

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA HERRAMIENTA PARA AGILIZAR LA COSECHA MANUAL DE CAFÉ

Carlos Eugenio Oliveros-Tascón*; César Augusto Ramírez-Gómez**;
Juan Daniel Buenaventura-Aranzazu**; Juan Rodrigo Sanz-Uribe***

RESUMEN

OLIVEROS T., C. E.; RAMÍREZ G., C. A.; BUENAVENTURA A., J. D.; SANZ U., J. R. Diseño y evaluación de una herramienta para agilizar la cosecha manual de café. *Cenicafé* 56(1):37-49. 2005.

Se diseñó, construyó y evaluó una herramienta de bajo costo y fácil uso para asistir la recolección manual de café en los días de mayor flujo de cosecha, denominada RASELCA-II. El dispositivo consta de 8 dedos de poliamida, de 1,5cm de longitud y 2,32mm de diámetro, colocados en el interior de un tubo de PVC presión, de 60mm de diámetro, cortado longitudinalmente, con dos cintas de Velcro en su parte exterior para facilitar el ajuste a la mano del operario. Se realizaron cuatro evaluaciones con el dispositivo, cada una con 10 operarios, asignando a cada operario una parcela de 200 árboles dividida en dos subparcelas iguales, para cosechar con el RASELCA-II y con el método tradicional (Testigo). Los resultados obtenidos en las evaluaciones indican que el RASELCA-II, es un dispositivo promisorio para asistir la cosecha manual del café en los pases de mayor flujo de cosecha, en regiones en las cuales en la cosecha principal se recolecta más del 80% de la producción anual. Con el empleo del RASELCA, sin repase manual inmediato, se logra incrementar el promedio de rendimiento de un recolector hasta en un 117,4%, con 6,0% de frutos inmaduros en la masa cosechada y desprendimiento del 45,1% de los frutos en madurez de cosecha.

Palabras claves: Cosecha de café, cosecha manual asistida, flujo de cosecha, herramientas.

ABSTRACT

A low-cost and easy-to-use tool denominated RASELCA-II was designed, built and evaluated in order to assist the hand coffee harvesting during days of peak production. The device has 8 radial 15mm long and 2.3mm in diameter spikes made of polyamide bonded in a portion of PVC pipe of 60mm in diameter, it is cut lengthwise with two Velcro belts in its external part to facilitate the adjustment to the worker's hand. Four evaluations with the device, each one with 10 workers, assigning each worker a parcel of 200 trees divided into two equal sub-parcels to harvest with the RASELCA-II and with the traditional manual method (control) were carried out. The results obtained in the evaluations indicate that RASELCA-II is a promissory device to assist coffee manual harvesting during peak production in regions in which more than 80% of the annual production is collected in the main crop. With the use of RASELCA, without redoing an immediate hand check, it is possible to increase the average yield of a collector up to 117.4%, with 6.0% of immature cherries in the harvested mass and to detach 45.1% of the cherries in crop maturity.

Keywords: Coffee harvests, assisted manual harvests, crop production, tools.

* Investigador Principal I y Asistente de Investigación respectivamente. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Diseñador Industrial. Servicios profesionales hasta enero de 2005.

**** Asistente de Investigación. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

En la cosecha manual de café en Colombia, Vélez *et al.* (10), identificaron un ciclo básico que los recolectores repiten para recolectar los frutos maduros en las diferentes partes del árbol. El ciclo está compuesto de seis actividades o *therbligs*, de las cuales “transportar a la palma de la mano” y “sostener”, que requieren el 11,7 y el 40,0%, respectivamente, del tiempo total empleado en el ciclo, son susceptibles de ser eliminadas mediante el uso de herramientas para así incrementar notoriamente el rendimiento en esta actividad.

Varios autores han intentado desarrollar dispositivos para incrementar el rendimiento en la cosecha manual de café, eliminando los *therbligs* mencionados, sin obtener productos de utilidad práctica. Goyal y Rivera, citados por Alexandrino (1), construyeron y evaluaron un dispositivo para desprender frutos de café (Figura 1), el cual constaba de dos ejes helicoidales que al ser halados a través de la rama giraban en dirección contraria y producían las fuerzas necesarias para desprender los frutos en diferentes estados de maduración. El equipo se evaluó en un lote de café variedad Robusta, sembrado a 3,0 x 3,0m, de quinta cosecha, obteniéndose rendimientos de 19kg de cerezas/hora. El café cosechado presentó un alto porcentaje de frutos inmaduros (29,2%) y las pérdidas

por caída de frutos al suelo fueron del 31%. Adicionalmente, se observó que desprendía también flores.

Arcila (3), diseñó una herramienta de accionamiento manual para desprender frutos mediante el movimiento relativo de dos cuerpos colocados en el interior de un tubo de PVC de 88mm de diámetro, cada uno con dientes de nylon que al cerrarlos rodeaban los nudos o racimos a cosechar (Figura 2). Los frutos desprendidos quedaban contenidos en la herramienta por lo cual se esperaba que las pérdidas por frutos caídos al suelo fueran cercanas a 0%. La herramienta pesaba 1,0kg. Cabe anotar que no se reportaron datos sobre los resultados obtenidos en su evaluación.

