

SEPARACIÓN DE FRUTOS DE CAFÉ VERDES POR MEDIOS MECÁNICOS

Carlos Eugenio Oliveros-Tascón*; Jenny Paola Pabón-Usaquén*; Esther Cecilia Montoya-Restrepo**;
César Augusto Ramírez-Gómez*; Juan Rodrigo Sanz-Uribe*

RESUMEN

OLIVEROS T., C.E.; PABÓN U., J.P.; MONTOYA R., E.C.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.
Separación de frutos de café verdes por medios mecánicos. Cenicafé 61 (3):262-271. 2010

Se evaluó el desempeño técnico de una máquina, diseñada para separar frutos de café verdes sin utilizar agua. En la evaluación se consideraron tres flujos de café en cereza (1.500, 2.000 y 2.500 kg.h⁻¹) y tres porcentajes de café verde en la masa (4%, 7% y 10%), bajo el diseño bloques completos al azar en arreglo factorial 3x3, con 5 bloques, y el factor de bloqueo fue la procedencia del café cereza. Las variables evaluadas fueron el porcentaje de frutos verdes separados (asociada al indicador de eficacia) y el porcentaje de frutos maduros que pasan a través de la máquina y son evacuados en la descarga superior (axial), asociada al indicador de pérdida. Como variables complementarias se tuvieron el porcentaje de frutos maduros sin despulpar, el porcentaje de pulpa en el café despulpado y el porcentaje de granos con daño mecánico. Con el equipo se separó en promedio 98,3% de los frutos verdes y se obtuvo café despulpado sin daño mecánico, con 50,6% de pulpa y 0,79% de frutos maduros sin despulpar. Con el material separado por el equipo son retirados 0,02% a 0,09% de los frutos maduros que entran a la máquina (pérdidas).

Palabras claves: Eficacia, pérdidas, calidad

ABSTRACT

The technical performance of a commercial machine designed to separate green coffee fruits without using water was evaluated. In the evaluation of the machine, three flows of coffee fruit (1,500, 2,000 and 2,500 kg.h⁻¹) and three percentages of green coffee fruits were considered (4%, 7% and 10%), in a completely randomized block design in a 3x3 factorial arrangement, with five blocks with the precedence of the coffee fruits lots as the blocking factor. The variables evaluated were the percentage of green fruits separated (associated to efficacy) and the percentage of mature fruits evacuated through the axial outlet (associated to losses). The percentage of not pulped ripe coffee fruits, the percentage of pulp in pulped coffee and the percentage of coffee beans with mechanical damage were considered as complementary variables. 98.3% of green coffee fruits was separated with the equipment and pulped coffee without mechanical damage was achieved with 50.6% of pulp and 0.79% of not pulped mature coffee fruits. With the material separated by the equipment from 0.02 to 0.09% of the ripe fruits that enter the machine (losses) is evacuated.

Keywords: Efficacy, losses, quality.

* Investigador Principal, Investigador Asociado, Investigador Científico I e Investigador Científico II, respectivamente. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé.

** Investigador Científico III. Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

En la recolección manual selectiva de café se busca desprender solamente frutos maduros; sin embargo, por factores como la desuniformidad de la maduración, la rapidez con que se efectúa el desprendimiento (< 1 s/fruto), la técnica utilizada para desprenderlos, y a limitaciones visuales y de espacio, entre otros, generalmente se recolecta un porcentaje importante de frutos inmaduros, que al beneficiarlos y secarlos dan origen a granos con el pergamino cubierto total o parcialmente (granos “guayaba” o “mediacara”) y con daño mecánico, que ocasionan defectos en el sabor, aroma y aspecto del café, cuando la masa beneficiada contiene más de 2,5% de éstos (9).

