

# COSECHA MECÁNICA DEL CAFÉ MEDIANTE VIBRACIONES MULTIDIRECCIONALES

Iván Darío Aristizábal-Torres\*; Carlos Eugenio Oliveros-Tascón\*\*;  
Fernando Alvarez-Mejía\*\*\*

---

## RESUMEN

**ARISTIZÁBAL T., I. D.; OLIVEROS T., C. E.; ÁLVAREZ M., F. Cosecha mecánica del café mediante vibraciones multidireccionales. Cenicafé 50(3):173-182. 1999.**

En Cenicafé se desarrolló y evaluó un prototipo que permitiera desprender mecánicamente el café en cereza aplicando vibraciones multidireccionales al tallo. El equipo consta de un mecanismo inercial de dos masas excéntricas que giran en sentido contrario y con una relación de velocidades de 3:1. Se transmitió la potencia requerida por el mecanismo con un motor de 9 HP accionado por el sistema hidráulico de un tractor. Se hizo la evaluación durante el período de cosecha de marzo-abril de 1.998 en la Estación Central Naranjal, sobre árboles de café de la Variedad Colombia Roja, de cinco años de edad, sembrados en topografía plana y utilizando tres frecuencias, dos amplitudes y dos puntos de aplicación de las vibraciones multidireccionales durante un tiempo inferior a 20 segundos. El rendimiento en cuanto a desprendimiento mecánico obtenido con las frecuencias y amplitudes evaluadas varió entre 65 y 366kg de café cereza por hora. El desprendimiento de frutos maduros estuvo entre 35,7 y 85% y el porcentaje de frutos inmaduros cosechados varió entre el 8 y el 34%. La máxima defoliación fue de 3,2%. Cuando se utilizó una frecuencia de vibración superior a 2.000 ciclos por minuto se observaron daños severos en la corteza del tallo.

**Palabras claves:** Cosecha mecánica, café, *Coffea arabica*, vibraciones multidireccionales.

---

## ABSTRACT

A prototype to mechanically detach coffee berries by using multidirectional vibrations on the stem was developed and evaluated in Cenicafé. The device consists of an inertial mechanism with two masses rotating in opposite directions at a speed ratio of 3:1. The mechanism is driven by a 9 HP hydraulic motor powered by a tractor pump. The experimental vibrator was tested with five-year-old trees (red Colombia cultivar) grown on flat land at the Naranjal Central Experimental Station during the March-April harvest period, using three frequencies, two amplitudes and two sites on the stem during times under 20 seconds. Mechanical detachment ranged from 65 to 366kg of coffee berries per hour. Ripe berry detachment ranged from 35.7 to 85% and percentage of green berries harvested ranged from 8 to 34%. Maximum defoliation was 3.2%. Mechanical damage to stem bark was observed with frequencies above 2.000 cycles per minute.

**Keywords:** Mechanical harvest, coffee, *Coffea arabica*, multidirectional vibrations.

- 
- \* Joven Investigador. Convenio Cenicafé-Colciencias. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.  
\*\* Investigador Científico III. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.  
\*\*\* Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

La cosecha mecanizada de frutos mediante vibradores de tronco ha sido empleada para la recolección de aceitunas, almendras, nueces, ciruelas, cerezas, manzanas y cítricos (1, 2, 3, 8, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 19, 20). Existe una gran variedad de métodos cuya diferencia radica en la forma de generar la vibración y en el punto de contacto entre el vibrador y el árbol (8, 12, 13, 14). Los vibradores se clasifican según el modo de generar la vibración, en vibradores de desplazamiento fijo, de impacto y de inercia; estos últimos a su vez, se clasifican en vibradores de masas excéntricas y vibradores de biela-manivela. Según el punto de contacto o unión entre el vibrador y el árbol se clasifican en vibradores de ramas y de tronco (13).