Londoño *et al.* (5), construyeron y evaluaron una herramienta para la recolección de café, de accionamiento manual, denominada ORSEL (**OR**deñador **SE**lectivo) (Figura 3), utilizando el método de diseño CESAM, propuesto por Marouzé y Giroux (6). La herramienta constaba de tres aros o cuerpos, a los cuales se sujetaban “dedos” o “palpadores”, por medio de los cuales se aplicaron esfuerzos para desprender los frutos. Mediante un dispositivo que se accionaba desde el mango principal se abrían o cerraban los aros para permitir la ubica-

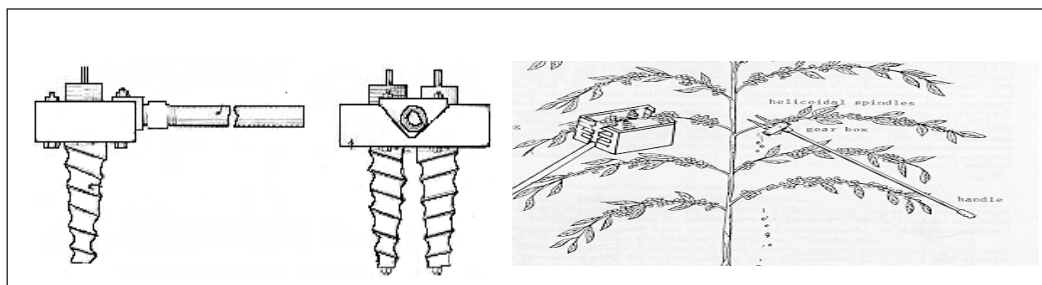


Figura 1. Dispositivo de accionamiento manual para el desprendimiento de frutos de café construido por Goyal y Rivera, citados por Alexandrino (1). Vistas del dispositivo (izquierda) y modo de empleo del equipo (derecha)

ción de la herramienta en el lugar deseado, luego se halaba a lo largo de la rama para desprender los frutos, los cuales se almacenaban temporalmente en una tolva colocada en la parte inferior de la herramienta. Los resultados obtenidos con el ORSEL mostraron mayor rendimiento operativo que en la cosecha tradicional (>80%), menor eficacia e inferior calidad que en la cosecha tradicional, y desprendimiento de 50% de frutos maduros y 19% de frutos inmaduros en la masa cosechada, respectivamente.

Con base en los resultados anteriores y con el objetivo de incrementar el rendimiento en la cosecha de café en Colombia, Cenicafé diseñó un equipo sencillo para asistir la cosecha manual de café, buscando reducir los costos y mejorar los indicadores de calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en tres etapas:

-Etapa 1. Exploración de alternativas y aplicación de diferentes principios para el desprendimiento manual de café. Se siguió la metodología CESAM propuesta por Marouzé y Giroux (6), citada por Arcila (3).

- Etapa 2. Ensayos preliminares con los dispositivos más promisorios obtenidos en la etapa 1.

- Etapa 3. Evaluación del dispositivo RASEL-CA, seleccionado como el más adecuado.

ETAPA 1. Exploración de alternativas

Cepillos. Se construyó el dispositivo mostrado en la Figura 4, utilizando dos cepillos fabricados en nylon, ubicados uno en frente

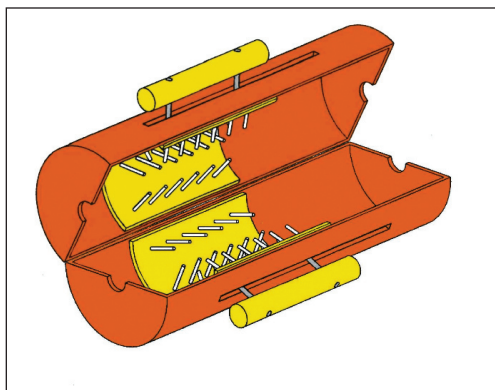


Figura 2. Herramienta para cosecha de café desarrollada en Cenicafé. Arcila (1).



Figura 3. Herramienta para la cosecha de café, ORSEL, desarrollada en Cenicafé. Londoño *et al.* (5).



Figura 4. Cepillos construidos para desprender frutos de café.

del otro, que al pasarlos por la rama giran y generan fuerzas que desprenden los frutos. Variando la separación entre los ejes de los cepillos se logran diferentes rangos de selectividad.

Las observaciones mostraron bajo desprendimiento de frutos maduros en una sola pasada del prototipo por los racimos. Para incrementar el desprendimiento a niveles cercanos a la cosecha manual (superior al 90%), se requirieron múltiples pases, lo cual aumentó el tiempo por rama o por árbol a niveles superiores al de la cosecha manual tradicional. Por tanto, se descartó esta alternativa.

