * Tbs)$ TGBH: Temperatura global de bulbo húmedo Tbh: Temperatura de bulbo húmedo Tg: Temperatura global Tbs: Temperatura de bulbo seco	$D=(W - 5.33)(W - 1.33)$ D: Tiempo requerido de descanso, como porcentaje del tiempo efectivo W: Consumo promedio de energía durante el trabajo (kcal/min)	5 % del tiempo efectivo de la labor	4 % del tiempo efectivo de la labor	5 % del tiempo efectivo de la labor

Fuente: Niebel & Freivalds (2004).

Tabla 2. Valores límite de TGBH (°C) según el tipo de carga laboral.

Suplemento de descanso	Trabajo liviano	Trabajo moderado	Trabajo pesado
0 % del TE	30.0	26.7	25.0
33 % del TE	30.6	28.0	25.9
100 % del TE	31.4	29.4	27.9
300 % del TE	32.2	31.1	30.0

Fuente: tomado y adaptado de Parsons (2006).

Cálculo del tiempo estándar (TS)

El tiempo que tarda un operario calificado para realizar una tarea en condiciones normales y terminar una operación bajo el método establecido para la tarea de interés, se denomina tiempo estándar. El tiempo estándar se calculó adicionando el tiempo suplementario al tiempo efectivo (TE).

$$TS = (TE) \times (1 + SS)$$

Normalmente, al tiempo efectivo se le asigna una calificación *in situ*, con base en cómo el analista percibe el rendimiento del trabajador (Niebel & Freivalds, 2004). Dado que con esta metodología el analista no acompañó *in situ* en el registro de los tiempos de cada labor, se asumió la calificación neta, es decir del 100 %.

Estimación del rendimiento estándar (RS)

Habiendo calculado las variables de rendimiento de interés: área efectiva (A_E) y el tiempo estándar (TS), se estimó el rendimiento estándar de la labor, el cual para la polinización asistida se definió como la razón entre el área en la que se ejecutó la tarea y el tiempo que demandó el operario para polinizar dicha área (ha/h).

$$RS = \frac{A_E}{TS}$$

Resultados

Registros obtenidos e identificación de elementos extraños

Después de un mes de seguimiento a la labor de polinización asistida en lotes de *Elaeis oleifera*, se obtuvieron 1.271 registros de detenciones efectivas en las que se polinizó desde una hasta cuatro inflorescencias en antesis por palma. Las estadísticas descripti-

vas para el tiempo de polinización de una inflorescencia se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas para el tiempo de polinización de una inflorescencia (en segundos).

Media \bar{x}	51.44
Mediana	48.0
Desviación estándar (sd)	20.91
Máximo	154

Se debe recordar que para la identificación de los elementos extraños en las detenciones efectivas (aquellas donde se realizó la polinización asistida en la palma), el criterio empleado se basó en la opinión de conocedores de la labor. Ahora bien, el valor máximo del tiempo de polinización de una inflorescencia (después de ser depurado según la opinión de expertos) fue el criterio para determinar los elementos extraños de las detenciones no efectivas y eliminarlos de la jornada. De acuerdo con esto, el tiempo de permanencia de un operario en una palma que no ha de ser polinizada no debe superar los 154 segundos. Lo anterior, porque un operario no debe tardar más tiempo identificando una inflorescencia en estado de antesis, que el tiempo que pueda tardar polinizándola.

Estimación de suplementos y del rendimiento estándar

Los suplementos que fueron calculados para cada jornada de trabajo evaluada, acogen las compensaciones de tiempo por demoras atribuibles al ejercicio de la labor como consecuencia de la fatiga (básica, por calor y por peso cargado), así como de las necesidades básicas personales y del tedio. Cabe destacar que en entornos calurosos, el tiempo sugerido de descanso del trabajador puede variar dependiendo del esfuerzo que exige la labor, un mayor esfuerzo físico lo puede conducir más rápido a enfrentar fatiga por calor. Por lo anterior y considerando que los operarios de polinización recorren grandes distancias a pie durante su jornada, se consideró que la exigencia está entre liviana a moderada (cuando se le compara

con la cosecha, cuya exigencia física es alta). El resumen de los suplementos calculados y el rendimiento diario expresado en hectáreas por hora, estimados para las jornadas de polinización evaluadas se presentan en la Tabla 4.

Así mismo, en dicha tabla, se presenta el rendimiento del operario de polinización asistida, expresado en hectáreas por hora, para cada una de las jornadas a las que se hizo seguimiento. Cabe mencionar que la fatiga por calor fue el elemento que ma-

Tabla 4. Rendimiento diario del operario de polinización.