Por lo general, los vibradores de tronco empleados en diferentes países son inerciales con dos masas excéntricas que giran en sentidos contrarios y a distintas velocidades, produciendo una vibración multidireccional que describe “lazos”, es decir, trayectorias en forma de punta de estrella (9, 12, 13, 14, 15). Según Martínez *et al.* (9) la aplicación de vibraciones multidireccionales formando “lazos” provoca una mayor eficiencia en el desprendimiento de los frutos debido a que la resultante de las fuerzas excitadoras varía su dirección en función del tiempo. Además, las ramas distribuidas sobre el tronco en diferentes direcciones pueden recibir el efecto de las vibraciones longitudinales (disminuyendo la formación de nodos) y transmitirlo en forma más eficiente al sistema fruto-pedúnculo.

Los vibradores de tronco son máquinas de gran rendimiento que pueden alcanzar entre 30 y 60 árboles por hora, multiplicando la productividad de los operarios entre 5 y 25 veces (9, 12, 15).

Diferentes autores han desarrollado métodos matemáticos para el diseño y el cálculo de vibradores multidireccionales para la cosecha de frutos (8, 9, 12, 14, 15, 16, 18). Todos

consideran aspectos importantes como la frecuencia de vibración, las masas excéntricas y el sistema de sujeción, para el diseño.

En Colombia, Aristizábal (4) desarrolló y evaluó un prototipo para aplicar vibraciones circulares al tallo de café variedad Caturra Roja, obteniendo un desprendimiento de cerezas maduras de 60,5% con 8,8% de frutos inmaduros desprendidos y un rendimiento de 64,7kg de café cereza por hora.

Teniendo presente los resultados promisorios obtenidos por Aristizábal (4) en la evaluación de vibraciones circulares aplicadas al tallo de café, y las ventajas que ofrecen los vibradores multidireccionales para la cosecha de cítricos, aceitunas y otros frutos (mayor rendimiento de recolección, mayor número de direcciones de aplicación de la vibración y mayor eficiencia en el desprendimiento); además, conociendo que en la literatura no se registran resultados con la aplicación de vibraciones multidireccionales en el árbol de café, se planteó este trabajo de investigación. En este artículo se presentan los resultados obtenidos en la selectividad y en el rendimiento de la cosecha mecánica con un vibrador multidireccional diseñado para café.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** Los ensayos de cosecha por vibración se realizaron en Cenicafé, en la Estación Central Naranjal, en Chinchiná, Caldas, con árboles de café variedad Colombia Roja, plantillas de 60 meses de edad, sembrados en cuadro a 2m x 1m y ubicados en lotes de topografía plana.

**Materiales y equipos.** Se utilizó como fuente de potencia el sistema hidráulico de un tractor FORD 6610 de 90HP. El montaje hidráulico estuvo constituido por los siguientes elemen-

tos: control remoto del hidráulico del tractor, motor hidráulico PARKER serie 113 de 9 HP, válvula direccional CASAPPA VCD25, válvula de control de flujo PARKER F600S, válvula aisladora PARKER PN400S, manómetro ASHCROFT con rango de presión de 0 a 20.684 kPa (3.000 PSI), adaptadores, tapones y racores para alta presión, y manguera hidráulica de alta presión de 12,7mm (1/2") y 9,5mm (3/8") (Figura 1a). También se utilizó un mecanismo vibrador inercial de masas excéntricas constituido por una caja reductora de velocidades, relación 3 a 1, con dos piñones bañados en aceite. (Figuras 1b y 2).

**Diseño y evaluación del prototipo.** Para el diseño del vibrador se utilizó un motor hidráulico de 9 HP y un torque de 30,5 N-m (270lb-plg), que entrega 3.600rpm a 17.237kPa (2.500 PSI). El prototipo está constituido por una caja reductora con dos piñones internos bañados en aceite; el piñón conductor acoplado al motor hidráulico ubicado en la parte inferior del mecanismo (Figura 1b). En cada uno de los ejes de ambos piñones se montaron externamente las masas excéntricas ( $m_1$ ,  $m_2$ ) cada una de 1,2kg de peso y con igual radio de giro ( $r_1 = r_2 = 27$ mm) (Figura 2).



**Figura 1.** Prototipo para aplicar vibraciones multidireccionales. a) Fuente de potencia y sistema hidráulico. b) Mecanismo vibrador.