Rastrillo. Dispositivo fabricado en forma de semicorona circular de madera, en la cual se colocan tres trozos de hoja de sierra manual o segueta (Figura 5). Con esta herramienta se buscó desprender frutos, principalmente los más grandes, pintones y maduros (2), al pasarla por los racimos.

Hubo dificultad para utilizar la herramienta debido a que ésta se enreda entre las ramas, especialmente las secundarias, lo cual no permite desprender con rapidez y precisión los frutos maduros del racimo. Además, los frutos quedan atrapados entre las láminas, haciéndose necesario retirarlos con la mano, lo que implica un tiempo adicional que afecta el rendimiento. También se descartó esta alternativa.

Punzón. Vélez *et al.* (10), afirman que para desprender un fruto de café es necesario sujetarlo entre dos dedos, el índice y el pulgar, por tanto, con el punzón o uña (Figura 6), se buscó evitar el micro-movimiento “sostener”, el cual según los autores antes mencionados, representa casi el 40% del tiempo empleado en un ciclo de recolección.

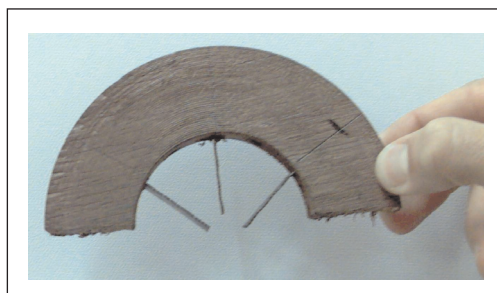


Figura 5. Rastrillo

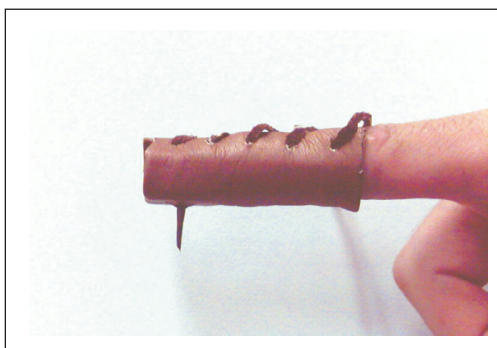


Figura 6. Punzón

Se encontró dificultad para desprender los frutos maduros y, especialmente los localizados en la parte inferior del racimo. Con frecuencia fue necesario sujetar la rama para espetar los frutos maduros, por lo que se descartó esta alternativa.

Raspador. Esta herramienta consta de dos medias coronas circulares construidas en madera, unidas por una bisagra. En el interior de las medias coronas se observan cerdas plásticas de cepillo que barren los granos al pasarlas abrasando las ramas. En ensayos preliminares realizados con este dispositivo se obtuvieron resultados promisorios en la calidad de la recolección, el rendimiento del operario y la facilidad de manejo en las diferentes partes del árbol. Se observó que, dependiendo del número de cerdas, la longitud y la disposición geométrica de éstas en la herramienta, puede hacerse una cosecha con diferentes rangos de selectividad.

Esta alternativa se consideró promisoría para la recolección del café (Figura 7).

Dispositivo raspador con captura. Partiendo del concepto anterior y buscando capturar los frutos desprendidos por el raspador, para hacer más eficiente la labor, se adicionó un cilindro plástico con dimensiones adecuadas para ser sostenido y accionado por las manos de un recolector de café (Figura 8).

Los ensayos en campo mostraron incremento en el rendimiento pero con altas pérdidas de frutos en el suelo. La alternativa de accionamiento de sujeción a la mano se consideró promisoría.

Raspadores mixtos. En los raspadores mixtos se utilizaron dos materiales, las cerdas plásticas de cepillo como las utilizadas en la propuesta anterior y las fibras de nylon iguales a las que se utilizan en las guadañadoras (Figura 9). Las cerdas plásticas se emplearon para favorecer la alineación de la herramienta con el eje de la rama y permitir que la aplicación de las fuerzas de desprendimiento fueran homogéneas en toda la periferia del racimo. Las fibras de nylon de menor longitud que las cerdas plásticas se emplearon para desprender los frutos de mayor tamaño como los maduros (2) y evitar el desprendimiento de los frutos inmaduros ubicados al interior del racimo. Se observó el desgaste rápido de las cerdas plásticas. Con este prototipo se obtuvo un rendimiento de 18,5kg/h, superior al observado utilizando el método tradicional (10 a 15kg/h). Se consideró promisorio el empleo de las fibras de nylon.