Fecha	TT* (h)	TE** (h)	Área neta (Ha)	Trabajo liviano			Trabajo moderado		
				Suplemento	TS (h)	Rendimiento (ha/h)	Suplemento	TS (h)	Rendimiento (ha/h)
15/09/14	2.7	2.6	5,13	15 %	3.04	1.7	78 %	4.71	1.1
16/09/14	5.0	4.0	4,41	15 %	4.57	2.0	157 %	10.21	0.9
17/09/14	6.5	4.4	8,24	15 %	5.00	1.9	67 %	7.29	1.3
18/09/14	4.5	4.1	7,98	15 %	4.75	1.9	39 %	5.74	1.6
19/09/14	5.6	5.0	10,80	15 %	5.79	2.1	139 %	12.05	1.0
22/09/14	5.3	4.9	10,80	15 %	5.63	2.1	47 %	7.19	1.6
23/09/14	4.4	4.1	7,98	15 %	4.68	2.0	45 %	5.89	1.6
24/09/14	5.5	5.3	10,80	15 %	6.12	2.1	69 %	9.01	1.4
25/09/14	4.1	3.8	7,98	15 %	4.43	2.1	46 %	5.62	1.6
26/09/14	3.6	3.0	6,03	15 %	3.45	2.0	52 %	4.56	1.5
29/09/14	6.1	4.5	8,17	15 %	5.15	1.8	57 %	7.01	1.3
30/09/14	4.8	4.4	7,98	15 %	5.07	1.8	126 %	9.97	0.9
1/10/14	4.6	3.5	8,85	59 %	5.56	1.5	279 %	13.28	0.6
2/10/14	2.0	1.9	1,95	15 %	2.20	1.8	101 %	3.85	1.0
3/10/14	4.9	4.8	7,98	15 %	5.52	1.6	141 %	11.56	0.8
8/10/14	4.7	4.3	7,98	15 %	4.94	1.8	15 %	4.94	1.8
9/10/14	5.7	5.4	10,80	15 %	6.18	2.0	15 %	6.18	2.0
10/10/14	3.9	3.8	7,98	15 %	4.33	2.0	21 %	4.57	1.9
14/10/14	5.2	4.6	10,80	15 %	5.29	2.3	93 %	8.87	1.4
15/10/14	4.2	3.5	7,98	78 %	6.20	1.5	321 %	14.64	0.6

* Tiempo total de la jornada

** Tiempo efectivo

yor impacto tuvo sobre los suplementos calculados. Los suplementos para la fatiga por calor se estimaron a partir del índice TGBH, calculado a partir de las temperaturas de ambiente, bulbo húmedo y radiante. Así, las jornadas con un índice TGBH superior a 29,4 °C y 31,4 °C (considerando un esfuerzo moderado y liviano) obtuvieron un suplemento de fatiga por calor superior al 100 % del tiempo efectivo. El efecto de la temperatura sobre el rendimiento del operario, considerando el esfuerzo de trabajo como liviano o moderado se presenta más adelante en la Figura 9.

Aunque el mayor efecto sobre el rendimiento lo dan las condiciones ambientales, si se considerara exclusivamente el tiempo efectivo de trabajo, sin interrupciones y sin la adición de ningún suplemento,

se puede observar una tendencia a la baja en el rendimiento de los operarios conforme aumenta la cantidad de inflorescencias por hectárea en estado de anthesis, este retraso en el avance del operario se da porque debe detenerse una mayor cantidad de veces para ejecutar la polinización asistida (Figura 10).

A partir de los rendimientos observados, se calculó el rendimiento estándar para un operario de polinización asistida sujeto a una jornada de trabajo de ocho horas. Según las condiciones actuales para el desarrollo de la labor de polinización asistida en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, en la mañana el operario debe recoger en el almacén la mezcla de polen-talco y los implementos para la aplicación, desplazarse al lote para iniciar la polini-