**Figura 2.** Vibrador multidireccional diseñado en Cenicafé

La velocidad máxima de giro del motor hidráulico que corresponde a una frecuencia angular de 378rad/s (3.600cpm) fue considerada la velocidad de rotación  $\omega_1$  de la masa  $m_1$ , y según la relación de transmisión escogida de 3:1, se definió una velocidad con sentido de rotación contrario  $\omega_2$  de la masa  $m_2$  de 126rad/s (1.200cpm) (Figura 3). Con estas características cinemáticas se puede generar un patrón de vibración en el centro de masas del vibrador, formando cuatro “lazos” o puntas de estrella, que presenta una amplitud de movimiento de 3,90mm en la direcciones  $x$  y  $y$ , simultáneamente, como se indica en la Figura 4. Con un par de masas de menor peso (1,0kg) se generó una amplitud de 2,85mm.

Las principales características de este prototipo vibrador son:

- Vibrador tipo inercial de masas excéntricas.
- Aplicación de vibración multidireccional (de cuatro “lazos”) al tallo del cafeto.
- Frecuencias de vibración menores de 3.000cpm.
- Aplicación de vibración en dos amplitudes (2,85 y 3,90mm).

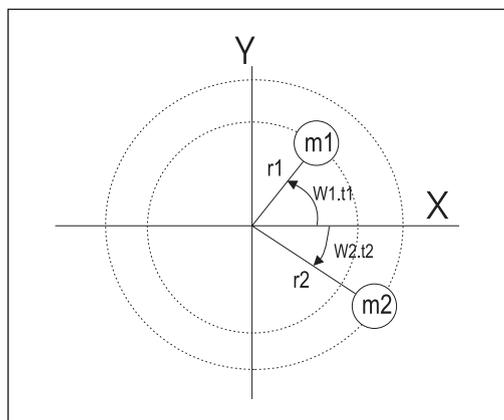


Figura 3. Esquema cinemático del vibrador multidireccional.

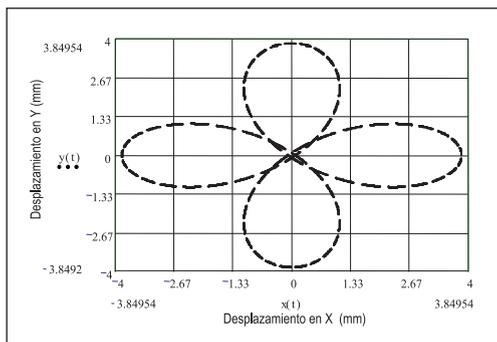


Figura 4. Patrón de vibración de cuatro “lazos” o puntas de estrella.

- Utiliza como fuente de potencia el sistema hidráulico de un tractor Ford 6610.
- Mecanismo de agarre del vibrador al cafeto en un sólo punto del tallo (Figura 2).
- Peso total del vibrador: 18kg.

Los componentes del vibrador se construyeron siguiendo las normas de diseño mecánico de la ASME (7). La evaluación se realizó durante los meses de marzo y abril de 1998 (cosecha de mitaca), dividida en dos fases: la primera consideró el efecto de la frecuencia, de la amplitud y del punto de aplicación de la vibración durante un tiempo máximo de 20 segundos y la segunda, el efecto de la aplicación de la vibración en uno y en dos puntos sobre el tallo del café, en la selectividad y el rendimiento del desprendimiento mecánico.

Se utilizó como covariable, el número total de frutos presentes en los cafetos antes de aplicar los tratamientos en la primera fase de evaluación.

**Primera fase.** Se evaluaron doce tratamientos que resultaron de la combinación de tres frecuencias (1.500, 2.000 y 3.000cpm), dos amplitudes (2,85 y 3,90mm) y dos puntos de aplicación de la vibración sobre el tallo: 30% y 50% de la altura total del árbol. Se utilizaron 10

árboles por tratamiento. El efecto de los tratamientos se evaluó en un tiempo de 20 segundos de vibración, bajo un modelo de análisis para el diseño experimental en arreglo factorial de 3x2x2 y las variables de respuesta fueron: porcentaje de desprendimiento de frutos maduros y pintones (DMP), porcentaje de desprendimiento de frutos verdes (DV), porcentaje de frutos verdes en el café cosechado (VC), porcentaje de desprendimiento de hojas (DH) y rendimiento del desprendimiento mecánico (R). Se utilizó análisis de varianza y prueba de contrastes para el análisis estadístico de los resultados. En el análisis de las variables de respuesta rendimiento, porcentaje de desprendimiento de frutos maduros y porcentaje de desprendimiento de frutos verdes se utilizó como covariable el número total de frutos presentes en el árbol.

