"Este trabajo está dirigido a todas aquellas personas que creen posible generar una tecnología acorde con nuestras necesidades, recursos, con nuestra forma de pensar y que permita solucionar nuestros problemas productivos. ¡Una tecnología propia! "

Los Autores

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

GERENCIA TÉCNICA
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ
"Pedro Uribe Mejía"
Cenicafé

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA COSECHA MANUAL DEL CAFÉ

Por:
JUAN CARLOS VÉLEZ ZAPE
Ingeniero Agrícola

ESTHER CECILIA MONTOYA RESTREPO
Estadístico, M Sc.

CARLOS EUGENIO OLIVEROS TASCÓN
Ingeniero Agrícola, Ph D.

Chinchiná - Caldas - Colombia

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

UNA PUBLICACIÓN DE CENICAFÉ

Editor:	Héctor Fabio Ospina Ospina, I.A., MSc.
Diseño y Diagramación:	Ángela C. Miranda C.
Fotografía:	Juan Carlos Vélez Z. Gonzalo Hoyos S. Félix Tisnés Archivo Cenicafé
Esquemas:	Juan Carlos Vélez Z.
Imágenes virtuales:	César A. Ramírez G.

Editado en noviembre de 1999
3.500 ejemplares

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7

2. MARCO TEÓRICO 9

2.1 Estudio de tiempos y movimientos (T&M) ... 9
2.2 Aspectos relacionados con la cosecha de café ... 12
2.3 Optimización de la cosecha en otros productos agroindustriales ... 14
2.4 Algunos estudios de tiempos y movimientos ... 15
2.5 Desarrollo de dispositivos para asistir e incrementar los rendimientos operativos de la recolección del café ... 15
2.6 Estudios ergonómicos realizados en actividades agrícolas de recolección ... 16
2.7 Aspectos socieconómicos y culturales que influyen en la recolección del café ... 17

3. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES OPERATIVAS PARA EVALUAR EL PROCESO 19

3.1 Metodología ... 19
3.2 Resultados ... 21

4. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PENDIENTE Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL PROCESO DE LA RECOLECCIÓN. 24

4.1 Metodología ... 25
4.2 Resultados ... 26

5. ESTUDIO DE MOVIMIENTOS 29

5.1 Estudio de métodos ... 29
5.1.1 Metodología ... 29
5.1.2 Resultados ... 30
5.2 Estudio de micromovimientos ... 36
5.2.1 Metodología ... 36
5.2.2 Resultados ... 38

6. PROPUESTA DE UN MÉTODO MEJORADO 61

6.1 Análisis preliminar 61
6.2 Descripción del método mejorado 65
6.2.1 Movimientos en el surco 65
6.2.2 Movimiento en el árbol 66
6.2.3 Movimiento en las ramas 66
6.2.4 Movimientos del cuerpo 66
6.2.5 Movimientos de las manos 67

7. NORMALIZACIÓN DEL MÉTODO MEJORADO. 69

7.1 Metodología 69
7.2 Resultados 73

8. EVALUACIÓN PRELIMINAR 77

8.1 Metodología 77
8.2 Resultados 78
8.3 Recomendaciones 84

LITERATURA CITADA 85

GLOSARIO 89

1. INTRODUCCIÓN

El mercado internacional del café bajo el enfoque de la libre competencia se ha caracterizado por la fluctuación de los precios internacionales del grano, debido a factores como la sobreoferta del producto, las coyunturas causadas por heladas o sequías en las zonas cafeteras brasileras, las nuevas relaciones entre los países productores y consumidores, y las especulaciones en la bolsa. Con excepción del último año, la caficultura colombiana ha estado sometida durante la década de los 90's, a los efectos de la revaluación de la moneda, lo cual ha elevado los costos de producción y ha afectado negativamente la economía de la principal agroindustria del país. Ante este panorama y para los próximos años, se hace necesario formular propuestas tecnológicas para el mejoramiento de la rentabilidad, que vayan dirigidas a conseguir una drástica disminución de los costos de producción y más específicamente, hacia la utilización racional y eficiente de la mano de obra en todo el proceso agroindustrial cafetero.

La alta calidad del café colombiano, por la cual además se reconoce una prima, es el resultado del cultivo de las variedades de la especie Coffea arabica, del manejo de las plantaciones, de la oferta ambiental y de suelos, de la recolección manual de frutos maduros y del beneficio húmedo (despulpado, fermentación-desmucilaginado, lavado y secado), y el beneficio seco (trilla y selección). En Colombia los costos de cosecha son altos debido a que solamente se recolectan frutos maduros, fruto por fruto, en suelos con pen-

dientes moderadas y altas, en época de lluvias y a que es ésta, de por sí, una labor de bajos rendimientos. En general, los costos de la recolección representan entre el 30 y el 40% de los costos totales de producción del cultivo.

Ante esta situación, el gremio cafetero colombiano, reunido en su LV Congreso Nacional, recomendó a Cenicafé la realización de investigaciones sobre el empleo de la mano de obra en las distintas etapas del cultivo del café, con prioridad en cosecha, así como la normalización de la mano de obra en todas las actividades de la producción cafetera.

En este documento se presentan los resultados de la investigación sobre "El estudio de tiempos y movimientos para la cosecha manual de café", con el cual, se aportan conocimientos sobre la dinámica operativa del proceso y se define y evalúa en el campo un método mejorado de cosecha.

El estudio sistemático de la cosecha manual de café permite conocer en detalle este proceso, convirtiéndose en una herramienta para estudios de mecanización, cosecha manual asistida, optimización operativa del proceso y por ende, para los trabajos tendientes al control cultural de la broca del café.

En lo que se refiere a la normalización del proceso, estos resultados permiten a los caficultores colombianos, contar con una herramienta que controle los requerimientos de la mano de obra y permite establecer en el corto plazo, tarifas de recolección que concilien la rentabilidad del negocio con el desempeño y bienestar de los operarios.

Finalmente, los autores manifiestan sus agradecimientos al Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, "Francisco José de Caldas" - COLCIENCIAS, a la doctora Liliana Tenorio, Terapista Ocupacional, profesora de la Escuela de Rehabilitación Humana de la Universidad del Valle, por su contribución en la conceptualización y aplicación de aspectos ergonómicos, al doctor Ómar Ariel Ortiz, médico cirujano del Instituto de Seguros Sociales del Cauca, por sus aportes en el campo de la medicina deportiva.

De la misma forma a los investigadores Lucelly Orozco Gallego, Bernardo Cháves Córdoba, a los señores Roberto Ospina Abril, Hernando García Osorio, Uriel López y a los jefes de la Estación Central Naranjal y de las Subestaciones Experimentales de Cenicafé Santa Bárbara, El Tambo, Gigante y muy especialmente al investigador Javier García y a todo el personal de la Subestación Experimental La Catalina.

Igualmente, reiteran su gratitud a todos los recolectores de café que participaron en las pruebas, los cuales, muy amablemente, permitieron ser observados, filmados, indagados, medidos, entrenados y evaluados, haciendo posible la realización de este trabajo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estudio de tiempos y movimientos (T&M)

El estudio de tiempos y movimientos (T&M) es el análisis sistemático de los métodos de trabajo empleados en una actividad productiva y se realiza con el fin de:

1. Desarrollar las mejores secuencias y sistemas
2. Normalizar dichos sistemas y métodos
3. Determinar el tiempo necesario para que una persona calificada, y convenientemente entrenada, realice cierta tarea u operación, trabajando a marcha normal
4. Ayudar a la capacitación de operarios, siguiendo el mejor método (4).

Para el desarrollo de un mejor método de trabajo, se acude al método sistemático o científico, en el cual se define el problema por solucionar, se analiza, se plantean las posibles soluciones y se imparten las recomendaciones para la puesta en práctica del método ideal.

En la normalización del nuevo método se procede a diseñar una serie de instrucciones con la finalidad de que su puesta en marcha, resulte lo más fácil posible (26, 33). El T&M tiene entonces como meta, encontrar el método ideal o lo más cercano a ello y que pueda ser empleado realmente, denominado el método preferible (4)

Estudio de movimientos

El primer gran bloque temático en el que se divide un T&M es el estudio de movimientos y se considera como el análisis del trabajo. Tiene como finalidad proponer un método o sistema mejor. El estudio de movimientos se divide en: estudio de métodos o macromovimientos, mediante el cual se analiza el sistema general y cada una de las operaciones que lo

componen, y estudio de micromovimientos o el análisis de los movimientos del cuerpo humano dentro del método de trabajo (4, 26, 33). Así, por ejemplo, en un estudio de métodos para el sistema de producción de café en Colombia (Figura 1), se debe analizar el conjunto de operaciones que compone dicho sistema. Si se desea analizar alguna operación del sistema general con algún detalle, como por ejemplo, el beneficio del café (Figura 2), se estaría realizando igualmente un estudio de métodos, pero más específico. Este estudio puede ser muy detallado y su especificidad depende, entre otros factores, de la naturaleza del proceso por estudiar, su importancia económica, los fines que se persigan con el estudio y las estrategias seguidas por la persona o equipo de trabajo que ejecute el análisis, entre otros.

Continuando con el ejemplo anterior y, si se desea realizar un análisis más detallado de cualquier operación dentro del sistema general, se podrían analizar los movimientos del cuerpo de los operarios; con esto se estaría realizando un estudio de micromovimientos. Comúnmente los micromovimientos registrados corresponden a los

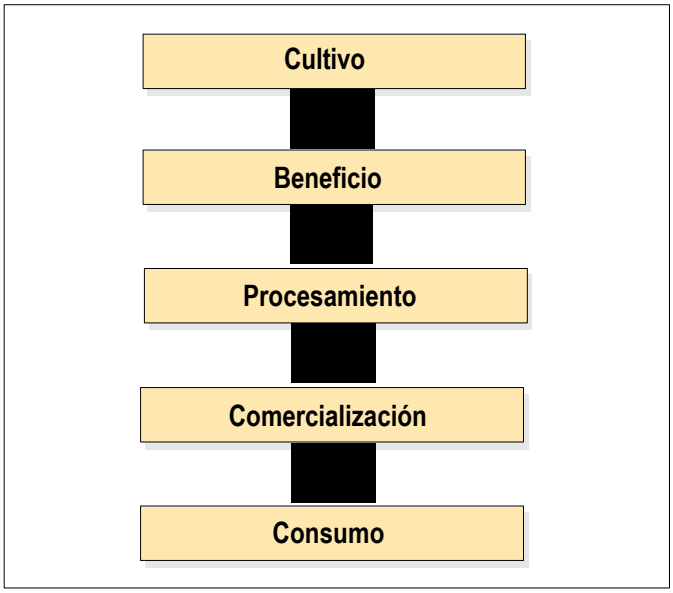


Figura 1. Diagrama del sistema general de producción de café en Colombia.

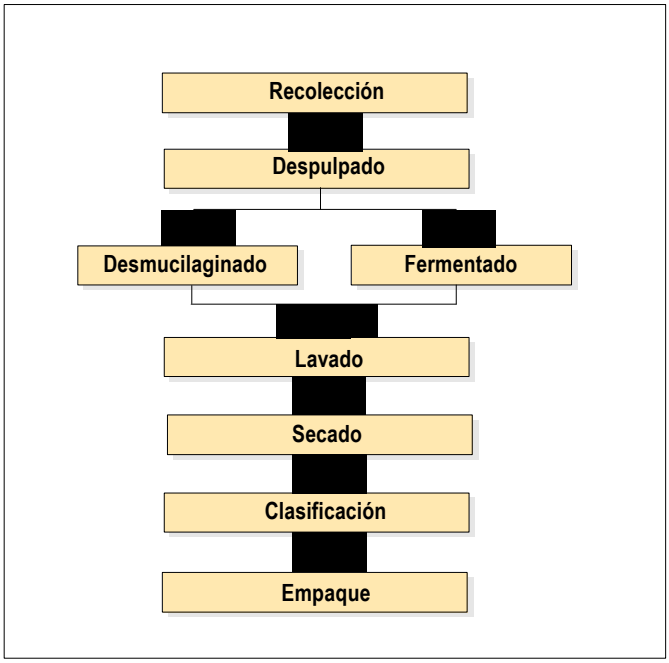


Figura 2. Diagrama de operaciones del proceso de beneficio húmedo del café en Colombia.

realizados por las manos (también llamados therbligs), pues con estas extremidades, los operarios ejecutan las actividades básicas que conforman el conjunto de movimientos que repiten una y otra vez durante toda la jornada de trabajo.

Hasta el momento se han descrito 17 therbligs básicos (Tabla 1). Los estudios de micromovimientos para actividades muy rápidas y/o específicas emplean el método cinematográfico, que consiste en filmar la operación con una cámara a velocidad conocida y posteriormente analizar las cintas cuadro por cuadro. Para el análisis de los movimientos de las demás partes del cuerpo humano, se pueden realizar estudios posturales para las posiciones típicas del cuerpo en el sitio de trabajo.

Como parte final de los T&M, se procede a normalizar el nuevo método, es decir, se planea la instrucción a todo el personal, se hace el rediseño de los puestos de trabajo (si se requiere), y se toman las medidas necesarias para la puesta en marcha del método propuesto.

TABLA 1. Relación de los movimientos elementales de las manos o therbligs (4).

NOMBRE DEL THERBLIG	SIGLA DISTINTIVA
Buscar	B
Seleccionar	S
Coger	C
Transportar vacío	Tv
Transportar con carga	Tc
Sostener	So
Dejar carga	Dc
Poner en posición	PP
Dejar en posición	DP
Inspeccionar	I
Montar	M
Desmontar	D
Utilizar	U
Espera evitable	EI
Espera inevitable	EE
Planear	PI
Descanso para superar fatiga	DF

Estudio de tiempos

El segundo bloque temático que se desarrolla en los T&M es el estudio de tiempos y se considera como la medición del trabajo (4). El estudio de tiempos inicia con la medida del tiempo bruto, el cual no es otra cosa que la determinación del tiempo estrictamente necesario para desarrollar una actividad específica. No todos los operarios reaccionan de la misma manera frente a la observación, cuando se mide el tiempo bruto; por tanto, se hace necesario efectuar una valoración de la actuación, que es el proceso mediante el cual el observador de tiempos compara o valora la actuación de un operario respecto a su propio concepto de actuación normal.

Realizar una valoración consiste en multiplicar el tiempo bruto por un factor preestablecido conforme a la actuación del operario, obteniéndose el valor del tiempo normal. Existen reportados varios métodos de valoración de la actuación, pero el más utilizado es el porcentual (4, 26, 33). No obstante, no se puede esperar que una persona

trabaje todo el día sin ninguna interrupción; el operario podrá gastar cierto tiempo en necesidades personales, en descansar o por razones fuera de su control. Para estas interrupciones en el proceso existen los suplementos, que se pueden clasificar como suplementos por necesidades personales, por fatiga y por esperas.

Existen varios métodos y tablas para determinar los tiempos suplementarios; sin embargo, lo que suele utilizarse es la asignación de un porcentaje del tiempo normal para cada uno de ellos. Todos los suplementos se suman al tiempo normal y se obtiene el Tiempo estándar o Tiempo tipo.

2.2 Aspectos relacionados con la cosecha de café

Cannell y Browing (9), al referirse a la eficiencia en la recolección del café, aseguran que ésta, depende de algunos factores del cultivo (altura de los arbustos, podas, distancias de siembra, etc.) y de la forma como se realiza la recolección. Recomiendan el empleo de lonas, ya que de esta forma se facilita la operación del recolector y se aprovecharía el 10% de los granos que normalmente se pierden al caer naturalmente por sobremaduración o debido a otros factores. Los autores citados registran algunos valores de velocidad de recolección bajo diferentes condiciones de cultivo de café, pero no realizaron análisis económicos.

El Comité de Cafeteros de Caldas (12), presenta una nueva manera de enfrentar los períodos pico de cosecha mediante la denominada "administración de la cosecha de café". Con esta estrategia administrativa se pretende manejar cinco aspectos de importancia en el proceso (pronóstico de la cosecha, bases para determinar el número de pases, costo de la recolección, papel del propietario y concertación de precios entre caficultores). Se reconoce la importancia que tiene el conocimiento del cafetal, el seguimiento de los aspectos fisiológicos y la gestión del propietario en la exitosa planeación de la cosecha. El documento presenta un diagnóstico laboral, social y económico de los recolectores en los períodos "pico" de trabajo. Finalmente se presentan algunas consideraciones económicas tanto en los costos de producción como en la fijación de precios por kilogramo de café cereza recogido. No se registran en este documento casos concretos de utilización de esta propuesta, ni la aceptación que ha tenido entre los caficultores.

Vicente et al. (46), describen una metodología para la recolección, la cual consiste en tender lonas en el suelo y esperar que todos los granos sobremaduros caigan y se sequen. Aseguran que este sistema sólo resulta viable en plantaciones de altos rendimientos y requiere de una alta inversión inicial. La bebida resultante de los granos cosechados de esta manera, equivale a café tipo "Santos" que en el mercado mundial presenta un precio inferior al de cafés suaves lavados.

En la Guía Rural (23), se presentan 6 formas de cosechar el café en Brasil, de las cuales 4 requieren de la mano del hombre para arrancar los frutos del árbol. Se realizan algunas comparaciones económicas entre las metodologías de recolección y se efectúan recomendaciones técnico - económicas para distintos tipos de explotación cafetera en ese país. Las comparaciones entre las máquinas desarrolladas y la actividad manual cobran importancia económica debido a que en esta industria no se tiene en

cuenta la selectividad en las operaciones de cosecha.

Chamorro et al.(15), estudiaron el impacto económico de la recolección manual en el control integrado de la broca. Los resultados muestran un porcentaje de pérdidas de recolección entre el 8 y el 15%. Se citan los trabajos de Bergamin (5), Penagos y Arriaga (36) y Hernández (24), en los cuales se relaciona la disminución del grado de infestación de broca en cafetales, con la recuperación de frutos caídos al suelo y aquellos dejados en el árbol. Registran una disminución de la conversión a café pergamino seco que oscila entre 4 y 14% para frutos recuperados del árbol y recogidos del suelo, respectivamente. El análisis económico muestra que los costos, por repases y recogidas, oscilan entre $16.000 y $153.000 por hectárea por año (valores calculados en pesos de agosto de 1995). No se encontraron diferencias en la calidad de la taza, entre las muestras provenientes de recolección normal y materiales obtenidos por repases y recogidas. No consideran la recolección en cada una de sus partes operacionales sino su periodicidad o número de pases efectuados.

Diferentes estudios realizados a partir de 1856 describen aspectos generales del proceso de la recolección para la caficultura de Cundinamarca, tales como la forma de asignación de surcos a los recolectores, sistemas de pago, tipo de canastos recolectores, sistemas de acarreo o transporte de café cereza, registros de floración, estimación del momento de maduración de frutos, preferencia por sexos, utilización de ambas manos durante el arranque de bayas, logística de la cosecha, número de pesajes durante la jornada, determinación del número de recolectores, entre otros (34, 35, 39, 40). Pese a ser trabajos muy resumidos y narrativos, muestran el interés de los caficultores de la época por conocer los factores que determinan el éxito del proceso de la recolección.

Silva y Rivero (44), realizaron un balance de las investigaciones sobre la cosecha de café entre los principales países productores del grano. Los estudios de disminución de costos de producción muestran que para reducir los costos de la cosecha en Cuba se deben encontrar métodos que permitan aumentar la productividad en la recolección, la que a su vez depende del rendimiento agrícola del cafetal. Los métodos que se han investigado en Cuba incluyen la mecanización, la disminución de los pases de recolección y la aplicación de hormonas para concentrar la maduración. Aseguran que los costos de recolección dependen de la proporción de frutos maduros, rendimientos cereza-oro (equivalente a café pergamino seco), de los frutos del lote y método de beneficio del grano. Determinaron que existe una relación inversa entre el número de recogidas o "pases" y las pérdidas por "goteo" de los frutos maduros.

Los mismos autores presentan el número de recogidas para cosecha selectiva por país productor y muestran que Caro et al. (10), encontraron una correlación inversa significativa ($r = -0,74$) entre el número de recogidas y las pérdidas por goteo de frutos maduros, en cafetales de la variedad Caturra amarilla. Realizaron una pequeña descripción de la actividad de las manos en la recolección de café presentando las observaciones de Silva et al.(42), sobre la productividad de los recolectores que trabajan con distintos recipientes; estudio en el cual se asegura que la productividad en la cosecha

de café en Cuba se aumenta empleando 2 tipos de canastas (yarey de 12,9kg de capacidad y Jabico de yarey de 6,5kg). Hacen comentarios acerca de la cosecha manual de café en Brasil y argumentan que los factores que inciden en el desempeño de los recolectores brasileros son: el rendimiento de las plantaciones y el porte de los cafetos, basándose en registros de literatura (13, 14, 21, 30).

2.3 Optimización de la cosecha en otros productos agroindustriales

Whitney et al.(48), realizaron un estudio sobre la optimización de los factores involucrados en la producción y la cosecha manual de naranjas en la Florida (EE. UU.), con cinco factores de importancia: distancia entre filas, distancia entre plantas, variedad del injerto, variedad del porta injerto y altura del árbol. Establecieron que la cosecha se optimiza a una altura de 3,7m y que el empleo de dispositivos auxiliares se disminuye debido a que, bajo estas condiciones, se incrementó notablemente la producción de fruta. Como ayudas para la recolección se sugiere la utilización de plataformas estacionarias de cosecha pero sólo en distancias entre filas de 4,5m.

Whitney, et al. (49), investigaron los factores del cultivo que intervienen en el rendimiento (kg/h), de los recolectores de naranjas en la Florida. Mediante análisis de regresión los autores logran predecir los rendimientos a partir de la productividad del cultivo (ton/ha), peso promedio de la fruta (g) y la altura de los árboles (m).

Scandaliaris et al. (41), presentan un análisis de los factores que influyen en la eficiencia de la cosecha de la caña de azúcar en Argentina, como base para obtener la máxima rentabilidad y contribuir al mejoramiento de la actividad.

González y Sotolengo (20), realizaron una comparación entre dos sistemas de recolección de caña: corte manual para centros de acopio (campos sin quema) y corte manual con campos quemados. En el estudio encontraron que con el segundo sistema se incrementó el corte en un 39%, se empleó menos mano de obra, se agregó menos cantidad de material extraño, ocurrieron menos pérdidas de caña limpia, se aumentó el aprovechamiento de los equipos y maquinarias y se disminuyó la inversión en un 15%.

Lo anterior muestra cómo algunas prácticas culturales mejoran el rendimiento de la recolección de cosechas y disminuyen los costos, sin alterar la calidad de los productos.

El Ingenio Central Castilla (25), desarrolló un estudio de las técnicas organizacionales que propenden por el ordenamiento de la materia prima, la mano de obra y la maquinaria en su organización cañera. Se muestra la estructura administrativa y los métodos que interactúan alrededor de esa organización agroindustrial. En cuanto a las labores manuales de cosecha presentan cinco factores que influyen en el corte de la caña: nuevas variedades, quema de la caña, herramientas utilizadas, nuevos métodos de corte y capacitación de "corteros". El estudio describe los dos métodos desarrollados (método del sable rojo y método australiano) y los tres tipos de machetes empleados (sable rojo, machete australiano y machete ergonómico).

