

COSECHA DEL CAFÉ CON VIBRADORES PORTÁTILES DEL TALLO

Carlos Eugenio Oliveros Tascón¹; Robin Benítez Mora²; Fernando Álvarez Mejía³;
Iván Darío Aristizábal Torres⁴; Cesar Augusto Ramírez Gómez⁵
y Juan Rodrigo Sanz Uribe⁶

RESUMEN

Los vibradores portátiles del tallo (VPT´s) son herramientas con gran potencialidad para ser empleadas en la cosecha de café en Colombia, en los pases con mayor producción (más de 800 g/ árbol) y concentración de frutos maduros por árbol (más del 60 %). Por su relativo bajo peso y tamaño se pueden operar fácilmente en el interior de plantaciones con distancia entre surcos superiores a 1,2 m, en suelo húmedo con pendiente de hasta del 50 %. Para obtener la mejor calidad de cosecha y el mayor rendimiento de recolección, el tiempo de vibración por árbol debe ser inferior a 5 segundos. Por facilidad de operación, el vibrador se debe acoplar al tallo en la mitad de su altura. La recolección debe realizarse en equipos constituidos por dos VPT´s y cuatro personas, dos para operar los vibradores y dos para manejar las mallas de captura de los frutos desprendidos. El rendimiento potencial con esta tecnología varió en el rango 288 a 504 kg/h/ vibrador. El rendimiento efectivo, incluyendo el tiempo para recoger el café con mallas, varió en el rango 53 a 67 kg/h/operario, que con relación al promedio observado en pases pico en cosecha manual tradicional (12 kg/h/operario) representa un incremento del 341,7 a 458,3 %, respectivamente. Aunque estos resultados muestran un aumento notorio en la eficiencia de la mano de obra en cosecha del café, la eficiencia global de recolección (rendimiento efectivo/rendimiento

¹ Investigador Principal I. Centro Nacional de Investigaciones de Café. CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia. carlos.oliveros@cafedecolombia.com

² Ingeniero Mecánico. Centro Nacional de Investigaciones de Café. CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia. robinbenitez@yahoo.com

³ Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <falvarez@unalmed.edu.co

⁴ Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia.

⁵ Asistente de Investigación. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia. cesara.ramirez@cafedecolombia.com

⁶ Asistente de Investigación. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia. <juanr.sanz@cafedecolombia.com>

potencial) fue muy baja (0,13) y, por lo tanto, se requiere desarrollar métodos más eficientes para la captura de los frutos desprendidos.

Palabras claves: Cosecha mecanizada, vibrador portátil, café.

ABSTRACT

COFFEE HARVEST WITH PORTABLE STEM VIBRATORS

Portable stem vibrators (PSVs) are tools with great potential for use in coffee harvesting in Colombia, in the passes of greatest production (> 800 g/tree) and concentrations of mature fruits (> 60 %). Their relative low weight and size permits easy operation within plantations with distances between furrows greater than 1,2 m, in humid soils with slopes of up to 50 %. In order to obtain maximum harvest quality and greatest harvesting yield, the vibration time per tree must be less than 5 seconds. To operate easily, the vibrator should be fastened to the stem at half its height. Harvesting should be conducted in teams of two PSVs and four people, two to operate the PSVs and two to handle the fruit capture nets. The potential yield of this technology ranged from 288 to 504 kg/h/vibrator. The effective yield, including the time to remove the coffee from the nets, ranged from 53 to 67 kg/h/person, that in relation to the mean observed during peak passes using traditional manual harvest methods (12 kg/h/person) represents an increase of from 341,7 to 458,3 %, respectively. Although these results show a significant increase in manual labor efficiency in coffee harvest, the global harvesting efficiency (effective/potential) was very low (0,13) and, therefore, it will be necessary to develop more efficient methods for capturing falling fruits.

Key words: Mechanical harvest, portable vibrator, coffee.