**Segunda fase.** Se evaluó el efecto de la aplicación de la vibración con una frecuencia de 3.000 ciclos por minuto y una amplitud de 3,90mm, condiciones de operación seleccionadas de la fase anterior en dos situaciones, 30 y 50% de la altura del tallo y 30% de la altura del mismo, durante un tiempo total máximo de 20 segundos para ambas situaciones. Se utilizó un modelo de análisis para el diseño experimental completamente aleatorizado, con las variables de respuesta descritas en la primera fase. Se utilizaron también 10 árboles por tratamiento y los resultados se sometieron al análisis de varianza.

Además, durante las fases de evaluación del prototipo se realizaron las observaciones de daño mecánico producido a la corteza, descope, desanclaje del árbol y desprendimiento de ramas, con la aplicación de las vibraciones multidireccionales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

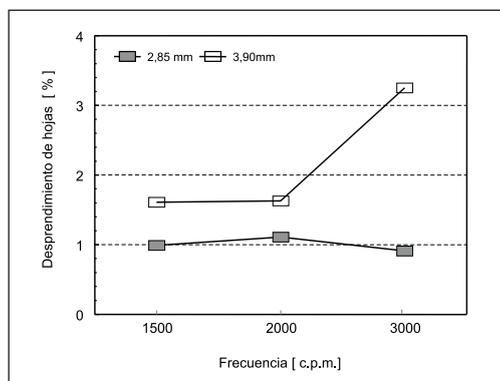
**Primera fase.** En la Tabla 1 se presentan los promedios de los valores y coeficientes de

variación de cada una de las variables estudiadas, en cada uno de los tratamientos evaluados. Se presentó efecto de la interacción frecuencia por amplitud, en la variable desprendimiento de hojas, obteniéndose el mayor porcentaje con la combinación de 3.000cpm y la amplitud de 3,90mm, según prueba de contraste (Figura 5).

El análisis de covarianza mostró efecto de la interacción frecuencia por amplitud por punto de aplicación en la variable rendimiento, a favor de la combinación de 3.000cpm de frecuencia, amplitud de 3,90mm y punto de aplicación al 50% de la altura del árbol, según prueba de contraste al 5% (Figura 6).

El análisis de covarianza también mostró efecto del factor frecuencia en las variables de respuesta desprendimiento de frutos maduros y pintones y desprendimiento de frutos verdes (Figura 7).

Se observó que el desprendimiento de frutos maduros y verdes se incrementó al aumentar la frecuencia de vibración. En la variable porcentaje de desprendimiento de frutos maduros y pintones también hubo efecto por separado del factor amplitud, según análisis de varianza (Tabla 2) a favor de la amplitud de 3,90mm, con un desprendimiento medio de 59,6%.

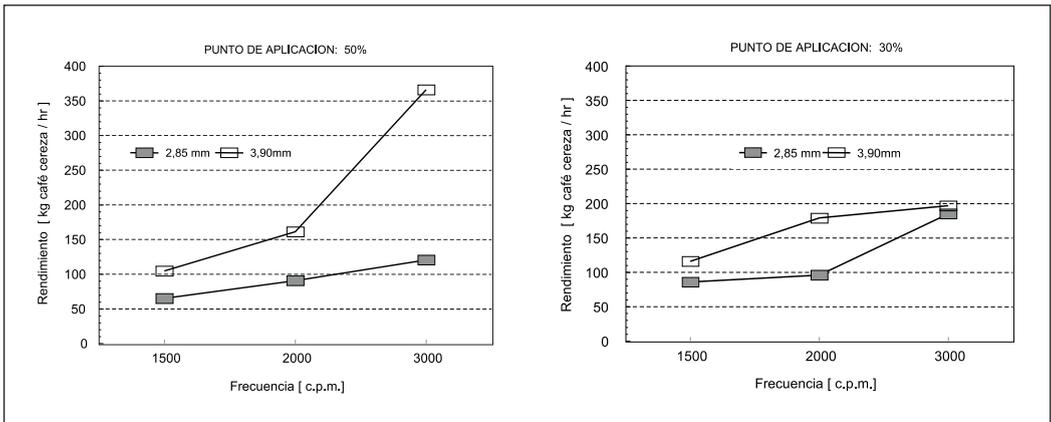


**Figura 5.** Porcentaje del desprendimiento de hojas bajo la interacción frecuencia por amplitud. Vibrador multidireccional Cenicafé.