Raspadores de nylon. Con base en los resultados obtenidos con raspadores mixtos se construyeron dos prototipos, empleando únicamente fibras de nylon. En el prototipo de la Figura 10a, se emplearon fibras de nylon de 2,5cm de longitud, ubicadas radialmente

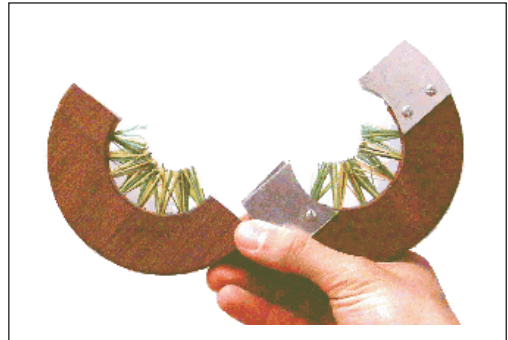


Figura 7. Raspador

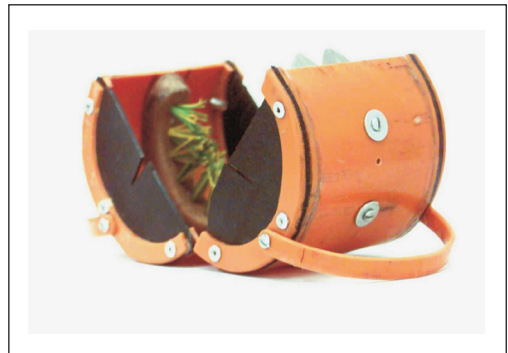


Figura 8. Dispositivo raspador con captura

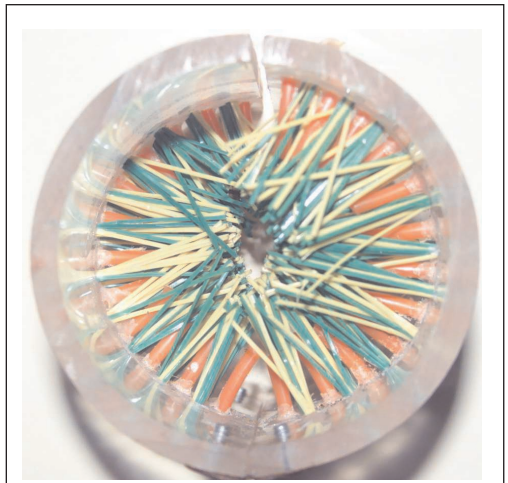


Figura 9. Raspadores mixtos

al interior de un cilindro en un acrílico de 6cm de diámetro interior, y en el prototipo de la Figura 10b, se emplearon fibras de nylon de igual longitud pero dispuestas en el interior del cilindro en trayectoria helicoidal, procurando individualizar el desprendimiento de las cerezas maduras, con el fin de disminuir la fuerza requerida para accionar la herramienta y aumentar la selectividad.

Los ensayos con estos raspadores mostraron durabilidad del nylon y mejores resultados con la distribución radial de los “dedos” que con la helicoidal. Fue necesario recortar la longitud de las fibras de 2,5 a 1,5cm para disminuir el desprendimiento de frutos inmaduros. Esta alternativa se consideró promisoria.

ETAPA 2. Ensayos preliminares con los dispositivos más promisorios obtenidos en la Etapa 1.

Prueba 1. Los ensayos se realizaron en cafetales de variedad Colombia, con aplicación de Ethrel en dosis de 800ppm, y se evaluó el desempeño de dos raspadores mixtos, uno con las fibras ubicadas radialmente (raspador 1) y otro, con fibras en espiral (raspador 2). En ambos casos se empleó el recipiente plástico con bandeja como sistema de captura, obteniéndose los resultados presentados en la Tabla 1.

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 1, con ninguno de los raspadores se cumple la meta de por lo

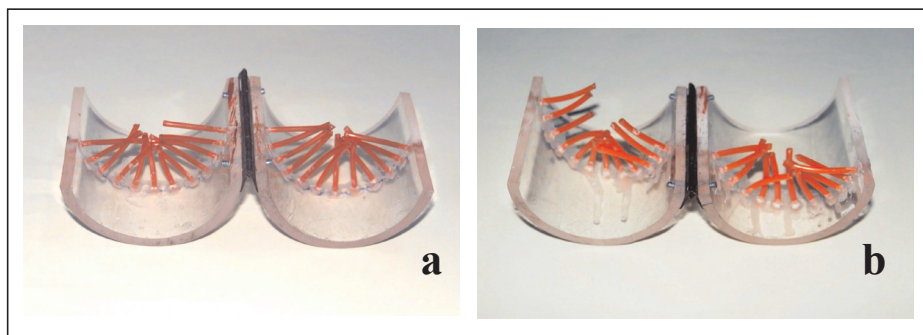


Figura 10. Raspadores de nylon

Tabla 1. Desempeño en cosecha de café con raspadores con fibras de nylon

Raspador con fibras de nylon, distribuidas radialmente				
	Eficiencia	Calidad	Eficacia	Pérdidas
	(kg/h)	VMC*(%)	(%)	(%)
Media	16,3	12,4	59,0	13,6
CV (%)	21,8	36,4	8,5	39,4
Raspador con fibras de nylon, distribuidas helicoidalmente				
Media	13,4	14,5	64,1	12,6
CV (%)	8,4	27,2	14,6	25,1

*VMC: frutos inmaduros en la masa cosechada; CV: Coeficiente de variación

menos igualar los niveles esperados para una buena recolección de café en Colombia: frutos maduros desprendidos mayores al 95%, frutos inmaduros en la masa cosechada menores que 2,5% y pérdidas por caída de frutos al suelo inferiores al 1,0%. No obstante, se observó un ligero aumento en el rendimiento con el raspador de fibras de nylon dispuestas en forma radial.

