



ARTÍCULO ORIGINAL
ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO Y DE LA PRODUCCIÓN

Tiempos en la recolección manual tradicional de café

Times in the traditional coffee manual collection

Katherine Salazar^I, Alejandro Arroyave^I, Alex Mauricio Ovalle^I, Olga Lucía Ocampo^I, César Augusto Ramírez^{II}, Carlos Eugenio Oliveros^{II}

^IUniversidad Autónoma de Manizales. Manizales, Colombia.

Email: ksalazar@autonoma.edu.co, alejon8805@gmail.com, movalle@autonoma.edu.co, olocampo@autonoma.edu.co

^{II} Centro Nacional de Investigaciones del Café CENICAFÉ. Manizales, Colombia.

Email: CesarA.Ramirez@cafedecolombia.com, Carlos.Oliveros@cafedecolombia.com

Recibido: 28/10/2014

Aprobado: 26/06/2015

RESUMEN

Para la estandarización de los tiempos en el proceso de recolección de manual de café se aplicaron técnicas de ingeniería de métodos que permitieron identificar los elementos que conforman el proceso; valorar el ritmo; estimar los suplementos fijos y variables influyentes y definir el tiempo estándar. Este estudio consideró además un análisis de los micromovimientos o *therblighs* del proceso indispensable en la evaluación de desempeño del recolector y la definición del tiempo estándar del ciclo de recolección. La técnica videográfica fue empleada para la captura de información en campo durante la recolección de café con el sistema tradicional. Los tiempos estándar y los factores de desempeño en términos de indicadores de rendimiento y calidad brindan información para el monitoreo, control y toma de decisiones en las fincas cafeteras. Los elementos anteriores contribuyen al establecimiento de planes de entrenamiento y formación de recolectores de café.

Palabras clave: Estudio de tiempos, Ingeniería de métodos, micromovimientos, recolección de café, tiempo estándar.

ABSTRACT

Engineering techniques were applied for time standardization during the process of manual harvesting of coffee, and these allowed to identify the elements of the process; evaluate the rhythm; estimate fixed and variable influencing supplements; and define the standard time. This study also included an analysis of micromovements or therblighs of the process that are essential for the evaluation of coffee pickers's performance and definition of the standard time of a coffee picking cycle. A videographic technique was applied to record the information in situ during coffee harvesting with the use of traditional system. The standard times and performance factors in terms of efficiency and quality indicators provide information for monitoring, control and decision-making process in the coffee farms; on the other hand, it contributes to the establishment of training and study plans for coffee pickers.

Key words: Time study, Methods Engineering, micromotions, Harvesting coffee, standard time.

I. INTRODUCCIÓN

En América Latina, el sector agropecuario se ha caracterizado por sus altos niveles de desigualdad, inequidad y pobreza; es indispensable, la búsqueda de un “camino intermedio” hacia el desarrollo sostenible en aras de mejorar la calidad de vida de los pequeños productores rurales [1]. La alianza Universidad-Empresa-Estado-Social debe avanzar en este camino y promover la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector agropecuario para lograr una mayor competitividad [2]. Estos aspectos son posibles con la incorporación de tecnologías en todas las fases de la cadena de producción. Se consideran las tendencias del mercado y los patrones de producción y consumo sostenibles, porque los consumidores son cada día más conscientes de los impactos sociales, ambientales y en la salud asociados con la producción y distribución de productos agrícolas [3; 4; 5; 6].

El café es uno de los productos agrícolas más comercializados a nivel mundial [6]. Aunque este producto es representativo de la economía y cultura Colombiana y tienen una gran aceptación a nivel mundial; se requiere fortalecer su cadena de valor incorporando los desarrollos científicos y tecnológicos [7, 8]. En Colombia, los sistemas de producción de café se han desarrollado solo con variedades de la especie *Coffea arabica*; las tecnologías empleadas en la producción, la cosecha y postcosecha han sido garantía de la taza del café suave colombiano [9; 10].

No obstante, el gobierno nacional y la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) suscribieron el Acuerdo por la Prosperidad Cafetera 2010-2015 que establece lineamientos de política para consolidar la caficultura como una fuente de dinamismo de la actividad¹. Plantea una serie de estrategias encaminadas a lograr la competitividad del sector, fundamentados en el papel que ha tenido el café en Colombia como generador de trabajo y equidad social [4]^{2,3}. El Centro Nacional de Investigaciones del Café (CENICAFÉ) investiga en la postcosecha del café, con el fin de desarrollar tecnologías que se adapten al campo colombiano y contribuyan a la sostenibilidad ambiental, económica y social de esta actividad [11].

La implementación de tecnologías en la recolección de café es de gran relevancia y pertinencia, por su incidencia mayoritaria en los costos de producción, pues el proceso se realiza en forma manual, selectiva, desprendiendo sólo frutos maduros [12; 13]. No se cuenta además, con la oferta tecnológica apropiada a las condiciones topográficas y de cultivo y a la presencia de múltiples pases de cosecha, más de 20 al año, en algunas regiones del país [11].