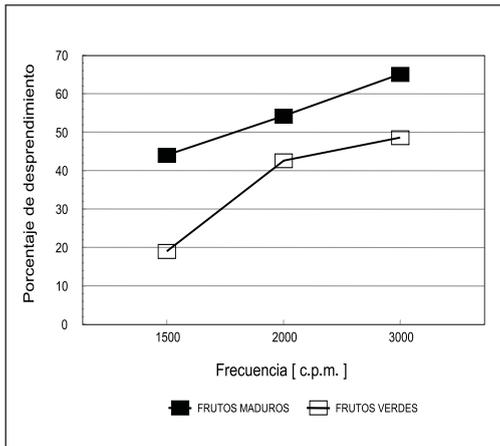
**TABLA 1.** Valores y coeficientes de variación de las variables estudiadas durante la primera fase de evaluación del prototipo de Cenicafé, para aplicar vibraciones multidireccionales al árbol de café.

Frecuencia (cpm)	Amplitud (mm)	Punto de Aplicación Frutos (%)	Total Frutos (%)	Tiempo de vibración: 20 segundos																
				CV	MPI (%)	CV	VI (%)	CV	SI (%)	CV	DMP (%)	CV	DV (%)	CV	VC (%)	CV	DH (%)	CV	R (kg/h)	CV
1.500	2,85	30	638	50,0	58,0	37,7	29,1	95,1	12,9	72,1	52,0	52,7	31,2	70,5	20,8	116,6	1,0	81,7	57,9	89,1
1.500	2,85	50	880	43,2	48,1	41,4	37,2	57,8	14,7	43,7	42,3	52,6	12,2	81,5	21,8	86,0	1,0	38,0	47,1	63,4
1.500	3,90	30	834	49,0	54,4	27,5	31,7	47,3	13,9	53,5	56,2	37,6	32,5	56,1	22,3	40,6	1,4	47,5	96,0	50,2
1.500	3,90	50	1.892	69,2	54,4	33,1	34,1	66,4	11,5	134,6	35,7	67,6	13,5	93,2	16,0	79,4	1,8	116,2	127,2	81,5
2.000	2,85	30	742	62,4	58,9	32,9	28,0	62,4	13,2	71,7	58,3	31,9	79,7	186,8	25,3	72,1	1,3	72,6	72,2	70,3
2.000	2,85	50	1.055	40,1	53,4	36,6	32,0	71,7	14,6	76,3	48,6	25,3	25,5	43,1	24,1	64,8	0,9	46,4	79,9	55,8
2.000	3,90	30	1.374	33,8	54,3	29,0	37,2	46,4	8,5	43,0	57,6	35,6	37,1	62,8	27,6	47,6	1,7	40,2	181,0	61,6
2.000	3,90	50	1.408	56,8	51,0	25,6	38,0	31,0	11,0	47,5	59,1	37,1	37,3	71,2	29,3	44,2	1,5	48,0	164,7	50,1
3.000	2,85	30	1.364	83,0	65,5	19,9	16,8	40,2	17,7	51,2	60,9	43,6	40,1	42,0	15,4	52,4	1,0	50,5	186,7	72,9
3.000	2,85	50	1.853	47,6	70,4	11,8	14,4	51,0	15,2	71,1	47,8	44,1	24,7	81,0	8,0	52,0	0,8	35,2	142,1	36,5
3.000	3,90	30	1.624	66,5	56,7	25,7	36,3	44,2	7,0	95,2	68,2	34,1	54,0	36,8	34,0	44,8	3,1	62,6	209,0	48,7
3.000	3,90	50	2.208	39,4	69,5	16,8	23,0	52,1	7,5	34,1	66,9	30,2	52,9	51,5	19,0	59,0	3,4	33,9	401,8	39,5

MPI : Proporción de frutos maduros y pintones iniciales  
 VI : Proporción de frutos verdes iniciales  
 SI : Proporción de frutos secos iniciales  
 DMP : Desprendimiento de frutos maduros y pintones  
 DV : Desprendimiento de frutos verdes  
 VC : Frutos verdes presentes en el café cosechado  
 DH : Desprendimiento de hojas  
 R : Rendimiento del desprendimiento mecánico  
 CV : Coeficiente de variación.