2.4 Algunos estudios de tiempos y movimientos

Wang (47), realizó un estudio de micromovimientos en la cosecha manual de café en Kona (Hawai). En este estudio se describen 6 micromovimientos básicos o therbligs en el desempeño de las manos, para un ciclo básico al arrancar las cerezas de café del árbol. Finalmente, planteó dos recomendaciones que permiten disminuir los therbligs, con el fin de aumentar los rendimientos de recolección, estos son: la ubicación del recolector por debajo de las ramas del cafeto, con lo que se disminuye el movimiento que transfiere los frutos a la palma de la mano y al canasto, y el uso de visores electrónicos para disminuir el tiempo de selección al arrancar las cerezas maduras.

Moncaleano (31), realizó un estudio de tiempos y métodos en una planta de comercialización de frutas y hortalizas de Andalucía (Valle). Los resultados permitieron distribuir más eficientemente la planta procesadora, organizar los sitios de trabajo, disminuir operaciones innecesarias y establecer los tiempos estandarizados para las labores de adecuación de naranjas en bultos, mandarinas en canastillas y limones en cajas. Adicionalmente, se elaboraron formatos de control, para estandarizar el proceso.

Moreno (32), realizó una descripción detallada del proceso de corte de cuero en la industria del calzado. Este trabajo permitió disminuir el número de operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos dentro del proceso. Propuso modificaciones sobre la distribución en la planta, de la sección de corte. Igualmente se pudo efectuar un análisis detallado de movimientos para 6 puestos de trabajo. En la determinación de los tiempos estándar empleó un 30% como porcentaje de fatiga.

Cabrera y Serwatowski (6), efectuaron un análisis del método general y de las operaciones unitarias que conforman el proceso de la cosecha y empaque de ajo (Allium sativum), en la región de Bajío (México). Para la primera parte del análisis se describieron 7 etapas operativas del método general de la cosecha, con miras a proponer alternativas de mecanización, en las cuales se consumieron aproximadamente 60 jornales/ha/8h, para un rendimiento de 10 toneladas de cabezas de ajo por hectárea. El balance de materia, mostró que el 78% de biomasa proveniente del campo corresponde al producto comercializable. El proceso de empaque debe seguir 5 operaciones unitarias. El trabajo permitió formular una serie de recomendaciones operativas con las cuales se persiguió aumentar la rentabilidad y disminuir los costos de producción.

Potts, et al. (37) realizaron un estudio de métodos para el sistema de podas en plantaciones de pinos douglas (Pseudotsuga menzeisii). Analizando aspectos ergonómicos relacionados con los sitios de trabajo, describieron las herramientas e hicieron un estudio económico.

2.5 Desarrollo de dispositivos para asistir e incrementar los rendimientos operativos de la recolección del café

En Puerto Rico, Cambrony (8), propuso la utilización de "cintas" de recolección con

el objeto de dejar libres las manos del operario. Goyal y Rivera (22), registraron el diseño y la evaluación de un dispositivo en forma de tornillo sinfín para arrancar y recolectar las cerezas; el dispositivo presentó muy baja selectividad. Kratky y Fornof (27), diseñaron un dispositivo recogedor en forma de cuchara, con el cual obtuvieron rendimientos de 295 a 390g de café en cereza (cc) por minuto (164kg cc/día), pero con un incremento del 42% de frutos verdes. Eschenwald (18), desarrolló un dispositivo con embudo colector y canasta almacenadora que eliminaba varios therbligs, con lo cual se espera aumentar en un 33% la recolección de cerezas; infortunadamente en el estudio no se presentan las evaluaciones realizadas al dispositivo ni los resultados alcanzados.

En Francia, Barel (3), hizo un diagnóstico económico de la cosecha de café en los países productores del grano y estimó que con una pistola neumática era posible reducir los costos de la cosecha en un 25%.

En Colombia, Chamorro y Oliveros (16), registraron los resultados de las evaluaciones realizadas en Cenicafé sobre dos dispositivos para asistir la cosecha: la "manga centroamericana" y la bolsa "Dixie bag" (17). La "manga centroamericana" resultó ser un 30% ineficiente respecto al método tradicional y con ella se recolectó un 6% más de granos verdes en las muestras cosechadas. Con dicha bolsa, López et al. (29) encontraron disminuciones del 20% en el rendimiento de la recolección y también, que se generó una actitud adversa en los recolectores debido a su utilización. Cadena (7), desarrolló un dispositivo que facilita la labor de recolección de café, al cual denominó "tragacafé". El implemento consta de dos mangueras adaptadas a las manos del recolector, ubicadas con el propósito de disminuir algunos movimientos básicos de las manos en la operación de arranque de los frutos del árbol. Pese a las numerosas ventajas presentadas por el autor para sustentar el "tragacafé", Álvarez (2), al realizar una evaluación en campo con el dispositivo, concluyó que éste no aumenta los rendimientos de la recolección, induce fatiga prematura en los operarios e incrementa el número de granos caídos durante la cosecha.

2.6 Estudios ergonómicos realizados en actividades agrícolas de recolección

En los Estados Unidos, Conlan et al. (12) realizaron estudios ergonómicos sobre el desempeño de trabajadores en la cosecha de cítricos. El estudio se basó en la legislación norteamericana sobre los esfuerzos máximos permitidos en la articulación L5/S1.

Analizando las tres posiciones típicas de los cosechadores de cítricos, en la Florida, se recomendó el rediseño de algunos aspectos del sistema de cosecha con el fin de que los esfuerzos no excedieran los límites industriales establecidos.

Ghiberti (19), en Colombia, presentó un amplio estudio ergonómico de las actividades cafeteras en Cundinamarca, en el cual se determinaron las fuerzas máximas permisibles para varias actividades de la producción del grano. Propuso 9 diseños ergonómicos de herramientas comunes en las fincas cafeteras, realizando un estudio antropométrico del trabajador cafetero de Cundinamarca. Con base en ello, elaboró un modelo que buscaba la optimización del tiempo dedicado a cada herramienta en un ciclo de trabajo, teniendo en cuenta además, las restricciones de capital en las fincas.

En Argentina, Leveroni, et al. (28), presentaron los resultados experimentales del consumo energético indirecto de los trabajadores en la zafra de la caña. Estos costos se determinaron mediante curvas de consumo de oxígeno para diferentes actividades de ese proceso. Los registros experimentales muestran que el consumo de energía depende, principalmente, de la duración de la tarea y no de su intensidad.

En Nigeria, Aiyelari y Utuyorume (1), realizaron una evaluación ergonómica de dos métodos de cosecha manual del fríjol cowpea (Vigna unguiculata, L Walp), el arranque de las vainas en el campo y el arranque de la planta con posterior desprendimiento de las vainas, y dos tipos de desvainado (manual y mecánico), en tres individuos nigerianos. Las variables medidas fueron la presión arterial, el ritmo cardiaco, la temperatura corporal, y 5 medidas antropométricas con los cuales se evaluó la dinámica postural de las labores estudiadas. Para los dos métodos de cosecha y desvaine se establecieron los menores consumos energéticos para los tres operarios, con lo cual se procedió a la selección de los mejores métodos. Los menores consumos de energía para la cosecha manual fueron de 1,7kJ/min, mientras que para el desvaine mecánico fueron de 2,1kJ/min. Por la misma naturaleza del experimento, los autores no realizan un estudio de fatigabilidad, ni tampoco analizaron la dinámica fisiológica de las variables estudiadas durante la actividad laboral. Estos estudios muestran que es posible seleccionar métodos de trabajo mediante el estudio de la dinámica fisiológica de los operarios.

2.7 Aspectos socioeconómicos y culturales que influyen en la recolección del café

Ramírez (38), efectuó un completo análisis socioeconómico, laboral, histórico y cultural de los llamados "andariegos". Realizó un diagnóstico de las condiciones de trabajo, sus ingresos económicos, su procedencia, la especialidad de su labor y su tendencia a desaparecer. Muestra la importancia que tiene para la actividad cafetera y algodonera esta franja poblacional, pues representa mano de obra experimentada pero inestable. En el estudio se muestra el perfil sicológico y social de esta población nómada de difícil manejo. El documento explica la existencia de los trabajadores andariegos centrándose en su trabajo, como núcleo de los análisis socioeconómicos en la sociedad capitalista.

Tobasura y Restrepo (45), presentan los resultados de

una encuesta realizada a los recolectores de café durante la cosecha de 1988 en el municipio de Chinchiná. Encontraron una escasa participación femenina y se establece que las edades de los recolectores oscilan entre 16 y 40 años. La mayoría son solteros y el 83% son alfabetos. El 44% provienen de los departamentos de Caldas, Valle, Tolima, Risaralda, Quindío y Cauca y la principal motivación para la migración es la económica y, en menor proporción, buscar nuevos horizontes y aventurar. Los recolectores son en su mayoría jornaleros agrícolas y no poseen tierras para explotar, motivo por el cual se presentan grandes tendencias a la trashumancia. El 29% se dedican a actividades distintas a la recolección durante los períodos sin cosecha como las artesanías, la construcción, y las ventas; algunos son estudiantes.

Por ser solteros la mayoría se desplazan solos. El 20% lo hacen con sus familias. Su ingreso mensual corresponde al 94% del salario mínimo vigente para esa época, monto que se afecta por el pago de gariteros (servidor de comidas), celador (vigilante que previene robos de café antes del pesaje) y por los descuentos realizados por el saco o "estopa" que representa hasta dos kilos diarios.

Los recolectores encuestados destinan el 63% de sus ingresos a la subsistencia familiar y personal, y cerca de una cuarta parte de ellos invierte alguna proporción de sus ingresos en droga, alcohol y prostitución. Se afirma que el recolector no presenta estabilidad laboral y es muy común el maltrato por parte de administradores y propietarios.

La mayoría trabajan de 10 a 12 horas diarias, lo que además de sus bajos excedentes salariales (fruto de las deducciones personales), hace pensar al 39% de los entrevistados que su trabajo es mal remunerado. Los principales problemas encontrados son: la drogadicción, el robo, las riñas, maltrato laboral, alergias, gripa, enfermedades respiratorias, adulteración de básculas, mala alimentación y pésimas condiciones en los cuarteles. Destacan el funcionamiento del Centro de Servicios para el Trabajador Cafetero que presta 12 diferentes servicios a los recolectores en este municipio caldense. Afirman que durante la cosecha de 1988, se registraron en el área, alzas hasta del 100%, especialmente en servicios de restaurantes y hospedajes.

3. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES OPERATIVAS PARA EVALUAR EL PROCESO

Para estudiar un proceso, cualquiera que este sea, es necesario identificar las variables que permiten analizarlo científicamente. Conforme a lo anterior, se procedió a realizar un experimento para establecer las variables que mejor describen la actividad de la recolección.

3.1 Metodología

En la Estación Central Naranjal de Cenicafé en Chinchiná, Caldas y las Subestaciones de experimentación La Catalina (Pereira, Risaralda), Santa Bárbara (Sasaima, Cundinamarca) y El Tambo (El Tambo, Cauca), se tomaron lotes de 1ha, sembrados con café variedad Colombia en cuarta cosecha. Los lotes se seleccionaron de acuerdo a la condición topográfica (plana: entre 0 y 20% y muy ondulada: mayor del 30%), y a las densidades de siembra (10.000, 7.500 y 5.000 plantas por hectárea). Para la actividad de la recolección, cada lote fue asignado a 5 operarios (cosecheros), quienes a su vez constituyeron las unidades de observación. Dentro de cada subestación los recolectores fueron seleccionados al azar por el patrón de corte. En total se tuvieron 25 operarios, quienes a su vez, repitieron la labor de cosecha 18 veces, donde la repetición consistió en la jornada de trabajo.

Los datos registrados por unidad de observación, en

cada repetición y parcela asignada (0,25ha por recolector), correspondieron a: número de frutos verdes, pintones y maduros presentes, antes de la recolección; recorrido (REC), expresado en metros caminados por recolector; tiempo de la operación (TOP), expresado en horas; número de plantas cosechadas (NPLANC); kilos de café cosechado (KCOS); y porcentaje de frutos verdes, pintones, maduros, guayabas, e impurezas en el café cosechado (PVC, PPC, PMC, PGC PIC, respectivamente).

Con esta información se obtuvieron las variables rendimiento operativo (REND), expresado en kilogramos cosechados por hora; tiempo invertido en la recolección por planta (TPLAN) y porcentaje de frutos verdes, pintones y maduros desprendidos del árbol (PVD, PPD, PMD, respectivamente).

Para la determinación del número de frutos antes de la operación de cosecha (frutos por recolectar), se registró el total de frutos verdes, pintones y maduros, en cinco árboles seleccionados aleatoriamente por parcela. Con esta información y con el registro del número total de árboles por parcela, se estimó, por unidad de observación y repetición, el total de frutos maduros por recolectar, a través del estimador total poblacional.

Para la determinación del recorrido por operario se empleó un odómetro adaptado a un monociclo (Figura 3). La distancia recorrida por cada recolector se determinó siguiendo con el monociclo la trayectoria de cada uno de ellos durante el proceso, realizando las lecturas directamente en el odómetro correspondiente a cada operario.

Al final de la jornada se registró, para cada operario, el peso de los frutos recolectados y se tomó una muestra aproximadamente de un kilogramo (tomando los frutos directamente del costal), para obtener el porcentaje (base en peso), de frutos verdes, maduros, pintones, guayabas, además de hojas e impurezas.
El rendimiento operativo se obtuvo como el cociente entre los kilos de café recolectados por operario y el tiempo total de la operación.

Con la información obtenida se hizo un análisis multivariado de componentes principales, con el fin de establecer las variables con mayor peso en la variación total del proceso.
Aquellas variables que tuvieron mayor peso se seleccionaron para representar el balance operativo de la cosecha manual del café.

Figura 3. Monociclo con odómetro para la determinación del recorrido total por recolector

Con el desarrollo de la metodología descrita, a través de la observación y de la toma de información, se establecieron los diagramas del proceso y el flujo operativo del proceso de la recolección manual del café (Figuras 4 y 5).

3.2 Resultados

En la Tabla 2 se muestran los promedios y la variación por unidad de observación para las variables descritas.

El análisis multivariado mostró el siguiente orden de importancia, de las variables estudiadas:

- Porcentaje de frutos maduros cosechados (PMC)
- Porcentaje de frutos verdes cosechados (PVC)
- Porcentaje de frutos pintones y maduros cosechados (PPMC)
- Porcentaje de frutos pintones desprendidos del árbol (PPD)
- Recorrido (REC)
- Rendimiento (REND)
- Tiempo de la operación (TOP)
- Porcentaje de frutos maduros desprendidos del árbol (PMD)
- Porcentaje de frutos verdes desprendidos del árbol (PVD)

TABLA 2. Promedios de las variables involucradas en las pruebas iniciales.

VARIABLE	PENDIENTE											
	Menor de 20%						Mayor de 30%					
	DENSIDAD DE SIEMBRA						DENSIDAD DE SIEMBRA					
	10000 pln/ha		7500p pln/ha		5000 pln/ha		10000 pln/ha		7500 pln/ha		5000 pln/ha	
	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)
REND	13,63	22,19	12,94	22,35	18,14	9,54	22,25	48,29	14,44	21,95	21,61	20,4
TOP	6,83	27,54	3,75	15,86	6,03	22,72	4,63	33,87	5,65	23,27	4,28,	26,66
REC	12,33	38,28	7,2	31,14	10,23	33,58	15,33	50,66	10,7	49,57	8,23	26,19
PVD	2,48	71,68	1,32	78,45	10,97	87,31	2,63	121,09	1,87	81,64	4,69	40,2
PPD	80,65	16,60	83,62	11,96	76,38	11,85	84,87	12,67	80,45	23,86	67,22	20,20
PMD	92,62	8,82	91,11	6,51	81,61	11,31	92,94	5,97	90,96	7,60	85,69	8,40
PVC	3,27	46,13	2,47	48,57	2,95	63,43	1,35	58,00	2,17	53,00	1,73	56,53
PPC	16,34	60,32	8,29	16,83	7,80	19,66	6,11	37,54	6,41	56,41	8,11	47,31
PMC	72,92	16,00	83,13	5,69	87,66	2,08	87,19	6,40	85,77	4,99	84,24	5,24
PGC	6,52	76,37	2,17	54,55	1,53	36,55	2,08	65,26	2,29	69,29	5,35	99,93
PIC	0,94	75,22	3,94	76,71	1,64	61,00	3,27	66,18	3,34	88,22	0,56	142,25

Las tres primeras variables (PMC, PVC Y PPMC), en su conjunto representan la calidad del proceso. Señalan cómo es la masa final recolectada, de tal manera que si en ella hay una alta proporción de frutos maduros (lo deseable), la proporción de frutos pintones y verdes es menor, y a mayor proporción de frutos maduros en la masa cosechada mejor es la calidad en taza; por tanto, se procedió a seleccionar el porcentaje de frutos maduros recolectados como la variable para describir el indicador de la calidad del proceso.

El segundo grupo está conformado por las variables REC, REND Y TOP, las cuales representan aspectos de eficiencia del proceso, es decir, qué tan rápido se desarrolla la actividad. Ya que el tiempo de la operación (TOP), está involucrado en la obtención del rendimiento (REND) y que el recorrido (REC) no es la variable que describe la operación de la recolección como tal, se seleccionó el rendimiento como la variable que describe el indicador de eficiencia.

El último grupo de la clasificación de variables está conformado por la proporción de frutos maduros y verdes desprendidos de los árboles (PMD y PVD, respectivamente), los cuales representan, en su conjunto, aspectos relacionados con la eficacia del proceso, es decir, qué tan bien fue desarrollada la actividad. De estas dos variables se seleccionó el porcentaje de frutos maduros desprendidos del árbol (PMD), para describir el indicador de eficacia, ya que lo deseable en el proceso es desprender, en lo posible, la totalidad de los frutos maduros.

Una vez identificadas las variables que describen los indicadores de Calidad, Eficiencia y Eficacia, se procedió a representar esquemáticamente el proceso de la recolección manual del café (Figura 4). Este diagrama representa los factores que al relacionarse entre sí, mediante un método específico, conforman el proceso. Al proceso ingresan, por una parte, los frutos verdes, maduros y pintones presentes en las plantas y por la otra, los recolectores sin frutos. Del proceso salen los recolectores con frutos maduros (en mayor proporción), pintones y verdes desprendidos, y por otro lado quedan los árboles con los frutos verdes (en mayor proporción), maduros y

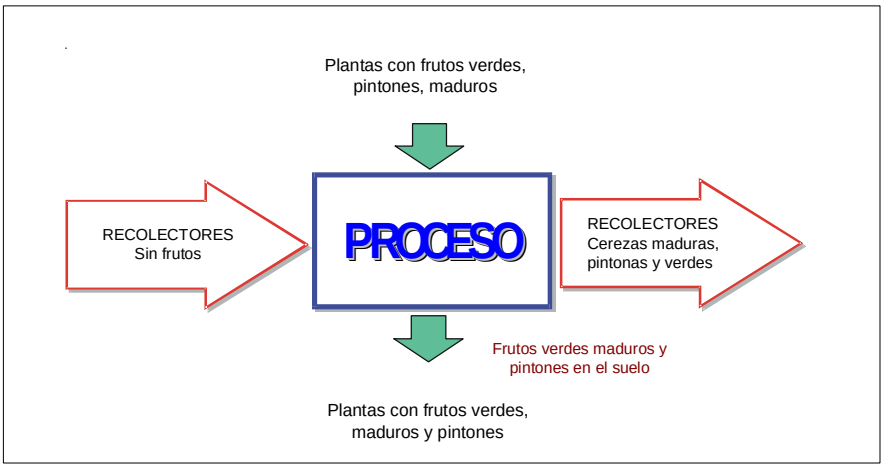


Figura 4. Diagrama del proceso de recolección del café en Colombia

pintones después de la actividad, así como también los frutos verdes, maduros y pintones dejados en el suelo.

El anterior diagrama permite ubicar las variables antes mencionadas y además, presenta un grupo de variables que indican las pérdidas del proceso, tales como: porcentaje de frutos verdes, pintones y maduros dejados en el suelo.

Además, del diagrama del proceso de la recolección, se representó el balance de materia (frutos), de las actividades (Figura 5). En el diagrama de balance de materia, el rectángulo central representa el método empleado por el recolector y las flechas indican las rutas de los frutos involucrados en el proceso. Las flechas que salen del rectángulo están asociadas con los indicadores de Calidad, Eficacia y Pérdidas, mientras que el indicador de Eficiencia se representa en forma global dentro del método.

En resumen, los cuatro indicadores se relacionan entre sí y el entendimiento de esta relación permite definir las mejores condiciones operativas para la actividad de la cosecha, de tal manera, que no necesariamente los recolectores más eficientes son los más eficaces, los que entregan un café de la mejor calidad o los que dejan menos café en el suelo. Una buena recolección es la que concilia estos cuatro indicadores y permite una optimización de todos los recursos involucrados en ella.

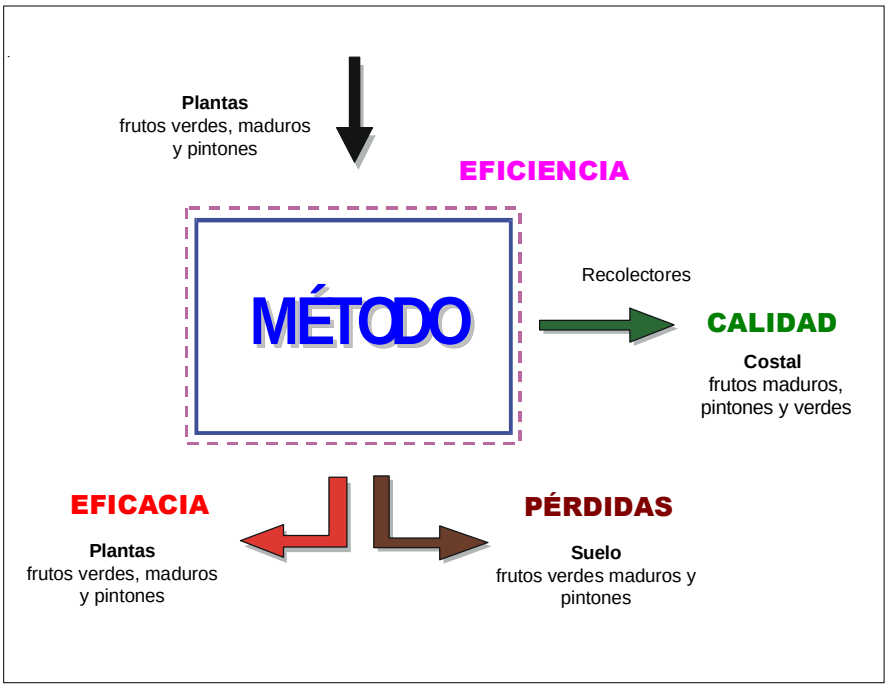


Figura 5. Representación del balance de materia del proceso de recolección manual del café

4. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PENDIENTE Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL PROCESO DE LA RECOLECCIÓN

En el mundo se han realizado estudios tendientes a determinar los factores que influyen en la cosecha de algunos productos agrícolas, como se describe en el marco teórico.