El rendimiento en cosecha depende de factores como la carga y concentración de frutos maduros, las condiciones de trabajo y su motivación; por ser tareas repetitivas, afectan la productividad [14; 15]. Su estandarización es requerida para identificar los factores de desempeño y los niveles de competencia de los recolectores; determinar los tiempos por operación que permitan una mejor planificación de las actividades. Se establecen lineamientos para la toma de decisiones en las fincas cafeteras en lo concerniente a contratación, costos, condiciones de trabajo, entre otros elementos, que reflejan la importancia del estudio de tiempos para la estandarización y el mejoramiento continuo de los procesos⁴[16].

La ingeniería de industrial provee técnicas para la estandarización de procesos como los estudios de tiempos y movimientos que fueron establecidos a principios del siglo XX^{5,6,7} [17]. Estos estudios

¹ **Lozano, A, & Yoshida, P.** (2010). Índice de competitividad regional cafetero. Bogotá: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

² **Fedesarrollo.** (2010). Tendencia económica: Informe mensual de Fedesarrollo. Bogotá: Fedesarrollo.

³ **Federación Nacional de Cafeteros.** (2013). Caficultura Competitiva - Informe de gestión: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

⁴ **M.P, Groover.** (2007). *Work systems and the methods, measurement and management of work* (V. O. Brien Ed. Prentice Hall ed.).

⁵ **W, Niebel B., & A, Freivalds.** (2004). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo* (Alfaomega ed. Vol. 11).

⁶ Barnes, R.M. (1980). *Motion and Time Study; Design and Measurement of Work* (17 ed.). New York: John Wiley.

TIEMPOS EN LA RECOLECCIÓN MANUAL TRADICIONAL DE CAFÉ

permiten definir el método para realizar la operación y el tiempo requerido para que un operario calificado pueda realizar una tarea, a una velocidad o ritmo normal y en condiciones específicas [18]⁸. Los estudios de tiempo y movimientos aplican los principios de economía de movimientos y la simplificación que son básicos para el diseño de operaciones; proporcionan métodos de medición del desempeño [19]. Ayudan a eliminar el trabajo innecesario, diseñar métodos y procedimientos más efectivos, mejorar la satisfacción de los trabajadores y su productividad especialmente en tareas repetitivas⁹[20].

En los estudios de tiempo se establece el tiempo para llevar a cabo una tarea por trabajador, con base en un número limitado de observaciones; incluye la ponderación de los tiempos suplementarios por cada actividad¹⁰. Basados en los lineamientos de la Organización Internacional de Trabajo que establece: "toda tarea requiere de un esfuerzo humano, por lo que hay que prever ciertos suplementos para compensar la fatiga y descansar" [21]. Sin embargo, estos estudios dependen del proceso particular, los elementos de este proceso y de los objetivos de la investigación [22]. Se evidencian algunas aplicaciones en el contexto agroindustrial, para la optimización de procesos^{11,12, 13} [23, 24].

Este estudio de tiempos tiene por objeto el análisis del proceso de recolección manual de café con el sistema tradicional empleando en Colombia. Tiene como referente las investigaciones de CENICAFÉ que abarcaron el estudio de métodos, pero no con la profundidad requerida, el estudio de tiempos¹⁴. Según la OIT para realizar este estudio se deben registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondiente a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y estimar el tiempo requerido para efectuar la tarea, según una norma de ejecución preestablecida [21]. Considerando las limitaciones de los estudios antecedentes, se realizó un análisis detallado de la recolección del café teniendo en cuenta los elementos del proceso, la valoración del ritmo y el nivel de competencia del recolector y la estimación de los suplementos fijos y variables; con el fin de determinar el tiempo estándar de los movimientos y micromovimientos del proceso o Therbligs.

II. MÉTODOS

El estudio se desarrolló en dos fincas cafeteras, localizadas en Chinchiná, Caldas- Colombia y Cajibío, Cauca- Colombia; en lotes sembrados con variedades Castillo y Caturra de 1 hectárea, con densidades de siembra entre 5.000 y 10.000 plantas por hectárea. Previamente, se definieron los protocolos de seguimiento y medición en campo, en pruebas piloto.

La unidad de análisis fue el recolector, para su selección se consideró el nivel de experiencia mayor a un año en la recolección de café con el sistema tradicional, comúnmente empleado en Colombia. Consiste en el uso de un recipiente plástico para el almacenamiento temporal de los frutos, sujeto a la cintura del recolector por medio de una banda, como se ilustra en la figura 1. La muestra consideró 23 recolectores localizados en las fincas de estudio, que cumplieron con los criterios de

7 Baumgart, A, & Neuhauser, D. (2009). Frank and Lilian Gilbreth: Scientific management in the operation room (Vol. 18): QualSaf Health Care.

⁸ Meyers, Fred. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil* (Segunda ed.). México Prentice Hall.

