

EVALUACIÓN DEL EQUIPO “AROANDES”, UN PROTOTIPO PARA LA COSECHA MANUAL ASISTIDA DE CAFÉ

Hugo Andrés López-Fisco*; Gonzalo Roa-Mejía**; Alfonso Parra-Coronado***

RESUMEN

LÓPEZ F., H. A.; ROA M., G.; PARRA C., A. Evaluación del equipo “Aroandes”, un prototipo para la cosecha manual asistida de café. *Cenicafé* 57(3):208-219. 2006.

El equipo “Aroandes” está compuesto por un aro, una manga y un recipiente de espalda que facilita la recolección manual de café, la carga de café cosechado y disminuye los movimientos de las manos y los brazos. La evaluación operativa midió la eficacia, las pérdidas y la calidad de la masa cosechada, en cafetales de segunda cosecha, de la variedad Colombia, sembrados a 1,5 x 1,0m y 1,4 x 1,2m, con densidad de 6.900 árboles/ha. Antes de iniciar la evaluación se capacitó a los recolectores en el empleo del dispositivo. El equipo permitió disminuir el número de frutos dejados en el suelo y el número de frutos maduros sin cosechar, respecto al sistema tradicional de cosecha manual (testigo). No hubo diferencias estadísticas para la eficiencia (kilogramos de frutos de café recolectado por hora) y el porcentaje de frutos verdes en la masa cosechada fue mayor que el registrado en el testigo.

Palabras clave: Café, *Coffea arabica*, cosecha manual asistida, pérdidas, eficacia, calidad, confort.

ABSTRACT

The equipment “Aroandes” is made up of a ring, a hose and a back-mounted container that facilitates the hand-picking process, the carrying of harvested coffee and it also decreases the movements of hands and arms. The operative assessment measured the efficacy, loss and quality of the harvested mass in second-harvest coffee plantations of the Colombia variety, which were sown at 1.5 x 1.0m and 1.4 x 1.2m with 6,900 plants per hectare. Before starting the evaluation the operators were trained to adequately use the equipment. This equipment allowed reducing the amount of non-harvested ripe berries left on the soil with respect to the traditional hand-picking system (control). There were not any statistical differences regarding efficiency (kilograms of coffee berries collected per hour) and the percentage of unripe berries in the harvested mass was higher than the one registered by the control group.

Keywords: Coffee, *Coffea arabica*, aided manual harvesting, losses, effectiveness, quality, confort.

* Estudiante de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

** Investigador Principal. Ingeniería Agrícola hasta el 31 de mayo del 2005. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

*** Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

En Colombia y en el resto de países productores de café del mundo, una de las principales prioridades ha sido disminuir los costos de producción. Una de las etapas más importantes del ciclo productivo del café es la cosecha, la cual representa entre el 35 y 45% de los costos totales de producción del café en Colombia. En países en donde la topografía lo permite utilizan grandes máquinas combinadas, con las que efectúan el trabajo de hasta 200 recolectores convencionales; sin embargo, en nuestro país no ha sido posible introducir la cosecha mecanizada.

Los aspectos que intervienen en la relación hombre - planta - ambiente son posiblemente las restricciones para desarrollar y evaluar herramientas para asistir la cosecha del café, además de las condiciones culturales, entre las cuales se destaca la recolección tradicional, que se ha convertido en un hábito y que es una actividad mecánica repetitiva, difícil de cambiar; la topografía, en términos de los terrenos agrestes y altas pendientes; la variedad de climas; y la desuniformidad de las floraciones, entre otros.

Con el fin de avanzar en el desarrollo de tecnologías de recolección, Cenicafé desarrolló el equipo “Aroandes” con el objetivo de disminuir los tiempos empleados en la cosecha, incrementar la eficiencia operativa y mejorar ergonómicamente el desarrollo del trabajo de la recolección. La tecnología “Aroandes” es una propuesta científica para solucionar las dificultades de la recolección manual tradicional.