En este trabajo, una vez identificadas las variables que describen el proceso, se procedió a evaluar el efecto de la pendiente y la densidad de siembra en la operación de la recolección del café. La Figura 6 muestra un diagrama de Espina de Pescado, que ilustra sobre algunos factores que pueden influir, positiva o negativamente en el desempeño del operario, evaluado éste mediante la dinámica de los indicadores de la actividad.

Como se aprecia en este diagrama, hay cuatro factores que influyen en los indicadores del proceso[1], los cuales a su vez, se encuentran determinados por otros factores que los definen. El conocimiento de la relación entre estos factores permite, entre otras cosas, formular recomendaciones para el correcto desempeño de los recolectores en cada condición, al igual que plantear tablas de tiempo que se ajusten, lo máximo posible, a la realidad del proceso. Debido a lo anterior, se evaluó el efecto de la pendiente y la densidad de siembra en los indicadores de la actividad como los primeros factores que pueden afectar el proceso.

1 Esto no indica que no existan otros factores que los afecten.

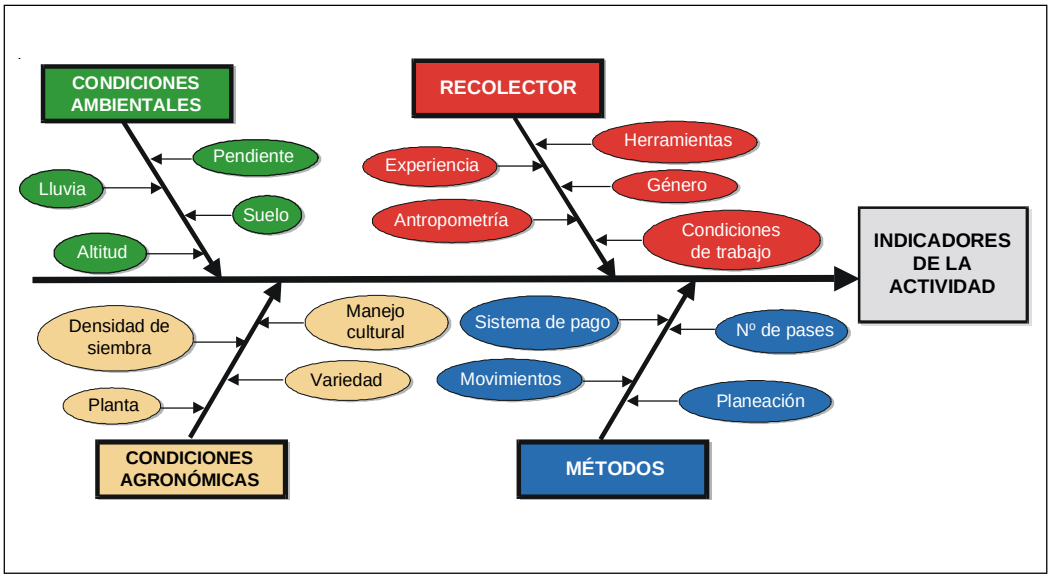


Figura 6. Diagrama de Espina de Pescado para la actividad de la recolección manual de café.

4.1 Metodología

Para determinar el efecto de la pendiente y la densidad de siembra en el proceso de la recolección manual del café, en la Subestación experimental La Catalina (Pereira), se seleccionaron lotes con dos tipos de pendientes (menores de 8,5% y entre 23 y 70%) y por cada tipo de pendiente, dos grupos de densidades de siembra (menores de 6.960 y mayores o iguales a 10.000 plantas por hectárea). En cada lote trabajaron 7 operarios que fueron asignados aleatoriamente a una séptima parte del lote. Cada operario conformó la unidad de observación y se estableció como repetición la jornada de trabajo. Cada operario realizó 5 repeticiones por cada tipo de pendiente y grupo de densidad.

A cada recolector, en todas y cada una de las repeticiones, se le registró la siguiente información: total de árboles cosechados, rendimiento operativo, porcentaje de frutos maduros desprendidos, porcentaje de frutos maduros en la masa cosechada y porcentaje de frutos dejados en el suelo. Una vez terminada su labor de recolección, se retiraron los frutos maduros dejados en el árbol y se obtuvo el peso de los frutos maduros que inicialmente podrían ser cosechados.

Con la información obtenida, se realizó el siguiente análisis:

1. Relación lineal simple entre el rendimiento operativo, proporción de frutos maduros retirados, proporción de frutos maduros en la masa cosechada y proporción de frutos dejados en el suelo, con la variable peso de frutos maduros iniciales para ser recolectados.

2. Prueba de comparación múltiple de Duncan al nivel del 5%, para comparar los operarios

en los promedios de las variables: peso de frutos maduros por recolectar, porcentaje de frutos maduros desprendidos (PMD), rendimiento operativo (REND), porcentaje de frutos maduros en la masa cosechada (PMC) y porcentaje de frutos maduros dejados en el suelo (PFS).

3. Una vez corroborado que los operarios fueron operativamente iguales en el proceso, se evaluó el efecto de la pendiente y la densidad de siembra bajo un análisis de varianza de una vía, en arreglo factorial 2x2.

4. Prueba de t al nivel del 5%, para comparar los promedios de las variables citadas, cuando la interacción no fue significativa y hubo efecto de los factores por separado.

4.2 Resultados

Las únicas relaciones significativas, al nivel del 5% (coeficiente de correlación y coeficiente de regresión estadísticamente diferentes de cero), fueron el rendimiento operativo y el porcentaje de frutos maduros en la masa cosechada, con la variable frutos maduros por recolectar. Este resultado implica que, de las variables para describir el proceso de recolección, sólo el rendimiento operativo y el porcentaje de frutos maduros en la masa cosechada dependen de los frutos maduros disponibles para ser recolectados. Por tanto, se recomienda que para los análisis del proceso de recolección que involucren estas dos variables debe tenerse en cuenta como covariable, los frutos maduros por recolectar.

La prueba de comparación múltiple de Duncan no mostró diferencias entre operarios en las variables seleccionadas para describir el proceso de la recolección (Tabla 3). Los promedios para las variables rendimiento operativo y porcentaje de frutos maduros en la masa cosechada fueron corregidos por la covariable frutos maduros por cosechar (Tabla 4), y la prueba de comparación, bajo este

TABLA 3. Promedios y variación por recolector, de las variables que describen su actividad en el proceso de la cosecha manual del café.

OPERARIO	PMD Eficacia		REND Eficiencia		PMC Calidad		PFS Pérdidas	
	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)
OP-1	96,70a*	1,75	13,86a	21,8	75,96a	7,32	2,89a	47,15
OP-2	95,93a	2,48	13,02a	31,82	76,95a	5,21	2,62a	66,87
OP-3	96,70a	2,19	9,32a	28,98	73,9a	5,83	2,27a	46,32
OP-4	97,04a	1,89	11,79a	32,47	72,02a	10,49	2,0a	51,45
OP-5	96,00a	2,64	9,83a	26,36	72,14a	7,73	2,08a	71,57
OP-6	97,18a	1,45	8,68a	36,99	68,7a	9,77	2,09a	61,3
OP-7	94,68a	4,45	6,47a	17,37	69,06a	5,45	2,89a	55,95

* Promedios seguidos por la misma letra no presentan diferencia estadística significativa. Duncan al 5%.

TABLA 4. Promedios corregidos por la variable frutos maduros por cosechar para el REND y PMC por operario.

OPERARIO	REND Eficiencia		PMC Calidad	
	Promedio Corregido	Error Estándar	Promedio Corregido	Error Estándar
OP-1	11,25	0,61	72,71	1,60
OP-2	10,47	0,43	73,71	1,14
OP-3	10,72	0,41	75,66	1,08
OP-4	11,19	0,40	71,28	1,06
OP-5	11,10	0,46	73,73	1,22
OP-6	10,75	0,56	71,27	1,49
OP-7	10,51	0,87	74,10	2,28

análisis, corroboró la igualdad de los operarios.

Una vez verificado que los operarios eran iguales en los promedios de las variables que describen el proceso, se procedió a evaluar el efecto de la pendiente y la densidad en la operación de la recolección.

Para la proporción de frutos maduros desprendidos (eficacia), el análisis de varianza al 5% no mostró efecto de la interacción, pendiente X densidad, pero si mostró efecto de la pendiente. La prueba de comparación de t, mostró diferencias a favor de aquellas menores del 10% (Tabla 5), es decir, que en pendientes menores al 10% el operario desprende una mayor proporción de frutos maduros, que en pendientes mayores que éstas.

El análisis de varianza para la variable proporción de frutos dejados en el suelo (pérdidas), no mostró efecto de la interacción, ni de los factores por separado.

Para el rendimiento operativo (eficiencia), el análisis de covarianza no mostró efecto de la interacción pendiente X densidad, pero si mostró efecto de la pendiente, y la prueba de comparación de promedios asociada a este análisis mostró diferencias a favor de aquellas entre 23 y 70% (Tabla 5). Lo anterior implica, que si bien es cierto, en pendientes entre el 23 y 70% el operario recoge más frutos por hora, no efectúa la mejor remoción de ellos, es decir, no necesariamente un operario eficiente es el más eficaz.

Para la variable proporción de maduros en la masa cosechada (calidad), el análisis de covarianza al 5% no mostró efecto de la interacción, ni de los factores por separado (Tabla 5). Los anteriores resultados muestran que en el desempeño de los recolectores influye la pendiente, mas no la densidad de siembra.

TABLA 5. Resultados del desempeño de los recolectores por grupos de pendiente y densidad.

PENDIENTE	CALIDAD				EFICIENCIA				EFICACIA				PÉRDIDAS			
	menor al 10%		entre 23 y 70%		menor al 10%		entre 23 y 70%		menor al 10%		entre 23 y 70%		menor al 10%		entre 23 y 70%	
DENSIDAD	$\bar{X}$	EE	$\bar{X}$	EE	$\bar{X}$	EE	$\bar{X}$	EE	$\bar{X}$	EE	$\bar{X}$	EE	$\bar{X}$	EE	$\bar{X}$	EE
menores a 6.960	74,46	0,97	74,11	0,56	10,53	0,45	11,68	0,26	97,11	0,37	96,33	0,39	3,01	0,6	2,56	0,17
mayores a 10.000	70,28	2,4	71,62	1,85	9,9	0,3	9,44	0,23	97,25	0,36	95,6	0,47	3,16	0,57	4,43	0,55
Promedio por grupo de pendiente	72,85a	0,93	73,21a	0,7	10,16b	0,32	11,14a	0,24	97,17a	0,26	96,17b	0,32	3,07a	0,42	3,03a	0,21

$\bar{x}$ = Promedio EE = Error estándar

* Promedios con letras iguales no presentan diferencias estadísticas, según prueba de t al 5%.

5. ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

En esta investigación, el estudio de movimientos se desarrolló en dos etapas: el estudio de métodos y el estudio de micromovimientos.

5.1 Estudio de métodos

Para el estudio se definieron el flujo operativo de las operaciones unitarias que ocurren en una jornada de trabajo y la descripción de los movimientos de los recolectores en el lote de trabajo.

5.1.1 Metodología

Para el establecimiento del flujo operativo del proceso se observó al grupo de recolectores que laboraba en parcelas comerciales, de la subestación experimental de Cenicafé, La Catalina (Pereira). Se hizo una descripción detallada de las operaciones sucedidas durante la jornada de trabajo para establecer el diagrama de flujo de la operación global.

Simultáneamente con las pruebas indicadas en la metodología descrita en el Capítulo 4, se realizaron observaciones adicionales en la Estación Central Naranjal (Chinchiná) y en las subestaciones experimentales de Santa Bárbara (Sasaima) y El Tambo (Cauca), para establecer la dinámica de los recolectores en el lote de trabajo, así como también, cuantificar la duración de las operaciones unitarias sucedidas.

Para identificar la preferencia de desplazamiento, se asignó a un grupo de 8 recolectores una parcela específica y se les dejó en libertad de movimientos para el proceso de recolección.

5.1.2 Resultados

En la Figura 7 se presenta la secuencia de las operaciones unitarias observadas. En la Tabla 6 se describe cada una de ellas.

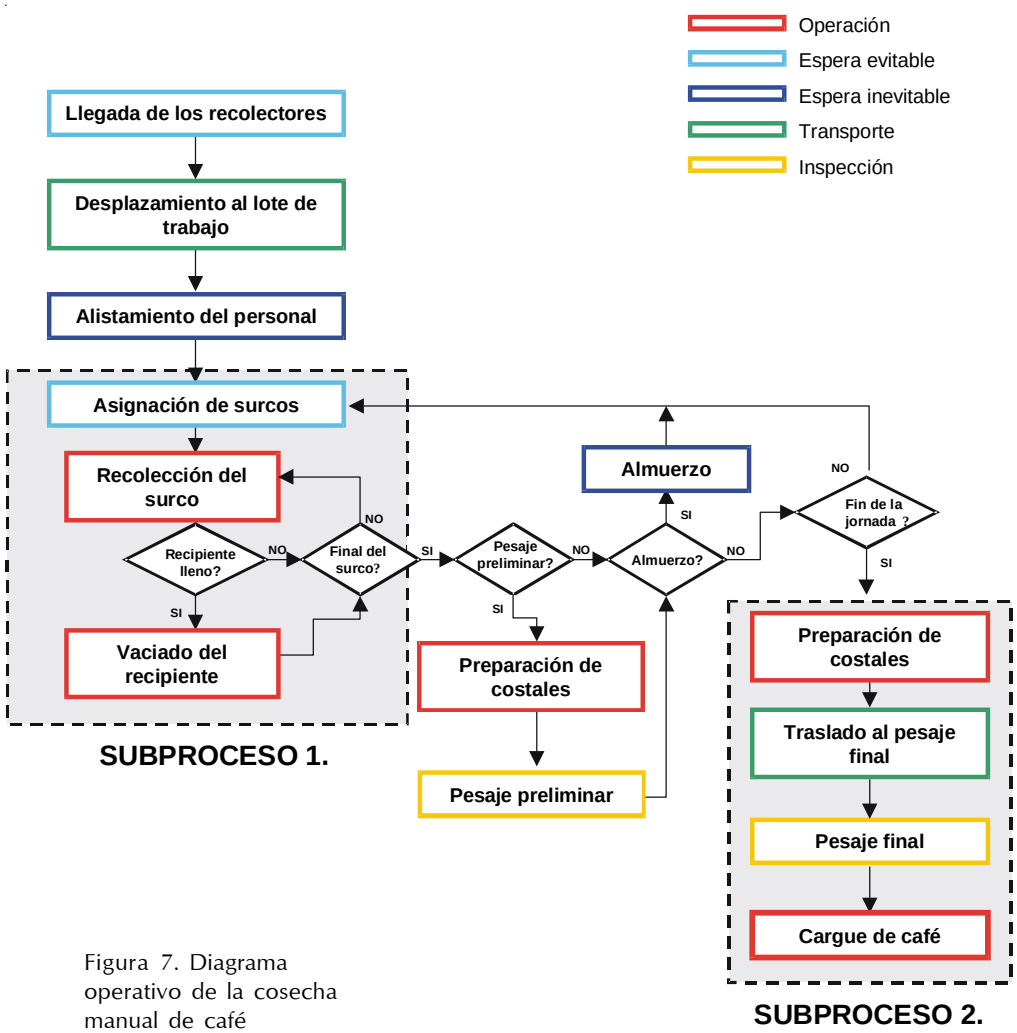


Figura 7. Diagrama operativo de la cosecha manual de café

TABLA 6. Operaciones unitarias observadas en la cosecha manual del café (Figura 7).

- La llegada de los recolectores es una actividad en la cual los operarios se reúnen en un lugar específico para recibir las instrucciones del patrón de corte (supervisor de campo). Esta actividad es de tipo espera evitable y su duración puede depender de la planeación del trabajo.

- A los lotes se accede caminando cuando están cerca del punto de encuentro, o en algún vehículo, en caso de encontrarse lejos del lote por recolectar. La ubicación de los recolectores en el lote a trabajar, es una tarea de tipo transporte y puede depender de la distancia entre el lote de trabajo y el punto de encuentro, de la motivación de los recolectores (en caso de que el desplazamiento sea caminando), o del medio de transporte que se emplee para el desplazamiento.

- Una vez en el lote, se realiza el alistamiento del personal ,esto es, los recolectores se sujetan el recipiente plástico a sus cinturas, protegen los alimentos de la intemperie, se ponen trajes plásticos para protegerse de la humedad de la mañana y alistan e intercambian costales y cuerdas de amarre. Es una actividad de naturaleza espera inevitable y puede depender de la rapidez de cada operario para alistarse.

- La asignación del "tajo" o surco por cosechar, es una actividad de carácter espera evitable; su duración puede ser corta puesto que los surcos son asignados por el patrón de corte, conforme a su experiencia y habilidad.

- Es posible que la recolección del "tajo" o surco, dependa de varios factores, entre ellos, la habilidad del recolector, el grado de maduración de los frutos del lote, la altura del árbol, la densidad del cultivo, la pendiente del terreno, la variedad de cafeto, la forma de recolección, la motivación de los recolectores, los factores ambientales y el nivel de fatiga del operario. Esta es una actividad de naturaleza operativa. En esta actividad se incluye la recogida de los frutos del suelo, bien sea, por iniciativa propia o por indicación del patrón de corte.

- El vaciado del "coco", se lleva a cabo cada vez que el recolector completa la capacidad del recipiente plástico utilizado; el tiempo que invierte el recolector en esta actividad puede depender de la distancia que exista entre el final del surco y el costal de vaciado, de la capacidad del recipiente y de la habilidad del recolector para realizar esta tarea. Esta es una actividad operativa.

- Al preparar los costales los recolectores completan la capacidad máxima de dichos empaques, los cosen en el extremo libre y los agrupan para luego esperar a que sean pesados. La actividad es de carácter operativo.

- El pesaje preliminar es realizado al medio día (en ocasiones se sigue una dinámica de colas), la duración de esta tarea puede depender de la distancia hasta el lugar de pesaje, del peso acarreado, de la habilidad del patrón de corte para atender la cola, de la fatiga y motivación de todo el personal. Este registro se hace en el campo mediante la utilización de balanzas análogas "tipo reloj" y generalmente se descuenta del registro el peso del "coco", costal o "estopa" utilizada para el pesaje. Es una actividad de inspección.

- El traslado hasta el lugar del pesaje final se realiza caminando o en vehículo; la duración de esta actividad puede depender de la distancia entre el lote y el punto de pesaje, de la carga cosechada y del nivel de fatiga de los operarios. Es una actividad de transporte, sin embargo, en ocasiones los recolectores deben esperar la llegada de vehículos, por lo cual, se puede tornar en una actividad mixta, identificándose en ella características de espera evitable.

- El pesaje final se realiza al final de la jornada en un lugar común provisto de báscula. La operación se realiza de acuerdo al orden de llegada de los operarios (dinámica de colas). La duración depende de la habilidad del registrador y la pericia de los recolectores para manipular su carga. Esta es una actividad de inspección.

- El café se deposita en la tolva para su posterior beneficio o se arruma en un vehículo que lo transporta al beneficiadero. Esta operación (cargue del café), generalmente se lleva a cabo simultáneamente con el pesaje final y su duración puede depender de la carga cosechada, de la fatiga de los operarios y de la velocidad de pesaje, es decir, que en esta actividad se reúnen características de operación, transporte y espera evitable.

Durante las operaciones de recolección en el surco, vaciado del recipiente y preparación de costales, los recolectores pueden realizar una limpieza del material recolectado, lo cual consiste en retirar las hojas y los frutos verdes presentes en el recipiente o en el costal.

En la Figura 8 se ilustra la secuencia de las operaciones unitarias del subproceso 1 (Figura 7).

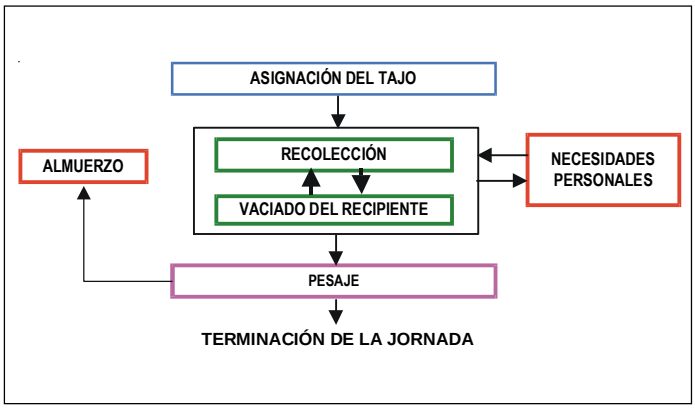


Figura 8. Diagrama operativo de las pruebas de recolección del café en el campo.

El análisis de métodos para este subproceso señala una actividad de tipo espera evitable (asignación del surco), actividad que para el caso del proceso tradicional no se puede suprimir, pero sí disminuir su participación; dos actividades de carácter espera inevitable (necesidades personales y almuerzo) y una actividad de tipo inspección (pesaje, que en algunos casos se presenta al medio día y al final de la jornada). Es posible lograr disminuir la participación del pesaje en el conjunto de actividades, es decir, se debe estudiar la posibilidad de manejar grandes volúmenes de café al final de la jornada. Las únicas actividades de carácter operativo propiamente dicho, son la recolección y el vaciado del recipiente. La primera se estudiará más detalladamente cuando se analicen los micromovimientos (numeral 5.2.)

La duración de las pruebas fue de 4,9 ± 1,1 horas, en promedio. La Tabla 7 muestra la proporción del tiempo de cada actividad descrita en el diagrama de la Figura 8, con respecto al tiempo total.

Es de resaltar la gran proporción de tiempo que se dedica a la recolección, lo cual se explica sólo por el sistema de pago, ya que el operario debe dedicar el mayor tiempo posible a esta actividad con el objetivo de tener mayor cantidad de frutos recolectados al final de la jornada.

TABLA 7. Intervalos de confianza al 5% para la proporción media del tiempo de las operaciones unitarias del proceso de recolección en el lote.

ACTIVIDAD	PROPORCIÓN DE TIEMPO		
	Límite Inferior	$\overline{X}$	Límite Superior
Asignación de surcos	0,37	0,6	0,77
Recolección	86,41	88,1	89,77
Vaciado del recipiente	5,05	5,8	6,64
Alimentación	4,08	5,5	7,07

* Intervalos de confianza según prueba de t al 5%

Los desplazamientos globales de los recolectores en el lote de trabajo se presentan gráficamente en la Figura 9. A este método de distribución en el lote se le denominó método tradicional o del banderín. Con éste, el patrón de corte (supervisor de campo) asigna al grupo de recolectores, en forma ordenada, los primeros surcos del lote y clava un banderín en el surco contiguo al último asignado, de tal manera que el operario que finalice la recolección de los frutos de su surco, se asigna automáticamente el señalado por el banderín, mueve la señal (banderín), al surco siguiente e inicia la recolección en el surco asignado. La dinámica continúa durante toda la jornada.