9 Barnes, R.M. (1980). *Motion and Time Study; Design and Measurement of Work* (17 ed.). New York: John Wiley.

¹⁰ Criollo, Roberto García. (2005). *Estudio del trabajo - Ingeniería de métodos y medición del trabajo* (Segunda ed.). México: Mc Graw Hill.

¹¹ Gordo, Jose Franco Alvis, & Muñoz, Manuel Alberto Sotelo. (2009). Identificación de las causas que alteran el rendimiento de los equipos de extracción de madera. Estudio de tiempos y movimientos. *Ciencias Agropecuarias*, 7.

¹² Manzano-Agugliaro, Francisco, & García-Cruz, Amos. (2009). Técnicas de estudio de tiempos para la planificación de la mano de obra en el cultivo de tomate

¹³ Vélez, Juan Carlos, Montoya, Esther Cecilia, & Oliveros, Carlos Eugenio. (1999).

¹⁴ Vélez, Juan Carlos, Montoya, Esther Cecilia, & Oliveros, Carlos Eugenio. (1999).

inclusión definidos. Cada recolector firmó el consentimiento informado para la participación en la investigación.



Figura 1. Sistema tradicional para la recolección manual de café

Se siguió, a cada recolector, durante la jornada de trabajo por medio de la observación directa con registro en planillas y el método cinematográfico o uso de video para filmar al trabajador con una cámara, a una velocidad determinada, y después analizar la filmación.

Durante el seguimiento, se registraron los macromovimientos del trabajador y se tomaron filmaciones de los micromovimientos en la recolección, desde el desprendimiento del fruto, hasta el almacenamiento temporal en la herramienta utilizada. Los registros se efectuaron con una cámara Sony Handycam PJ30, con una calidad de imagen HD y una resolución de 60 cuadros por segundo. El procesamiento de las imágenes fue realizado con el software libre Camtasia Studio 8, que permitió la desfragmentación del video en fotografías. Se utilizó además el programa de uso libre: Free video to JPG Converter, donde se obtuvo la descomposición del video en una serie de fotografías a 0,016 segundos.

El análisis de varianza ANOVA y la prueba no paramétrica de *Kruskal Wallis* fueron empleadas para determinar diferencias estadísticamente significativas entre los recolectores y los micromovimientos o *Therbligs*.

Para la valoración del desempeño del recolector se consideraron los indicadores de cosecha en términos de rendimiento y calidad. Para el primero, la variable asociada fue la cantidad de café recolectada por unidad de tiempo, expresada en kilogramos recolectados por hora; para tal efecto, se efectuó un pesaje cada media hora. Para el segundo, la variable asociada fue el porcentaje de frutos maduros en la masa cosechada, estimado a partir del peso de frutos maduros en una muestra de un kilogramo de café cosechado. Con base en estos indicadores se efectuó la clasificación de los recolectores según los siguientes criterios:

- No Calificados: recolectores que presentaron rendimientos por debajo del ritmo tipo; en consecuencia sus indicadores estuvieron por debajo del percentil 25 (p25) tanto en rendimiento como en calidad.
- Calificados: En esta categoría se identifican dos grupos, el primero que corresponde a los recolectores con un rendimiento por debajo del percentil p25, pero con porcentajes de frutos maduros entre los percentiles p25 y p75; mientras que en el segundo, el rendimiento oscila entre los percentiles p25 y p75, pero la calidad es menor al percentil p25. En este caso se requiere entrenamiento para mejorar los indicadores de cosecha.
- Competente: corresponde los recolectores que su desempeño alcanzó el ritmo tipo, en consecuencia tanto los indicadores de calidad como de rendimiento oscilaron entre los percentiles p25 y p75.

TIEMPOS EN LA RECOLECCIÓN MANUAL TRADICIONAL DE CAFÉ

- Competencia superior: en esta categoría se encuentran tres tipos según el desempeño en los indicadores de rendimiento y calidad. En el primero se destacan en rendimiento superior al percentil p75, pero la calidad es promedio ($25 < p < p75$); en el segundo sobresalen por calidad, donde el porcentaje de frutos maduros está por encima del percentil p75, pero el rendimiento es medio ($25 < p < p75$); en el tercero grupo ambos indicadores tienen desempeño superior al percentil p75.

Para realizar el estudio de tiempos y movimiento en el proceso de recolección manual de café se tomaron como referencia las metodologías planteadas por Niebel & Freivalds y por la OIT, que consideran las siguientes etapas [21]:

- Identificación de los elementos del proceso.
- Estimación del tiempo por elemento con respecto a la jornada diaria de trabajo, que en este caso es de 9 horas.
- Establecimiento de los factores de desempeño considerando los indicadores de cosecha.
- Determinación del número de ciclos evaluados con base en la ecuación 1 propuesta por la OIT [30]:

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (1)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra a determinar

n' = Número de observaciones preliminares

\sum = Suma de los valores

X = Valor de las observaciones

- Valoración del ritmo tomando como unidad de análisis la capacidad de la herramienta de recolección, 12 kg. El análisis de percentiles fue empleado para establecer los rangos del ritmo de trabajo del recolector.
- Valoración de los tiempos suplementarios por descanso tomando como base la metodología planteada por la OIT [30], que consiste en la determinación de los grados de tensión relativa y la asignación de puntos para las tensiones impuestas por la ejecución del elemento de trabajo.
- Cálculo del tiempo tipo o estándar de la operación aplicando la ecuación 2:

$$\text{Tiempo Tipo o estándar} = \text{Tiempo normal} + \text{Tiempos suplementarios} \quad (2)$$

Se realizó un análisis estadístico de la información con el software IBM SPSS Statistics para determinar los valores medios del tiempo por elemento, los intervalos de confianza y los coeficientes de variación.