Para separar los frutos que no se despulpan, como inmaduros, secos y atacados por enfermedades como mancha de hierro, se utilizan zarandas, circulares o planas (11, 14). En un trabajo realizado por Wallis (16), se evaluó la eficacia de la separación de café inmaduro presente en café despulpado y en café pergamino seco, utilizando una zaranda circular de varillas con espacio libre de 8,5 mm (diámetro exterior de 42 cm y longitud 100 cm), para el café despulpado y una zaranda circular con separaciones de 5,0 mm (diámetro exterior de 29 cm y longitud 39 cm), para el café seco. El café cereza utilizado presentó 2%, 5%, 10%, 15%, 20%, 30% y 40% de frutos verdes. Los mejores resultados se obtuvieron utilizando la zaranda circular con el café despulpado, con valores de hasta 30% de separación.

Para la separación de frutos y granos de café de inferior calidad y de materiales extraños, también se utilizan dispositivos neumáticos e hidráulicos (3, 4, 7, 8, 15). Céspedes *et al.* (2), estudiaron experimentalmente el empleo de equipos neumáticos en la separación de frutos de café en diferentes estados de maduración, y observaron que por diferencias en comportamiento aerodinámico no se

logra separar eficazmente frutos inmaduros y maduros de café.

Álvarez (1), evaluó el comportamiento en sedimentación de frutos inmaduros y maduros, de café variedad Catuaí rojo, en un canal modelo con fines de separación, encontrando que la distancia desde el punto de alimentación del café hasta la zona de sedimentación para frutos inmaduros es mayor que para frutos maduros. Sin embargo, los resultados obtenidos no evidenciaron una condición de flujo de agua, de café y ancho de canal que permitiera separar eficazmente los frutos inmaduros de los maduros.

Oliveros *et al.* (7, 8) diseñaron un dispositivo hidráulico para separar de la masa de café frutos de inferior calidad, y de menor densidad que la del agua, y materiales extraños como piedras y partes metálicas, que causan daños a las máquinas utilizadas en el beneficio del café, principalmente a las despulpadoras. El equipo consta de una tolva de sedimentación en forma de tronco de pirámide invertida y de un tornillo sinfín, ubicado cerca a su fondo, para retirar los frutos de mejor calidad, los cuales se precipitan; mientras que las piedras y los objetos metálicos se depositan en el fondo de la tolva. El agua retirada por el tornillo sinfín retorna al tanque por efecto de la gravedad. Con el nuevo dispositivo, con ángulo de 60° con respecto a la horizontal a 200 rpm, se logra separar más del 96,7% de los frutos que flotan y 88% de las piedras y partes metálicas, con consumo específico de agua de $0,025 \text{ L.kg}^{-1}$ de café seco.

Las diferencias en las propiedades físicas entre frutos de café en varios estados de desarrollo, también se han estudiado con fines de separación. Martínez *et al.* (6) estudiaron en frutos inmaduros y maduros, cosechados el mismo día de los ensayos, de café variedad Caturra, la respuesta en rebote al golpear una placa de acero inclinada con respecto a la

horizontal 15, 22,5, 30, 45, 55 y 65°. Los mejores resultados se obtuvieron con ángulo de inclinación de 22,5°. Según los autores, el método de separación por rebote es una alternativa promisorio para mejorar la calidad de la masa de café cereza, especialmente en casos de cosecha mecanizada, cuando el porcentaje de frutos inmaduros puede ser superior al 10%.

Restrepo *et al.* (12) también estudiaron la respuesta en rebote de frutos de café inmaduros y objetos duros, sobre una placa metálica inclinada, con fines de separación, obteniendo eficacias de 9,9% y 51,5%, respectivamente. Contrario a lo observado por Martínez *et al.* (6), estos resultados no indican que el principio de rebote sea promisorio para la separación de objetos duros y frutos inmaduros.

También se ha diseñado tecnología para la clasificación de frutos de café en diferentes estados de desarrollo, basada en el reconocimiento del color por medios optoelectrónicos. Actualmente, la empresa brasilera HCG¹ fabrica un equipo con las siguientes especificaciones: Capacidad nominal, 2,5 t.h⁻¹ (1.250.000 frutos/h), peso 250 kg y requiere menos de 4kW para su funcionamiento. El costo FOB en Brasil es cercano a los US\$ 40.000. Sin embargo, no se dispone de información sobre el desempeño del equipo.