Figura 9. Temperatura Vs. rendimiento mano de obra

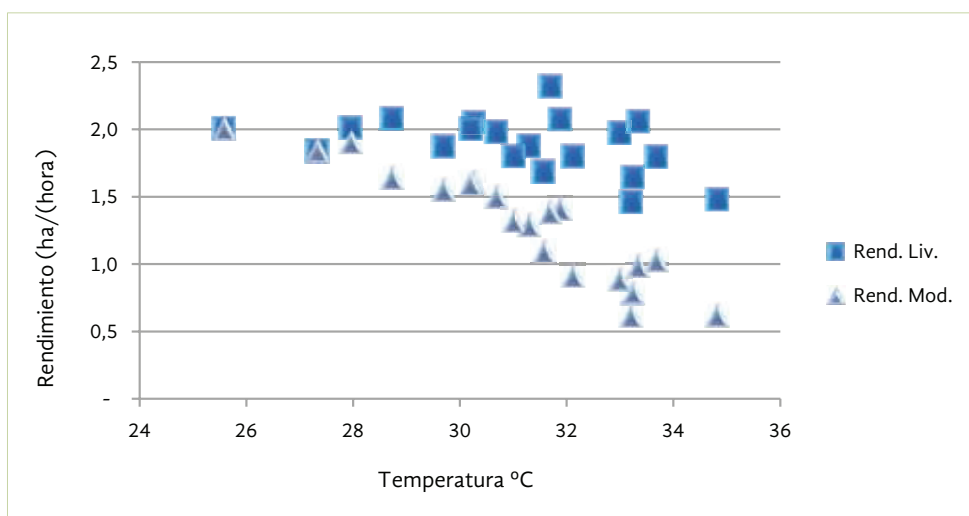
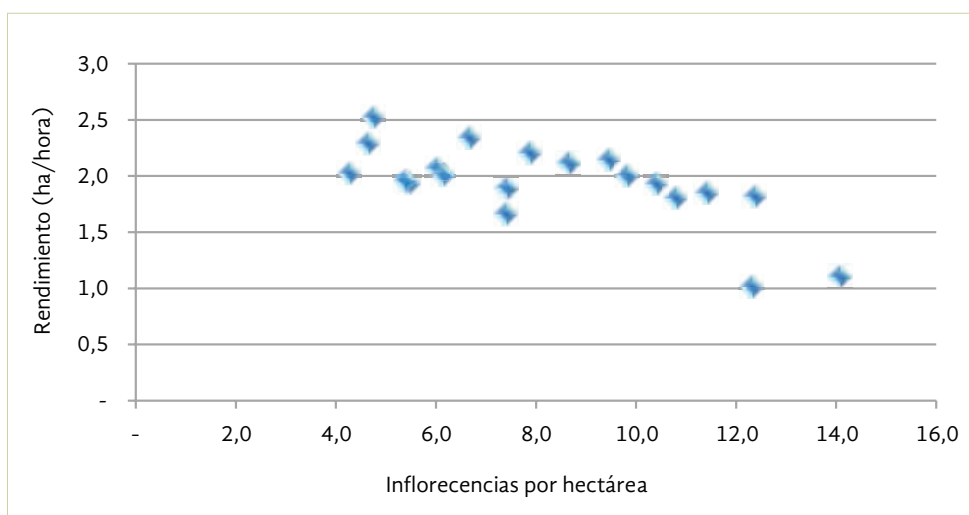


Figura 10. Rendimiento mano de obra Vs. densidad de inflorescencias



zación; y en la tarde, debe regresar nuevamente al almacén para devolver los implementos y la mezcla polen-talco sobrante. Se estima que en estos alistamientos y desplazamientos el operario gasta alrededor de dos horas de su jornada, según la distancia al lote. Al restar estos tiempos de una jornada de trabajo de ocho horas, el tiempo de trabajo disponible en el lote no supera las seis horas (Figura 11). Por lo anterior, el rendimiento estándar de la labor de polinización para el lote de *E. oleifera* fue estimado entre 7,8 y 11,4 hectáreas para una jornada de ocho horas, para un operario entrenado que desarrolle la labor en condiciones normales y siguiendo el procedimiento establecido. Cabe destacar que este intervalo responde a la dificultad que represente la ejecución de la labor para el trabajador.

Conclusiones

Este estudio permitió probar una metodología en la que fue posible determinar el rendimiento de la mano de obra en una actividad de mantenimiento del cultivo de la palma de aceite, reemplazando el uso del cronómetro y la observación directa en campo por dispositivos móviles con sistema GPS incorporado. La principal ventaja de esta metodología es que no requiere del acompañamiento de un analista para la recolección de información sobre tiempos de ejecución de las tareas, gracias a que esta información es capturada por el dispositivo móvil.

A partir de los resultados del trabajo se observó que entre los factores que afectan el rendimiento de

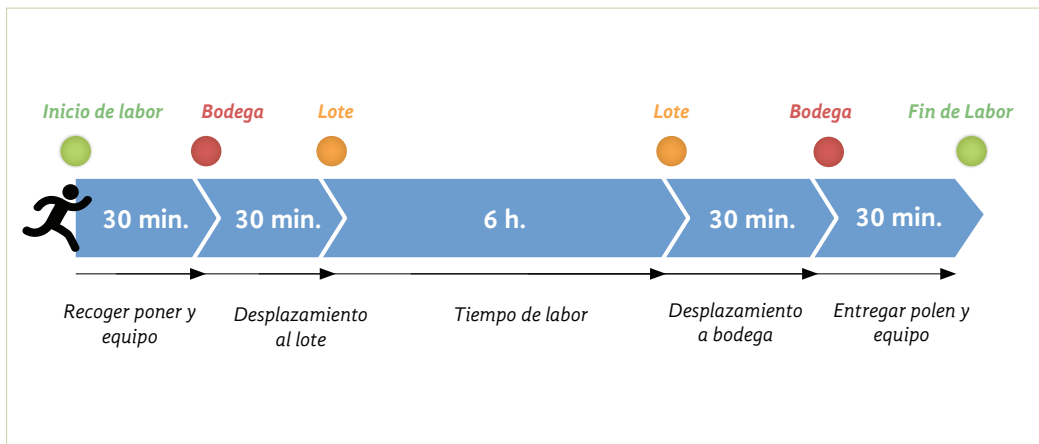


Figura 11.
Jornada laboral de ocho horas.