A partir del dispositivo 1, se construyó una nueva herramienta con dedos de nylon, 22 en total, de 1,5cm de longitud y 2,32mm de diámetro, colocados en el interior de un tubo de PVC presión, de 60mm de diámetro, cortado longitudinalmente, dimensiones que se ajustan al modelo icónico propuesto por Londoño *et al.* (5), para racimos de café variedad Colombia. Adicionalmente, al dispositivo se le pusieron cintas de velcro para facilitar su ajuste al tamaño de la mano del operario (Figura 11). El nuevo dispositivo se denominó RASELCA-I (RASpador SElectivo de CAFé).

Prueba 2. Se realizaron cuatro evaluaciones con un mismo operario. Por evaluación se emplearon 10 árboles de variedad Colombia de 2 años de edad, sembrados a 2 x 1m y sin repase (4). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2 y aunque los resultados obtenidos con el modelo RASELCA-I fueron desfavorables en los indicadores de calidad, pérdidas y eficacia, la eficiencia al-



Figura 11. Herramienta para asistir la cosecha manual de café, RASELCA-I

canzada con la herramienta fue notoriamente superior a la observada en la cosecha manual tradicional (10 a 12kg/h). De acuerdo con las observaciones anteriores y la posibilidad de mejorar la calidad de cosecha mediante el entrenamiento del operario, se consideró promisorio el modelo RASELCA-I para asistir la cosecha manual del café.

ETAPA 3. Evaluación de los dispositivos de asistencia a la cosecha manual tipo RASELCA.

Se realizaron cuatro evaluaciones de la herramienta RASELCA en distintos lotes, de la siguiente manera:

- Se tuvo como testigo absoluto, la recolección tradicional (RT) y como tratamiento la recolección asistida con la herramienta RASELCA, modelos I y II.

Tabla 2. Desempeño en cosecha con RASELCA-I

Prueba	Eficiencia (kg/h)	Calidad VMC (%)	Pérdidas (%)	Eficacia (%)
1	41,2	10,4	18,7	87,2
2	32,4	12,4	16	83,9
3	40,8	8,5	7,9	91,2
4	35,1	7,1	8,3	91
Promedio	37,4	9,6	12,7	88,3

- Para la primera evaluación se emplearon en el RASELCA-I dedos de fibra de nylon y para las otras dos evaluaciones fibra de Poliamida-nylon (RASELCA II).

- También se emplearon tres sistemas de captura distintos, uno en cada evaluación, para acompañar a los dispositivos RASELCA I y II.

- Para favorecer el desempeño con RASELCA, se demoró el inicio del pase de cosecha entre una y dos semanas con relación al criterio empleado en la finca en el método de recolección manual tradicional.

- Como unidad de trabajo se contó con una parcela de 210 árboles, de los cuales se tomaron aleatoriamente 10, para retirar todos los frutos y registrar el peso de los frutos maduros, verdes y pintones, y luego estimar el promedio por planta en la unidad de trabajo.

- A cada recolector le fue asignada una unidad de trabajo, la cual a su vez se dividió en dos parcelas asignadas aleatoriamente al testigo y al tratamiento. Se contó con la colaboración de 9 operarios en dos de las tres evaluaciones y en la restante con 10.

- Antes de la aplicación de los métodos de cosecha se recogieron los frutos del suelo de todas y cada una de las unidades de trabajo.

- Después de la aplicación de los métodos se repasaron 10 árboles escogidos aleatoriamente, y a cada uno se le recogieron los frutos maduros no desprendidos durante el proceso con el fin de determinar la eficacia de cada método.

Por operario, unidad de trabajo, tratamiento y testigo, se llevaron los siguientes registros: peso del café cosechado y tiempo empleado en cosecharlo, peso de los frutos caídos al suelo después de la operación de recolección, peso del café maduro proveniente de los 10 árboles de repase. Del café cosechado se extrajo una muestra de un kilogramo, en la cual se pesaron los frutos maduros (incluidos pintones y secos) y los frutos verdes.

Como variables de respuesta se consideraron las asociadas a los indicadores de eficacia, eficiencia, pérdidas y calidad, las cuales se describen en la Tabla 3.