**Figura 6.** Comportamiento del rendimiento a los 20 segundos, según la interacción frecuencia por amplitud por punto de aplicación. Vibrador multidireccional Cenicafé.



**Figura 7.** Porcentaje de desprendimiento de frutos maduros y verdes con el Vibrador multidireccional desarrollado por Cenicafé.

**TABLA 2.** Desprendimiento de frutos maduros de café con el vibrador multidireccional diseñado en Cenicafé, según la amplitud.

Amplitud [mm]	Desprendimiento de frutos maduros [%]	Error Estándar
3,90	59,6	2,74
2,85	50,0	2,80

De acuerdo con los resultados obtenidos en las variables rendimiento y porcentaje de desprendimiento de frutos maduros se seleccionó la frecuencia de 3.000cpm y la amplitud de 3,90mm, para operar el vibrador multidireccional en la segunda fase de evaluación.

**Segunda fase.** El análisis de varianza no mostró diferencias para esta fase de evaluación en las variables total de frutos, porcentaje de frutos maduros y pintones, verdes y secos iniciales, lo cual indicó homogeneidad en los árboles tratados (Tabla 3).

No se presentó efecto del punto de aplicación en ninguna de las variables estudiadas, según el análisis de varianza (Tabla 4). Durante esta fase de evaluación se logró desprender el 85% de los frutos del árbol aptos para la cosecha y un alto porcentaje de frutos inmaduros (al rededor del 50%) lo cual representó un porcentaje alto (30%) de estos frutos en el café recolectado.

**Observaciones sobre daños mecánicos.** Las observaciones se hicieron en un total de 140 cafetos sometidos a vibración con el prototipo; el principal daño causado consistió en la

**TABLA 3.** Total de frutos y proporción media de frutos presentes por estado de maduración en los árboles, para la segunda fase de evaluación.

Punto de Aplicación	Total frutos	CV	MPI %	CV	VI %	CV	SI %	CV
30 y 50%	1.362	41,3	45,3	35,0	33,9	48,4	20,8	58,8
30%	1.040	57,4	49,8	43,4	35,1	75,4	15,0	63,6

**TABLA 4.** Porcentaje de desprendimiento de frutos maduros y pintones (DMP), frutos verdes (DV), hojas (DH) y rendimiento (R) según punto de aplicación del vibrador multidireccional desarrollado por Cenicafé.

Punto de Aplicación	DMP %	CV*	DV %	CV*	VMC %	CV*	DH %	CV*	R (kg/h)	CV*
30 y 50%	85,6	13,2	48,4	39,3	29,3	55,3	1,7	51,3	373,9	59,3
30%	83,4	20,4	53,9	44,8	28,8	82,5	1,5	45,0	271,3	73,5

\* Los datos del análisis de varianza fueron transformados a  $(X+5)^{1/5}$ .  
CV= Coeficiente de variación.

pérdida de la corteza del tallo, en el punto de acople del mecanismo vibrador. Un total de 69 árboles (55,6%) resultaron anillados total y parcialmente (Figura 8). Este daño se presentó cuando se utilizaron las frecuencias de 2.000 y 3.000cpm y se atribuye a la gran fuerza resultante generada sobre la corteza del tallo cuando se utilizan altas velocidades. Otro daño observado, pero menos frecuente, consistió en que los árboles se desanclaron; este daño se registró en 5 árboles (4%) y se atribuyó principalmente, al peso relativamente alto del vibrador (18kg) para cafetos de tallo delgado, cuando el equipo se acopló en un punto medio de la altura del árbol. No se registró descope ni desprendimiento de ramas debido a la baja amplitud de vibración utilizada.