Este proyecto consideró como objetivo principal el desarrollo de una herramienta alternativa para asistir la cosecha selectiva

del café, que consta de un aro flexible suspendido del antebrazo para recibir los frutos maduros desprendidos por los dedos que se transportan a un depósito de espalda mediante el levantamiento del brazo. Además propuso continuar el estudio iniciado por Roa¹, y aprovechar los resultados generales de las investigaciones realizadas por Vélez *et al.* (6) para incrementar los rendimientos operativos de los recolectores, sin disminuir la calidad del café nacional tipo exportación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar los objetivos específicos de esta investigación, el proyecto se dividió en dos etapas: en la primera se diseñó el dispositivo propuesto por Roa² y en la segunda se evaluó el prototipo obtenido.

La primera etapa se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, en el municipio de Chinchiná (Caldas). La segunda correspondiente a los ensayos de campo, se desarrolló en árboles de café de la variedad Colombia, de segunda, tercera y cuarta cosechas, en la Estación Central Naranjal, y en las Subestaciones Experimentales La Catalina (Pereira) y El Tambo (Cauca), en la cosecha principal del 2003 y 2004.

ETAPA 1. Diseño y evaluación de los componentes del dispositivo propuesto.

El equipo fue diseñado mediante una valoración técnica de ingeniería. Para ello se analizaron y evaluaron los componentes del modelo, de la siguiente manera:

¹ ROAM., G. Cosecha asistida de frutos maduros de café prototipo arocosechador. Chinchiná. Cenicafé. 1997. (Comunicación personal).

² ROAM., G. Cosecha asistida de frutos maduros de café por vibro impactos controlados a ramas de café. Archivo personal. Chinchiná. Cenicafé. 2003. (Comunicación personal).

Aro y marco de sujeción. El diseño se realizó con base en los registros antropométricos realizados por Vélez *et al.* (6) del área efectiva de trabajo de las manos de los recolectores, para lograr que el equipo se adaptara por lo menos al 95% de los individuos caracterizados. El mejoramiento continuo de este componente se logró realizando pruebas de campo y mediante la observación detallada del desempeño operativo. Los inconvenientes encontrados al realizar el desprendimiento de los frutos dieron origen a la introducción de varios cambios evolutivos; el diseño más promisorio se observa en la Figura 1.

Manga de conducción. Se diseñó a partir de las dimensiones del aro y los registros antropométricos para la talla y la longitud del brazo izquierdo de los recolectores caracterizados por Vélez (7), en Cenicafé. Posteriormente, se realizó un análisis biomecánico de la carga estática (3), para estimar los esfuerzos normales generados en la articulación del hombro (escápulo-humeral), para el promedio de recolectores, con la adopción de las posturas del brazo más comunes durante la recolección, con el aro adaptado al brazo izquierdo; se estableció que éstos no debían sobrepasar los esfuerzos en los cuales ocurren lesiones músculo-esqueléticas, según los estudios realizados por el Instituto

Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) de los Estados Unidos.

Recipiente de almacenamiento. Se diseñó y evaluó mediante un análisis biomecánico de la carga estática que estimó los esfuerzos normales y cortantes que se generan en el disco intervertebral L5S1 de la columna vertebral, para un rango de inclinación de la misma con respecto a un eje horizontal de 150°, dentro del cual se consideran además de las posturas típicas de los recolectores (Figura 2), una oscilación del eje de la columna vertebral más amplio al momento de soportar el recipiente plástico de espalda con su capacidad total, y así poder establecer si se ocasionan lesiones músculo-esqueléticas.



Figura 1. Aro semirrígido.



Figura 2.
Posturas corporales durante la recolección, a) De pie con los brazos por encima de los hombros. b) De pie con los brazos en extensión frontal. c) Arrodillado e inclinado (6).

Mecanismo de sujeción al operario. Con el fin de determinar las características de las correas de sujeción del recipiente de espalda al operario, se realizó un análisis de la presión de contacto en el área donde el operario soporta la carga estática, utilizando el software Xsensor, que permite registrar el valor de la presión de contacto medido como fuerza por unidad de área.