Primera evaluación. Se llevó a cabo en la Subestación Experimental La Catalina, ubicada en el municipio de Pereira, durante la cosecha principal del año 2002, en árboles de variedad Colombia de cereza roja, de tercera cosecha y sembrados a 2 x 1m. Para realizar la evaluación se empleó para el testigo el recipiente plástico tradicional y para el tratamiento de recolección asistida se empleó el dispositivo para la recolección RASELCA-I con dedos en fibra de nylon,

Tabla 3. Indicadores de la cosecha manual y variables asociadas

VARIABLE	INDICADOR
Relación entre el peso del café recolectado y el peso de los frutos maduros provenientes de los 10 árboles de repase	Eficacia
Café cosechado en la unidad de tiempo (rendimiento).	Eficiencia
Relación entre el peso de los frutos caídos al suelo, después de la operación de recolección, con la cantidad total de café cosechado.	Pérdidas
Porcentaje de frutos inmaduros en el café cosechado.	Calidad

acompañado de un recipiente plástico modificado en Cenicafé por Ramírez (9), con el fin de ampliar el área de captura y evitar la pérdida de frutos que caen al suelo.

Segunda evaluación. Se realizó en la Subestación Experimental La Catalina, ubicada en el municipio de Pereira. La evaluación se ejecutó en la cosecha principal del 2003, en árboles de variedad Colombia cereza amarilla, de tercera cosecha, sembrados a 2m x 1m.

Se utilizó la herramienta RASELCA II (Figura 12), diseñada por Oliveros *et al.* (7) a partir del modelo RASELCA-I. En el nuevo dispositivo se reemplazaron los 22 dedos de nylon por 8 dedos de poliamida, material con rigidez 100 veces superior al nylon empleado inicialmente.

En las pruebas de campo se utilizó el canasto plástico tradicional con el testigo y para el tratamiento de recolección asistida con RASELCA II se empleó una bandeja (denominada Twin, Figura 13) diseñada en Cenicafé por Oliveros (8), la cual consta de una malla plástica colocada sobre una estructura liviana de aluminio, con la forma y las dimensiones adecuadas para ser desplazada debajo de las ramas del tercio inferior de los árboles por recolectar.

Tercera evaluación. Se llevó a cabo en el municipio de Timbío en el departamento del Cauca, en la cosecha principal del 2004, en árboles de la variedad Colombia de cereza roja, de segunda cosecha, sembrados a 1,5 x 0,7m, con carga promedio de 1,43kg/de frutos con madurez de cosecha por árbol y una concentración de frutos maduros del 81%.

Para coleccionar los frutos con la herramienta RASELCA II se utilizó el canasto con lengüeta propuesto por Vélez *et al.* (10),

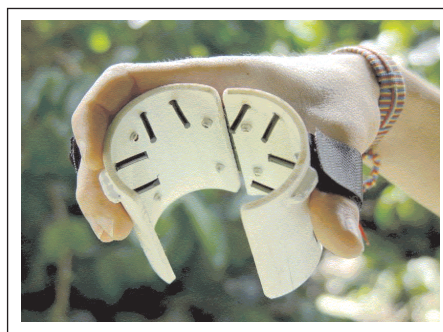


Figura 12. Herramienta RASELCA-II, modificada por Oliveros *et al.* (2004).



Figura 13. Dispositivo utilizado para la captura de frutos desprendidos con RASELCA II

y el canasto plástico usado en el método tradicional.

Cuarta evaluación. Se adelantó en la Subestación Experimental La Catalina, ubicada en el municipio de Pereira, durante la cosecha principal del año 2004, en un lote con densidad de siembra de 10.000 árboles/ha, variedad Colombia de cereza roja, de tercera cosecha, sembrados a 2 x 1m, dos árboles por sitio.

Para evaluar el RASELCA II, con tratamientos con repase y sin repase, a cada operario se le entregó además, un recipiente plástico con lengüeta. Para cosechar café con el método tradicional se utilizó el canasto plástico conocido en el medio como “coco”.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en las etapas de exploración de alternativas de dispositivos para la cosecha manual de café y los ensayos preliminares con los dispositivos promisorios para la recolección, se eligió y evaluó el dispositivo de asistencia de la recolección de café Raseca II, como el más promisorio para la recolección del café.

Primera evaluación. Aunque la oferta de frutos maduros por árbol fue alta (1,04kg/árbol), la concentración de frutos maduros inferior al 50% no favoreció el desempeño en cosecha con el RASELCA II. Como se

observa en la Tabla 4, el rendimiento con RASELCA II y el testigo fue estadísticamente igual. Este resultado también podría atribuirse al tiempo empleado en el repase manual adicional por la baja eficacia de desprendimiento con RASELCA II en árboles con menos de 50% de frutos maduros. La calidad y las pérdidas con ambos métodos de cosecha fueron estadísticamente iguales.

Segunda evaluación. La carga y el porcentaje de frutos maduros, 2,35kg/árbol y 82%, respectivamente, fueron favorables cuando se empleó la herramienta RASELCA II. El rendimiento alcanzado con los métodos de cosecha evaluados fue estadísticamente igual. Sin embargo, se esperaba mayor rendimiento con el RASELCA II, teniendo en cuenta la oferta de frutos maduros por árbol y la concentración, citadas anteriormente. Este resultado se explica por el tiempo empleado en el repase manual luego del pase con RASELCA II, debido a que con la herramienta no se desprende la totalidad de los frutos maduros de los árboles.