Ramos (10) desarrolló un dispositivo optoelectrónico para reconocer y clasificar, en el laboratorio, frutos de café en los estados de verde, pintón, maduro, sobremaduro y seco, con velocidad de hasta 50 frutos/s, obteniendo eficacia de 97% para verdes, 95,6% para pintones, 97,8% para maduros y 99,7% para sobremaduros.

En la presente investigación se evaluó el desempeño técnico y ambiental de un equipo utilizado para la separación mecánica de frutos verdes de café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La investigación se desarrolló en el beneficiadero experimental del Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, localizado en Manizales (Caldas), con altitud de 1.310 m, con promedios de temperatura y humedad relativa de 21,5°C y 79,5%, respectivamente, y precipitación anual de 2.662 mm.

Descripción del equipo. Para los ensayos se utilizó un equipo de flujo de producto vertical ascendente, fabricado por la empresa colombiana JMestrada², el cual consta de un rotor que gira a 362 rpm en el centro de una canasta o carcasa cilíndrica de 36 cm de diámetro y 128 cm de altura, con perforaciones de 8 mm x 40 mm y 57,6% de área perforada. El rotor consta de tres secciones: inferior, con tornillo sinfin de 32 cm de diámetro, 28 cm de altura y paso de 14 cm; intermedia, en forma de cono truncado de 25 cm de altura, 15 cm de diámetro en la base y 28 cm en su parte alta, en la cual se comprime la masa y se despulpan los frutos de café; y superior, de sección cilíndrica de 28 cm de diámetro y 74 cm de altura, con 8 aletas de 2 cm de altura, soldadas en su superficie. Por efecto de la fuerza centrífuga generada por el rotor y a través de las aberturas de la canasta, una parte del material conformado por café despulpado y pulpa, es evacuado radialmente, mientras que el material restante, compuesto principalmente de frutos sin despulpar (secos,

¹(www.hcgtecnologia.com.br)

²(www.jmestrada.com)

verdes y pintones), café despulpado y pulpa, fluye axialmente y es descargado en la parte superior del equipo. El equipo (Figura 1), que opera sin agua, es accionado por un motor de 5,5 kW.

Adicionalmente se contó con:

- Separador hidráulico desarrollado en Cenicafé (7).
- Balanza electrónica con rango 0 a 5 kg con resolución de 1 g.
- Báscula electrónica con rango 0 a 500 kg con resolución de 0,1 kg.
- Cronómetro digital con resolución de 0,1 s
- Café variedad Colombia
- Bandejas y recipientes plásticos con capacidad para 50 L

Metodología. Se evaluaron tres flujos de café, cada uno con tres porcentajes de frutos verdes (tratamientos). El café en cereza empleado en cada tratamiento se obtuvo de la siguiente manera: Al lote de café (de mínimo 1.100 kg), se le retiraron los flotes utilizando el separador hidráulico de tornillo sinfin, al material resultante se le separaron manualmente los frutos verdes, y de éste se tomaron nueve muestras, cada una de 100 kg de café cereza (sin verdes),

a las cuales se les asignó aleatoriamente uno de los tratamientos y se procedió a constituir los porcentajes de frutos verdes propuestos. Una vez adicionada la masa de frutos verdes que se requería, según el tratamiento, se mezclaron con toda la masa de frutos maduros (Figura 2).

Después de constituir los tratamientos con los porcentajes de frutos verdes establecidos, se procedió a utilizar el equipo, de acuerdo con el flujo de café asignado a la unidad experimental. El efecto de los tratamientos (Tabla 1) se evaluó bajo el diseño experimental de bloques completos al azar, en arreglo factorial 3x3 (tres flujos y tres porcentajes de café verde), cinco bloques por tratamiento,

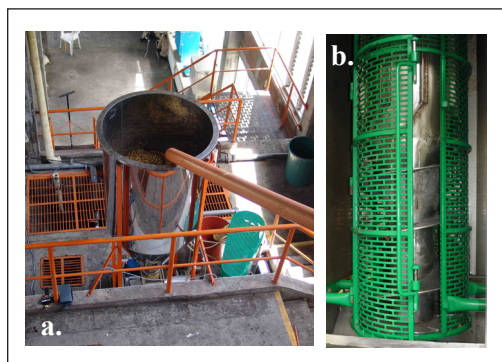


Figura 1. Máquina para separar frutos verdes de café JMEstrada 2500. **a.** Sistema de alimentación controlada; **b.** Rotor y canasta.