II. RESULTADOS

- **Elementos del proceso de recolección manual de café:** El seguimiento realizado a los recolectores durante una jornada de trabajo permitió identificar los elementos del proceso que se resumen en la figura 2; se caracterizan por ser manuales, repetitivos y variables.



Figura 2. Elementos del proceso de recolección manual de café

El tiempo promedio de cada elemento del proceso de recolección, incluyendo el destinado a la alimentación, se presenta en la Tabla 1. Se presenta la participación tanto porcentual como en minutos por elemento en una jornada de trabajo; es evidente que la recolección es el elemento dominante en el proceso.

Tabla 1. Tiempos por elemento de operación en la recolección manual de café

Elemento de la operación	Tiempo Promedio	Intervalo confianza	Coefficiente de Variación	Porcentaje de tiempo por elemento, %		
	minutos	minutos	%	Límite Inferior	Promedio	Límite Superior
Desplazamiento al lote de trabajo	9,45	1,53	17%	1,34%	1,58%	1,80%
Asignación de surcos	10,25	0,81	14%	1,60%	1,71%	1,81%
Recolección	497,00	3,19	2%	82,05%	82,91%	83,80%
Descarga	5,40	0,75	20%	0,79%	0,90%	1,01%
Transporte al pesaje	13,34	0,47	12%	2,18%	2,23%	2,27%
Pesaje	4,00	0,83	27%	0,54%	0,67%	0,79%
Alimentación	60,00	2,60	12%	9,74%	10,01%	10,27%

- **Factores de desempeño:** para la valoración del ritmo tipo en el proceso de recolección manual de café, se consideró además del rendimiento, el desempeño en el indicador de calidad expresado en términos de porcentaje de frutos maduros. En este estudio, los valores promedio del rendimiento fueron 10,4 kg/h con un intervalo de confianza para la media (95%) de 1,2 kg/h; los percentiles 25, 50 y 75 fueron respectivamente: 9, 10,4 y 11,9 kg/h. Por lo anterior se consideró como ritmo tipo el

TIEMPOS EN LA RECOLECCIÓN MANUAL TRADICIONAL DE CAFÉ

rango entre 9 – 11,9 kg/h, teniendo como base que la variable rendimiento no se ajustó a una distribución normal. Con relación al porcentaje de frutos maduros tuvo un promedio de 79.5% con un intervalo de confianza para la media (95%) de 2,9%; los percentiles 25, 50 y 75 fueron respectivamente: 74,7, 78,0 y 86,5%. En consecuencia, dado que la variable no se ajustó a una distribución normal, se consideró como ritmo tipo el rango 74,7 a 86,5%.

- **Nivel de competencia de los recolectores:** Este estudio propone una clasificación de los recolectores con base en el desempeño de los indicadores de eficiencia y calidad, que se resume en la Tabla 2. Basados en estas categorías, los niveles de competencia de los recolectores objeto de análisis fueron los siguientes: No calificado 9%, calificado por calidad 13%, calificado por rendimiento 13%, competente 26%, competencia superior por calidad 17% y competencia superior por rendimiento 22%.

Tabla 2. Categorías de recolectores según desempeño en indicadores de cosecha

Categoría	Subcategoría	Eficiencia - Rendimiento kg/h	Calidad-%Frutos maduros cosechados
No calificado		< 9,0	< 74,7
Calificado	Calificado-grupo 1	< 9,0	74,7 – 86,5
	Calificado-grupo 2	9,0 – 11,9	< 74,7
Competente		9,0 – 11,9	74,7 – 86,5
Competencia superior	Superior-grupo 1	>11,9	74,7 – 86,5
	Superior-grupo 2	9,0 – 11,9	>86,5

- **Valoración del ritmo según la actuación por elemento:** Este análisis fue realizado para comparar el ritmo del trabajador con respecto al ritmo tipo. Para tal efecto se evaluaron 7 ciclos durante una jornada de trabajo, tomando como unidad de análisis la capacidad de la herramienta de recolección (12 kg). Las valoraciones del ritmo por elemento se resumen en la Tabla 3, que representan el ritmo tipo o normal.