INTRODUCCION

Las vibraciones aplicadas al tallo o al follaje se utilizan exitosamente para la cosecha de diferentes frutos, incluido el café. Para la cosecha de aceitunas y cerezas, entre otros, se emplean maquinas de gran tamaño y peso que permiten transportar y accionar vibradores inerciales que, en pocos segundos (menos de 5 segundos), desprenden más del 90 % de los frutos presentes en el árbol (Tombesi; Nottiani y Guelfi, 1997; Morerira da Silva; Salvador y De Souza

Padua., 2000; Sperandio y Biocca, 2001; Aristizábal, Oliveros y Alvarez, 2003b), logrando un incremento en la eficiencia de la mano de obra y una importante reducción del costo unitario (\$/kg) de la recolección de estos productos (Gil et al., 1996; Gil, 2001 y De Souza Padua; Moreira Da Sila y Pimienta, 2001). También se utilizan en muchos cultivos equipos portátiles para vibrar directamente las ramas de los árboles. El peso de estos equipos puede variar entre 8 y 20 kg y se operan manualmente con motores a gasolina o con aire compri-

mido con potencias menores a 2,2 kW, permitiendo incrementar el rendimiento operativo de la recolección hasta 5 veces, no obstante a que el fruto desprendido requiere ser recogido del suelo generalmente con mallas o lonas (Oliveros, 2003).

En investigaciones realizadas en CENICAFE (Oliveros, 2002) mediante la aplicación de vibraciones al tallo se ha encontrado que esta tecnología es promisoría para la cosecha mecanizada del café, dado que este arbusto en Colombia presenta una altura máxima media de 2,6 m, que permite vibrarlo con un equipo de poca potencia. Además el tiempo empleado en la vibración para desprender los frutos maduros es muy inferior al utilizado en la cosecha manual tradicional (menos del 5 %) lo cual implica que se puede incrementar notoriamente el rendimiento de la mano de obra (más de 20 veces). La calidad del café recolectado, medida como porcentaje de frutos inmaduros en la masa cosechada, es cercana al valor real observado en cosecha manual tradicional, incluyendo los frutos verdes que el recolector retira del café cosechado y arroja al suelo. Todo lo anterior ha justificado trabajar en tecnología de relativo bajo costo, apta para pendientes de terreno de hasta 50 % y en plantaciones de alta densidad, que en la caficultura colombiana corresponden a más de 200.000 hectáreas.

Con la aplicación de vibraciones al tallo o a las ramas se generan fuerzas inerciales que someten al pedúnculo y a las uniones fruto-pedúnculo o pedúnculo-rama a ciclos de esfuerzos, principalmente de flexión, los cuales pueden ocasionar su ruptura y finalmente permitir el desprendimiento en pocos segundos de los frutos en forma indi-

vidual o en conjunto (Ciro *et al.*, 1998 y Alvarez *et al.*, 1999).

En Colombia han sido realizadas varias investigaciones aplicando vibraciones circulares y multidireccionales al tallo del café con diferentes alturas de sujeción, con distintos tipos de tallos, y diferentes edades y variedades de café (Aristizábal; Oliveros y Alvarez, 2003a; Ramírez *et al.*, 2002; Granja y Oliveros, 2001 y 2003). En estos trabajos se estudiaron parámetros de operación como la frecuencia, la amplitud y el tiempo de la vibración, para encontrar las mejores condiciones de trabajo de los vibradores. Con estos estudios se han podido obtener en los equipos utilizados altos rendimientos de recolección, con buena calidad del café desprendido y con mínimo daño ocasionado a las estructuras del árbol.

En otros trabajos también se ha medido con alta precisión las aceleraciones en el punto de acople del vibrador con el tallo, para determinar la frecuencia y la amplitud de la vibración en el árbol, para estudiar como son transmitidas las vibraciones desde el equipo hacia las ramas y los frutos del café, y para encontrar el mejor punto de sujeción del equipo al tallo (Henao; Angulo y Oliveros, 2002).

Los esfuerzos mecánicos que se generan en la corteza del tallo cuando un equipo cosechador vibra a determinada frecuencia y amplitud, también han sido estudiados con el propósito de reducir los daños que se inducen en los árboles de café recolectados por vibración (García. *et al.*, 2003). Los autores de esta investigación encontraron que el esfuerzo radial admisible de la corteza del café alcanza un valor límite

de 2 MPa (300 PSI), por encima del cual se producen daños severos en esta estructura del árbol.