Tabla 4. Desempeño en cosecha con RASELCA II. Primera evaluación

Tratamiento	Frutos maduros		Eficiencia (kg/h)	Calidad VMC (%)	Pérdidas (g/árbol)
	(kg/árbol)	(%)			
Tradicional	1,04	43,0	16,6A	2,8A	35,9A*
RASELCA	1,04	43,0	17,3A	6,2A	43,9A

*Valores seguidos de la misma letra no difieren de acuerdo con la prueba de t al 5%

Tabla 5. Desempeño en cosecha con RASELCA II. Segunda Evaluación

Tratamiento	Frutos maduros		Eficiencia (kg/h)	Calidad VMC (%)	Eficacia (%)	Pérdidas (g/árbol)
	(kg/árbol)	%				
Tradicional	2,35	82	14,3A*	2,6A	99,2A	13,9A
RASELCA	2,35	82	14,4A	1,5B	99,2A	10,5B

* Valores seguidos de la misma letra no difieren de acuerdo con la prueba de t al 5%

La calidad del café recolectado con la herramienta RASELCA II fue mejor estadísticamente que la obtenida con el tradicional, debido a la tendencia de los recolectores a desprender la totalidad de los frutos presentes en las ramas cuando éstas presentan alta proporción de frutos maduros. La herramienta RASELCA II, no permite desprender los frutos en los racimos o nudos de menor tamaño, que generalmente están inmaduros.

La eficacia alcanzada con los métodos evaluados fue estadísticamente igual. Estos valores, superiores a los observados en las fincas donde se realiza una buena recolección de café (95 al 97%), se podrían atribuir al trabajo de la persona encargada de supervisar la labor y/o al compromiso de los recolectores.

Se logró un avance importante en la reducción de las pérdidas durante la cosecha con la herramienta RASELCA II, por el empleo de la bandeja (8) para la captura de los frutos desprendidos. Por primera vez en esta investigación, las pérdidas con RASELCA II

y bandeja fueron estadísticamente inferiores a las observadas en cosecha tradicional.

Tercera evaluación. Los resultados obtenidos con el RASELCA II y con el método tradicional fueron estadísticamente iguales para los indicadores de eficiencia y eficacia. La calidad con el RASELCA fue inferior estadísticamente a la obtenida con el método tradicional, aunque cercana a valores observados en cosecha manual tradicional. Las pérdidas, altas para ambos métodos de cosecha, fueron mayores con RASELCA II respecto a la recolección tradicional.

Los árboles de porte bajo con entrenudos cortos y menor distancia entre cruces y gran desarrollo plagiotrópico, especialmente en el tercio inferior, característicos de la región donde se realizó la evaluación, y la presencia de árboles hasta con cuatro ejes, hicieron difícil trabajar con la herramienta RASELCA II y el canasto con lengüeta.

Cuarta evaluación. Aunque el lote presentó una carga por árbol de 1,1kg/árbol de cereza con madurez de cosecha, la cual se consi-

Tabla 6. Desempeño en cosecha con RASELCA II. Tercera Evaluación

Tratamiento	Frutos maduros		Eficiencia (kg/h)	Calidad VMC (%)	Eficacia (%)	Pérdidas (g/árbol)
	(kg/árbol)	(%)				
Tradicional	1,43	81	17,9A*	2,6B	99,9A	27,0B
RASELCA-II	1,43	81	16,9A	5,3A	99,9A	69,0A

*Valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente, según prueba de t al 5%

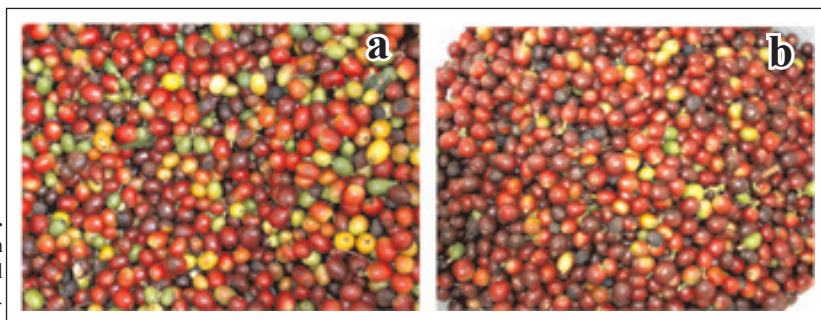


Figura 15. Café cosechado con RASELCA II (a) y con el método tradicional (b).

Tabla 7. Desempeño en cosecha con RASELCA II. Cuarta Evaluación

SIN REPASE						
Método	Frutos maduros		Eficiencia (kg/h)	Calidad (%)	Eficacia (%)	Pérdidas (g/árbol)
	(%)	(kg/árbol)				
Tradicional	36,0	1,1	12,1B*	1,4B	98,7A	20,7A
RASELCA II			26,3A	6,0A	45,1B	23,0A
CON REPASE						
Tradicional	36,0	1,1	12,1A	1,4B	98,7A	20,7A
RASELCA II			12,4A	6,1A	98,7A	23,0A

* Valores seguidos de la misma letra no difieren de acuerdo con la prueba de t al 5%

dera alta, la concentración de la maduración (36,0%), no permitió obtener el desempeño esperado con la herramienta RASELCA II.