Tabla 3. Valoración del ritmo por elemento en la recolección manual de café

Elemento	Tiempo observado en minutos		
	Percentil 75	Mediana	Percentil 25
Desplazamiento lotes de trabajo	1,04	1,05	1,05
Asignación de surcos	1,05	1,20	1,20
Recolección	54,45	55,00	55,85
Descarga	0,58	0,60	0,66
Transporte al pesaje	1,45	1,48	1,50
Pesaje	0,45	0,45	0,47

- **Determinación de los suplementos por descanso:** Para los suplementos fijos se consideró 4% por necesidades personales y 5% por fatiga física. Con relación a los suplementos variables, se estimó el tipo de tensión que afecta el desempeño de los elementos en forma individual; las valoraciones efectuadas se resumen en la Tabla 4. Es evidente que las mayores tensiones se manifiestan durante la recolección de café.

- **Tiempo estándar de la operación:** tomado como referencia una unidad de recolección de 12 kg, el tiempo estándar que considera la valoración del ritmo, los suplementos fijos y variables se consolida en la Tabla 5. Considerando los percentiles 25 y 75 para el tiempo observado, el tiempo estándar oscila entre 83,45 y 85,83 minutos.

- **Tiempos en el ciclo de *therbligs*:** La recolección manual con el método tradicional inicia cuando las manos vacías del recolector buscan los frutos, seleccionan los frutos maduros, los alcanzan y los toman o desprenden y finaliza con el movimiento hasta soltar la carga en el recipiente plástico. Este ciclo de recolección se representa en la Figura 3. El ciclo básico lo conforman los *therbligs* de Buscar-Seleccionar, Alcanzar, Tomar, Mover y Soltar; son los micro movimientos que optimizan el proceso de recolección fruto a fruto. A lo largo de la operación secuencial se presentan *therbligs* que conforman un sub ciclo de recolección (Buscar- Seleccionar, Tomar, Soltar a la palma, Sostener y Mover), dado que se almacenan los frutos en la mano y se sueltan dependiendo de la capacidad del recipiente plástico.

El tiempo promedio del ciclo de recolección es de 0,613 s para recolectar un fruto, con un intervalo de confianza para la media (95%) de $\pm 0,004$ s; el coeficiente de variación fue relativamente bajo del 2%. El análisis de Varianza ANOVA permite establecer que hay diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de recolección de un fruto de café entre los recolectores (significancia 0,00*); la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis confirma estos resultados (significancia 0,032*).

Los tiempos por micromovimientos del ciclo de recolección fueron analizados a partir del seguimiento realizado a los recolectores con el método tradicional. La Tabla 6 consolida los resultados obtenidos, incluye la participación porcentual por *therblig* con relación al tiempo de recolección de un fruto.

El análisis de varianza ANOVA permite identificar diferencias en el tiempo de duración de los micromovimientos entre los recolectores; se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los *therbligstomar* (sig. 0,00), *alcanzar* (sig. 0,021) y *sostener* (sig. 0,04). Sin embargo, la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis evidenció diferencias significativas solo en el micromovimiento *tomar*(sig 0,009).

Tabla4. Valoración de los suplementos por descanso

Tipo de Tensión	Calificación de los esfuerzos por elemento (Esfuerzo-Puntos)					
	Desplazamiento al lote de trabajo	Asignación de surcos	Recolección	Descarga de lo recolectado	Transporte al pesaje	Pesaje
A- Tensión Física						
Fuerza Media			B-13	B-13	M-29	B-22
Posturas	B- 4		A-6	M-6	M-6	M-6
Ciclo breve			A-10			
Ropa Molesta			B-2			
B- Tensión Mental						
Concentración/Ansiedad		B- 1	A-15	B-3		
Monotonía			A-11			
Tensión Visual			A-2			
Ruido			B-0			
C- Condiciones de trabajo						
Temperatura/humedad		B- 0	M-7			
Suciedad			B-0			
Presencia de agua			B-1			
Total puntos	4	1	67	22	35	31
%suplementos variables	10	10	34	13	17	16

TIEMPOS EN LA RECOLECCIÓN MANUAL TRADICIONAL DE CAFÉ

El esfuerzo se clasifica en B= Bajo, M= Mediano, A= Alto. Los Puntos se asignan con respecto a lo establecido por la OIT [21].

Tabla 5. Tiempo estándar de los elementos en la recolección manual de café

Elemento	Tiempo estándar en minutos			Tiempo Tipo min
	Tiempo básico min	Suplementos Fijos	Variables	
Desplazamiento al lote de trabajo	1,05	9%	10%	1,25
Planeación y asignación de los surcos	1,20	9%	10%	1,43
Recolección	55,00	9%	34%	78,65
Descarga	0,60	9%	13%	0,73
Transporte	1,48	9%	17%	1,86
Pesaje final	0,45	9%	16%	0,56
Totales	59,78			84,49