El dispositivo final obtenido después de la etapa de diseño se construyó con las partes mencionadas anteriormente (Figura 3). A partir del mismo, se construyeron seis dispositivos para evaluarlos operativamente en la segunda etapa del proyecto.

ETAPA 2. Evaluación operativa del prototipo obtenido.

Antes de realizar la evaluación del prototipo “Aroandes” se realizaron ocho jornadas de entrenamiento para el manejo básico de la herramienta y de la metodología para su uso. La capacitación se realizó en la finca El Galpón, en el Municipio de Cajibío (Cauca), en el mes de mayo de 2004, en lotes con las siguientes características: cafetos

de primera, segunda y tercera cosechas, con densidades entre 10.000 y 13.000 tallos por hectárea, distancias de siembra entre 1,5 x 1,0m y 1,4 x 1,2m, y pendientes entre 36 y 100%.

Se seleccionó un grupo de seis recolectores, así: dos de alto rendimiento (65kg/jornada), dos de rendimiento medio (58kg/jornada) y dos de bajo rendimiento (45kg/jornada), verificado mediante la observación de los registros de la planilla diaria de recolección con el método tradicional, correspondiente a los últimos 15 días de trabajo registrados en la finca.

Una vez realizada la capacitación teórica, los recolectores fueron entrenados en el manejo de la herramienta propuesta. La labor de recolección se inició cuantificando diariamente las siguientes variables asociadas a los indicadores de la recolección: Kilogramos de café maduro disponibles, para la oferta; kilogramos de café recolectados por unidad de tiempo para el indicador de eficiencia; número de frutos maduros dejados en la planta, para el indicador de eficacia; porcentaje de frutos verdes en la masa cosechada, correspondiente



Figura 3.

Detalles de construcción del equipo “Aroandes”, diseñado para asistir la cosecha de café cereza. a) Detalle del aro semirrígido; b) Detalle de la conexión de la manga con el recipiente de espalda; c) Detalle de la conexión del recipiente de espalda y la descarga; d) Dispositivos construidos para su evaluación.

al indicador de calidad y número de frutos dejados en el suelo, para el indicador de pérdidas.

El proceso de toma de datos se llevó a cabo durante ocho jornadas de trabajo. A partir de esa información se construyeron curvas de aprendizaje (1) para relacionar la experiencia adquirida por los recolectores por medio del entrenamiento con el cambio de conducta al emplear el equipo “Aroandes”. Durante esta etapa se supervisaron todas las actividades y se corrigió la realización de movimientos indeseables de manos y brazos.

Durante la etapa de entrenamiento se recomendó a los operarios cumplir con las siguientes recomendaciones de Cenicafé para mantener la calidad de la bebida y el control de la broca del café:

Eficacia Máximo cinco frutos maduros dejados por árbol (2).

Pérdidas Máximo cinco frutos caídos por árbol (2).

Calidad Máximo 2,5% de frutos verdes en una muestra de la masa cosechada (4).

En la etapa de entrenamiento se consideró de mayor importancia que los operarios no sostuvieran los frutos de café desprendidos (no empuñar), como se hace con el canasto tradicional, sino que los dejaran caer a la funda y que trabajaran en orden, para eliminar varios micromovimientos innecesarios. Adicionalmente para cada recolector, se llevó un registro videográfico mientras realizaba las labores del método de recolección propuesto, y se verificó que estuviera realizando de forma adecuada las actividades planteadas.

Después de la capacitación se hicieron las pruebas de cosecha en un lote con una densidad de 6.900 árboles por hectárea,

distancia de siembra de 1,5 x 1,2m y pendiente del 9%; y se evaluó la recolección manual asistida con el prototipo “Aroandes” frente al sistema de recolección tradicional.

La evaluación de los tratamientos se realizó con los operarios entrenados y cada uno de ellos desarrolló la cosecha con el canasto tradicional y con el “Aroandes”.

Los sistemas de recolección se evaluaron bajo el diseño experimental conmutativo, donde la unidad de trabajo estuvo conformada por el árbol, de tal manera que en una mitad se aplicó la cosecha manual con canasto y en la otra la cosecha asistida con “Aroandes”. Para facilitar la visualización de cada mitad, el árbol se dividió en dos partes iguales colocando cintas de dos colores en las ramas para definir los bordes o límites (Figura 4).