Al parecer, este método de distribución de los recolectores en el lote, responde a una estrategia de control de la actividad en la cual, por un lado, se puede supervisar el desempeño de los recolectores y, por otro, se puede evacuar en forma progresiva el total de surcos del lote, sin omitir alguno. Ospina (34) y Ospina (35), describieron y narran sucintamente esta dinámica para la caficultura de la mitad del siglo pasado en Cundinamarca.

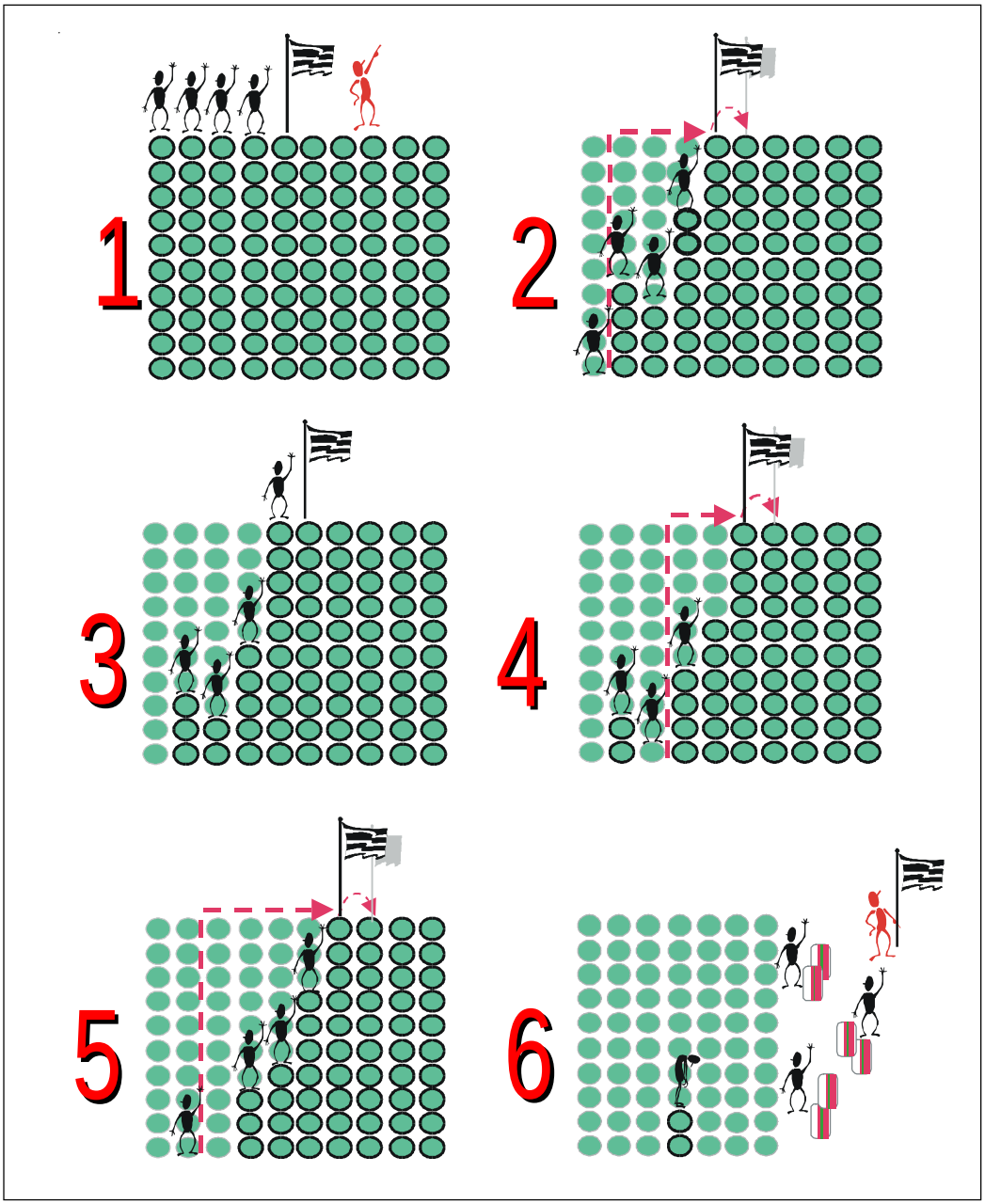
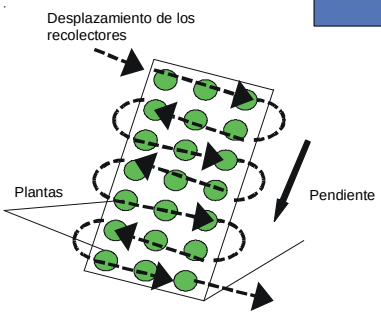


Figura 9. Esquema de desplazamiento de los recolectores en el lote. 1) El patrón de corte asigna los surcos. 2) El primer operario que finaliza el surco se desplaza al señalado por el banderín y lo traslada al siguiente surco. 3) Iniciación del nuevo surco. 4) El segundo operario en terminar el surco se desplaza al señalado por el banderín, lo traslada al surco contiguo e inicia la recolección. 5) El tercer operario en terminar el surco se desplaza al señalado por el banderín y lo traslada. 6) Finalización de la recolección en el lote.

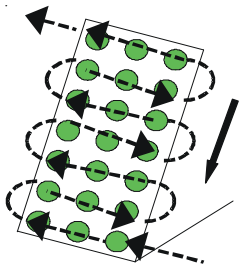
En esta investigación, las trayectorias de los desplazamientos de los recolectores cuando se les asignó una parcela específica, dejándolos en libertad de movimientos, se pudieron agrupar de 5 maneras así: para condiciones de pendientes mayores del 30%, las trayectorias se clasificaron en las Clases A, B y C y para condiciones de pendientes bajas las trayectorias se clasificaron en las Clases D y E. Las especificaciones de cada trayectoria se presentan en la Figura 10.

Trayectoria Clase A



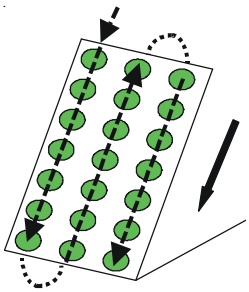
Los recolectores ejecutan su actividad en zigzag de acuerdo a las curvas de nivel, inician la recolección de la parcela asignada por la parte superior y continúan su desplazamiento bajando hasta finalizar el surco.

Trayectoria Clase B



Presentan las mismas características de desplazamiento que la anterior, pero los recolectores inician por la parte inferior de la parcela.

Trayectoria Clase C



El recolector se desplaza por el surco paralelamente al sentido de la pendiente, puede iniciar en la parte superior así como en la inferior, pero intercala el sentido del desplazamiento al finalizar cada surco.

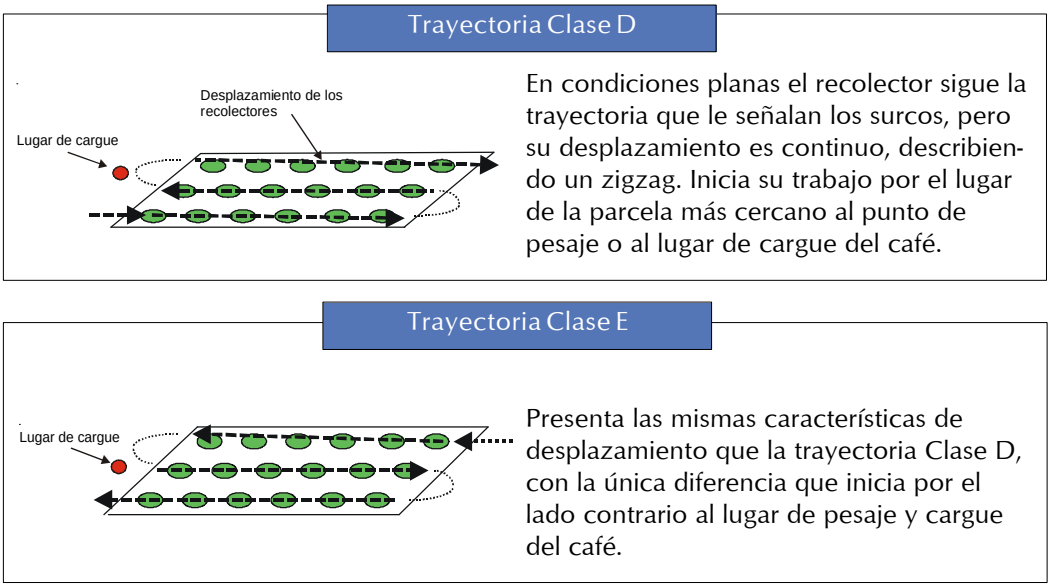


Figura 10. Trayectorias seguidas por cosecheros a los cuales se dejó en libertad de movimientos en un lote de café en cosecha.

En el trabajo se observó que bajo condiciones de pendientes mayores del 30%, el 60% de los operarios siguieron trayectorias clase A, el 24% las de clase C y el 16% se desplazaron de acuerdo a las trayectorias clase B.

Para los recolectores que laboraron en condiciones de topografía plana se pudo observar que el 55% de ellos describieron trayectorias clase E, mientras que el 45% restante describieron la D. Lo anterior muestra que en condiciones topográficas adversas (pendientes mayores al 30%), los recolectores tienden a desarrollar desplazamientos que permiten un gasto menor de energía. Bajo condiciones topográficas planas no se observaron tendencias específicas de desplazamiento.

5.2 Estudio de micromovimientos

Teniendo en cuenta que un estudio de micromovimientos implica establecer, identificar, describir y cuantificar, en lo posible, los movimientos del cuerpo humano durante la ejecución de un trabajo, para el caso de la recolección manual de café se definieron 5 tipos de micromovimientos de los recolectores en su trabajo, los cuales tienen que ver con:

1. Movimientos en el surco
2. Movimientos en el árbol
3. Movimientos en las ramas
4. Dinámica de las manos y
5. Dinámica del cuerpo humano (posturas).

5.2.1 Metodología

La determinación de los movimientos en el surco se realizó simultáneamente con las pruebas descritas en el Capítulo 4. Para ello se seleccionaron cuatro recolectores al azar (según

el patrón de corte, dos cosecheros de buen rendimiento, uno regular y uno malo) de los siete que participaron en la prueba; de tal manera que a cada uno se le hicieron tres observaciones diarias durante 10 días, en las cuales se estableció el patrón de movimientos a través del surco. Para cada recolector se estableció el porcentaje de ocurrencia de cada trayectoria.

Para estudiar los micromovimientos de los operarios en el árbol, en las ramas y en las manos al momento de efectuar la recolección de los frutos, se efectuaron registros videográficos en formato super VHS, con cámara profesional a 30 cuadros por segundo. A los recolectores participantes les fueron registrados los movimientos de recolección tomando como unidad de observación el árbol de café. Las plantas se seleccionaron al azar y a cada recolector se le registró su actividad en 10 árboles.

Los 40 registros videográficos se observaron en un monitor de televisión, mediante una máquina profesional de edición de imágenes a velocidad normal, detallándose la secuencia general de los movimientos del recolector (Figura 11). De esta visualización, se establecieron los tipos de secuencia para el árbol, para las ramas y se logró identificar el ciclo básico de recolección para el conjunto de movimientos repetitivos de las manos similar al descrito por Wang (47).

Con el fin de facilitar el recuento, los movimientos de los operarios en el árbol se identificaron y registraron a una razón de 30 y 15 cuadros por segundo y los movimientos en las ramas a razón de 7,5 y 5 cuadros por segundo; Los ciclos básicos de recolección se estudiaron a razón de 7,5 cuadros por segundo (Figura 12).

Los therbigs de cada ciclo se identificaron a 5 cuadros por segundo y se contaron a 1,2 cuadros por segundo, es decir, se estableció el tiempo de duración de cada uno expresado en treintavos de segundo.

Figura 12. Cinta videográfica utilizada para estudiar micromovimientos.

Las posturas del cuerpo de los recolectores se identificaron mediante observación directa.

Figura 11. Análisis videográfico de la labor de cosecha manual del café.

5.2.2 Resultados

- Movimientos en el surco

Los movimientos de los operarios en el surco se clasificaron de tres maneras: en rolos, en serpentín y por caras.

En el desplazamiento en rolos, el recolector se desplaza alrededor del árbol, siguiendo a través del surco una trayectoria circular continua similar a un rolo (Figura 13).

figura 13.eps

Figura 13. Esquema para el desplazamiento de los cosecheros de café en rolos, a) desplazamiento en el árbol, b) desplazamiento en el surco.

figura 14.eps

En el desplazamiento por caras, el recolector se ubica en un punto del árbol y realiza el arranque total de las cerezas desde el lateral seleccionado o sólo recolecta los frutos presentes en una de las caras del árbol; así se desplaza por el surco finalizando el movimiento al recolectar las caras pendientes (Figura 14).

Figura 14. Esquema para el desplazamiento de los recolectores de café por caras, a) desplazamiento en la planta, b) desplazamiento en el surco.

La trayectoria de desplazamiento en serpentín, es un caso especial de desplazamiento por caras, que consiste en intercalar los laterales de recolección entre árboles contiguos (Figura 15).

Los porcentajes de ocurrencia de las trayectorias para cada condición topográfica se incluyen en la Tabla 8. Se observa que para condiciones de alta pendiente, tres de los cuatro recolectores evaluados se desplazaron en rolos la mayor proporción de las veces, mientras que para pendientes menores de 8,5% el desplazamiento por cara-serpentín fue el de mayor ocurrencia.

figura 15.eps

Figura 15. Trayectoria de desplazamiento de los cosecheros de café en serpentín.

TABLA 8. Porcentajes de ocurrencia de las trayectorias de recolección de café por operario.

PENDIENTE	SECUENCIA	OPERARIO (Recolector)			
		1	2	3	4
Plana	Rolos	-	20	-	-
	Caras	20	80	20	50
	Caras - Rolos	20	-	-	-
	Caras - Serpentín	60	-	80	50
Alta	Rolos	66,7	33,3	66,7	50
	Caras	16,7	58,3	16,7	33,3
	Caras - Rolos	8,3	-	8,3	17
	Caras - Serpentín	-	8,3	8,3	-
	Rolos - Serpentín	8,3	-	-	-

- Movimientos en el árbol

Para los movimientos en el árbol se determinó la secuencia de los movimientos de los brazos del recolector a través del dosel del árbol. Los doseles se dividieron imaginariamente en 3 estratos, correspondientes a los niveles de trabajo del operario.

El estrato alto, correspondió a la zona del dosel (mayor de 140cm a partir del suelo, aproximadamente), en la cual el operario debe elevar los brazos por encima del nivel cardíaco y el nivel visual se mantiene por encima del plano normal de la cabeza.

El estrato medio, correspondió a la zona del dosel (entre 70 y 140cm a partir del suelo), en la cual el área de trabajo de los brazos oscila alrededor del nivel cardíaco y los movimientos de la cabeza del recolector se mantienen alrededor de la línea horizonte.

El estrato bajo, correspondió a la zona del dosel (entre 0 y 70cm desde el suelo), la cual no es posible alcanzar mientras el operario esté de pié.

Las secuencias resultantes se dibujaron mediante líneas, conforme el recolector se desplazaba entre los estratos del árbol.

Para cada recolector se generaron las secuencias que más se repetían, de acuerdo al orden de llegada, es decir, para cada recolector se generó la secuencia característica de sus movimientos en el árbol. A dichas secuencias se le aplicó la prueba de concordancia de Kendall, con el fin de establecer, estadísticamente, si los operarios seguían el mismo orden para recolectar el árbol. El análisis mostró acuerdo de los operarios para las secuencia seguidas, con lo cual, se puede afirmar que los operarios observados tomaron los estratos del árbol en un mismo orden. La Figura 16

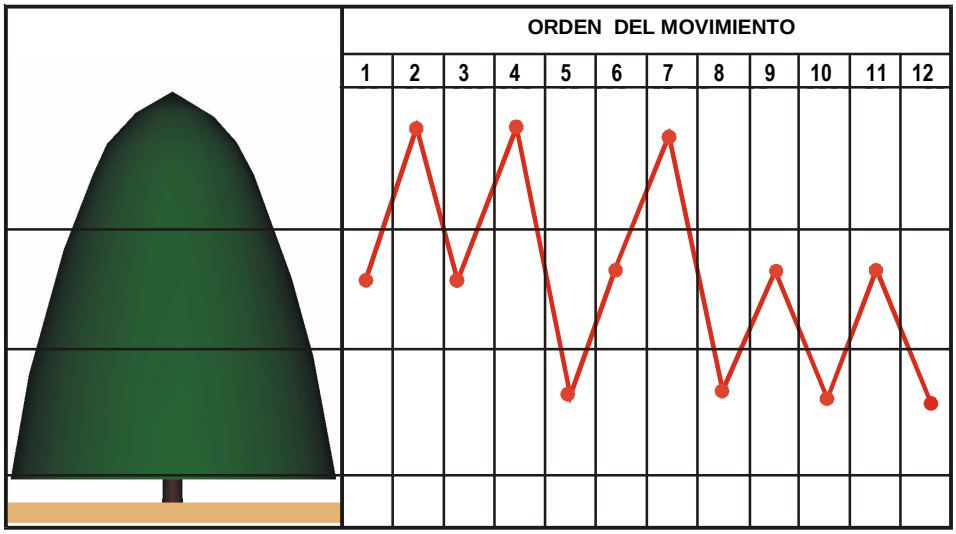


Figura 16. Esquema del movimiento típico de desplazamiento de los recolectores en el dosel del cafeto.

presenta la secuencia típica observada entre operarios.

Si bien es cierto que todos los recolectores presentaron la misma secuencia de movimientos en el dosel, se desconocía si dicha secuencia resultaba ser la más deseable. Para cuantificar las secuencias se establecieron las siguientes definiciones:

Paso, movimiento específico del recolector que le permite trasladarse entre un estrato y otro del árbol, mientras realiza la recolección de los frutos.

Paso deseable, aquel paso realizado entre estratos contiguos.

Paso indeseable, aquel paso realizado entre estratos no contiguos, siempre y cuando sea innecesario.

Con estas definiciones se procedió a establecer el porcentaje de pasos deseables, por cada secuencia y por operario. La prueba de Duncan al 5%, no mostró diferencias estadísticas entre operarios para las variables pasos totales y porcentaje de pasos deseables (Tabla 9), aunque ninguno de los operarios presenta un 100% de pasos deseables.

- Movimientos en las ramas

A partir de las observaciones realizadas al registro videográfico se pudo establecer un total de 12 formas o secuencias de movimientos en las ramas, durante la recolección de los frutos, a las cuales se les denominó con letras, tal como lo muestra la figura 17. Se observan las secuencias divididas, de acuerdo con el número de cambios de dirección de las trayectorias de los movimientos. De esta manera, las secuencias A y B corresponden a movimientos desarrollados en una etapa (sin cambio de dirección), las secuencias C, D, E, F y G, en dos etapas (un cambio de dirección), H, I y J en tres etapas (dos cambios de dirección), K en cuatro (tres cambios de dirección) y L en más de cuatro etapas (más de cuatro cambios de dirección). Para el análisis de la información se agruparon las secuencias en tres grupos de movimientos así: el primer grupo corresponde a la secuencia A, el segundo a la secuencia B y el tercer grupo corresponde a las secuencias restantes.

Para comparar los operarios dentro de cada grupo se aplicó la prueba de comparación múltiple de Duncan al 5%, para la variable porcentaje de ocurrencia (Tabla 10). Para la secuencia de tipo A, la prueba de Duncan, mostró diferencias a favor del "operario 3", quien siempre efectuó la recolección de las ramas

TABLA 9. Pasos totales y porcentaje de pasos deseables por operario en la cosecha del café.

OPERARIO	Pasos Totales**		% P. Deseables	
	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)
1	14a	37,8	86,11a	4
2	15a	20,0	86,30a	3,24
3	12a	42,5	83,86a	10,09
4	9a	50,91	82,43a	10,81

* Promedios con letras comunes implican igualdad estadística, según prueba Duncan al 5%.
** Para el análisis, esta variable fue transformada a Log (X).

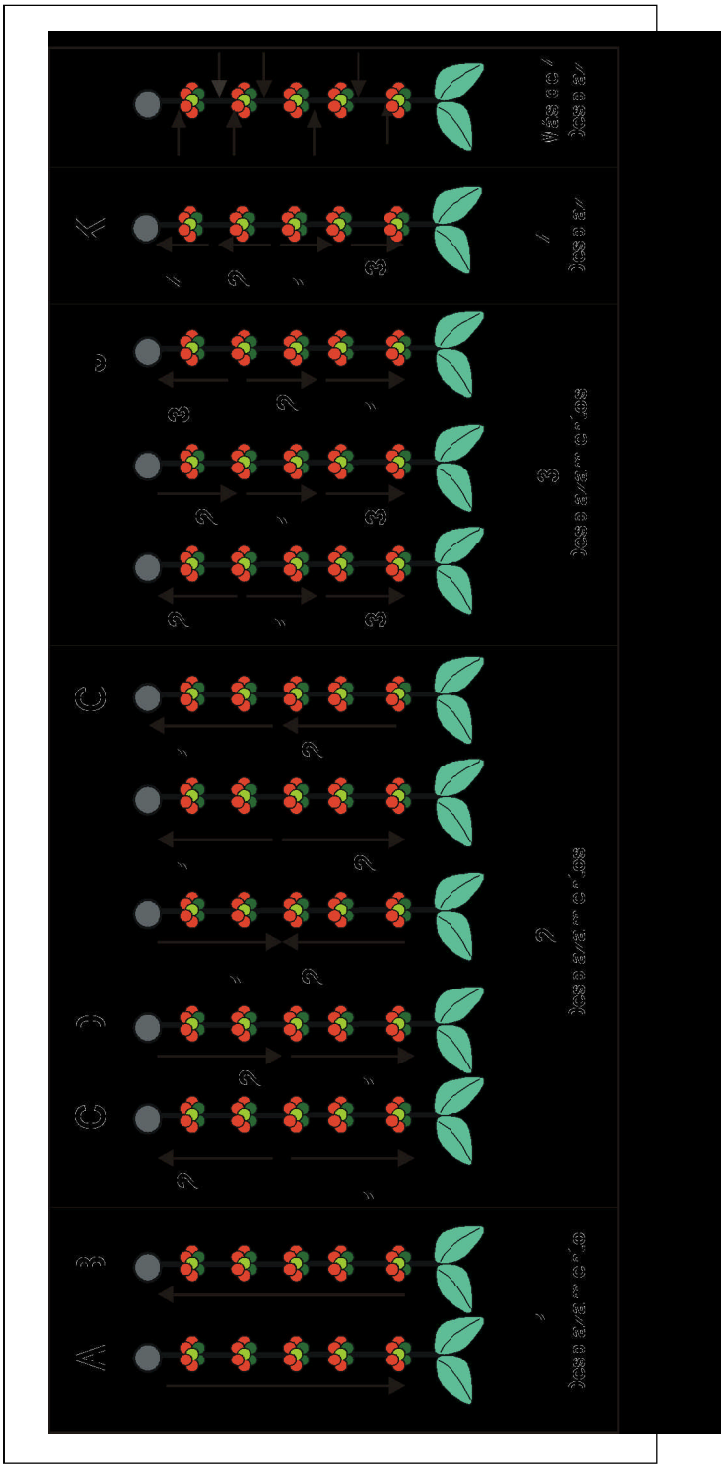


Figura 17. Descripción de los movimientos de los recolectores en las ramas durante la recolección.