Tabla 6. Tiempos por therbligsen el proceso de recolección manual de café

Therblig	Tiempo Therblig (s)	Intervalo confianza (s)	CV	Participación porcentual por therblig		
				Límite Inferior	Promedio	Límite Superior
Tomar	0,081	0,0015	6%	12,77%	13,18%	13,63%
Soltar a la palma	0,064	0,007	4%	9,38%	10,46%	11,04%
Alcanzar	0,104	0,003	11%	16,55%	16,91%	17,31%
Mover	0,169	0,003	6%	26,61%	27,49%	28,46%
Sostener	0,085	0,002	11%	13,49%	13,86%	14,26%
Soltar carga	0,063	0,009	5%	9,31%	10,29%	11,18%
Buscar-seleccionar	0,048	0,006	1%	7,20%	7,81%	8,35%

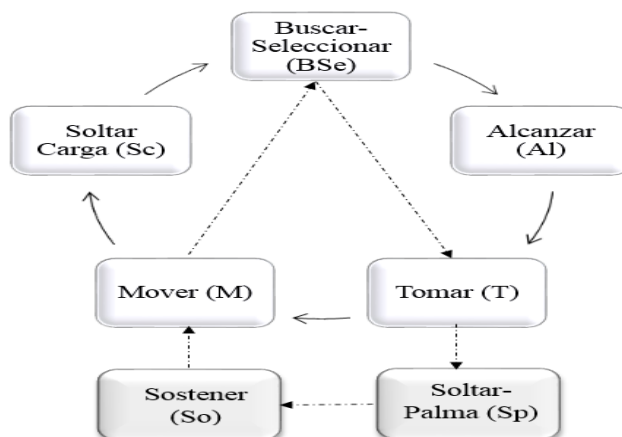


Figura 3. Therbligs en la recolección de café

IV. DISCUSIÓN

- **Elementos del proceso de recolección manual de café:** En el estudio previo [36], CENICAFÉ identificó 10 elementos en el proceso de recolección; en este estudio sólo fueron identificados 6 elementos. La recolección es elemento dominante con una participación entre el 82,05% a 83,08% del tiempo total del proceso durante una jornada de trabajo; estos valores se encuentran dentro del rango de trabajos previos. La investigación realizada por CENICAFÉ estableció que la recolección tiene una duración entre el 86,4% a 89,77% del tiempo total de la jornada; por su parte otros estudios reportaron que este tiempo oscila entre 73,5% y 86,2% de la jornada de trabajo ¹⁵, ¹⁶. En consecuencia, el rango definido se ubica en valores medios considerando estos rangos porcentuales.

- **Factores de desempeño:** el rendimiento en la recolección es fundamental para la valoración del ritmo, las entrevistas reportaron entre 80 a 100 kg por jornal que equivale entre 10 a 12,5 kg/h. Con los valores obtenidos en el seguimiento, se estableció un ritmo tipo entre 9 a 11,9 kg/h (percentiles 25 y 75), con una mediana de 10,4 kg/h. Estos valores están dentro del rango de los trabajos previos que señalan 82,6 kg por jornal considerando 8 horas laborales que corresponde a un rendimiento de 10,3 kg/h ¹⁷.

Por otra parte, se consideró en la valoración del desempeño, el indicador de calidad medido en términos de porcentaje de frutos maduros. Los rangos obtenidos oscilaron entre 74,7% y 86,5% (percentiles 25 y 75), con una mediana de 78%. Estos valores son mayores a los reportados en los trabajos previos [36] donde fluctuaron entre 70,28% y 74,46%. Los rangos establecidos para los indicadores de cosecha contribuyen a la definición de estándares que pueden emplearse para el control en campo.

- **Nivel de competencia de los recolectores:** Clasificaciones previas, agrupan en dos categorías, adecuado y deficiente, las competencias de los recolectores ¹⁸. Este estudio propone una clasificación de los recolectores en cuatro categorías y seis niveles con base en el desempeño de los indicadores de eficiencia y calidad. Con esta clasificación se encontró que la mayor parte de los recolectores del estudio se caracterizaban por su competencia, aspecto que fue validado en el seguimiento. Estos resultados aportan nuevos elementos para la selección de recolectores en las fincas cafeteras y el establecimiento de planes de entrenamiento y evaluación.

- **Determinación de los suplementos por descanso:** los estudios previos consideraron solo los suplementos fijos, reportados por la OIT que corresponden a la fatiga (5%) y necesidades personales (4%) ¹⁹[21]. En la revisión de antecedentes no se identificaron estudios que valoraran: los tiempos suplementarios variables por elemento y las tensiones que se generan por la monotonía de la operación, el peso que se debe desplazar, y las condiciones del entorno al que se encuentran sometidos los recolectores. En este estudio fueron valoradas y se identificaron mayores en la recolección de café y menores tensiones en el desplazamiento al lote de trabajo, la planeación y asignación de los surcos.

- **Tiempo estándar de la operación:** La estandarización de tiempos en el proceso de recolección de café fue desarrollada a través de técnicas que propone la ingeniería de métodos, donde se consideraron los elementos que conforman la operación, realizando un análisis detallado de los tiempos a través de la valoración de ciclo de cada elemento y considerando suplementos fijos y

¹⁵ Vélez, Juan Carlos, Montoya, Esther Cecilia, & Oliveros, Carlos Eugenio. (1999). *Estudio de tiempos y movimientos para la cosecha manual de café*. Chinchiná - Colombia.