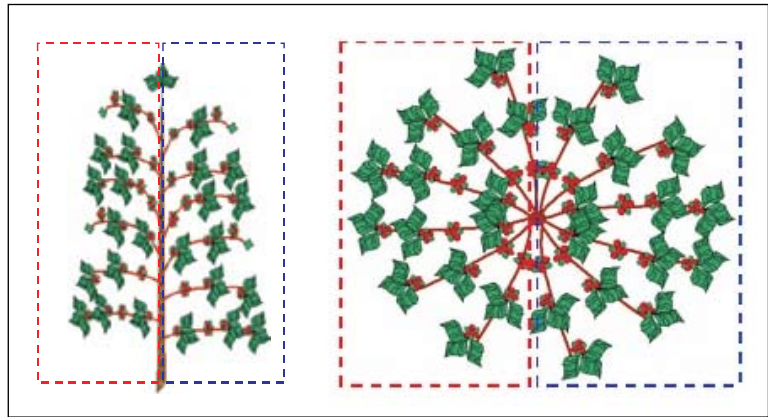
Se trabajó con seis operarios y a cada uno se le asignaron aleatoriamente diez unidades de trabajo (árboles), para un total de 60 repeticiones. Adicionalmente, se hizo una asignación aleatoria de tratamientos a cada mitad de la unidad de trabajo.

Antes de iniciar la recolección con los dos métodos, se recogieron los frutos del suelo en todas las unidades de trabajo para garantizar la evaluación de las pérdidas.

En cada tratamiento y unidad de trabajo se cuantificaron los indicadores de eficiencia, calidad, eficacia y pérdidas (para los dos últimos indicadores, esta actividad se realizó inmediatamente después de la aplicación de cada tratamiento).

Posteriormente, el equipo “Aroandes” y el canasto tradicional se evaluaron en una finca comercial del Cauca, en mayo del 2004, durante una hora de trabajo continuo, y se registraron los kilogramos de café recolectados

Figura 4.
Esquema de la distribución y la aplicación simétrica propuesta para cada una de las unidades de trabajo; se observa una mitad roja y la otra azul, para identificar la unidad de trabajo.



con cada uno de los tratamientos, en un lote con características similares de pendiente, edad del cultivo, arquitectura de los árboles y con los mismos operarios entrenados.

Análisis estadístico

Promedios y variaciones por tratamiento, análisis de varianza bajo el modelo de análisis para el diseño conmutativo y prueba de comparación de promedios de t al 5%.

Para verificar la ejecución de los tratamientos, se llevó un registro videográfico de las actividades en la aplicación de los tratamientos y se entrevistaron todos los recolectores al final de las pruebas, con el propósito de escuchar sus conceptos y sus actitudes con relación al nuevo dispositivo, en tres componentes:

Cognitivo, ¿cuáles son las ventajas y desventajas que presenta el equipo “Aroandes” para asistir la cosecha de café?;

Afectivo, ¿le gustó el equipo “Aroandes” para asistir la cosecha de café?;

Conductual, ¿usted volvería a utilizar el equipo “Aroandes” si se comprueba que mejora la cosecha de café?.

Las respuestas dadas por cada recolector, fueron valoradas mediante una calificación entre 1 y 3, donde 1 correspondió a una respuesta con actitud negativa o de rechazo, 2 con una actitud neutra o de indiferencia, y 3 a una respuesta de actitud positiva o de aceptación.

A las calificaciones obtenidas de la valoración de las respuestas en el análisis de actitud, se les aplicó una prueba de concordancia de Kendall al 5%, para establecer acuerdo entre los operarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Construcción del prototipo. Los resultados obtenidos en el análisis biomecánico para brazo – hombro – espalda y disco intervertebral L5S1, permitieron concluir que las dimensiones, los materiales y los detalles de construcción establecidos para el diseño del prototipo “Aroandes” no afectan el bienestar del operario, es decir, no inducen sobre esfuerzo en el sistema músculo-esquelético humano, y garantizan que no se generarán lesiones a causa de portar el dispositivo en el brazo y la carga de café en la espalda, y además facilitan los desplazamientos en el cafetal con relación al manejo del canasto tradicional.