En Italia, Biocca y Sperandio (2000) compararon el desempeño en cosecha de aceitunas utilizando tres dispositivos: un vibrador portátil de ramas y dos tipos de batidores (conocidos como "peines") accionados neumáticamente (Agromática® y Campagnola®). Los resultados obtenidos mostraron mayor rendimiento con vibradores de ramas que con batidores mecánicos (3 a 5 veces superior al observado en cosecha manual, según los autores). Menor potencia por kg de producto recolectado se empleó con el vibrador de ramas, pero el tiempo utilizado para manejar las mallas de recogida de las aceitunas disminuyó notoriamente el rendimiento de la cosecha (50 % en el caso del vibrador).

Zoli; Vieri y Leguizamón (2000) evaluaron dos vibradores portátiles en la cosecha de café en Costa Rica. Los equipos utilizados fueron: un vibrador adaptado a partir de una motosierra (frecuencia de 4000 ciclos/minuto y amplitud máxima de 32 mm), peso de 6 kg y longitud de la lanza 60 cm, y un vibrador con lanza telescópica de fabricación comercial (frecuencia de 4000 ciclos/minuto y amplitud máxima de 40 mm), peso de 6,5 kg y longitud de la lanza de 150 cm. Para la captura de los frutos desprendidos se utilizaron lonas de nylon. Los resultados obtenidos indicaron, con relación a la recolección manual tradicional, una disminución en el tiempo por árbol hasta de 330 %, se desprendió más del 90 % de todos los frutos en diferentes estados de maduración presentes en los árboles, pero la calidad de la recolección obtenida con los vibradores fue inferior a la de la cosecha manual tradicional.

En ensayos realizados por Oliveros (2002) con árboles de café variedad Colombia, plantillas de 2ª cosecha, sembradas a 2,0 m x 0,7 m, y empleando un vibrador portátil Carratú® accionado con motor de 1,5kW, longitud de lanza de 1,15m y peso de 8,0kg, se obtuvo eficacia en el desprendimiento de frutos maduros del 79 % y calidad promedio alta (6,4 % de frutos verdes presentes en el café cosechado). El tiempo de recolección por árbol fue de tan solo 3,1 segundos. Este tiempo fue a penas el 2,6 % del tiempo promedio empleado por un recolector en cosecha manual tradicional.

En esta investigación se evaluaron dos vibradores portátiles y la utilización de mallas para la recolección de árboles de café de diferentes edades en una finca con pendiente media del 30 % localizada en la zona cafetera del sur de Colombia, con el propósito de analizar su desempeño y la viabilidad de su uso para las condiciones de esta caficultura.

MATERIALES Y METODOS

Localización. Las evaluaciones se realizaron en el municipio de El Tambo (Cauca, Sur de Colombia) durante la cosecha principal del 2004, en lotes con árboles de café variedad Colombia, de 2ª a 5ª cosecha, con un marco de plantación de 1,5 m x 1,0 m.

Materiales y equipos. Los equipos empleados fueron dos vibradores portátiles Ciafrelli SC700® de 2,2 kW de potencia, accionados con motor 2T de combustión interna y un peso total de 16,4 kg. El mecanismo de vibración de los equipos es una biela manivela con amplitud de desplazamiento

teórica de 62 mm y frecuencia de oscilación máxima de 1800 ciclos por minuto. La lanza telescópica tiene un alcance máximo de 2710 mm y en su extremo presenta un gancho de sujeción al tallo en forma de

“C” recubierto con un caucho 70-75 tipo reforzado (Figura 1). El movimiento de vibración es unidireccional y paralelo al eje central de la lanza.



Figura 1. Vibrador portátil Cifarelli SC700®, vista general del equipo y acople de la lanza al tallo del cafeto

Los frutos desprendidos con los dos vibradores se capturaron sobre el suelo utilizando mallas plásticas tipo polisombra de 2 m de ancho x 20 m de longitud, extendidas sobre las calles del cafetal.