TABLA 10. Porcentaje de ocurrencia, de los grupos de secuencias de movimientos en la rama del árbol de café cosechado, por operario.

OPERARIO	MOVIMIENTOS EN LA RAMA					
	TIPO A		TIPO B		OTRAS	
	$\overline{X}$	CV (%)	$\overline{X}$	CV (%)	$\overline{X}$	CV (%)
1	63,35bc	25,72	12,82b	15,79	23,84a	61,56
2	72,71b	8,73	8,45b	112,07	23,06a	34,33
3	100a	0	-			
4	46,43c	53,85	47,62a	7,07	21,83a	13,73

* Promedios con letras comunes implican igualdad estadística, Duncan al 5%.

bajo este movimiento, mientras que el "operario 4" sólo el 46,4% de las veces. Este mismo operario en la secuencia tipo B, tiene la mayor proporción de ocurrencia con respecto a los "operarios 1 y 2". No se observaron diferencias significativas entre los promedios para el tercer grupo de secuencias.

Lo anterior permite afirmar que no todos los recolectores realizan la misma secuencia de movimientos en la rama.

- Movimientos de las manos

El análisis de los movimientos de las manos de los recolectores se realizó durante el desprendimiento de las cerezas. Las observaciones videográficas mostraron que los movimientos de las manos son de carácter repetitivo y que siguen un patrón bien definido, al cual se denominó Ciclo Básico de Recolección. Éste, inicia cuando las manos vacías se dirigen hacia los frutos, continúa con el desprendimiento de los frutos, y finaliza con el traslado de los frutos hasta el recipiente plástico.

El ciclo básico de recolección está conformado por los siguientes therbligs o microtareas.

Transportar vacío y Buscar. (TvB)

Este therblig inicia cuando la mano vacía empieza el desplazamiento hacia los frutos o ramas y termina cuando los dedos se ponen en contacto con los frutos por cosechar o la rama que los contiene. Este micromovimiento tiene como objetivo ubicar las manos en los frutos que van a ser desprendidos.

Sostener. (So)

Inicia cuando los dedos se ponen en contacto con los frutos o la rama que los contiene, y termina cuando el pulgar inicia movimientos con la intención de arrancar. También, cuando se retira la mano de las ramas o del tronco previamente sujetados. La finalidad de este therblig es agarrar previamente el fruto, antes de iniciar su desprendimiento o sostener la rama mientras que con la otra mano se desprenden los frutos.

Arrancar. (Ar)

Este therblig inicia cuando se observan en el dedo pulgar movimientos con la intención de flexionar, traccionar o torsionar, y finaliza cuando el fruto es desprendido de la estructura de anclaje. Este micromovimiento tiene como objetivo, desprender el fruto del nudo.

Transportar a la palma de la mano. (TrPal)

Tiene como finalidad transferir el fruto de café desprendido a la palma de la mano. Inicia cuando el fruto se desprende de la estructura de sujeción, y termina cuando ha sido depositado en la palma de la mano y el dedo impulsor (generalmente el pulgar) se detiene.

Volver. (Vo)

Inicia cuando el fruto es depositado en la palma de la mano y el dedo impulsor se detiene, y finaliza en el momento en que los dedos regresan a la rama y se ponen en contacto con los frutos. Sólo se realiza el therblig volver, cuando se tiene la mano cargada con frutos.

Transportar con carga y Dejar carga. (TcDc)

El objetivo de este micromovimiento es transportar los frutos almacenados en la palma de la mano hasta el recipiente de plástico empleado en la recolección. Inicia cuando la mano termina de arrancar el último fruto del ciclo, lo cual ocurre al llenarse la capacidad de la mano o por voluntad del operario, y termina cuando los frutos se transportan y se depositan en el recipiente plástico de recolección.

Recibir. (Re)

Se realiza con el fin de recibir en una mano la carga de frutos existentes en la contraria. Inicia cuando la mano termina el arranque de un fruto y continúa con la extensión de la palma y la recepción de los frutos. Finaliza cuando la mano inicia movimientos con la intención de cubrir los frutos recibidos.

Dejar carga. (Dc)

Inicia cuando la mano termina de arrancar el último fruto del ciclo, lo cual ocurre al llenarse la capacidad de la mano o por decisión del operario, y termina cuando la mano, sin desplazarse, suelta los frutos desde el lugar de arranque, buscando que caigan en el recipiente plástico de recolección.

Observar - Seleccionar. (Obs-selec)

El objetivo de este therblig es el de retirar los frutos indeseables existentes en una de las palmas de la mano. Inicia cuando una de las manos realiza la extensión de los dedos y la contraria prepara el pulgar y el índice en forma de tenaza. Finaliza cuando la mano, que sostiene los frutos seleccionados, los envuelve con sus dedos, y la mano que forma la tenaza termina de retirar el último de los frutos indeseables.

Los 6 primeros therbligs forman parte del ciclo básico de recolección típico; los tres restantes corresponden a micromovimientos que en muy pocos casos conforman un ciclo básico de recolección. Todos ocurren en forma secuencial y cíclica (Figura 18), como se describe a continuación:

El ciclo inicia con TvB, continúa con So, a partir de este movimiento se puede observar un subciclo conformado por So, Ar, TrPal y Vo (el cual se repite hasta que el recolector llene la capacidad de sus manos y/o decida finalizar el arranque de los frutos) y termina con TcDc. En la Figura 18, se identifica con líneas punteadas la ubicación de los therbligs no comunes (Dc, Re y Obs-selec), es decir, los micromovimientos de las manos que no se presentan con frecuencia en el ciclo típico de recolección.

Las Tablas 11 y 12 presentan las secuencias más frecuentes de los recolectores seleccionados, por ciclo básico, en 60 movimientos para la mano derecha y 55 para la mano izquierda. La prueba de concordancia de Kendall, al 5%, mostró que los cuatro operarios tenían la misma secuencia típica por ciclo básico de recolección.

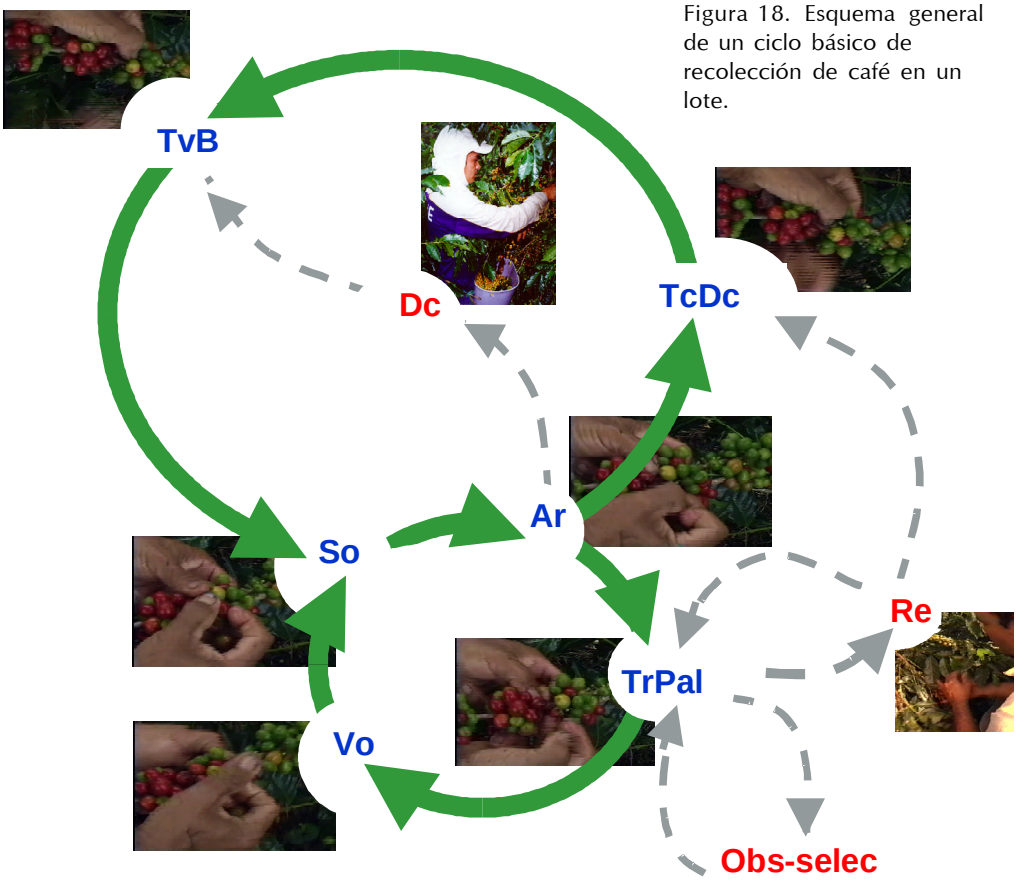


Figura 18. Esquema general de un ciclo básico de recolección de café en un lote.

TABLA 11. Secuencia modal de therbligs en la cosecha de café, por ciclo para la mano derecha.

ORDEN DEL THERBLIG EN EL CICLO - MANO DERECHA -

OPERARIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	TvB	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
2	TvB	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
3	TvB	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
4	TvB	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
OPERARIO	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
2	Vo	So	Ar	TcDc	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
3	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
4	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
OPERARIO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	Vo	So	Ar	TrPal	Vo
2	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TcDc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	So	Ar	TrPal	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
4	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TcDc

TABLA 12. Secuencia modal de therbligs en la cosecha de café, por ciclo para la mano izquierda.

ORDEN DEL THERBLIG EN EL CICLO - MANO IZQUIERDA -

OPERARIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	TvB	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
2	TvB	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
3	TvB	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Vo	So
4	TvB	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal

OPERARIO	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal
2	Vo	So	Ar	TcDc	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TcDc	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So
4	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	Ar	TrPal	Vo	So	Ar

OPERARIO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
1	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	Vo
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo
4	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So	Ar	TrPal	Vo	So

Para caracterizar los operarios en el ciclo básico de recolección, se estudiaron: la frecuencia de cada therblig, el número de ellos ejecutados por minuto, la proporción de tiempo para cada uno respecto al ciclo básico, tanto para la mano derecha como para la mano izquierda, y el número medio de ciclos totales por árbol, por operario. Se tomaron 10 árboles y dentro de cada árbol nueve ciclos básicos de recolección, para un total de 90 ciclos por operario.

En la Tabla 13 se ilustra el número promedio de veces de ejecución de cada therblig (los más comunes), por el operario, dentro del ciclo básico de recolección.

La prueba de comparación de Duncan, al nivel del 5%, mostró diferencias entre operarios en los therbligs que componen el subciclo básico de recolección (So, TrPal, Vo y Ar), mientras que para los therbligs de inicio y finalización (TvB y TcDc), todos los operarios lo hacen sólo una vez, resultado lógico del proceso.

Para evaluar la rapidez de las manos de los operarios en la recolección, se tomó la variable número de therbligs ejecutados por minuto. La prueba de comparación de promedios de Duncan, al 5%, no mostró diferencias entre los operarios evaluados, en dicha variable (Tabla 14).

Este resultado implica que los operarios movieron sus manos, con igual rapidez y que cualquier diferencia en los indicadores de la actividad de la recolección, no debe ser explicada con ella.

Un aspecto importante en el estudio de los micromovimientos de las manos, es el análisis del porcentaje del tiempo de cada therblig dentro del ciclo básico de recolección, es decir, cómo es la participación porcentual del tiempo de cada micromovimiento dentro de cada ciclo básico (Tablas 15 y 16).

La prueba de Duncan al 5%, mostró que para la mano derecha los operarios difieren en el porcentaje de tiempo para los therbligs TvB, TcDc y TrPal, mientras que para la mano izquierda, los operarios muestran diferencias en el porcentaje de tiempo para los therbligs TcDc y So.

En las Tablas 15 y 16, se aprecia el papel de las manos al momento de efectuar la recolección, por ejemplo, para el therblig So, todos los operarios invierten la misma proporción de tiempo para la mano derecha, mientas que para la mano izquierda, la proporción de tiempo invertida en este therblig no es igual. También se observa, que para Ar invierten menos tiempo (tanto para la mano izquierda como para la derecha), que para TrPal y Vo situación que se puede mejorar dado que lo ideal sería invertir más tiempo en Ar y menos tiempo en Trpal y Vo.

En la práctica, los recolectores utilizan las dos manos mediante una acción coordinada para realizar la actividad de la cosecha. Tal como se muestra en la Figura 19, la ejecución de los subciclos de las manos se efectúa alternadamente, ya que es necesario tener el control de la rama mediante el sostenimiento de los frutos con una mano, mientras que la otra realiza la acción de arranque, intercambiando el papel de la manos para desprender los frutos. La ejecución de therbligs distintos por mano al mismo tiempo, permite que los operarios empleen con efectividad ambas extremidades en el proceso.

En Colombia, Ospina (34), registra la utilización de las dos manos en esta actividad por parte de los recolectores, pero no describe la acción de las

TABLA 13. Número promedio de repeticiones para cada therblig por ciclo básico de recolección.

OPERARIO	THERBLIGS											
	Transporte Vacío-Buscar (TvB)		T.carga-. Dejar Carga (TcDc)		Sostener (So)		Trans. Palma mano (TrPalm)		Volver (Vo)		Arrancar (Ar)	
	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)
1	1,0 a	28,19	1,0 a	19,03	8,0 a	75,84	8,0 a	67,21	8,0 a	66,66	8,0 a	77,9
2	1,0 a	33,65	1,0 a	0	3,0 b	80,86	3,0 c	81,85	3,0 c	78,99	3,0 b	84,41
3	1,0 a	33,74	1,0 a	0	6,0 a	72,28	5,0 b	75,91	5,0 b	79,1	6,0 a	72,51
4	1,0 a	23,63	1,0 a	10,48	3,0 b	110,66	3,0 c	106,47	4,0 c	103,7	3,0 b	112,12
					Indeseables						Deseable	
	INICIO - FINAL				SUBCICLO							

* Promedios con letras comunes implican igualdad estadística. Duncan al 5%.
Para el análisis las variables fueron transformadas a (X+5)**(1/5).

TABLA 14. Rapidez las manos en la recolección expresada como número de therbligs ejecutados por minuto dentro del ciclo de recolección. Promedio para ambas manos.

OPERARIO	Therblig´s/min	
	$\overline{X}$	CV (%)
1	24,2 a	10,5
2	23,9 a	12,3
3	24,0 a	8,7
4	23,6 a	15,3

* Promedios con letras comunes implican igualdad estadística, según prueba Duncan al 5%.

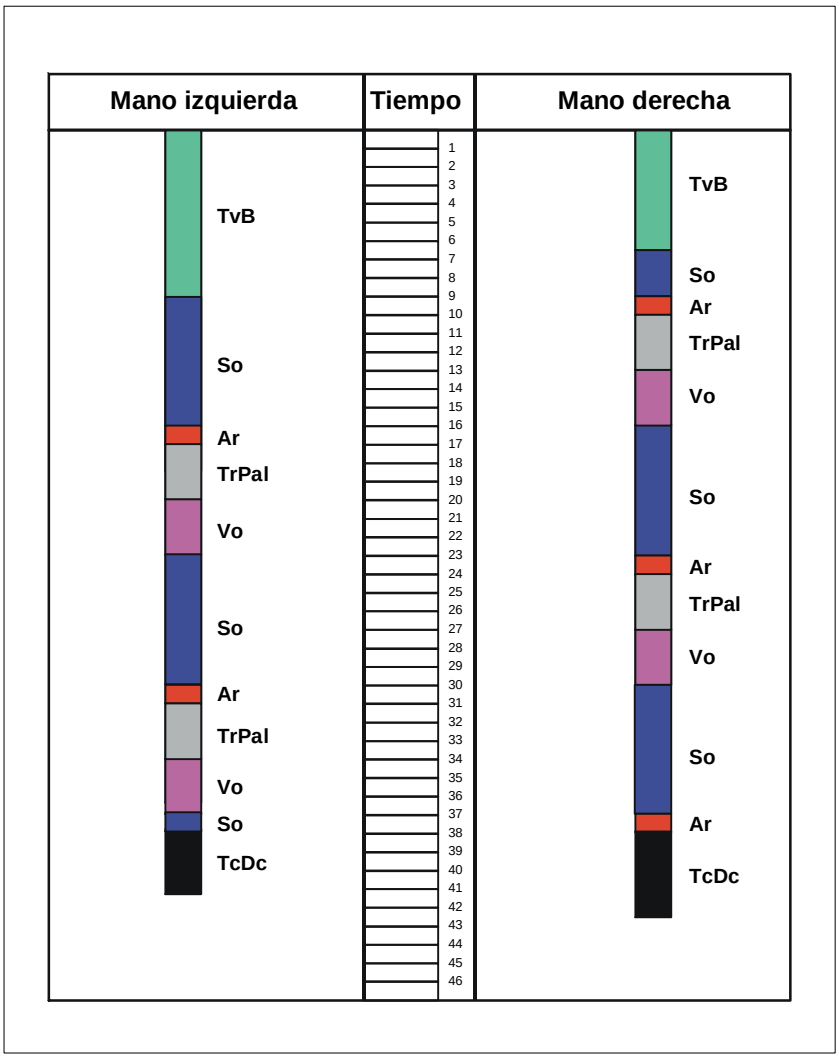


Figura 19. Diagrama propuesto, como resultado de la observación de los movimientos simultáneos de las manos durante la recolección de café.

TABLA 15. Porcentaje promedio de tiempo para cada therblig, respecto del ciclo básico de recolección de café para la mano derecha.

OPERARIO	THERBLIGS											
	Trans. Vacío-Buscar (TvB)		T.Caga-. Dejar Carga (TcDc)		Sostener (So)		Trans. Palma mano (TrPalm)		Volver (Vo)		Arrancar (Ar)	
	X	CV (%)	X	CV (%)	X	CV (%)	X	CV (%)	X	CV (%)	X	CV (%)
1	16,94 b	85,2	9,64 bc	93,82	39,15 a	28,89	10,78 ab	43,3	19,13 a	38,33	9,25 a	37
2	23,07 a	72,18	12,81 ab	67,57	35,86 a	49,22	9,4 b	48,03	19,22 a	42,7	8,12 a	56,73
3	12,62 b	54,56	6,87 c	105,55	40,94 a	28,05	13,8 a	38,58	18,68 a	40,43	8,82 a	46,25
4	25,17 a	57,58	17,00 a	74	34,72 a	44,72	12,08 ab	61,65	14,88 a	55,37	10,83 a	74,87
					Indeseables						Deseable	
	INICIO - FINAL				SUBCICLO							

* Promedios con letras comunes implican igualdad estadística, según prueba. Duncan al 5%.
Para el análisis la variables fueron transformadas a (X+5)**(1/5)

TABLA 16. Porcentaje promedio de tiempo para cada therblig, respecto al ciclo básico de recolección de café para la mano izquierda.

OPERARIO	THERBLIGS											
	Transporte Vacío-Buscar (TvB)		T.Carga-. Dejar Carga (TcDc)		Sostener (So)		Trans. Palma mano (TrPalm)		Volver (Vo)		Arrancar (Ar)	
	$\overline{X}$	CV (%)	$\overline{X}$	CV (%)	$\overline{X}$	CV (%)	$\overline{X}$	CV (%)	$\overline{X}$	CV (%)	$\overline{X}$	CV (%)
1	13,9 a	91,07	8,65 b	107,49	47,9 a	30,33	12,13 a	45,8	16,51 a	39,57	8,1 a	32,62
2	26,14 a	47,93	14,92 a	64,5	38,67 b	37,65	9,73 a	51,41	14,46 a	72,74	8,13 a	48,95
3	17,58 a	66,49	8,87 b	90,96	41,42 ab	38,73	12,31 a	49,48	16,02 a	51,68	7,57 a	46,96
4	15,81 a	82,46	13,22 ab	105,69	39,09 ab	50,26	12,94 a	44,54	16,25 a	51,72	9,1 a	70,38
					Indeseables						Deseable	
	INICIO - FINAL				SUBCICLO							

* Promedios con letras comunes implican igualdad estadística, Duncan al 5%.
Para el análisis la variables fueron transformadas a (X+5)**(1/5).

manos en la recolección. En otros países cafeteros se describe la utilización de una sola mano en el arranque de las cerezas, mientras la otra sostiene la rama durante todo el proceso de arranque de los frutos como lo describe Wang (47), para operarios de Hawaii y Eschenwald (18) y Cannell y Browning (9), para recolectores de Puerto Rico.

La Tabla 17 presenta el tiempo promedio de duración de cada ciclo en cada mano de los operarios evaluados, el tiempo de recolección por árbol y la estimación de los ciclos por árbol. Las tres variables permiten visualizar la relación existente entre sí, lo cual conduce a observar que entre operarios, las únicas diferencias corresponden para los "operarios 1 y 2" a favor del último.

En los therblig totales estimados por árbol, entre operarios, (Tabla 17) no existe diferencias estadísticas.

TABLA 17. Estimación del total de therblig por árbol cosechado, por operario.

OPERARIO	TIEMPO / CICLO (Segundos)						N° THERBLIGS POR CICLO		TOTAL THERBLIGS por árbol	
	Mano izquierda		Mano derecha		ambas manos					
	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)
1	6,90a*	64,91	6,48 a	82,55	6,66 a	73,32	31a	75,61	920 a	43,73
2	2,22b	73,64	3,54 b	140,64	2,88 b	127,9	11b	82,58	1073 a	27,07
3	4,98a	71,02	5,70 a	75,06	5,34a	67,73	24a	71,56	1138a	43,18
4	4,98a	158,19	2,64b	14,7	3,66b	157,6	13b	108,05	1192a	49,46

* Promedios con letras comunes implican igualdad estadística. Duncan al 5%. Para el análisis la variables fueron transformadas a (X+5)**(1/5)

- Análisis postural

El análisis postural de los recolectores en los cafetales corresponde a una descripción de las principales posiciones del cuerpo humano, al momento en que ocurre la interacción entre el ambiente físico y las plantas.