Entrenamiento. En esta fase se alcanzaron las metas establecidas para los indicadores de eficacia, calidad y pérdidas, de tal manera que:

La oferta de café maduro disponible para cosechar, en general, a través de las jornadas osciló entre 0,7 y 1,2kg de café (Tabla 1).

En las jornadas 1, 2 y 4 se obtuvieron los mínimos promedios para la variable kilogramos de café recolectados por hora con respecto a las otras jornadas.

El promedio para el primer día fue de 5,9kg.h⁻¹ y se incrementó hasta un valor de

Tabla 1. Kilogramos de café maduro disponibles para cosechar por unidad de trabajo.

Jornada	Promedio	Intervalo (95%)	
		L. I.	L. S.
1	0,9	0,7	1,0
2	0,6	0,5	0,8
3	0,9	0,8	1,0
4	1,0	0,9	1,1
5	0,6	0,4	0,7
6	1,0	0,8	1,2
7	0,8	0,7	1,0
8	0,8	0,6	0,9

L. I.: Límite inferior, L. S.: Límite superior.

Tabla 2. Kilogramos de café recolectado por hora (kg.h⁻¹) en las jornadas de entrenamiento.

Jornada	Promedio	Intervalo (95%)	
		L. I.	L. S.
1	5,9	4,6	7,1
2	6,5	5,7	7,3
3	7,2	6,4	8,1
4	6,8	6,1	7,5
5	7,0	5,8	8,1
6	8,0	6,9	9,1
7	8,7	7,8	9,5
8	8,2	6,6	9,7

L. I.: Límite inferior, L. S.: Límite superior.

8,7kg.h⁻¹ en el séptimo día. Es necesario precisar que el promedio obtenido en la jornada cuatro coincidió con el cambio de semana, posiblemente un día sin realizar la actividad práctica generó una pérdida de la destreza adquirida por los operarios en los días anteriores.

A pesar de que en la jornada cinco hubo baja oferta de frutos para cosechar, el equipo compensó la reducción del café disponible con una disminución del tiempo incurrido en el desprendimiento y de esta forma, mantuvo el promedio de eficiencia en 7,0kg.h⁻¹; además, es preciso anotar en este momento que el comportamiento del indicador eficiencia posiblemente evidencia que los operarios estaban adquiriendo el hábito de una manera inconsciente y que se convirtió gradualmente en una actividad prácticamente de acto reflejo.

De acuerdo con el límite superior del intervalo de confianza para el número de frutos dejados en el árbol (eficacia), en cinco de las ocho jornadas de entrenamiento, se cumplió con las recomendaciones de Cenicafé (2), para el control de broca en los cafetales. Por el contrario, para el número de frutos dejados en el suelo (pérdidas) después de la recolección, solo se cumplió en dos de las jornadas (Tablas 3 y 4).

A partir de la jornada cuatro y hasta la última se redujo la variabilidad para el número de frutos dejados en el árbol (eficacia), posiblemente porque se logró generar destreza en los operarios día tras día; el promedio alcanzado para la última jornada fue de 3 frutos, con un intervalo entre 2 y 4 frutos (Tabla 4).

El porcentaje de café verde (calidad) de la muestra del café recolectado durante las jornadas de entrenamiento, estuvo dentro de los límites sugeridos por Cenicafé en las

Tabla 3. Número de frutos dejados en el árbol durante las jornadas de entrenamiento.

Jornada	Promedio	Intervalo (95%)	
		L. I.	L. S.
1	3,0	1,5	4,5
2	6,0	0,0	14,3
3	2,1	1,1	3,1
4	3,7	1,2	6,1
5	2,9	1,0	4,7
6	3,7	2,0	5,4
7	3,1	2,3	3,9
8	3,1	2,3	3,9

L. I.: Límite inferior, L. S.: Límite superior.

Tabla 4. Número de frutos dejados en el suelo durante las jornadas de entrenamiento.