Al comparar los resultados obtenidos con este prototipo y los obtenidos por Aristizábal (4) con un vibrador circular, se presentaron diferencias a favor del primero en el porcentaje de desprendimiento de frutos maduros y pintones, en el rendimiento y en la menor defoliación, mientras que para el vibrador cir-

cular se presentaron diferencias a favor del menor desprendimiento de frutos verdes y menor porcentaje de estos frutos en el café cosechado.

Con los resultados de este trabajo se concluye que aplicando vibraciones multidireccionales al tallo de café se desprende, con alto rendimiento (hasta 360kg de café cereza por hora), más del 60% de las cerezas maduras. El alto desprendimiento obtenido de cerezas verdes (no maduras) se puede atribuir a las grandes amplitudes que se generan en algunas ramas ocasionando gran rotación del fruto alrededor del pedúnculo y del pedicelo. Cuando se operó el prototipo a 2.000 y 3.000 ciclos por minuto ocurrieron daños severos a la corteza del tallo debido a desajustes en el mecanismo de sujeción.

Con la frecuencia de resonancia del sistema fruto-pedúnculo (1.500 ciclos por minutos) aplicada al tallo, se desprendió menos del 50% de las cerezas maduras debido a la utilización de amplitudes de vibración muy bajas (menores



**Figura 8.**  
Daños en la corteza del tallo ocasionados por la aplicación de vibraciones con el vibrador multidireccional diseñado en Cenicafé.

a 4 mm). El número de cerezas presentes en el árbol influye en el rendimiento y la proporción de los distintos estados de madurez de estos frutos incidió en la selectividad de la recolección mecánica alcanzada con este vibrador multidireccional evaluado.

### AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Miguel Gros de Industrias FAMA® por su asesoría técnica. A la Estadística Esther Cecilia Montoya por la revisión de este manuscrito. Al personal de la Estación Naranjal por su gran colaboración durante las evaluaciones.

### LITERATURA CITADA

1. ALMEIDA, A. Mechanical olive harvesting systems. *Acta Horticulturae* 474: 209 - 213. 1997.
2. ANTOGNOZZI, E.; CARTECHINI, A.; TOMBESI, A.; PALLIOTTI, A. Transmission and efficiency of vibrations on "Moraiolo" olive harvesting. *Acta Horticulturae* 286: 413 - 416. 1990.
3. ANTOGNOZZI, E.; CARTECHINI, A.; TOMBESI, A.; PROIETTI, P. Effect of cultivar and vibration characteristics on mechanical harvesting of olives. *Acta Horticulturae* 286: 417 - 420. 1990.
4. ARISTIZABAL T., I. D. Estudio del efecto de la vibración del árbol de café en la selectividad de la cosecha. Chinchiná, Cenicafé, 1998. 46 p. (Experimento ING - 0105, Informe final)
5. BEN ROUINA, B.; YOUSFI, M. Field preliminary study of a multidirectional shaker for olive harvesting in the south of Tunisia. *Acta Horticulturae* 286: 421 - 424. 1990.
6. BEN ROUINA, B.; YOUSFI, M.; MLAOUAH, M. Some aspects of olives mechanical harvesting in Tunisia. *Acta Horticulturae* 474: 215 - 217. 1997.
7. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFE. Cenicafé. Informe anual de labores de la Disciplina de Ingeniería Agrícola 1996 - 1997. Chinchiná, Cenicafé, 1997.