La relación propuesta en la Figura 20 muestra tres elementos que intervienen en el análisis postural de los recolectores, tales como: el ambiente, representado principalmente por la pendiente; la planta de café y el ser humano, representando por los operarios. En la parte superior se sitúan los componentes ambiente y planta, que inciden en las diferentes posturas del recolector, ya que el hombre debe adaptarse a ellos para realizar su trabajo. Para esta relación, el dispositivo de recolección tradicional o "coco" no define las posturas del personal ya que éste, en conjunto con el cuerpo, conforman la unidad operativa de recolección.

Figura 20. Relación ergonómica para la definición de las posturas del recolector en la cosecha manual del café.

Las posturas típicas de los recolectores en terrenos planos y en los estratos superior y medio del árbol, están definidas por la posición de los brazos, respecto al nivel cardiaco (Figura 21).

movimientos
posicion - 02

movimientos
posicion - 01

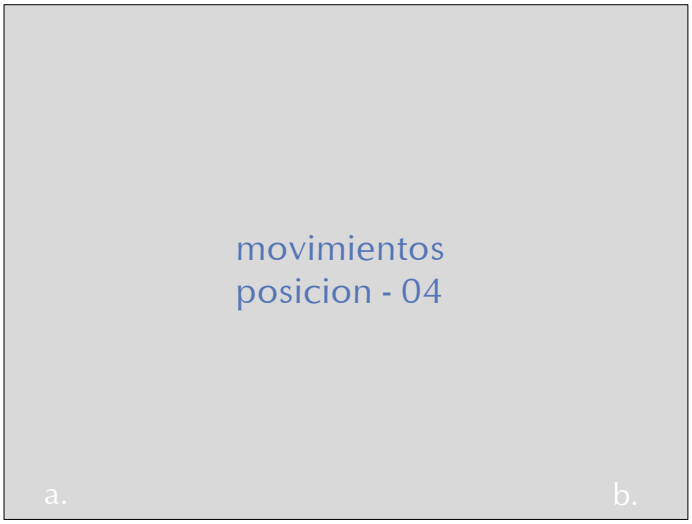
Figura 21. Posturas típicas de los recolectores de café en terrenos planos, para ejecutar la cosecha en los estratos medio y superior de la planta.

En el estrato inferior del árbol el recolector se arrodilla de dos maneras, tal como lo muestra la Figura 22. Resulta indeseable que el operario descanse los glúteos sobre el talón (Figura 22b), postura que debe eliminarse de la rutina de trabajo.

Figura 22. Posturas típicas de los recolectores de café en terrenos planos. para cosechar en el estrato inferior de las plantas.

movimientos
posicion - 03

a. b.



Al recoger frutos del suelo el operario se apoya en las cuatro extremidades (a) o flexiona el tronco (b) hasta alcanzar el nivel del suelo (Figura 23). Esta última postura (Figura 23b) resulta indeseable, debido a los esfuerzos que puede provocar en la espalda (región lumbar).

Figura 23. Posturas típicas de los recolectores en terrenos planos para actividades en el suelo.

Para la recolección en terrenos pendientes (Figura 24), el recolector mantiene un desnivel entre sus extremidades inferiores, lo cual permite concentrar su peso en una pierna, mientras la otra descansa, y cambiar periódicamente la función de cada pierna. Es posible que este mecanismo sea la razón por la cual los rendimientos sean mayores en condiciones de altas pendientes. La postura de los brazos depende del estrato del árbol en el cual se esté recolectando.

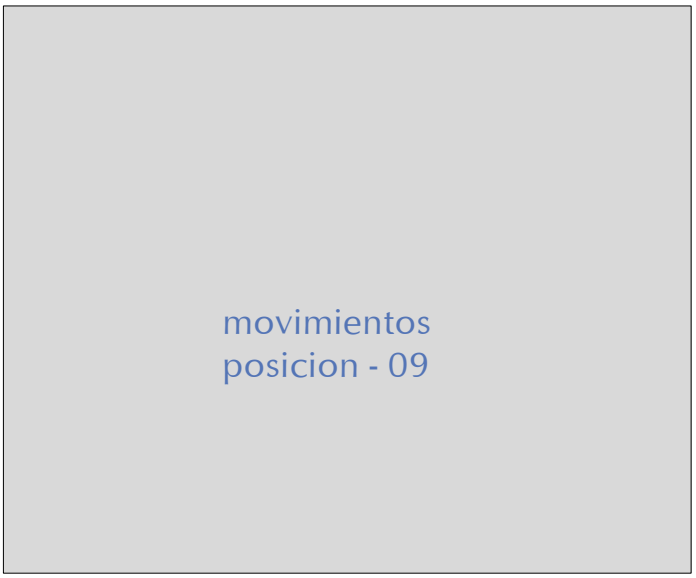


Figura 24. Posturas típicas de los recolectores en terrenos pendientes, para cosechar el café en los estratos de la planta.

Para recoger frutos del suelo en terrenos pendientes (Figura 25), el recolector puede apoyar su cuerpo en cuatro puntos, o bien puede arrodillarse descansando los glúteos en los talones, postura indeseable (Figura 25b).

Figura 25. Posturas típicas de los recolectores de café en terrenos pendientes, al cosechar para actividades en el suelo.

6. PROPUESTA DE UN MÉTODO MEJORADO

6.1 Análisis preliminar

Para proponer un mejor método o sistema de trabajo en la recolección de café, se fijaron criterios para los indicadores de la actividad, de tal manera que con los operarios estudiados, se identificó aquel que cumpliera los siguientes requisitos: para la misma cantidad de café cosechado por árbol, el mejor operario es el que invierta menor tiempo en la recolección (eficiencia), la mayor proporción de frutos maduros desprendidos (eficacia), la mayor proporción de frutos maduros en la masa cosechada (calidad) y la menor proporción de frutos en el suelo (pérdidas).

De acuerdo con el criterio anteriormente planteado (Tabla 18), se observa que el operario 2 reune los indicadores más deseables, por tanto, se procedió a analizar sus movimientos comparativamente con los demás, dado que: el promedio de la proporción de frutos maduros en la masa cosechada es mayor que los operarios 3 y 4; y que a pesar que el operario 1 recolectó aproximadamente la mitad el café cosechado por el operario 2, aquel no invirtió la mitad del tiempo que invirtió el 2 en la tarea.

La mayor frecuencia de desplazamiento en el surco para el operario 2 (Tabla 19), ocurrió por caras (58,3%), por lo que fue seleccionada como la trayectoria más deseable, sin dejar de reconocer que las mayores frecuencias de

TABLA 18. Resumen de los indicadores de la actividad de cosecha por operario.

OPERARIO	Kilos Café Cosechados/ Árbol				Tiempo por Árbol				Eficacia		Calidad				Pérdidas	
	Sin corregir		Corregido		Sin corregir		Corregido				Sin corregir		Corregido			
	$\overline{X}$	CV (%)	$\overline{X}$	EE	$\overline{X}$	CV (%)	$\overline{X}$	EE	$\overline{X}$	CV (%)	$\overline{X}$	CV (%)	$\overline{X}$	EE	$\overline{X}$	CV (%)
1	0,89	25,43	0,61 a	0,109	3,1	55,27	3,00 a	0,181	95,9 a	2,49	76,9	5,21	74,2 bc	1,17	2,5 a	65,27
2	0,93	27,06	1,16 b	0,107	4,48	49,62	4,25 b	0,182	96,7 a	2,2	73,9	5,84	75,8 ac	1,12	2,2 a	45,1
3	0,9	63,04	0,82 a	0,103	3,47	46,87	3,32 ac	0,181	97,0 a	1,89	72	10,5	71,6 b	1,08	1,95 a	50,32
4	0,47	85,36	0,73 a	0,153	2,59	47,89	3,66 bc	0,272	97,0 a	1,48	69,1	10,18	71,9 b	1,63	2,15 a	56,93

* Promedios con letras comunes implican igualdad estadística, según prueba Duncan al 5%. Para el análisis la variable Pérdidas fue transformada a (X)**(1/5).

EE = Error estándar.

desplazamiento en el surco para el resto de operarios, son por rolos.

El operario 2 presentó una menor variación para el porcentaje de pasos deseables en cuanto los movimientos en el árbol y el segundo mejor porcentaje de ocurrencia de movimientos tipo A en la rama que el operario 4, quien estadísticamente presentó los valores más bajos (Tabla 19)

Con la información de cada operario sobre el promedio de la proporción de tiempo para cada therblig (Tabla 20) se plantearon 3 tipos de ciclos básicos de recolección, de tal manera que los recolectores 1 y 3 (Figura 26a) presentan un subciclo grande, es decir, invierten en So, Ar, TrPal y Vo una proporción mayor de tiempo que los demás operarios y las rutas conformadas por TvB y TcDc son

TABLA 19. Resumen de los movimientos por cada cosechero en el surco, en el dosel de la planta y en las ramas

OPERARIO	SURCO		DOSEL		RAMA	
	Trayectoria de mayor oc.	Ocurrencia %	Pasos Eficaces %	CV (%)	TIPO A	CV (%)
1	ROLOS	66,7	86,11 a	37,8	63,4 bc	25,7
2	CARAS	58,3	86,29 a	20,0	72,7 b	8,7
3	ROLOS	66,7	83,86 a	42,5	100 a	0,0
4	ROLOS	50,0	82,43 a	50,9	46,4 c	53,9

* Promedios con letras comunes implican igualdad estadística, según prueba Duncan al 5%. Para el análisis la variable Porcentaje de pasos eficientes fue transformadas a Log(X).

TABLA 20. Promedio de la proporción del tiempo para cada therblig por ciclo.

OPERARIO	THERBLIGS					
	Trans. Vacío-Buscar (TvB) $\overline{X}$	T.Caga-. Dejar Carga (TcDc) $\overline{X}$	Sostener (So) $\overline{X}$	Trans. Palma mano (TrPalm) $\overline{X}$	Volver (Vo) $\overline{X}$	Arrancar (Ar) $\overline{X}$
1	15,5 b	9,2 b	43,5 a	11,4 ab	17,8 a	8,7 a
2	24,6 a	13,9 a	38,7 ab	9,5 b	16,8 a	8,1 a
3	15,2 b	7,9 b	41,1 a	13,1 a	17,4 a	8,1 a
4	20,9 a	15,5 a	36,6 b	12,6 a	15,7 a	10,0 a
			Indeseable		Deseable	
	INICIO - FINAL		SUBCICLO			

* Promedios con letras comunes implican igualdad estadística, según prueba Duncan al 5%. Para el análisis la variables fueron transformadas a (X+5)**(1/5).

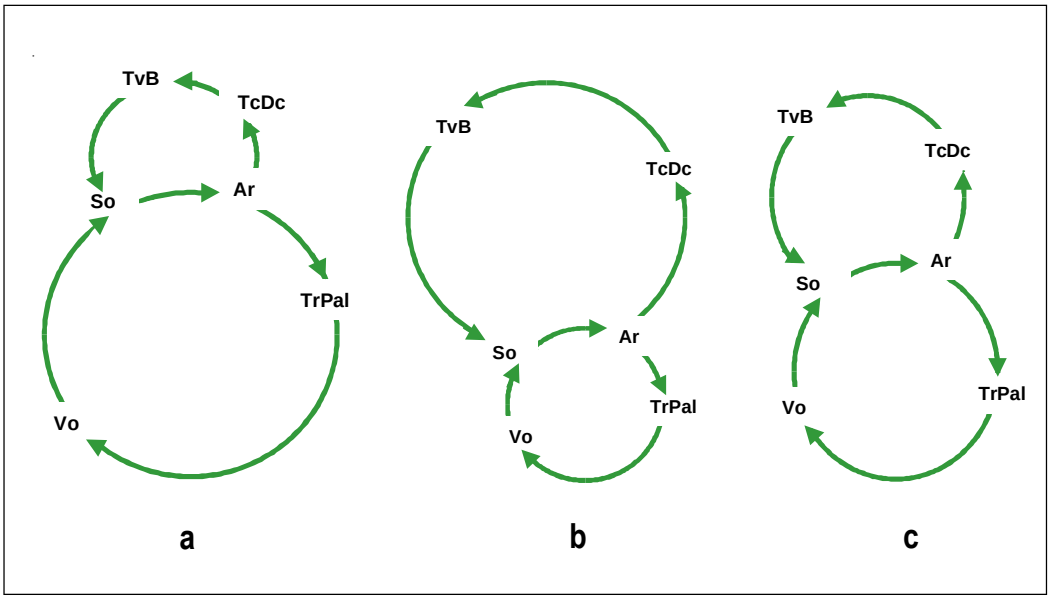


Figura 26 Esquemas típicos para los ciclos básicos de recolección entre operarios. a) Operarios 1 y 3. b) Operario 2. c) Operario 4.

pequeñas, ya que la proporción media del tiempo de estos therblig es estadísticamente menor que la proporción media del tiempo de los otros recolectores. El operario 2 presentó un subciclo pequeño y una ruta inicial grande (Figura 26b). Las características del ciclo básico del operario 4 (Figura26c), corresponden a subciclos y rutas iniciales medias.

En la recolección manual, el ciclo básico deseable es aquel compuesto por subciclos que inviertan la menor proporción de tiempos. Ya que en este subciclo de recolección, los dedos meñique, anular y corazón realizan movimientos de co-compresión, los cuales le restan agilidad y fuerza al índice y al pulgar, que son los dedos que participan activamente en el arranque de los frutos.

Una vez identificados los tres tipos de ciclos básicos de recolección con la variable proporción media del tiempo para cada therblig (Figura 26), se procedió a caracterizar a los operarios con respecto al número de veces que ejecutaron los therblig del subciclo, clasificándolos en ciclos largos para aquellos con número mayor de 6, ciclo medio para el número de veces mayor que cuatro y menor o igual a 6 y ciclos cortos para número de veces que hizo los therbligs del subciclo menor o igual a 4 (Tabla 21). De acuerdo con esta clasificación, el operario 2 realizó ciclos cortos compuestos por 3 subciclos en promedio, lo cual indica que los ciclos cortos son más deseables que los largos o medianos, dado que el operario 2 fue el de mejor desempeño, de acuerdo
con sus indicadores de la actividad (eficiencia, eficacia, calidad y pérdidas).

TABLA 21. Número promedio de repeticiones para cada therblig por ciclo.

OPERARIO	THERBLIGS						
	Transporte Vacío-Buscar (TvB) $\bar{X}$	T.Carga-. Dejar Carga (TcDc) $\bar{X}$	Sostener (So) $\bar{X}$	Transporte Palma mano (TrPalm) $\bar{X}$	Volver (Vo) $\bar{X}$	Arrancar (Ar) $\bar{X}$	Clasificación
1	1,0a	1,0a	8,0a	8,0a	8,0a	8,0a	Ciclos Largos
2	1,0a	1,0a	3,0b	3,0c	3,0c	3,0b	Ciclos Cortos
3	1,0a	1,0a	6,0a	5,0b	5,0b	6,0a	Ciclos Medios
4	1,0a	1,0a	3,0b	3,0c	4,0c	3,0b	Ciclos Cortos
	INICIO - FINAL		Indeseables				Deseable
			SUBCICLO				

*Promedios con letras comunes implican igualdad estadística, según Duncan al 5%.
Para el análisis la variables fueron transformadas a (X+1)**(1/5).

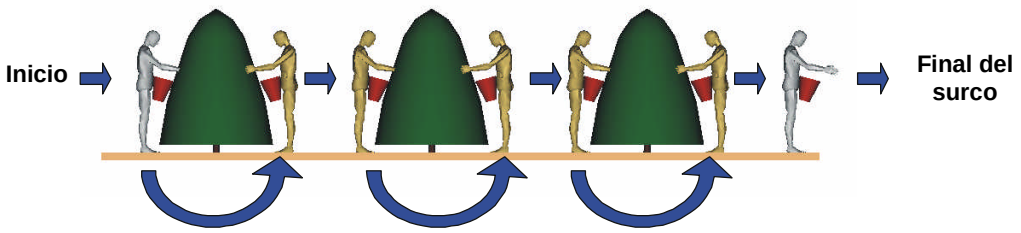
6.2 Descripción del método mejorado

Con base en el análisis anterior se propuso el siguiente sistema de recolección manual de café, al cual se le denominó como Método Mejorado

El método presenta 5 componentes así:

6.2.1 Movimientos en el surco. Los operarios deben realizar un desplazamiento por las caras del árbol, en un sólo sentido a través del surco (Figura 27).

Figura 27. Movimientos del cosechero de café en el surco.



6.2.2. Movimiento en el árbol. Consiste en asumir el dosel de forma vertical, de arriba hacia abajo, tratando de tomar las ramas del árbol en zigzag (Figura 28) finalizando con la recogida de los frutos del suelo.

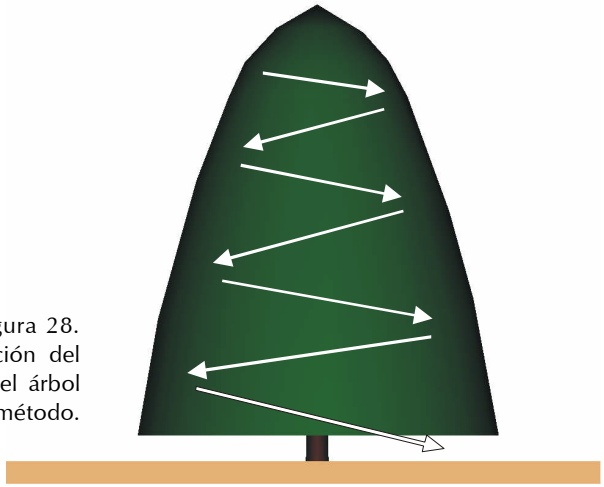


Figura 28. Especialización del movimiento del árbol para el método.

6.2.3. Movimiento en las ramas (Figura 29): Desplazarse siguiendo la trayectoria tipo A, es decir del tronco hacia afuera.

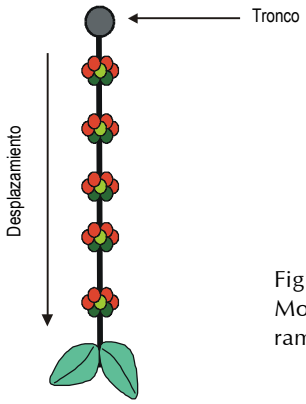
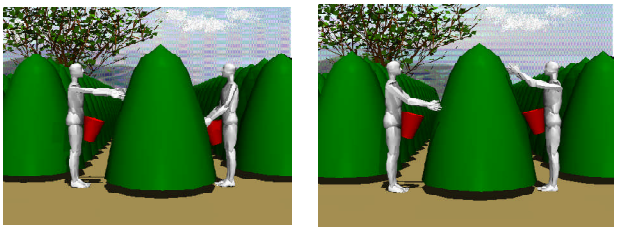


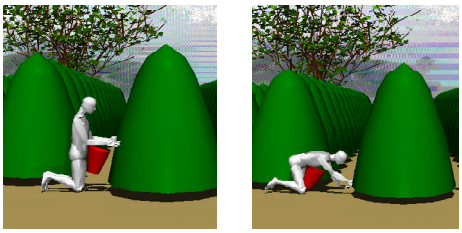
Figura 29. Movimientos en la rama.

6.2.4. Movimientos del cuerpo:
Se recomienda un plan de instrucción en el cual se instruya al recolector a tomar las posturas que ilustra la Figura 30.

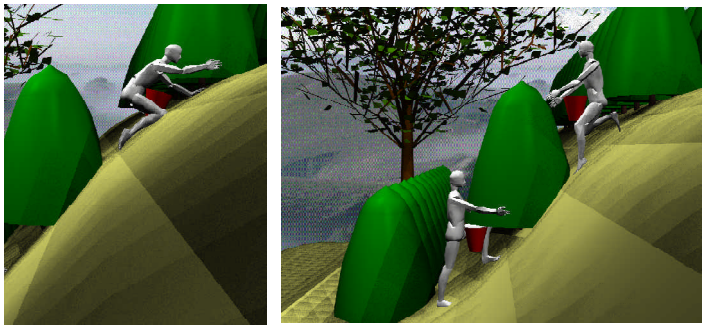


POSTURAS RECOMENDADAS PARA TERRENOS PLANOS

Figura 30. Posturas recomendadas para la ejecución del método mejorado.



POSTURAS RECOMENDADAS PARA TERRENOS PLANOS



POSTURAS RECOMENDADAS PARA TERRENOS DE ALTAS PENDIENTES

6.2.5 Movimientos de las manos. El recolector debe ejecutar el ciclo básico de recolección propuesto (Figura 31), es decir, debe eliminar los therbligs Transportar con carga y dejar carga (TcDc), Volver (Vo) y Transporta a la palma de la mano (TrPal).

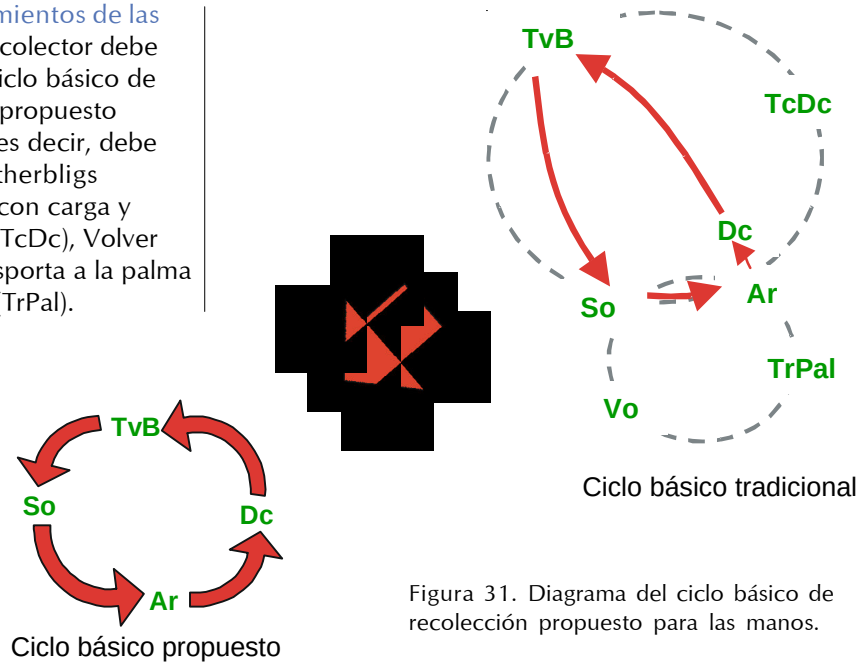


Figura 31. Diagrama del ciclo básico de recolección propuesto para las manos.

Para la ejecución del ciclo básico propuesto se construyó y adaptó un accesorio para el recipiente plástico de recolección (“coco”) con el objetivo de que el operario evite realizar los therblig TrPal, Vo y TcDc. El accesorio fue construido en Polivinilcloruro "PVC para aguas lluvias", sujetado al recipiente mediante tornillos, tal como se puede observar en la Figura 32.

Figura 32. Forma y extensión estudiada del accesorio para el recipiente plástico de recolección.

Igualmente se requiere que el recolector asuma una postura dedos - frutos, en forma de tenaza (Figura 33) con la cual se espera optimizar el proceso de arranque y disminuir la participación del therblig So.