Jornada	Promedio	Intervalo (95%)	
		L. I.	L. S.
1	3,9	0,0	8,8
2	4,6	1,6	7,6
3	3,5	1,5	5,6
4	4,0	2,1	5,9
5	3,5	2,4	4,5
6	3,6	0,9	6,3
7	3,4	1,4	5,4
8	3,4	2,0	4,8

L. I.: Límite inferior, L. S.: Límite superior.

dos últimas jornadas, los demás registros no cumplieron con las especificaciones de Puerta (4), para mantener la calidad de la bebida (Tabla 5).

El promedio del porcentaje de café verde registrado para todas las jornadas fue similar, y fue menos variable en las jornadas cuatro y ocho, en las que pasó de un promedio de 3,3 a 1,8%.

Evaluación operativa. Los tratamientos presentaron igual promedio para la variable kilogramos de café recolectados por hora (Tabla 6); entre operarios el promedio para una hora de trabajo con “Aroandes” fluctuó

Tabla 5. Porcentaje de café verde en una muestra del café recolectado durante el entrenamiento.

Jornada	Promedio	Intervalo (95%)	
		L. I.	L. S.
1	2,6	1,5	3,7
2	2,5	1,5	3,6
3	3,3	1,4	5,2
4	3,3	1,3	5,4
5	2,5	0,6	4,4
6	1,9	1,1	2,7
7	1,3	0,6	2,0
8	1,8	1,4	2,2

L. I.: Límite inferior, L. S.: Límite superior.

entre 9 y 17,5kg.h⁻¹, mientras que con el canasto tradicional osciló entre 8 y 13kg.h⁻¹ (Tabla 7).

Con el equipo “Aroandes” se dejaron menos frutos maduros por cosechar en el árbol (2 frutos) que con el canasto tradicional (4 frutos), por lo anterior, se afirma que con el equipo “Aroandes” se obtuvo mejor eficacia en la recolección (Tabla 8).

El valor promedio del número de frutos de café dejados en el suelo (pérdidas) fue menor con el equipo “Aroandes” (4 frutos) que con el canasto tradicional (11 frutos) (Tabla 9). Por el contrario, con el “Aroandes” se recolectó un mayor porcentaje de café verde (6,9%) que con el canasto tradicional (4,9%). En la Tabla 10 puede observarse la información obtenida para el indicador de calidad y los respectivos coeficientes de variación.

La disminución del número de frutos de café dejados en el suelo le confiere importancia a las características del diseño del equipo, ya que éste fue construido para garantizar una cobertura del área total de influencia de las manos al interactuar con la planta durante el desprendimiento y la caída de

Tabla 6. Promedios y variación de la cantidad de café recolectado por hora (kg.h⁻¹) en cada uno de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Promedio	C.V. (%)
Equipo Aroandes	15,1 A	73,1
Canasto tradicional	13,0 A	63,5

Letras distintas indican diferencia estadística al 5% según prueba de t ; la variable rendimiento (kilogramos de café por hora) se transformó a Log en base 10, para realizar el análisis de varianza.

Tabla 7. Kilogramos de café recolectado en una hora de trabajo (kg.h⁻¹).

Operario	Equipo Aroandes	Canasto tradicional
1	17,5	13,0
2	10,0	8,0
3	12,0	9,0
4	12,0	8,0
5	9,0	8,0
6	11,0	8,0

Tabla 8. Promedio de frutos dejados por árbol y su variación en cada uno de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Promedio	C.V. (%)
Equipo Aroandes	2,08 B	94,9
Canasto tradicional	3,83 A	117,4

Letras distintas indican diferencia estadística al 5% según prueba de t.

Tabla 9. Promedios y variación del número de frutos dejados en el suelo después de la recolección en cada tratamiento evaluado.