¹⁶ Martínez-Recalde, R.A , y otros. *Estudio de tiempos y movimientos de la recolección manual del café en condiciones de alta pendiente*. 2005, Cenicafé, págs. 50-66.

¹⁷ Duque , H y Dussan, C. *Productividad de la mano de obra en la cosecha de café en cuatro municipios de la Región Central de Caldas*. 2004, Cenicafé.

¹⁸ Martínez-Recalde, R.A , y otros. *Estudio de tiempos y movimientos de la recolección manual del café en condiciones de alta pendiente*. 2005, Cenicafé, págs. 50-66.

¹⁹ Vélez, Juan Carlos, Montoya, Esther Cecilia, & Oliveros, Carlos Eugenio. (1999). *Estudio de tiempos y movimientos para la cosecha manual de café*. Chinchiná - Colombia

TIEMPOS EN LA RECOLECCIÓN MANUAL TRADICIONAL DE CAFÉ

variables que son inherentes a la ejecución del proceso. Este estudio estimó el tiempo estándar para el proceso de recolección considerando estas técnicas^{20,21} [21].

-Tiempo en el ciclo de therbligs: Para lograr la estandarización de los tiempos que involucra la recolección de los frutos maduros de forma manual y selectiva, se deben considerar los micromovimientos que definen el ciclo básico de recolección. Los estudios previos realizaron el análisis de *therbligs*; pero no adoptaron terminología estándar²² [21]. En este estudio además de su identificación, fueron determinados los tiempos para cada *therblig* que interviene en el proceso de cosecha de un fruto.

Los análisis de varianza indican que hay diferencias entre los recolectores en este ciclo básico de recolección; estas diferencias eran esperadas dado el nivel de competencia no homogéneo entre los recolectores objeto de análisis. El *therblig* con mayor participación en tiempo es *mover* que representa el desplazamiento de los frutos que se almacenan en la palma de la mano hasta el recipiente plástico. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los recolectores en el tiempo del *therbligmover* lo que sugiere que es un micromovimiento estándar del proceso. Por otra parte, se presentaron diferencias entre los recolectores en el tiempo del *therbliggsostener*, asociado con la decisión del recolector de mover el grano o soltarlo al recipiente. Se encontraron además diferencias significativas en los tiempos de los *therbligstomar* y *alcanzar*, entre los recolectores; estos dos micromovimientos están asociados al desprendimiento del fruto donde la habilidad del recolector es fundamental. Finalmente, no se hallaron diferencias entre los tiempos de los *therbliggsoltar a la palma*, *soltar carga* y *buscar-seleccionar* entre los recolectores, que sugiere que estos micromovimientos son estándar en el proceso.

V. CONCLUSIONES

1. El estudio de tiempos en la cosecha manual de café considera el análisis de los seis elementos del proceso. El elemento dominante es la recolección que representa entre el 82.05% a 83.8% del tiempo de una jornada de trabajo.
2. Este trabajo presenta los factores de desempeño en términos de indicadores de rendimiento y calidad que pueden emplearse para la planificación y control en la fincas. Establece además una nueva categorización de niveles de competencia basado en el desempeño de estos indicadores; estas categorías brindan elementos de apoyo a los caficultores para la selección de recolectores y el establecimiento de planes de entrenamiento.
3. La determinación de los suplementos por descanso es relevante en procesos agrícolas como la recolección del café por la influencia de las tensiones físicas, mentales y las generadas por las condiciones de trabajo. Los suplementos variables para el proceso de recolección pueden alcanzar hasta el 34% del tiempo total estimado para el elemento dominante del proceso.
4. Los *therbligs* para la recolección de café fueron identificados en este estudio y corroborados con los estudios previos de CENICAFÉ. Estos micromovimientos se agruparon en dos ciclos, uno básico que comprende los *therbligs* de Buscar- Seleccionar, Alcanzar, Tomar, Mover y Soltar y el subciclo de recolección con los micromovimientos Buscar- Seleccionar, Tomar, Soltar a la palma, Sostener y Mover.
5. La estimación de los tiempos por *therbligs* permite concluir que los micromovimientos mover, alcanzar, sostener y tomar representan más del 70% del tiempo de recolección de un fruto. En el tiempo del micromovimiento Mover no hay diferencias entre los recolectores; sin embargo en los *therbligs* alcanzar, sostener y tomar, que representan alrededor del 44%,

²⁰ W, Niebel B., & A, Freivalds. (2004). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo* (Alfaomega ed. Vol. 11).

²¹ W, Niebel B., & A, Freivalds. (2004). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo* (Alfaomega ed. Vol. 11).