Figura 33. Postura dedos-fruto propuesta para la ejecución del nuevo ciclo básico de recolección.

7. NORMALIZACIÓN DEL MÉTODO MEJORADO

Debe entenderse por normalización de un método, todas las medidas (selección del personal, instrucción, entrenamiento, etc.), que se toman para garantizar la correcta utilización y aplicación del método mejorado de trabajo.

7.1 Metodología

Para la normalización del método mejorado se utilizaron los mismos operarios empleados en el estudio de micromovimientos (numeral 5.2.). A estos operarios se les practicó un examen de aptitud, compuesto de las siguientes pruebas:

- Daltonismo
- Agudeza visual
- Agilidad
- Pruebas de resistencia (test de Cooper y prueba del banco)
- Hemograma completo

En la prueba de daltonismo se le solicitaba al operario agrupar, de acuerdo con el color, mas no con la forma, 30 figuras de papel (15 rojas y 15 verdes), depositadas en una bandeja. Dichas figuras tenían formas geométricas diferentes y cada forma tenía número desigual por color (Figura 34). Esta prueba se efectuó sin límite de tiempo.

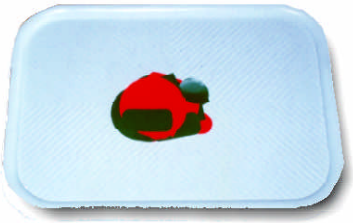


Figura 34. Elementos para la prueba de daltonismo de recolectores.

La prueba de agudeza visual (Figura 35) se practicó a una distancia de 6m; en este examen se le pedía al operario que dijera qué letra se estaba indicando con un señalador. La prueba se practicó para ambos ojos por separado.

Figura 35. Elementos utilizados para el examen de agudeza visual de los cosecheros de café.

La agilidad (Figura 36), se midió utilizando una prueba de arco reflejo, en la cual se le pedía al examinado que tomara de una bandeja, en un minuto, el máximo número de frutos rojos de café y los depositara en un recipiente pequeño, ubicado al lado contrario de la mano con la que escribe. La bandeja de donde se tomaron los frutos contenía una mezcla de 200 frutos verdes, 200 rojos (maduros) y 50 hojas de café. Una vez terminada la prueba, se contaba en el recipiente el número de frutos rojos, verdes y hojas, al igual que el total de frutos y hojas por fuera de la bandeja.

Figura 36. Elementos utilizados para la ejecución de la prueba de agilidad en los cosecheros de café.

Figura 37. Prueba de resistencia o test de Cooper en cosecheros de café.

La calificación de la prueba se obtuvo restando, al número de frutos rojos en el recipiente el número de frutos verdes y hojas dentro del recipiente, y el número de frutos rojos, verdes y hojas por fuera de la bandeja.

Los exámenes de resistencia correspondieron a las pruebas de Cooper (Figura 37) y a la prueba del banco. En la primera se le solicitaba al participante correr durante 12 minutos en una cancha de fútbol o similar. Cada participante llevaba sujeto al tórax un monitor telemétrico de ritmo cardíaco, mediante el cual se

pudieron conocer las pulsaciones por minuto al inicio y cada minuto durante la prueba. Al finalizar la prueba se determinaron los metros recorridos por cada participante. Al inicio y al final de la prueba se tomaron la presión arterial y la temperatura corporal.

La prueba del banco consistió en solicitar al participante que realizara un ciclo (subiera y bajara), en una banca de madera de unos 40cm de altura consecutivamente, a razón de un ciclo por segundo, aproximadamente. A cada participante se le adhirió un monitor telemétrico de ritmo cardíaco. Esta actividad se desarrolló hasta que cada participante llagara al CM_{85}, es decir hasta el 85% del ritmo cardíaco máximo permitido. Al finalizar el examen se registró el tiempo invertido por cada operario para completar la prueba. Al inicio y al final se registraron la presión arterial y temperatura corporal.

A los operarios se les sometió a un hemograma realizado en un laboratorio particular, compuesto de las siguientes pruebas:

- Leucocitos
- Hemoglobina
- Hematocrito
- Neutrófilos
- Linfocitos

Además, durante una semana los operarios recibieron una instrucción teórico - práctica en los siguientes temas:

- Definición del método mejorado de trabajo.
- Presentación detallada del método.
- Estandarización de micromovimientos.
- Pruebas por realizar.
- Importancia y concientización sobre la postura en el lugar de trabajo.
- Fatiga, cansancio y descansos.
- Prevención de riesgos ergonómicos.
- Nutrición y alimentación.

Adicionalmente, a los operarios que participaron en esta actividad les fueron realizadas 63 mediciones antropométricas (Figura 38). Para obtener esta información se utilizaron cintas métricas y calibradores digitales. Para la

Figura 38. Medición de las características antropométricas en los cosecheros de café.

determinación del peso se utilizó una balanza.
Una vez instruidos en el nuevo método, los recolectores se involucraron en la fase de entrenamiento, la cual se desarrolló en cuatro jornadas de trabajo distribuidas de la siguiente manera: actividad lenta, en una jornada; actividad normal, en otra jornada y la actividad rápida en otras dos jornadas. Durante esta fase se realizaron registros videográficos con el fin de observar la evolución de los operarios en cuanto a la asimilación del nuevo método. En esta fase se efectuaron inspecciones permanentes con el objetivo de corroborar la correcta ejecución de los movimientos por parte de los recolectores.

7.2 Resultados

En las Tablas 22, 23 y 24, se muestran los resultados de las pruebas de aptitud, información personal y registros antropométricos, respectivamente, para el grupo de operarios participantes en la normalización del método mejorado.

Los resultados muestran que los operarios no presentaron signos de daltonismo, al igual que no se presentaron problemas de agudeza visual. La agilidad osciló entre una calificación de 117 y 154 y todos aprobaron los exámenes de resistencia física. Los cuadros hemáticos se ubicaron dentro de los rangos considerados como normales.
La edad promedio del

TABLA 22. Resultados de la prueba de aptitud para los recolectores de café participantes en la evaluación

		RECOLECTOR			
PRUEBA	UNIDAD	1	2	3	4
DALTONISMO	+/-	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
AGUDEZA VISUAL	-	Normal	Normal	Normal	Normal
AGILIDAD	Calificación	124	117	154	136
PRUEBA DE COOPER	m	2370	2540	1850	2650
PRUEBA DEL BANCO	minutos	1,91	1,3	1,07	3,59
HEMOGLOBINA	g/dl	14,3	14,6	15	13,3
LEUCOCITOS	mm^3	8,95	8,25	7,2	7,25
HEMATOCRITO	-	43	44	45	40
LINFOCITOS	%	40	39	33	30
NEUTRÓFILOS	%	60	60	65	68
MONOCITOS	%	0	1	2	2

TABLA 23. Información personal de los operarios (recolectores de café) participantes en la evaluación.

OPERARIO	Edad	Estado Civil	Escolaridad	Ocupación
3	18	Soltero	5° grado	Trabajador agrícola
1	36	Casado	1° grado	Trabajador agrícola
4	21	Soltero	1° grado	Trabajador agrícola
2	20	Soltero	5° grado	Trabajador agrícola

TABLA 24. Registros antropométricos de los recolectores de café participantes en la evaluación.

CARACTERÍSTICA		OPERARIO			
	UNIDAD	1	2	3	4
Peso	kg	52,5	53	63	67,5
Estatura	m	1,67	1,63	1,59	1,75
Altura a los ojos de pie	m	1,55	1,51	1,48	1,63
Altura a los hombros de pie	m	1,38	1,35	1,33	1,49
Altura a las crestas ilíacas de pie	m	0,98	0,94	0,93	1,08
Altura de rodillas	m	0,48	0,43	0,47	0,51
Altura de brazo de pie	m	0,62	0,66	0,63	0,71
Longitud húmero derecho	cm	37,5	37,0	37,2	39,5
Longitud húmero izquierdo	cm	36,2	37,5	37,3	39,8
Longitud antebrazo derecho	cm	25,8	24,7	25,0	26,0
Longitud antebrazo izquierdo	cm	25,2	24,0	26,0	27,0
Longitud brazo derecho	cm	75,0	36,0	36,0	79,3
Longitud brazo izquierdo	cm	74,9	36,7	36,0	79,4
Ancho de crestas ilíacas	cm	26,9	27,8	29,5	30,4
Ancho de caderas	cm	29,2	31,4	32,0	34,0
Perímetro abdominal	cm	72,2	72,6	90,0	83,0
Perímetro torácico mínimo	cm	77,6	78,2	93,4	88,0
Perímetro torácico máximo	cm	85,0	83,4	97,8	93,9
Perímetro torácico normal	cm	79,2	80,7	95,5	89,1
Perímetro cefálico	cm	55,0	53,0	55,6	52,8
Ancho máximo palma mano derecha	mm	83,50	84,17	86,14	90,05
Ancho máximo palma mano izquierda	mm	82,56	85,95	86,02	86,67
Longitud máximo palma, mano derecha	mm	98,63	85,14	88,54	92,24
Longitud máximo palma, mano izquierda	mm	96,46	81,00	89,45	96,98
Longitud falange pulgar 1 derecho	mm	34,33	32,43	35,01	36,05
Longitud falange pulgar 2 derecho	mm	39,83	34,51	38,29	45,08
Longitud falange pulgar 1 izquierdo	mm	33,55	31,33	34,75	33,81
Longitud falange pulgar 2 izquierdo	mm	41,86	35,07	39,58	47,89
Longitud falange 1 indice derecho	mm	26,46	22,13	25,55	28,25
Longitud falange 2 indice derecho	mm	30,75	30,71	31,08	33,55
Longitud falange 3 indice derecho	mm	53,23	52,93	49,01	55,13

Longitud falange 1 indice izquierdo	mm	25,52	24,14	25,68	26,23
Longitud falange 2 índice izquierdo	mm	33,12	30,08	30,81	30,09
Longitud falange 3 índice izquierdo	mm	55,73	50,19	50,42	55,81
Longitud falange 1 corazón derecho	mm	26,10	25,73	26,49	28,72
Longitud falange 2 corazón derecho	mm	37,16	34,27	35,39	37,37
Longitud falange 3 corazón derecho	mm	56,55	52,14	57,85	61,20
Longitud falange 1 corazón izquierdo	mm	25,41	24,45	27,58	26,67
Longitud falange 2 corazón izquierdo	mm	37,22	35,13	34,58	37,25
Longitud falange 3 corazón izquierdo	mm	57,34	54,88	56,60	61,01
Longitud falange 1 anular derecho	mm	25,88	27,17	25,46	27,47
Longitud falange 2 anular derecho	mm	37,07	32,46	34,17	35,58
Longitud falange 3 anular derecho	mm	57,28	49,68	52,24	55,44
Longitud falange 1 anular izquierdo	mm	25,64	23,18	27,09	26,16
Longitud falange 2 anular izquierdo	mm	34,99	33,68	34,14	34,75
Longitud falange 3 anular izquierdo	mm	55,23	49,08	53,79	57,84
Longitud falange 1 meñique derecho	mm	21,91	22,86	24,76	24,90
Longitud falange 2 meñique derecho	mm	28,05	25,98	25,90	27,02
Longitud falange 3 meñique derecho	mm	44,25	41,55	41,36	46,56
Longitud falange 1 meñique izquierdo	mm	23,61	21,05	23,78	24,95
Longitud falange 2 meñique izquierdo	mm	25,74	26,95	26,39	26,03
Longitud falange 3 meñique izquierdo	mm	43,71	41,17	42,57	44,67
Área palma mano derecha	cm^2	166,87	138,75	154,6	169,07
Área palma mano izquierda	cm^2	160,54	143,33	149,74	165,15

personal fue de 24 años, todos se consideraron trabajadores agrícolas y ninguno de los operarios superó el quinto grado de educación básica primaria. Sólo un operario estaba casado.

En la Fase de instrucción, los operarios presentaron una baja capacidad de aprendizaje manifestada en la dificultad de retener conceptos teóricos básicos sobre el tema. Contrario a lo anterior, se observó una excelente disponibilidad y capacidad para ejecutar nuevos movimientos. La inducción de los micromovimientos básicos de las manos se realizó en ausencia del accesorio para el recipiente plástico de recolección, sin embargo, no se presentaron problemas al emplear el accesorio en la fase de entrenamiento.

Los inconvenientes operativos observados durante la Fase de entrenamiento fueron: Incomodidad para recoger

los frutos del suelo, en condiciones de topografía plana, debido a la longitud del accesorio propuesto; este inconveniente fue superado instruyendo al personal en la ejecución de una nueva postura del cuerpo, que facilitó esta actividad, disminuyendo las incomodidades manifestadas. La postura propuesta consiste en pedir al recolector que se arrodille con una de sus piernas hacia adelante formando ángulo recto entre los muslos y la entrepierna (Figura 39).

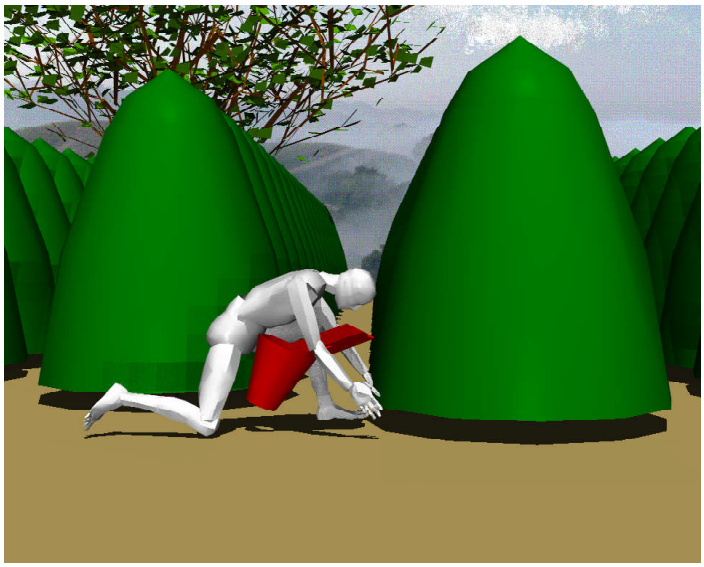


Figura 39. Postura propuesta para recoger frutos de café del suelo.

Inconvenientes en la recolección del café en los árboles, cuya máxima altura no superaba el nivel del accesorio, mientras el recolector se encontraba arrodillado. Frente a esta situación se convino con los recolectores desatar de sus cinturas el recipiente plástico y ubicarlo en el plato de cada árbol al momento de efectuar la recolección, de tal manera que los frutos cayeran por gravedad al interior del recipiente (Figura 40).

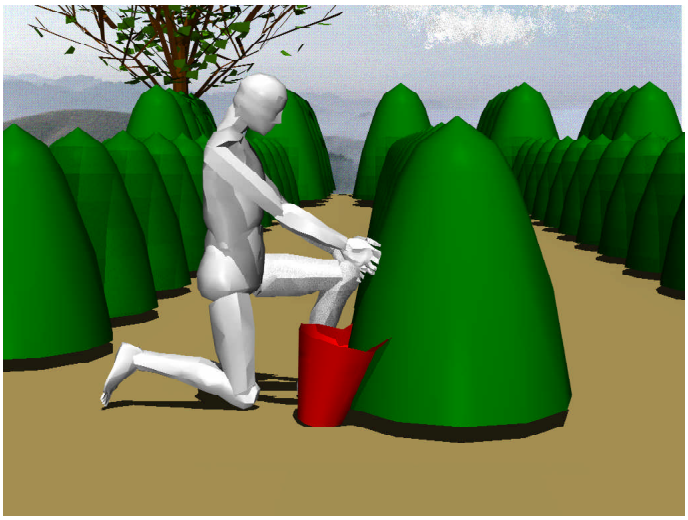


Figura 40. Ubicación del recipiente plástico de recolección de café (coco) en el suelo, para la cosecha en árboles muy bajos.

8. EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL MÉTODO MEJORADO

Una vez normalizado el método mejorado, se procedió a evaluarlo de manera preliminar, en algunas condiciones de producción cafetera y se establecieron sus estándares de tiempo.

8.1 Metodología

Las pruebas se realizaron en la subestación experimental de Cenicafé, Gigante, en el departamento del Huila. A cada operario, por cada prueba (realizada en una jornada de trabajo), se le asignó una parcela de café, de 0,2ha, aproximadamente. Se emplearon lotes de café sembrados con variedad Colombia, de diferente pendiente, edad y densidad. Cada operario realizó 10 pruebas. El porcentaje de frutos maduros en la masa cosechada (calidad), porcentaje de frutos maduros desprendidos del árbol (eficacia), y porcentaje de frutos totales dejados en el suelo (pérdidas), se obtuvo tal como se presentó en la metodología del numeral 4.

A los operarios participantes se les practicaron cuatro mediciones de ritmo cardíaco y temperatura corporal, en cada prueba (dos en la mañana y dos en la tarde), con el fin de establecer sus niveles de fatiga. Igualmente se les controló la presión arterial al inicio y al final de la jornada. El ritmo cardíaco (latidos por minuto), se midió con un monitor telemétrico ajustado en la base del tórax (Figura 41). La temperatura (°C), se determinó con la

Figura 41. Monitor de ritmo cardíaco utilizado en las pruebas con cosecheros de café.

Figura 42. Termómetro utilizado para medir la temperatura de los cosecheros de café

ayuda de un termómetro (Figura 42), ubicado en la región sublingual.

Para determinar los estándares de tiempo, como la suma de los tiempos normales y los tiempos por suplementos, se cronometró el tiempo estrictamente necesario para que el recolector cosechara un árbol, registrándose, además, el peso de los frutos recolectados en ese tiempo. Para ello, por cada operario se evaluaron 40 árboles en diferentes jornadas de trabajo y en diferentes horas de la jornada.

Las variables antropométricas registradas en el capítulo anterior se sometieron a un análisis de componentes principales, con el objetivo de determinar las características de mayor importancia y con ellas (variables independientes), realizar un análisis de correlación lineal, con el tiempo por árbol y los kilogramos de café cosechados por árbol (variables dependientes), obtenidos.

8.2 Resultados

Una vez analizada la información, se observó que el 60,2% de los árboles tenían una carga de café maduro por recolectar inferior a 0,5kg, el 10,7% entre 1,0 y 1,5kg, y tan sólo el 5,87% tenían más de 2kg de café maduro por recolectar. Por tanto, se establecieron los tiempos estándares promedio por operario, en cada uno de los intervalos descritos en la Tabla 25, una vez evaluada la relación entre el tiempo invertido en la recolección por árbol y los kilogramos de frutos cosechados.

Es indispensable evaluar esta asociación, dado que si la relación es significativa entonces no se tendría que corregir el tiempo observado (tiempo bruto), con la valoración dada por el analista, para obtener el tiempo normal, es decir, que para este caso el tiempo normal y el tiempo bruto son iguales. En el caso que la asociación lineal no fuera significativa se debería corregir el tiempo observado con la valoración, bien sea positiva o negativamente, para obtener el tiempo normal. La valoración de la actuación es el proceso

mediante el cual el observador de tiempos compara o valora la actuación de un operario respecto a su propio concepto de actuación normal.

La correlación entre los tiempos de recolección invertido por árbol y los kilogramos de frutos recolectados, con el método mejorado, para tres de los cuatro recolectores evaluados fue significativa al nivel del 5% y el coeficiente de regresión resultó estadísticamente diferente de cero, según el modelo lineal simple, para todos los casos (Tabla 26); por tanto, no se corrigió el tiempo bruto por la valoración de la actuación.

Para determinar el tiempo por suplementos, se requiere establecer el tiempo para el desplazamiento entre árboles, el tiempo para necesidades personales y el tiempo para reposición de fatiga. Para el tiempo de la reposición de fatiga se asumió el 2% del tiempo bruto, dado que con el método mejorado, en la evaluación preliminar los operarios no presentaron sobre-esfuerzo. El valor del 2% del tiempo bruto, para el transporte entre árboles, se obtuvo con información de desplazamiento de los operarios en lotes de diferentes densidades de siembra de la Subestación Experimental "La Catalina". Con la información tomada para el estudio de métodos (Tabla 7), se pudo determinar que el tiempo para necesidades personales, en promedio, es el 6% del tiempo bruto. Por lo anterior, el tiempo total para suplementos es el 10% del tiempo bruto.

TABLA 25. Distribución de frecuencias del peso de café disponible por árbol.

INTERVALOS DE CLASE (kg)		Marca de clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa (%)	Frecuencia Absoluta acumulada	Frecuencia Relativa acumulada	Tiempo Bruto promedio (min)
0,00	0,50	0,25	420	60,2	420	60,2	1,19
0,50	1,00	0,75	125	17,9	545	78,1	2,57
1,00	1,50	1,25	74	10,7	619	88,7	3,66
1,50	2,00	1,75	38	5,44	657	94,1	4,95
2,00	más	3,5	41	5,87	698	100	7,23

TABLA 26. Relación entre el tiempo de recolección por árbol y los kilogramos de frutos cosechados.

OPERARIO	INTERCEPTO	PENDIENTE	r
1	1,640*	0,0015*	0,173
2	0,825*	0,0026*	0,911*
3	0,771*	0,0019*	0,866*
4	0,630*	0,0028*	0,734*

* Nivel de significancia al 5%

Para estimar el tiempo estándar del método tradicional se asumió como tiempo normal el tiempo bruto promedio por árbol, con información obtenida en los capítulos 4, 5 y 6; para el tiempo por suplementos se asumió el 10% del tiempo bruto.

En la Tabla 27 se presentan los rangos y los tiempos medios para el tiempo estándar por árbol, tanto en el método tradicional como en el método mejorado, en cada uno de los intervalos definidos en la Tabla 25. Como se puede apreciar, el rango para los tiempos estándar del método mejorado, en los 4 primeros intervalos de los kilos disponibles por cosechar por árbol, es inferior al rango del método tradicional, mientras que para el último intervalo los rangos de los dos métodos se sobreponen, siendo menos variable el del método mejorado. Para este caso, se requiere tomar más información, con el propósito de definir si se disminuye o no el tiempo estándar con el método mejorado.

En general, con la evaluación preliminar, se puede decir que el método mejorado contribuyó a disminuir entre el 15 y el 36,8% los tiempos por árbol en la actividad, cuando hay menos de 2kg de café por árbol a recolectar, lo cual implica que los rendimientos operativos globales (eficiencia), con el método mejorado, aumentaron.

El análisis multivariado de componentes principales mostró que de los 63 aspectos antropométricos estudiados, 18 fueron de importancia y de éstos, sólo 4 mostraron asociación lineal positiva, significativa al nivel del 5%, con los kilogramos de café cosechados por árbol (Tabla 28) y los otros cuatro presentaron relación lineal negativa, significativa al nivel del 5%, con el tiempo para cosechar el árbol (Tabla 29).

Estos resultados indican que las dimensiones de las manos (en especial la izquierda), influyen en el proceso de desprendimiento de frutos, mientras que las dimensiones globales del cuerpo influyen en el tiempo invertido para recolectar los frutos por árbol, facilitándose o no los desplazamientos en la rama, en el árbol o en el surco.