Las aceleraciones generadas en el árbol durante su vibración fueron registradas con acelerómetros Analog Devices® tipo uniaxial capacitivo ADXL 190 y biaxial ADXL 250, con rango de 100 y 50 g. Las señales entregadas por los acelerómetros fueron adquiridas con un sistema portátil DAQBOOK/100 Omega®, con una frecuencia de muestreo de 100 kHz y un programa adquisición de datos a una frecuencia de 80 kHz. Los datos adquiridos fueron almacenados en un computador portátil.

Respuesta dinámica del árbol. Con el equipo operando sin ser sujetado al tallo se midieron las aceleraciones en un punto del gancho de acople. A partir del análisis espectral de los datos de aceleración utili-

zando un programa desarrollado en MATLAB® versión 5.3, se calculó la amplitud y la frecuencia de oscilación del vibrador.

Se colocaron acelerómetros Analog Devices® uniaxiales ADXL 190 y biaxiales ADXL 250 con sensibilidad de 100 g, en tres diferentes alturas del tallo (0,32, 1,17 y 2,13 m medidos desde el suelo) en un árbol de café variedad Colombia de cuarta cosecha. Otro acelerómetro fue instalado sobre el acople del vibrador a una altura de 1,12 m, para medir la amplitud y frecuencia de excitación del tallo a esta altura de sujeción.

La presión de contacto en la zona de acople del vibrador al tallo, operando el equipo en forma similar al utilizado para desprender frutos en el campo, se midió en diez (10) árboles de tercera cosecha, utilizando un sensor de contacto Xsensor®, con un rango de presión entre 103 kPa

(15 PSI) y 6,9 MPa (1 kPSI) y una frecuencia de muestreo de hasta 50 Hz. Las mediciones se realizaron operando el equipo en forma similar a como se utiliza en campo, acelerando al máximo el motor y desacelerando durante un tiempo máximo de 3s.

Ciclo de recolección con los vibradores portátiles del tallo. El ciclo de cosecha utilizando dos operarios con dos vibradores portátiles y dos operarios para el manejo de las mallas fue el siguiente:

- Extensión de las mallas, una en cada calle del surco a recolectar.

- Sujeción de la lanza al tallo a la altura media (1,12 m) y vibración del árbol. El operario acelera y desacelera el motor durante máximo 5 s hasta alcanzar la máximas revoluciones del motor.

- Recolección del café desprendido y depositado sobre las mallas y separación de las hojas presentes en el producto.

- Traspase del café de las mallas a sacos de 45 kg de capacidad.

- Recogida y traslado de la malla al siguiente surco de la parcela e inicio de un nuevo ciclo.

Evaluación del desempeño del equipo en la recolección. En cada parcela constituida por 500 árboles solo se recolectaron los árboles que presentaban cerca de 1 kg de frutos maduros (alrededor de 200 árboles en las diferentes edades evaluadas: 2^a, 3^a, 4^a y 5^a cosecha). Se seleccionaron 10 cafetos por edad para determinar en ellos la productividad media de frutos maduros

(kg/árbol). El tiempo de vibración por árbol, medido en segundos, se determinó como el cociente entre el tiempo total empleado y el número total de árboles vibrados. Aparte se cuantificó el tiempo dedicado exclusivamente al manejo de las mallas (instalación más recogida) y usado para la recogida del café desprendido. El rendimiento potencial se obtuvo considerando únicamente la cantidad de café desprendido y el tiempo de vibración empleado. Para obtener el rendimiento efectivo se consideró el tiempo total empleado es decir, el tiempo de vibración y el tiempo en labores con mallas (extensión de las mallas, limpieza, recolección del café y empaque).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta dinámica del árbol. Las aceleraciones generadas por el vibrador en el punto de acople, en condiciones normales de operación, alcanzaron valores superiores a 60 g (Figura 2).

En la Figura 3 se muestra la amplitud de la oscilación generada por el vibrador desacoplado. Esta alcanzó un valor máximo de 53,6 mm (pico a pico).