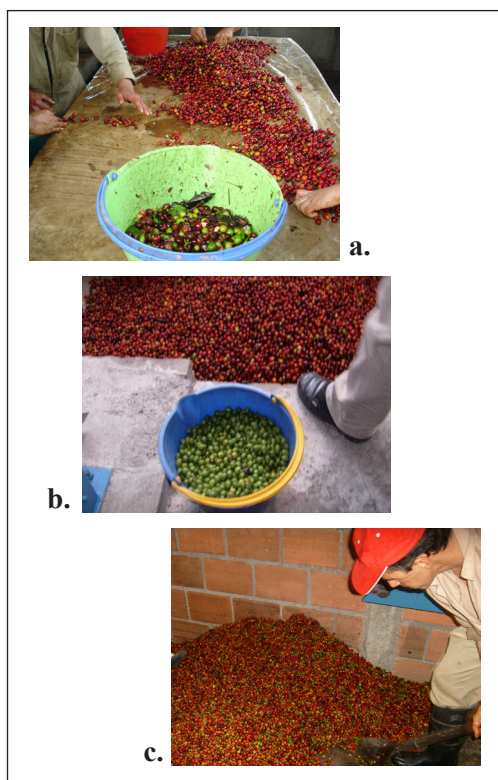


Figura 2. a. Separación de frutos inmaduros; b. Preparación de la muestra; c. Homogeneización del café a utilizar en los ensayos.

Tabla 1. Tratamientos considerados en la evaluación de la separadora mecánica de frutos inmaduros

Tratamiento	Flujo de café cereza (kg.h ⁻¹)	Porcentaje de frutos inmaduros (%)
1	1.500	4
2	2.000	4
3	2.500	4
4	1.500	7
5	2.000	7
6	2.500	7
7	1.500	10
8	2.000	10
9	2.500	10

donde el factor de bloqueo fue la procedencia del material en café cereza. Se registró el tiempo (min), empleado en la aplicación de cada tratamiento utilizando un cronómetro digital con resolución de 0,1 s.

En cada bloque y tratamiento, se registró la siguiente información:

- Café utilizado en el ensayo (kg).
- Tiempo de proceso (min).
- Del material evacuado a través de la canasta del equipo (descarga radial), en una muestra compuesta de 1 kg, se separaron y pesaron el café despulpado, granos con daño mecánico, frutos verdes, frutos maduros sin despulpar y pulpa.
- Del material evacuado por la descarga superior del equipo (descarga axial), en una muestra compuesta de 1 kg, se separaron y pesaron el café despulpado, frutos verdes, frutos maduros sin despulpar y pulpa.
- Demanda química de oxígeno (DQO), de los lixiviados generados al mezclar la pulpa y mieles, en forma similar a la tecnología Becolsub (14). En cada tratamiento se

tomaron 40 kg del material descargado radialmente y se procesaron en un módulo Becolsub 1000. La mezcla de pulpa y mieles resultante se depositó en un recipiente plástico con fondo perforado. A los 5 días se midió el volumen de lixiviados utilizando una probeta graduada de 1,0 L, con resolución de 0,005 L. Del volumen de lixiviados se tomó una muestra de 500 mL, se rotuló y almacenó a 4°C. En la Figura 3, se observa el montaje utilizado para recolectar los lixiviados.

Para evaluar el efecto de los tratamientos se definieron como variables de respuesta el porcentaje de frutos verdes separados (variable asociada al indicador de eficacia), en el café despulpado evacuado a través de las aberturas de la canasta (descarga radial), y el porcentaje de café cereza maduro evacuado en la descarga superior (variable asociada al indicador de pérdidas). Como variables complementarias se tuvieron el porcentaje



Figura 3. Pulpa y mucílago mezclados y dispuestos libremente para recoger los lixiviados generados.

de frutos sin despulpar, el porcentaje de pulpa y el porcentaje de granos con daño mecánico en el café despulpado.