TABLA 27. Tiempos estándar (min) para la prueba.

Kilogramos disponibles a cosechar por árbol	MÉTODO TRADICIONAL			MÉTODO MEJORADO			Disminución de Tiempo (%)
	Rango		$\bar{X}$	Rango		$\bar{X}$	
menos de 0,5kg	1,91	2,20	2,09	1,18	1,51	1,32	36,8
entre 0,5 y 1,0kg	3,41	3,85	3,63	2,82	2,99	2,86	21,2
entre 1,0 y 1,5kg	4,95	6,16	5,50	3,85	4,25	4,07	26
entre 1,5 y 2,0kg	6,05	6,93	6,49	5,28	5,72	5,50	15
más de 2,0kg	5,50	8,14	6,82	7,48	8,69	8,03	-

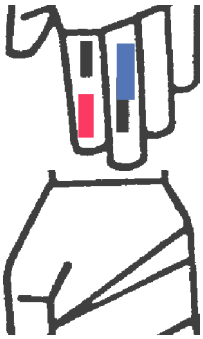
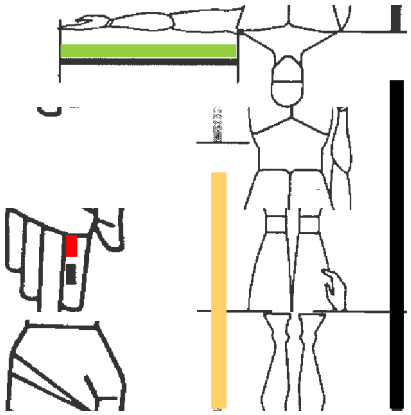


TABLA 28. Resumen de la relación lineal entre los kilogramos de café cosechados por árbol. (corregido por los frutos maduros cosechados) y algunas variables antropométricas de los cosecheros de café.

VARIABLE		r^2
Longitud falange 3 Indíce Izquierdo	(LF3II)	92,8
Longitud falange 2 Corazón Izquierdo	(LF2CI)	81,8
Área mano Derecha	(AMD)	90,7
Área mano Izquierda	(AMI)	97,7

TABLA 29. Resumen de la relación lineal entre los tiempos por árbol (corregido por los frutos maduros cosechados) y algunas variables antropométricas de los cosecheros de café.

VARIABLE		r^2
Altura de hombros de pié	(AHP)	90,2
Altura crestas Ilíacas de pié	(ACIP)	88
Longitud de brazo a mano	(LBM)	90
Longitud falange 2, Indíce derecho	(LF2ID)	90



Estas relaciones se deben tener en cuenta en la construcción de dispositivos que asistan al recolector en el proceso, al igual que para el estudio biomecánico del sistema de desprendimiento manual de los frutos.

En la Tabla 30 se muestran los promedios y el intervalo de confianza (para una confiabilidad de 95%) para el método mejorado, de las variables asociadas a los indicadores de calidad, pérdidas y eficacia.

Teniendo presente la información mostrada en los numerales anteriores (cosecha tradicional), con la ejecución del método mejorado, descriptivamente, los recolectores incrementaron en un 1,6%

TABLA 30. Promedios para las variables operativas en la evaluación en campo del método mejorado de cosecha manual.

INDICADOR	VARIABLE	MÉTODO MEJORADO		
		LI	X	LS
Calidad	Porcentaje de frutos maduros cosechados	85,2	87,1	89,1
Pérdidas	Porcentaje de frutos dejados en el suelo	1,1	1,4	1,7
Eficacia	Porcentaje de frutos maduros desprendidos	97,6	98,5	98,9

* Intervalos de confianza, según prueba t al 5%.

la proporción de frutos maduros cosechados (calidad), disminuyeron en un 36,4% los frutos dejados en el suelo (pérdidas) y aumentaron el porcentaje de desprendimiento de frutos maduros (eficacia) en un 0,6%.

Este resultado es promisorio en cuanto a la bondad operativa del método, sin embargo, no señala a qué costo fisiológico se alcanzaron dichos resultados. La Tabla 31 muestra los intervalos de confianza, para el ritmo cardíaco promedio por prueba, en diferentes horas del día; como se puede apreciar, ninguno de los cuatro operarios alcanzó su CM_{85}, es decir, el valor de ritmo cardíaco para el cual una persona alcanza el 85% de su capacidad máxima, que se considera como indicador de sobre-esfuerzo físico. Esta afirmación se hace dado que los valores de CM_{85}, no caen en el intervalo de confianza para el promedio del ritmo cardiaco, respectivo.

El intervalo de confianza para la temperatura promedio por prueba, de cada operario (Tabla 32), no mostró evidencia de hipotermia (temperaturas inferiores a 34 °C), ni de hipertermia (temperaturas superiores a 38°C).

Los resultados, tanto para el ritmo cardíaco como para temperatura corporal muestran que el método de recolección propuesto no induce sobre-esfuerzo entre recolectores.

Esta evaluación preliminar muestra resultados promisorios en cuanto al mejoramiento operativo de la cosecha manual del café, lo cual se pone de manifiesto en un aumento de la eficiencia (tiempo estándar por árbol), diminución promedio de las pérdidas (porcentaje de frutos dejados en el suelo), incremento tanto de la eficacia (porcentaje de frutos maduros desprendidos) como de la calidad (porcentaje de frutos maduros en la masa cosechada), resultado obtenidos sin sobre-esfuerzo fisiológico.

TABLA 31. Evolución del ritmo cardíaco de los cosecheros de café participantes de la evaluación.

OPERARIO		HORAS DEL DÍA														
		6:30 a 9:00 A.M.			9:00 a 12:00 M.			1:00 a 3:00 P.M.			3:00 a 4:30 P.M.			5:00 a 6:00 P.M.		
	CM85	LS	PROM	LI	LS	PROM	LI	LS	PROM	LI	LS	PROM	LI	LS	PROM	LI
1	172	50,2	82,8	115	104	117,1	130	100	119,1	139	66,6	108,2	149,7	70	81,4	93
2	156	44,6	66,4	82,2	60,8	87,3	114	63,9	86,3	109	75,4	93,4	111,3	58	62	66
3	169	45,6	68,8	92	79,9	98,8	118	87,9	108,8	130	81,3	105,2	129,1	54	67,3	80
4	170	43,9	70,5	97,1	81,2	102	123	66,7	95,2	124	57,9	91,8	125,6	56	68,6	81

* Intervalos de confianza, según prueba de t al 1%.

TABLA 32. Temperatura promedio corporal para los cosecheros de café participantes de la evaluación a diferentes horas del día.

OPERARIO	HORAS DEL DÍA														
	6:30 a 9:00 A.M.			9:00 a 12:00 M.			1:00 a 3:00 P.M.			3:00 a 4:30 P.M.			5:00 a 6:00 P.M.		
	LS	$\overline{X}$	LI	LS	$\overline{X}$	LI	LS	$\overline{X}$	LI	LS	$\overline{X}$	LI	LS	$\overline{X}$	LI
1	35,5	36,1	36,6	35,9	36,5	37,2	36,4	36,7	37,1	36,1	36,7	37,4	36,7	36,9	37,2
2	34,7	35,3	35,9	35,5	36,4	37,2	35,9	36,5	37,2	35,7	36,4	37,0	36,2	36,6	36,9
3	34,9	35,4	36,0	34,6	35,9	37,2	35,3	36,2	37,1	35,5	36,1	37,2	36,0	36,5	37,0
4	35,3	35,9	36,5	34,8	36,2	37,5	36,0	36,6	37,2	36,6	36,9	37,3	36,0	36,6	37,2

Intervalos de confianza, según prueba de t al 1%

8.3 Recomendaciones

El proceso de la recolección manual del café no es una actividad sencilla. "Coger café no tiene ciencia", es una frase que deberá cambiar en adelante, ya que, si bien es cierto, desprender frutos no es complicado, atender un período de cosecha, administrarla y lograr los mejores resultados técnicos y económicos, tanto para el recolector como para el caficultor, si lo es.

El primer producto de esta investigación es un método de trabajo diseñado con conceptos operativos y ergonómicos, con el cual se pretende humanizar la labor del recolector, de tal forma que se beneficien él y el caficultor. Este método continúa siendo evaluado en el campo y los primeros resultados confirman las ventajas esperadas, principalmente, menor tiempo para cosechar una cantidad determinada de café y menores pérdidas de frutos que caen al suelo, que los presentados por el método tradicional. Sin embargo, y a partir de las observaciones, se espera mejorar el diseño del primer prototipo de accesorio (dimensiones, forma, materiales y funcionalidad) y realizar ajustes al método, especialmente para la recolección de los frutos localizados en el tercio inferior del árbol y en el suelo.

Los resultados de este estudio son la base para el diseño de nuevas herramientas y dispositivos para asistir la recolección manual y para el diseño y la operación óptima de nuevos sistemas de cosecha mecanizados. Al disponer de herramientas conceptuales obtenidas mediante la aplicación del método científico, el caficultor podrá hacer una planeación y evaluar objetivamente el proceso de la recolección del café.

Utilizando indicadores operativos, podrá cuantificar lo que él deja de percibir en términos económicos y tomar las medidas correctivas correspondientes. Adicionalmente, la metodología desarrollada en este estudio será de gran utilidad para el mejoramiento de otras actividades de la producción de café y de otros cultivos.

Para lograr el éxito en la adopción de esta metodología de trabajo será necesario diseñar procesos de transferencia que tengan en cuenta las condiciones del recolector y las expectativas de los caficultores. Campañas educativas en escuelas y colegios veredales apoyadas con materiales didácticos cuidadosamente elaborados, son parte de las estrategias que se podrían adoptar para preparar a los jóvenes en una labor dignificada.

LITERATURA CITADA

1. AIYELARI, E.A.; UTUYORUME, E. Ergonomic studies in cowpea production: harvesting and shelling. Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale 89(3):331- 341. 1995.

2. ÁLVAREZ, G. J. Evaluación de un cosechador manual. "Tragacafé" en la recolección de café. Informe final. Chinchiná, CENICAFÉ, 1993. 9 p.

3. BAREL, M. Estudio de un aparato para la cosecha de café. Montpellier, Instituto de Investigaciones sobre Café y Cacao, 1992. 48 p.

4. BARNES, R. Estudio de movimientos y tiempos. 5. ed. Madrid, Aguilar S.A.,1966. 700 p.

5. BERGAMIN, J. O. "Repasse" como método de controle da broca do café Hypothenemus hampei (Fer., 1867) (Col:Ipidae). Arquivos do Instituto Biológico 15:197-208. 1944.

6. CABRERA S., J.M.; SERWATOWSKY H., R.J. Análisis de la cosecha y manejo post-cosecha del ajo en la región del Bajío. In: Harvest and Postharvest Technologies for Fresh Fruit and Vegetables. Guanajuato, February 20 – 24, 1995. Proceedings of the International Conference. St. Joseph, ASAE, 1995. p. 191 -197.

7. CADENA, R. Proyecto agroindustrial de invención, realización, estudio y difusión de un implemento para recolección de café: Tragacafé. s.n.t. 32 p. (Documento mecanografiado).

8. CAMBRONY, H.R. La récolte mécanique du café. Le point de vue d´un agronome. Café Cacao Thé 22(3):229-236. 1978.

9. CANNEL, M.G.R.; BROWING, G. Hacia una recolección más barata y eficiente. Revista Cafetalera de Guatemala No. 100:37-40. 1970.

10. CARO, P.; SILVA, N.; HUEPP, G. Ensayos de frecuencias de recogidas de Coffea arabica var Caturra Amarillo. Ciencia y Tecnología en la Agricultura. Serie Café y Cacao 7(2):25-39. 1985.

11. COMITÉ DE CAFETEROS DE CALDAS. Administración de la cosecha de café. Manizales, COMITECAFE, 1991. 25 p.

12. CONLAN, T.M.; MILES J. A.; STEINKE, W.E. Static lower back stress analysis in citrus harvesting. Transactions of the ASAE 38(3):929-936. 1995.

13. COSTE, R. Cafetos y café en el mundo. Tomo I. Paris, Maisonneuve & Larose, 1954. 459 p.

14. CRUZ NETTO, F.; MATIELLO, J. B. Estudio comparativo de rendimiento de colhetia entre cultivares "Mundo Novo" e "Catuai" em lavouras con diferentes niveis de productividade. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 11. Sao Lourenco, 27 - 30 Outubro, 1981. Resumos. Rio de Janeiro, IBC, 1981. p. 329-333.

15. CHAMORRO T., G.; CÁRDENAS M., R.; HERRERA H., A.; Evaluación económica y de la calidad en taza del café proveniente de diferentes sistemas de recolección manual, utilizables como práctica de control en cafetales infestados de Hypothenemus hampei. Cenicafé 46(3):164-175. 1995a.

16. CHAMORRO T., G.; OLIVEROS T., C. Factibilidad económica de la cosecha mecanizada del café. Chinchiná, Cenicafé, 1995b. 22 p.

17. DIXIE, G. The dixie bag hand harvesting aid. Appropriate Technology 5(4): 21-22. 1979.

18. ESCHENWALD H., A. Mecanización en el cultivo, recolección y elaboración del café en Puerto Rico. Revista de Agricultura de Puerto Rico 44(2):176-184. 1957.

19. GHIBERTI, G. Prevención de los riesgos ergonómicos en el caficultor de Cundinamarca. Revista Ingeniería Universidad Distrital enero-marzo. p. 27-33. 1996.

20. GONZÁLEZ, V.; SOTOLONGO, A. Evaluación económica de los sistemas de cosecha de corte manual para centros de acopio y de corte tradicional en campos quemados. In: Conferencia de Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba, 39, La Habana, 12-17 Octubre, 1970. Memorias, La Habana, Orbe, 1976. Vol 2. p. 925-939.

21. GOUVEIA, N. ; SONDAHL, M.R. Florecimiento e matoracao en C. arabica. v.c. ´Catuai Vermelho´. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 11. Sao Lourenco, 27-30 octubro, 1981. Resumos. Rio de Janeiro, IBC, 1981. p. 164 -165.

22. GOYAL, M.R.; RIVERA, N.F.R. Evaluation of a hand-operated coffee picker. The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 71(1):121-123. 1987.

23. GUIA Rural. Os seis sistemas passo a passo. Río de Janeiro, Editora Abril,1991. 22 p.

24. HERNÁNDEZ P., M. Campaña de defensa contra la broca en los países del área de OIRSA; Centroamérica, México, Panamá. Revista Cafetera de Guatemala 148:19-25. 1975.

25. INGENIO CENTRAL CASTILLA S.A. Sistemas de cosecha y calidad de la caña en el Valle del Cauca. In: Congreso Atalac 2, Méjico 4-9 noviembre, 1991. Memorias. p. 99-151.

26. INTERNATIONAL LABOUR OFFICE. OIT. Introduction to work study. Geneva, OIT, 1962. 366 p.

27. KRATKY, B.A.; FORNOF, S.R. Coffee picking device. In: ASHS Annual Meeting, 84; ISTH Congress, 34. Orlando, 6-12 November, 1987. Alexandria, American Society for Horticultural Science, 1987.

28. LEVERONI, A.; PATERSON, R.; SÁNCHEZ, F.; GUINLE, A. Evaluación del costo energético de la cosecha manual de caña de azúcar. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán 48(2):41-47. 1972.

29. LÓPEZ, R. Evaluación económica de la utilización de la bolsa comercial "Dixie Bag" en la recolección de café. Informe final. Chinchiná, Cenicafé, 1980. 13p.

30. MATIELLO, J.B.; ALMEIDA, S.R. DE; FRANCO, C.M. Efeito da epoca de colheita a producao de café. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 5. Guarapari, 18-21 Octubro, 1977. Resumos. Rio de Janeiro, IBC, 1977. p. 133-134.

31. MONCALEANO, R. Estudio de métodos y tiempos para la comercialización de cítricos en COOMERCA (Andalucía-Valle). Cali, CENCOA, 1994. 40 p.

32. MORENO R., A DEL S. Estudio de tiempos y movimientos en la Sección de Corte y Troquelado de la empresa CORVACAL LTDA. Cali, Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, 1988. 56 p. (Tesis:Ingeniero Industrial).

33. MUNDEL, M. Motion and time study. Principles and practices. 4. ed. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1970. 674 p.

34. OSPINA, F. Tratado práctico sobre el cultivo del café. In: Memorias sobre el cultivo del Café. Bogotá, Banco de la República, 1952a. p 13-50.

35. OSPINA R., M. Cultivo del café. In: Memorias sobre el cultivo del Café. Bogotá, Banco de la República, 1952b. p. 51-73.

36. PENAGOS D., H.; ARRIAGA M., V. Proyecto del plan de trabajo de la campaña control de la broca del fruto del café (Hypothenemus hampei). Revista Cafetalera de Guatemala 152:15-24. 1976.

37. POTTS, S.J.; HARTSOUGH, B.R.; REUTEBUCH, S.E.; FRIDLEY,J.L. Manual polesaw pruning of douglas-fir. Applied Engineering in Agriculture 13(3):399-405. 1997.

38. RAMÍREZ, J. C. Los andariegos, una relación socioeconómica. Cuadernos de Agroindustria y Economía Rural No. 11:89-114. 1983.

39. RESTREPO, J.M. El cultivo de café. In: Memorias sobre el cultivo del Café. Bogotá, Banco de la República, 1952. p. 5-11.

40. SAENZ, N. Memoria sobre el cultivo del café. In: Memorias sobre el cultivo del Café. Bogotá, Banco de la República, 1952. p. 75-190.

41. SCANDALIARIS, J.; ROMERO, E.; OLEA, I. Factores que determinan la eficiencia de la cosecha de la caña de azúcar. Avance Agroindustrial 9(33): 19-24. 1988.

42. SILVA, N.; CARO, P.; RAMOS, R. Prueba de diferentes dosis de flormidex para la maduración de C. arabica, Lin. variedad Caturra Amarillo. In: Seminario Científico, 5; Simposio de Cítricos,1. La Habana, Octubre16 - 18, 1985. Resúmenes. La Habana, INCA, 1985. p. 202.

43. SILVA, N.; CARO, P.; RAMOS, R. Productividad con diferentes utensilios para la cosecha del café. La Habana, Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao. 1985 b. 35 p. (Boletín Técnico N° 3).

44. SILVA, N.; RIVERO, R. El cafeto: algunas consideraciones sobre su cosecha. Boletín de Reseñas. Café y Cacao Nº 4: 1-36. 1987.

45. TOBASURA, I.; RESTREPO, L. Características socioeconómicas del recolector temporal de café en el municipio de Chinchiná (Caldas). Agronomía 4(2):32-36.1991.

46. VICENTE CH., J.; SILVA, S.; ABRUÑA, F. Un método nuevo y barato para cosechar café en plantaciones de altos rendimientos. Revista del Café de Puerto Rico 24(10):11-16. 1969.

47. WANG, J.K. Time and motion studies of coffee picking in Kona. Kenya Coffee 31(372): 555-557.1966.

48. WHITNEY, J.D.; WHEATON, T.A.; CASTLE, W.S.; TUCKER, D.P.H. Optimizing orange grove factors for fruit production and harvesting. Transactions of the ASAE 37(2):365-371. 1994.

49. WHITNEY, J.D.; WHEATON, T.A.; CASTLE, W.S.; TUCKER, D.P.H. Orange grove factor affect manual harvesting rates. Transactions of the ASAE 39(2):399-405. 1996.

GLOSARIO

Acromion: Parte sobresaliente del húmero, lugar donde inicia el brazo.

Andariegos: Población trashumante que presta sus servicios laborales en la actividad agrícola.

Características antropométricas: Registro de las propiedades medibles del cuerpo humano.

Clasificación de operaciones unitarias: agrupar las operaciones de acuerdo a su naturaleza operativa (Espera, operación, transporte, inspección y almacenamiento).

Cocado: Medida subjetiva que equivale al peso o al volumen en café cereza, de un recipiente recolector tradicional.

Coco: Recipiente plástico utilizado tradicionalmente en la recolección de café.

Cosecha tradicional: Proceso de recolección del café practicado en la actualidad en Colombia y que genera del 40 al 60% de los costos totales de producción.

Diagrama general del proceso: Esquema que representa el flujo de las operaciones en una tarea o labor.

Diagrama operativo: Esquema más específico que el diagrama general del proceso en el cual se dividen los componentes del flujo en operaciones unitarias u operaciones simples.

Economía de movimientos: Principios o postulados que permiten realizar una operación manual en el menor tiempo posible con la mayor eficiencia.

Estandarización: Procedimiento aplicado al personal de la producción con el fin de entender, practicar y emplear correctamente un método de trabajo.
Estudio de tiempos y movimientos: Análisis sistemático de los métodos de trabajo con el fin de optimizar la relación hombre – método - rentabilidad.

Ergonomía: Estudio del hombre en su lugar de trabajo con el objetivo de optimizar el sistema hombre - trabajo.

Fatiga o sobre esfuerzo: Estado fisiológico del operario en el cual su rendimiento baja y por ende disminuye su eficiencia operativa.

Frecuencia Cardíaca: Número de pulsaciones por unidad de tiempo.

Hoja de Instrucciones normalizada: Formato que se utiliza para presentar, con algunas especificaciones operativas, un método de trabajo.

L5/S1: Articulación humana ubicada entre la quinta vértebra lumbar y la primera sacra.

Macromovimientos: Cada uno de los procesos que compone un método de trabajo.

Método operativo: Metodología o flujo de las operaciones que componen un proceso de trabajo.

Micromovimientos: Movimientos propios del cuerpo humano que conforman el ciclo de trabajo de una actividad repetitiva.

Operación unitaria: Subproceso sencillo o elemental que compone un proceso.

Pérdidas por goteo: Conjunto de frutos caídos al suelo por sobremaduración en un lote de café.

Porcentaje de tiempo de micromovimientos: Proporción de tiempo invertido, con base en un tiempo total, para realizar un movimiento elemental dentro de una actividad repetitiva.

Registro videográfico: Filmación con cámara cinematográfica que se realiza a una operación en particular.

Rendimiento de recolección: Relación entre el peso del material recolectado y el tiempo invertido en esa operación.

Suplementos: Márgenes de tiempo que se conceden a los operarios para que realicen sus necesidades fisiológicas, se repongan de un ritmo de trabajo agotador o realicen pequeñas actividades inesperadas.

Therblig: Vocablo empleado para referirse a los movimientos elementales de las manos, los cuales conforman un ciclo de trabajo en una actividad repetitiva.

Tiempo estándar o tiempo tipo: Unidad de tiempo en la cual un operario, adecuadamente entrenado, ejecuta una actividad a un ritmo normal de trabajo garantizando un óptimo desempeño.

Tiempo normal: Unidad de tiempo en la cual un operario realiza su trabajo bajo un ritmo constante y sin descansos.

Velocidad de la cámara: velocidad a la que imprime imágenes fotográficas una cámara cinematográfica.

Zafra de la caña: Proceso de quema, corte y recolección de la caña de azúcar.