A partir del espectro de aceleración obtenido (Figura 4) la frecuencia de las oscilaciones generadas por el vibrador portátil, en el extremo de la lanza, operando sin acoplarse al tallo fue de 20,6 Hz (1236 rpm).

Las aceleraciones medias registradas en tres alturas del tallo y en el punto de acople de la lanza del vibrador portátil sujetado al árbol de café de cuarta cosecha, se muestran en la Tabla 1.

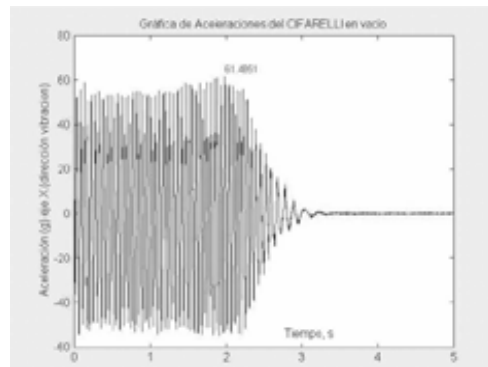


Figura 2. Aceleración del vibrador portátil Cifarelli SC700S0 desacoplado utilizado para la cosecha de café.

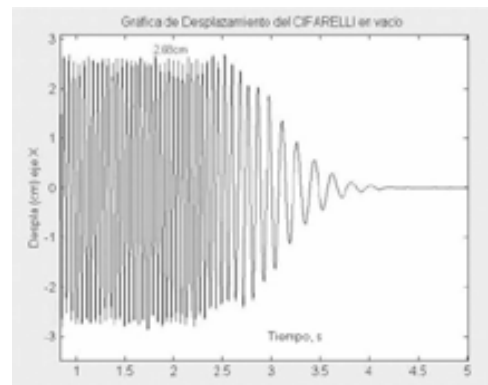


Figura 3. Amplitud de oscilación del vibrador portátil empleado para la cosecha de café operando desacoplado.

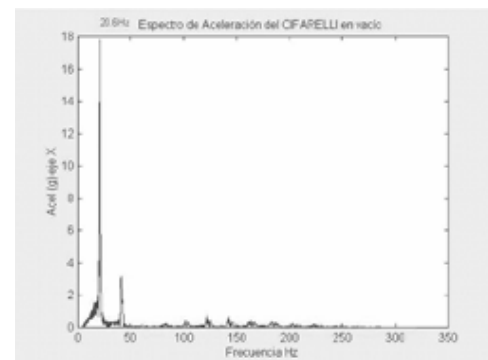


Figura 4. Espectro de aceleración del vibrador portátil usado para la cosecha de café, operando desacoplado.

Tabla 1. Aceleración, frecuencia y amplitud del tallo de un árbol de 4ª cosecha, variedad Colombia, en diferentes alturas vibrando con el cosechador portátil*.

Altura desde el suelo (m)	Aceleración (ms ⁻²)	Frecuencia (Hz)	Amplitud (mm)
2,13	641,9	42,4	25,3
1,17	558,6	14,4	22,3
0,32	296,9	14,4	14,2

* Vibración unidireccional aplicada en el tallo a 1,12 m de altura

Tanto las aceleraciones como las amplitudes de desplazamiento en la dirección de movimiento de la lanza aumentaron, desde la parte inferior hasta la copa del árbol, mientras la frecuencia de oscilación del tallo se mantuvo uniforme en el punto más bajo y en el punto medio de medición (14,4 Hz). Esta frecuencia disminuyó 6,2 Hz respecto a la frecuencia del vibrador sin acoplar, debido principalmente a la disipación de energía hacia el anclaje del árbol en el

suelo. La amplitud de desplazamiento de la lanza también disminuyó (4,5 mm) cuando el equipo fue sujetado al tallo. A la mayor altura (2,13 m) fue evidente la presencia del tercer armónico (42,4 Hz) y la aceleración alcanzó un valor máximo de 641,9 ms⁻² (65,5 g).

En la Tabla 2 se presentan los valores promedios de presión de contacto generados con el vibrador portátil.