8. GIL S., J.; ORTIZ C., J. Estudio dinámico del sistema vibrador-tronco durante la vibración multidireccional de un poste de ensayos. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie Agrícola* 26: 159 - 181. 1984.
9. MARTINEZR., A.; DELAS CUEVAS M., H.; LLANES G., O. Cálculo de vibradores multidireccionales para la cosecha mecanizada de frutas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 4(1): 44 - 48. 1994.
10. METZIDAKIS, I. Field studies for mechanical harvesting by using chemicals for the loosening of olive pedicel on cv. Koroneiki. *Acta Horticulturae* 474: 199 - 201. 1997.
11. NTA.SL. VIBROLI COMPAC. Sistemas patentados. Referencia comercial. Barcelona, 1997. s.p.
12. ORTIZ C., J. Cosecha mecanizada de frutas por el método de vibraciones forzadas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 6(1): 76 - 84. 1996.
13. ORTIZ C., J. Las máquinas agrícolas y su aplicación. 5 ed. Madrid, Mundi-Prensa, 1995. 465 p.
14. ORTIZ C., J.; GIL S., J. Diseño de vibradores de tronco para la recolección de la aceituna. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetales* 1(1): 65 - 84. 1986.
15. ORTIZ C., J.; HERNANZ, J. L. Técnica de la mecanización agraria. 3. ed. Madrid, Mundi-Prensa, 1989. 643 p.
16. PELLENC, R.; ARGENSON, M.; BONICELLI, B.; SEVILLA, F. Impulse shaking of tree fruit in France. *In: International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable Harvesting Mechanization. Bet Dagan, October 5 - 12, 1983. Proceedings.* p. 97 - 102.
17. PELLENC S. A., FRANCIA. Frontal F60. Catálogo. Pertuis, 1996. 4 p.
18. SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. Engineering principles of agricultural machines. Michigan, Pamela DeVore-Hansen Editor, 1993. 601 p.
19. TOMBESI, A. Physiological and mechanical advances in olive harvesting. *Acta Horticulturae* 286: 399 - 412. 1990.
20. TOMBESI, A.; NOTTIANI, G.; GUELF, P. Efficiency of olive harvesting machines in Italy. *In: International Symposium on Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering, 5. Davis, California, September 3 - 10, 1997.* sp.

# DESARROLLO DE UN SEPARADOR DE OBJETOS DUROS EN EL CAFÉ COSECHADO<sup>1</sup>

Ildebrando Restrepo-Hernández\*; Juan Rodrigo Sanz-Uribe\*\*; Fernando Alvarez-Mejía\*\*\*

---

## RESUMEN

**RESTREPO H., I.; SANZ U., J.R.; ALVAREZ M., F. Desarrollo de un separador de objetos duros en el café cereza cosechado. Cenicafé 50 (3): 183-194. 1.999.**

En Cenicafé se desarrolló y evaluó un dispositivo separador de objetos duros presentes en el café cereza cosechado, de las variedades Caturra y Colombia. Se determinaron como variables importantes para el diseño del prototipo: la distancia de separación entre frutos que caen consecutivamente sobre la misma línea, velocidad de caída de los frutos, altura de caída, fuerza de espesación, separación entre punzones y masa del fruto. De acuerdo con estas variables se planteó una desigualdad y una ecuación, con las cuales se determinaron la velocidad angular del tambor de punzones (0,43rad/s) y el diámetro del mismo (5,08cm), para obtener el mejor desempeño del equipo. La evaluación del prototipo se hizo utilizando diferentes porcentajes de objetos duros en muestras de café cereza cosechado. La eficacia promedia de separación de objetos duros en el café cereza obtenida fue de 37,01% y la eficacia promedia de separación de frutos verdes del resto de la masa de café fue de 8,75%.

**Palabras claves:** *Coffea arabica*, cosecha, clasificación, café cereza, punzones.

---

## ABSTRACT

A mechanical device to separate hard materials (stones, pieces of metal and green berries) from the mass of coffee berries, based on hardness differences, for Colombia and Caturra cultivars, was developed and tested in Cenicafé. The main variables considered for the prototype design were distance between fruits falling on the same line, velocity of falling fruits, falling height, expectation force, separation between punchers, and fruit mass. An equation to determine angular velocity (0,43 rad/s) and diameter (5,08 cm) of the puncher drum to achieve the best performance of the prototype was derived. The prototype was evaluated using different percentages of hard objects in the mass of coffee berries. Average efficacy of separation of hard objects from coffee berries was 37,01% and of green berries from the rest of the coffee was 8,75%.

**Keywords:** *Coffea arabica*, harvest, classification, coffee berry, mechanization, punchers.

---

<sup>1</sup> Fragmento de la tesis de grado "Desarrollo de un separador sencillo de objetos duros del café cereza, que no utilice agua" presentada a la Universidad Nacional de Colombia para optar al título de Ingeniero Agrícola, Medellín. Septiembre de 1.997.

\* Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional, Sede Medellín.

\*\* Auxiliar de investigación. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

\*\*\* Profesor Asociado Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional, Sede Medellín.