Tratamiento	Promedio	C.V. (%)
Equipo Aroandes	4,4 B	57,6
Canasto tradicional	11,1 A	63,0

Letras distintas indican diferencia estadística al 5% según prueba de t.

los frutos, además para impedir el acceso del recolector al café desprendido después de que éste ingresa al sistema, con lo cual se evita que escoja parte del café verde y lo arroje al suelo. Sin embargo, esta ventaja hace que se incremente el porcentaje de café verde recolectado (calidad), como se observa en la Tabla 10.

Ninguno de los tratamientos evaluados cumplió con las recomendaciones de Cenicafé, que plantea como máximo 2,5% de café verde en la masa recolectada para evitar el deterioro de la calidad de la bebida (4) (Tabla 10).

Dentro de las características de diseño se determinó que la recolección es más eficiente si se realiza un desprendimiento ordenado, concentrando las manos en un solo punto a la vez, de tal manera que el desplazamiento del conjunto manos-aro se realice a lo largo de la rama, desde el tallo hasta el extremo de la misma.

Con el seguimiento videográfico se evidenció que la modificación de los micromovimientos, para operar de una manera eficiente el equipo, no se adoptó en su totalidad, posiblemente por que la recolección asistida con el “Aroandes” requiere abolir movimientos de dedos y manos que en la actualidad son un hábito,

Tabla 10. Promedios y variación para el porcentaje de café verde recolectado en cada tratamiento evaluado.

Tratamiento	Promedio	C.V. (%)
Equipo Aroandes	6,93 A	57,9
Canasto tradicional	4,99 B	67,1

Letras distintas indican diferencia estadística al 5% según prueba de t; esta variable fue transformada para realizar el análisis de varianza.

Tabla 11. Prueba sobre el comportamiento.

Componente	Ventajas	Desventajas
Aro	Disminuye los movimientos de las manos y de los brazos Optimiza la captura de frutos desprendidos	Requiere capacitación para lograr un buen desempeño
Manga	Su diseño permite que no se genere cansancio en el brazo Transportar el café cosechado al recipiente de espalda se convierte en una actividad fácil de realizar (hábito)	Los materiales de construcción son poco resistentes
Recipiente de espalda	Aumenta la cantidad de café que se puede cosechar antes de vaciar el recipiente con respecto al canasto tradicional No obstruye la visibilidad en el lote Facilita el desplazamiento en el cafetal Facilita la recolección de café del suelo Facilita el acercamiento al árbol	No permite que el recolector tenga contacto con el café cosechado para sacar y botar las hojas y el café verde al suelo

y que para operarios que llevan de 10 a 20 años de trabajo rutinario es necesario hacer mayor énfasis en la metodología de aprendizaje. Con los resultados obtenidos se evidencia el potencial de esta herramienta para superar la eficiencia de la recolección manual tradicional.

Para los componentes actitudinales evaluados, el equipo “Aroandes” de asistencia para la recolección presentó calificación modal de 3, lo que indica que los recolectores, en su mayoría, piensan que el uso del equipo tiene ventajas como: mayor eficiencia respecto al sistema tradicional, menores pérdidas en el cafetal y facilidad en la circulación por los lotes.

En la prueba de comportamiento se indagó a los recolectores sobre las ventajas y desventajas del equipo (Tabla 11).

Los resultados obtenidos muestran que las principales ventajas están relacionadas con

la disposición de la carga en la espalda, la visibilidad, la disminución de los movimientos de los brazos y la captura de los frutos por parte del aro y la manga, aspectos confirmados por las siguientes opiniones:

“El equipo es más fácil porque se carga en la espalda”

“Uno con el equipo se puede mover con mayor facilidad en el surco y además, no obstruye la visibilidad para caminar”

“No deja tantas pérdidas en el suelo”

“Porque uno lleva la recolección al pie de la mano”

“Como se mueven menos las manos se bota menos café que trayéndolas hasta el coco”.