Tabla 2. Presión promedio de contacto (MPa) en árboles de café variedad Colombia de 3ª cosecha vibrados con el equipo Cifarelli SC 7000

Árbol	Presión, MPa
1	3,0
2	3,5
3	4,4
4	3,8
5	4,1
6	3,6
7	5,0
8	2,2
9	3,9
10	3,0
Media	3,6
C.V. %	21,7

La presión promedio de contacto obtenida en los 10 árboles excedió el valor admisible para café variedad Colombia (2 MPa), reportado por García *et al.* (2003). Este resultado podría atribuirse según este autor,

a la presencia de protuberancias en la superficie del tallo en los cuales se incrementó la presión a valores no deseables de hasta 10 MPa. También puede deberse a una excesiva fuerza inercial impartida por el vi-

brador y al propio diseño del sistema de sujeción del equipo, que originalmente esta pensado para vibrar ramas de olivos.

En los ensayos realizados se observó que el ángulo entre la lanza del vibrador y el eje del tallo del árbol debe ser en torno a 90° para evitar desgarramientos de la corteza. La corta distancia entre las ramas en la zona de inserción al tallo dificulta las labores de acople y desacople del vibrador, facilitando el daño mecánico en la

corteza y las lesiones en algunas de las ramas, cuando no se tiene experiencia en su manejo.

Evaluación del desempeño del equipo en la recolección. En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos con los dos equipos portátiles Cifarelli SC7000 empleando el ciclo de recolección antes explicado para la cosecha del café. En total se vibraron entre 215 y 406 árboles (43 y 81 %) con una oferta apreciable de frutos maduros en cada parcela (entre 0,6 y 1,1 kg/árbol.

Tabla 3. Desempeño de los vibradores portátiles Cifarelli SC700® en la recolección del café.

Edad	Frutos maduros	Tiempo vibración	Manejo mallas	Rendimiento potencial	Rendimiento efectivo	Calidad VMC*	Eficacia
Cosecha	kg/árbol	s/árbol	s/árbol	kg/h/vibrador	kg/h/vibrador	%	%
2ª	1,2	11,8	52,2	361,2	66,7	9,9	82,7
3ª	1,0	7,1	54,8	504,3	57,7	13,1	85,9
4ª	0,6	5,5	36,2	409,5	54,2	8,6	82,2
5ª	1,1	13,6	60,0	287,7	53,1	10,3	79,2

* VMC: Verdes en la masa cosechada

El tiempo de vibración por árbol varió entre 5,5 s y 13,6 segundos, dependiendo de la oferta de frutos en los árboles. No se apreció una tendencia clara entre la oferta de frutos y la edad de los árboles cosechados. Teniendo en cuenta que en cada árbol se tenía de 4 a 5 ejes (tallos) el tiempo promedio por eje varió entre 2,7 y 3,4 segundos.

El tiempo empleado en las labores con las mallas fue muy alto (4 a 8 veces más que el tiempo de vibración). En cafetales con 4 ejes por sitio y con ramas bajas en contacto con el suelo se dificultó mucho la colocación de las dos mallas. Teniendo en cuenta lo anterior y que las mallas se extienden para recoger los frutos desprendi-

dos a lo largo unos 20 árboles, se presentaron "perdidas de tiempo" en las labores con mallas, que afectaron el rendimiento efectivo de la recolección coincidiendo con los resultados reportados por Biocca y Sperandio (2000).

A diferencia de lo obtenido por Zoli; Vieri y Leguizamón (2000), la calidad de la recolección con el equipo Cifarelli SC700® fue aceptable (entre 8,6 y 13,1 % de frutos verdes en el café cosechado), aunque inferior a la obtenida por Oliveros (2002). No obstante, mediante el posterior uso de zarandas después del despulpado y el empleo de la tecnología de beneficio ecológico BECOLSUB se puede reducir este porcentaje de frutos inmaduros en la masa proce-

sada a menos del 2,5 %, por lo cual se esperaba obtener café de calidad en taza similar a la del café cosechado con el método manual tradicional (Oliveros, 2003).