Sin emplear repase manual, se observó diferencia en la eficiencia entre los tratamientos a favor del RASELCA II. Los valores máximo y mínimo obtenidos con el RASELCA II fueron 40,9 y 15,5kg/h, respectivamente; con el método tradicional fueron 15,8 y 7,7kg/h (7), respectivamente. Con el repase, el rendimiento con ambos métodos de cosecha fue estadísticamente igual.

La calidad del café recolectado con el método tradicional fue mejor que la obtenida con el RASELCA II, sin repase. Sin embargo, el promedio obtenido (6,0%) con frecuencia se observa en la cosecha tradicional en Colombia. Los valores máximo y mínimo observados con el dispositivo RASELCA II fueron 13,4 y 2,0%, respectivamente (7). Con la cosecha tradicional fueron de 4,6 y 0,4%, respectivamente (7).

De acuerdo con los valores presentados en la Tabla 7, las pérdidas por caída de frutos al suelo en ambos métodos de cosecha son estadísticamente iguales.

Con la aplicación del método RASELCA II sin repase, se busca desprender frutos maduros en las zonas donde están más

concentrados con el fin de incrementar el rendimiento y mejorar la calidad de la recolección. Los resultados obtenidos para el indicador eficacia fueron los esperados, es decir, con RASELCA II sin repase manual la eficacia fue inferior a la observada con el método tradicional. Con el método tradicional las eficacias máxima y mínima fueron 99,9 y 94,8% (7), respectivamente; y con RASELCA II los valores máximo y mínimo obtenidos fueron 70,2 y 29,4% (7), respectivamente. La eficacia con RASELCA II y repase manual y con el método manual tradicional son estadísticamente iguales.

Finalmente, la herramienta RASELCA-II es un dispositivo promisorio para asistir la cosecha manual del café en los pases de mayor flujo de cosecha, en regiones en las cuales en la cosecha principal se recolecta más del 80% de la producción anual. Con el empleo del RASELCA-II en las condiciones anteriores, sin repase manual inmediato, se logra incrementar el rendimiento promedio de un recolector hasta un 117,4%, con 6,0% de frutos inmaduros en la masa cosechada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a COLCIENCIAS la cofinanciación de esta investigación dentro

del convenio 2251-07-1286; a la Disciplina de Biometría de Cenicafé, a los propietarios de fincas y recolectores de café, por su respaldo y entusiasmo para realizar el trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

1. ALEXANDRINO, V. Evaluation of a hand-operated coffee picker. The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 71(1):121-122. 1987.
2. ARCILA M., M. Etude de conception d'un outil d'aide a la recolte manuelle du café en Colombie. Montpellier, L'Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires, 1998. 65 p. (Tesis: Master of Science).
3. ÁLVAREZ T., E.; ÁLVAREZ M., F.; OLIVEROS T., C.E.; MONTOYA R., E.C. Propiedades físico - mecánicas del fruto de café y del sistema fruto - pedúnculo del café variedad Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 52(2): 701-732. 1999.
4. BUENAVENTURAA., J. D. Dispositivo para agilizar la cosecha del café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – CENICAFÉ – CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de actividades Disciplina de Ingeniería Agrícola 2000-2001. Chinchiná, Cenicafé, 2001. p10.
5. LONDOÑO H., D.; OLIVEROS T., C. E.; MORENO S., M. A. Desarrollo de una herramienta manual para asistir la recolección de café en Colombia. Cenicafé 53(2): 93-105. 2002.
6. MAROUZÉ, C.; GIROUX, F. Méthode CESAM. Montpellier, Cirad- Amis, 1998. 16 p. (No. 18).
7. OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A., BUENAVENTURA A.;J.D.; GARCÍA U.,F. Evaluación de una herramienta de asistencia para la cosecha manual de café. ING 0143. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Proyecto Alternativas de cosecha manual asistida y de pequeñas máquinas para la cosecha del café. Informe Científico Final Colciencias. p118-159. 2004
8. OLIVEROS T., C.E. Cosecha de café con aplicación de vibraciones e impactos a frutos y ramas –IMFRA. ING 0145. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de actividades Disciplina de Ingeniería agrícola 2003-2004. Chinchiná, Cenicafé, 2004.
9. RAMÍREZ A., M. I. Desarrollo de dispositivos que asistan la recolección manual de café cereza. Neiva, Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola, 1998. 101 p.. (Tesis: Ingeniero Agrícola)
10. VÉLEZ Z., J. C.; MONTOYA R., E. C.; OLIVEROS T., C. E. Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual de café. Boletín Técnico Cenicafé No. 21:1-91. 1999.