²² Vélez, Juan Carlos, Montoya, Esther Cecilia, & Oliveros, Carlos Eugenio. (1999). *Estudio de tiempos y movimientos para la cosecha manual de café*. Chinchiná - Colombia

existen diferencia estadísticamente significativas entre los recolectores, lo que sugiere la necesidad de estandarizar estos movimientos.

REFERENCIAS

1. Barham BL, Callenes M, Gitter S, et al. Fair Trade/Organic Coffee, Rural Livelihoods, and the Agrarian Question: Southern Mexican Coffee Families in Transition. *World Development*. 2011;39(1):134-45. ISSN 0305-750X.
2. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Documento Conpes 3582 Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Bogotá: Avance Jurídico; 2009.
3. Rueda X, Lambin EF. Linking Globalization to Local Land Uses: How Eco-Consumers and Gourmands are Changing the Colombian Coffee Landscapes. *World Development*. 2013;1(41):286-301. ISSN 0305-750X.
4. Oberthür T, Läderach P, Posada H, et al. Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. *Food Policy*. 2011;36(6):783-94. ISSN 03069192.
5. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Viceministerio de Ambiente. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Política Nacional de Producción y Consumo. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2010.
6. Barham BL, Weber JG. The Economic Sustainability of Certified Coffee: Recent Evidence from Mexico and Peru. *World Development*. 2012;40(6):1269-79. ISSN 0305-750X.
7. Rodríguez D, Cure JR, Cotes JM, et al. A coffee agroecosystem model: I. Growth and development of the coffee plant. *Ecological Modelling*. 2011;222(19):3626-39. ISSN 0304-3800.
8. Folmer B. How can science help to create new value in coffee? *Food Research International*. 201; (63):477-82. ISSN 0963-9969. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.020>.
9. Arana VA, et al. Coffee's country of origin determined by NMR: The Colombian case. *Food Chemistry*. 2015;(175):500-6. ISSN 0308-8146. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.160>.
10. Joët T, Laffargue A, Descroix F, et al. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. *Food Chemistry*. 2010 ;118(3):693-701. ISSN 0308-8146. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.048>.
11. Cadena G. Desarrollos científicos de CENICAFÉ en la última década. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 2005;XXIX(110):89-99. ISSN 0370-3908
12. Oliveros CE, Sanz JR. Ingeniería y Café en Colombia. *Revista de Ingeniería - Universidad de los Andes* 2011;(33):99-114. ISSN 0121-4993.
13. Vélez JC, Montoya EC, Sanz JR. Human factors performance in coffee harvesting in Colombia. *Ergonomics Australia*. 2002;(16):14-24. ISSN 1033-1875.
14. Fundación Manuel Mejía. ¿Cómo debo realizar el beneficio del café en la finca para conservar la calidad del grano? . Chinchiná Caldas: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia; 2010. ISBN 978-958-8653-03-7.
15. Shikdar AA, Das B. The relationship between worker satisfaction and productivity in a repetitive industrial task. *Applied Ergonomics*. 2003;34(6):603-10. ISSN 0003-6870. DOI [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-6870\(03\)00057-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-6870(03)00057-7).
16. Manyoma PC. Análisis multicriterio de la valoración del ritmo en el estudio de tiempos. En: 4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XIV Congreso de Ingeniería de Organización. San Sebastián (España). REMPLANET Project p. 1-9. ISBN 978-0-9855497-1-8.
17. Lopetegui M, Yen P-Y, Lai A, et al. Time motion studies in healthcare: What are we talking about? *Journal of Biomedical Informatics*. 2014;(49):292-9. ISSN 1532-0464. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2014.02.017>.
18. Al-Saleh KS. Productivity improvement of a motor vehicle inspection station using motion and time study techniques. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. 2011 1;23(1):33-41. ISSN 1018-3639. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksues.2010.01.001>.

TIEMPOS EN LA RECOLECCIÓN MANUAL TRADICIONAL DE CAFÉ

19. Mizuyama H, Yamada K, Tanaka K, et al. Explanatory analysis of the manner in which an instructor adaptively organizes skilled motion teaching process. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2013;43(5):430-8. ISSN 01698141. DOI 10.1016/j.ergon.2013.07.002.
20. Puvanasvaran AP, Mei CZ, Alagendran VA. Overall Equipment Efficiency Improvement Using Time Study in an Aerospace Industry. *Procedia Engineering*. 2013;68:271-7. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2013.12.179.
21. Zheng K, Guo MH, Hanauer DA. Using the time and motion method to study clinical work processes and workflow: methodological inconsistencies and a call for standardized research. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2011;18(5):704-10. ISSN 1067-5027 DOI <http://dx.doi.org/10.1136/amiajnl-2011-000083>.
22. Harrigan TM. Time–Motion Analysis of Corn silage harvest Systems Applied Engineering in Agriculture. 2003 (19):389–95. ISSN 0883–8542.
23. Torres P, Pérez A, Marmolejo LF, et al. Una mirada a la agroindustria de extracción de almidón de yuca, desde la estandaización de procesos. *Revista EIA*. 2010 (14):23-38. ISSN 1794-1237.