los operarios la temperatura y la humedad relativa juegan un papel preponderante, por lo que se deben establecer jornadas de descanso para evitar fatiga por calor.

Se debe mencionar que esta metodología estuvo acompañada de capacitación y acompañamiento constante a los operarios que manipulan los dispositivos móviles, para garantizar la toma de datos en campo de manera correcta.

Por otra parte, la principal limitante de esta metodología está relacionada con la identificación de los elementos extraños que pueden presentarse en las diversas jornadas de trabajo, lo cual demanda

un arduo trabajo por parte del analista. Estudios posteriores deberán abordar esta dificultad y proponer alternativas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los trabajadores del Campo Experimental Palmar de La Vizcaína que participaron en la ejecución de esta iniciativa. También, al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, y al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias (contrato 744-2011) por aportar los recursos para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

- Araque, L., & Forero, D. (2009). Análisis de los sistemas de captura y procesamiento de información para la toma de decisiones en el manejo de los insectos defoliadores de la palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 30(1), 53-67.
- Arias, A. (2009). *Evaluación de tres sistemas de transoírte interno de fruta en Palmas de Montecarmelo S.A.* (Trabajo final Especialización en Cultivos Perennes Industriales). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Ayón, C. (2014). *Estudio de tiempos y movimientos para la labor de corte de racimos de fruta fresca en Palma Africana en Palmares del Castillo S.A. en Río San Juan de Nicaragua.* Trabajo de Grado Ingeniería de Administración en Agronegocios. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Castiblanco, J., Fontanilla, C., Betancourt, E., & Mosquera, M. (2010). Evaluación técnica de dos sistemas de evacuación de fruto en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína. *Palmas*, 31(1), 21-31.
- Fedesarrollo. (2011). Estudio de caracterización del empleo en el sector palmero colombiano. Bogotá: Fedesarrollo.
- Fontanilla, C., Pachón, S., Castiblanco, J., Mosquera, M., & Sánchez, C. (2010). *Referenciación competitiva a los sistemas de evacuación y alce de fruto.* Boletín técnico. Bogotá: Fedepalma – Cenipalma.
- Fry, J. (2007). *The competitiveness of colombian palm oil in the context of today's vegetable oil market.* n.d.
- Guterman, L. (2014). Costos de producción e indicadores de productividad laboral en la agroindustria de la palma de aceite en Colombia 2011- 2012. *Palmas*, 35(3), 23-40.
- Manzano, F., & García, A. (2009). Técnicas de estudio de tiempos para la planificación de la mano de obra en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) de invernadero. *Agrociencia*, 43(3), 267-277.
- Meré, J., Vega, J. E., & Marco, F. (2010). *Análisis comparativo de dos sistemas de cosecha en Palma Africana en la empresa INDESA.* Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
- Mosquera, M., & Fontanilla, C. (2006). Evaluación de dos metodologías para el proceso de cosecha de palma de aceite. *Palmas*, 27(1), 4-11.
- Mosquera, M., & Valenzuela, J. (2006). Estudio de logística para el proceso de transporte de fruto de palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 27(4), 55-64.
- Mosquera, M., Fontanilla, C., & Alarcón, W. (2008). Comparación entre cosecha individual y en grupo en una plantación colombiana de palma de aceite. *Revista Palmas*, 29(2), 11-16.

- Mosquera, M., Fontanilla, C., & Martínez, R. (2008). Identificación de palmas de aceite con racimos maduros antes de la cosecha. El caso de palma en estados tempranos de desarrollo. *Palmas*, 29(1), 23-36.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2004). *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. (Undécima edición ed.). Bogotá: Prentice Hall.
- Rincón, V., Molina, A., & Torres, J. L. (2015). *Elaboración de formularios móviles digitales para el registro de datos en plantaciones de palma de aceite (Principios básicos)*. Bogotá: Cenipalma.
- Sánchez, A., Fontanilla, C., Mosquera, M., & Arango, S. (2009). Comparación de tres sistemas mecanizados de transporte interno de fruto de palma de aceite. *Palmas*, 30(4), 65-78.
- Vélez, J., Montoya, R., & Oliveros, T. (1999). Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual de café. *Boletín técnico Cenicafe*, 21, 1-19.