Con relación a la eficacia de la recolección esta fue alta (entre 79,2 y 85,9 % del café recolectable fue desprendido con los vibradores). Este rango fue bastante similar a los valores obtenidos por Zoli, Vieri y Leguizamón (2000) y Oliveros (2002) con otros equipos portátiles. No obstante, se requiere realizar un repase manual adicional para cosechar los frutos maduros no desprendidos por la vibración, disminuyendo los rendimientos de recolección. La evaluación de este tiempo no se realizó en este trabajo. Sin embargo, los resultados obtenidos aquí, indican que el vibrador portátil Cifarelli SC7000 es una alternativa bastante promisoría para incrementar notoriamente la eficiencia de la mano de obra utilizada en la cosecha del café, en los países con mayor cantidad y concentración de frutos maduros.

CONCLUSIONES

Los vibradores portátiles del tallo (VPT's), por su relativo bajo peso y tamaño pueden ser transportados fácilmente en el interior de plantaciones con distancia entre surcos superiores a 1,2 m, en suelo húmedo y con pendiente de hasta el 50 %: constituyendo de este modo herramientas con gran potencialidad para ser empleadas en la cosecha del café en Colombia,

La mejor calidad de la recolección con estos equipos y el mayor rendimiento se obtuvo vibrando entre 2 y 5 segundos a media altura el tallo de árboles de 2ª a 5ª cosecha.

El rendimiento potencial con esta tecnología, varió entre 288 y 504 kg/h/vibrador. El rendimiento efectivo, afectado solamente por la recogida del café con mallas, varió entre 53 y 67 kg/h/operario, representando un incremento en el rendimiento de recolección del 341,7 % al 458,3 % respecto a la cosecha manual tradicional.

Aunque con los resultados obtenidos se observó un aumento notorio en la eficiencia de la mano de obra en la cosecha del café, la eficiencia global de cosecha (rendimiento efectivo/rendimiento potencial) fue tan solo de 0,13 en el caso más favorable. Esta eficiencia es muy baja por lo cual se requiere explorar alternativas más eficientes para capturar los frutos desprendidos con los VPT's.

RECOMENDACIONES

Considerando los resultados del mejoramiento en el sistema de captura de frutos (Alvarez Oliveros y Ramírez., 2004), sería posible alcanzar un rendimiento efectivo de 250 kg/h, valor que, teniendo en cuenta un costo de operación estimado del vibrador de US\$ 6/h (con un grupo de trabajo conformado por 4 operarios y 2 VPT's) permitiría disminuir los costos unitarios de recolección en más del 20 % e incrementar el ingreso de los operarios en más del 100 % con relación a lo que lograrían recolectores de café con el método tradicional.

Adicionalmente se reduciría la necesidad de recolectores en más del 80 %, resultado importante para fincas de gran producción en algunas de las cuales la demora y/o dificultad en la consecución de recolectores, en épocas de alta demanda

de mano de obra, ocasionan importantes pérdidas económicas al caficultor por la abscisión natural de los frutos.

BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, T., E. *et al.* Propiedades físico-mecánicas del fruto de café y del sistema fruto-pedúnculo del café variedad Colombia. *En: Revista Facultad Nacional de Agronomía.* Medellín. Vol. 52, No.2 (1999); p. 701-732.

ALVAREZ V., J. A.; OLIVEROS T., C. E. y RAMIREZ G., C. A. Evaluación de dos sistemas para el manejo de mallas en la cosecha manual del café. *En: Revista Cenicafé.* Vol. 55, No. 1 (2004); p. 130-135.

ARISTIZÁBAL T., I. D.; OLIVEROS T., C. E. y ALVAREZ M., F. Evaluación del principio de vibración lateral en múltiples puntos del follaje para la cosecha mecanizada de café. *En: Revista Facultad Nacional de Agronomía.* Medellín. Vol. 56, No.1 (2003 a); p. 1849-1864.

_____; ____ y _____. Mechanical harvesting of coffee applying circular and multidirectional vibrations. *En: Transactions of the ASAE.* Vol 46, No. 2 (2003 b); p. 205-209.