Las opiniones citadas como desventajas, tales como: *“el aro tumba muchas hojas y café verde al suelo”*, *“es que no se pueden sacar las hojas y los verdes que se van”*, fueron también mencionadas por los operarios que indicaron que es necesario aprender

a manejar o “*cogerle práctica*” al equipo propuesto. Éstas permiten tener en cuenta, en primer lugar, que el recolector considera como desfavorable no tener acceso al café cosechado, lo cual le impide sacar y botar al suelo las hojas y el café verde, ya que el café con impurezas y altos porcentajes de frutos verdes es castigado en su precio al momento del pesaje en el beneficiadero, y por otro lado, el caficultor interpreta esta característica del equipo como una ventaja dado que permite disminuir notablemente la cantidad de frutos dejados en el suelo; el equipo además de acumular la mayor parte de los frutos desprendidos impide que los recolectores seleccionen y arrojen los frutos verdes cosechados. Uno de los recolectores entrevistados mencionó que “*en algunas ocasiones el aro no entra donde hay muchas ramas*”, opinión que puede interpretarse como que es necesaria la práctica y una mayor atención para operar correctamente el aro durante el desplazamiento a través de las ramas.

La información obtenida en esta evaluación de la actitud permitió confirmar los siguientes supuestos de diseño:

- La ubicación del área de captura de los frutos desprendidos junto a la mano, permite disminuir los movimientos de los brazos y manos durante el desprendimiento de los frutos de café; sin embargo, los dispositivos o mecanismos empleados para este fin no deben estar sujetos en las manos sino al área del brazo u otra área que no impida el movimiento de los dedos o la capacidad de manipular objetos fácilmente con la mano.
- Colocar elementos ajenos al cuerpo humano para desarrollar la labor de cosecha de café, requiere entrenamiento para lograr que los operarios los empleen de manera deseable.

- La forma elíptica del aro para capturar frutos desprendidos resultó ser apropiada y en consecuencia, se redujo el número de frutos caídos al suelo.

- La disminución de los movimientos de los brazos y las manos durante la cosecha de café aumenta el rendimiento en kilogramos por hora, mejora el orden de la cosecha y a su vez, logra que se dejen menos frutos en el árbol.

- El cambio en la forma de transportar la carga de café cosechado de la cintura a la espalda, facilita la circulación del operario en el lote y genera mayor comodidad entre los operarios al momento de agacharse.

- Al transportar la carga en la espalda, los recolectores entrevistados no manifestaron fatiga en las labores de la cosecha.

- En general, las pruebas de comportamiento y de actitud aplicadas a los recolectores señalan que los operarios entrevistados relacionaron la utilización del equipo con un posible aumento de la eficiencia en la recolección, un menor número de frutos dejados en el suelo y por consiguiente, al posible incremento en la remuneración obtenida por la recolección.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al personal del taller de la disciplina de Ingeniería Agrícola por su colaboración en la construcción y el desarrollo del prototipo “Aroandes”; al personal técnico de las Disciplinas de Ingeniería Agrícola, Biometría, Economía y Divulgación por todos sus aportes. Igualmente, al personal de las Estaciones Experimentales Naranjal, La Catalina y El Tambo, especialmente por sus aportes, paciencia

y colaboración, durante la realización de las pruebas experimentales.

LITERATURA CITADA

1. BARNES, R.M. Estudio de movimientos y tiempos. 5. ed. Madrid, Aguilar S. A., 1966. p. 1-5; 629-644.
1. BUSTILLO P., A.E. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. Boletín Técnico Cenicafé No. 24:1-40. 2002.
2. PHILLIPS CH, A. Human factors engineering. New York, John Wiley & Sons, 2000. 654 p.
3. PUERTA Q., G. I. Influencia de los granos de café cosechados verdes en la calidad física y organoléptica de la bebida. Cenicafé 51(2):136-150. 2000.
4. VÉLEZ Z., J.C.; MONTOYA R. E.C.; OLIVEROS T.. C.E. Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual del café. Boletín Técnico Cenicafé No. 21:1-91. 1999
5. VÉLEZ Z., J. C. Estudio del sistema operativo de la cosecha manual asistida del café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ –Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de actividades de la Disciplina de Ingeniería Agrícola. Chinchiná, Cenicafé, 2000. 25 p.