BIOCCA, M. e SPERANDIO, G. Raccolta delle olive con macchine agevolatrici. *En: L'Informatore Agrario.* Vol. 56, No. 35 (2000); p. 85-87.

CIRO V., J. H. *et al.* Respuesta dinámica de la rama del cafeto a la aplicación de vibraciones unidireccionales. *En: Revista Cenicafé.* Vol. 49, No.2 (1998); p. 151-161.

DE SOUZA PÁDUA, T.; MOREIRA DA SILAV, F. e PIMENTA, Q. D. Análise comparativo de custos para a colheita de café mecanizada, semi-mecanizada e manual. *En: Informe Necaf (Núcleo de Estudos em Cefeicultura).* Vol. 1, No. 5 (Feb., 2001); S. p.

GARCIA U., E. *et al.* Desarrollo de un sistema de acople eficiente y de bajo daño mecánico para los vibradores inerciales del tallo del cafeto. *En: Revista Cenicafé.* Vol. 54, No. 2 (2003); p. 97-109.

GIL A., A. *et al.* Análisis comparativo entre la recolección mecanizada y la manual. *En: Agricultura.* Vol. 772 (1996); p. 933-935.

GIL R., J. A. Mecanización y recolección del olivar: calidad y costos. *En: Vida Rural,* Córdoba, España. No 138. (Nov., 2001); p.

GRANJA F., J y OLIVEROS T., C. E. Diseño, construcción y evaluación de un vibrador multidireccional de tallos para la cosecha mecánica de café en Colombia. *En: Revista Scientia et Technica.* Vol.17 (Dic., 2001); p. 13-18.

____ y _____. Diseño, construcción y evaluación de un vibrador multidireccional de tallos para la cosecha mecánica de café en Colombia. Parte 2. *En: Revista Scientia et Technica,* Vol. 21 (Jul., 2003); p. 58-64.

HENAO S., J. A.; ANGULO G., F. y OLIVEROS T., C. E. Automatización de un equipo para aplicar vibraciones circulares al tallo de café. *En: Revista Cenicafé.* Vol. 53, No.2 (2002); p. 81-92.

MORERIRA DA SILVA, F.; SALVADOR, N.; DE SOUZA PADUA, T. Café: mecanização da colheita. In: I Simposio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. 2000. p. 281-329.

MORERIRA DA SILVA, F.; SALVADOR, N. e DE SOUZA PADUA, T. Café: mecanização da colheita. *En: SIMPOSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL (1: 2000: Poços de Caldas)*. I Simposio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Brasília: Embrapa Café de MINASPLAN, 2000. p. 281-329.

OLIVEROS T., C. E. Ing 0145: Cosecha de café con la aplicación de impacto a los frutos y/ramas (IMFRA). Chinchiná: CENICAFÉ, 2002. p. 1-39. (Informe anual de actividades 2001-2002).

_____. Ing 0145: Cosecha de café con la aplicación de impacto a los frutos y/ramas (IMFRA). Chinchiná: CENICAFÉ, 2003, p.1-20. (Informe anual de actividades 2002- 2003).

RAMIREZ V., C. M. *et al.* Diseño y construcción de un cosechador de café por vibración circular al tallo. *En: Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín.* Vol. 55, No.1 (2002); p. 1395-1413.

SPERANDIO, G. e BIOCCA, M. Una macchina agevolatrice elettrica per la raccolta delle olive. *En: Olivo e Olio.* Vol. 4, No. 5 (2001); p.12-15.

TOMBESI, A.; NOTTIANI, G. and GUELF, P. Efficiency of olive harvesting machines in Italy. *En: International Symposium on Fruits, Nut, and Vegetable Production Engineering (5: 1997: St. Joseph, Michigan).* 5th International Symposium on Fruits, Nut, and Vegetable Production Engineering. St. Joseph, Michigan: ASAE, 1997. p. 231-257

ZOLI, M.; VIERI, M.y LEGUIZAMÓN, J. Recolección mecanizada del café. *En: Agricultura de las Américas.* Vol. 49, No.5 (Oct., 2000); p. 22-30.