Con las variables de respuesta y complementarias (sin incluir la DQO), se estimó el promedio y la desviación estándar, por tratamiento, y para evaluar su efecto se hizo el análisis de varianza, bajo el modelo para el diseño experimental bloques completos al azar en arreglo factorial 3x3, con coeficiente de confianza del 95%, con las variables de respuesta. Además, se evaluó la tendencia lineal y cuadrática de una de las variables de respuesta y una de las variables complementarias, de acuerdo con el porcentaje de frutos verdes en café cereza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El material evacuado a través de las aberturas de la canasta del equipo (descarga radial) estuvo compuesto principalmente de café despulpado y pulpa, en similar proporción. Los frutos sin despulpar (verdes, secos y pintones) y un porcentaje de frutos maduros menor del 0,09% fueron evacuados en la descarga superior de la máquina (Figura 4). En ninguno de los bloques de los tratamientos evaluados, se presentó daño mecánico.

El análisis de varianza no mostró efecto ni de la interacción ni de los factores por separado, en la variable de respuesta porcentaje de frutos verdes separados y en las variables complementarias porcentaje de pulpa en el café despulpado y porcentaje de frutos maduros sin despulpar (Tablas 2, 3 y 4).

Como se observa en la Tabla 2, el porcentaje promedio de frutos verdes separados, asociado al indicador de eficacia, varió entre 97,7% y 99,4%. Estos valores son superiores, descriptivamente, a los reportados por Wallis (16), en el rango de flujo de café

y porcentaje de frutos verdes considerados en esta investigación. De acuerdo con este resultado, si la materia prima contiene 10% de frutos verdes, al pasar por la separadora mecánica el porcentaje de café verde en el café despulpado podría estar entre 0,06% y 0,23%, que de acuerdo con las recomendaciones de Puerta (9), no comprometería la calidad organoléptica del producto final.

El porcentaje promedio de pulpa en el café despulpado varió entre 49,6% y 52,0% (Tabla 3). Para separarla se puede utilizar un módulo para beneficio ecológico (Becolsub) desarrollado en Cenicafé (14) y obtener café lavado como se observa en la Figura 5.

El porcentaje promedio de frutos maduros de café sin despulpar, presentes en el material descargado radialmente por el equipo, estuvo entre 0,51% y 1,32% (Tabla 4), valores aceptables de acuerdo con la norma ICONTEC, para despulpadoras de cilindro horizontal (5), teniendo en cuenta que los frutos maduros son despulpados al pasarlos por la despulpadora utilizada para retirar la pulpa.



Figura 4. Material recolectado de las descargas radial (a) y axial (b).

Tabla 2. Promedios (Prom.) y desviación estándar (D.E) para la variable porcentaje de frutos verdes separados, para cada porcentaje de café verde y cada flujo de café evaluado.

Frutos verdes (%)	Flujo de café (kg.h ⁻¹)						Prom.	D.E.
	1.500		2.000		2.500			
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.		
4	98,10	4,25	100,00	0,00	98,50	3,26	98,87	1,00
7	98,50	3,26	100,00	0,00	99,70	0,76	99,40	0,79
10	98,90	1,41	94,10	11,09	100,00	0,00	97,67	3,14
Media		98,50		98,03		99,40		
D.E.	0,40		3,41		0,79			

Tabla 3. Promedios (Prom.) y desviación estándar (D.E) para la variable porcentaje de pulpa en el café despulpado (descarga radial), para cada porcentaje de café verde y cada flujo de café evaluado.

Frutos verdes (%)	Flujo de café (kg.h ⁻¹)						Prom.	D.E.
	1.500		2.000		2.500			
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.		
4	49,02	4,62	50,53	6,72	49,21	8,20	49,59	0,82
7	50,49	1,56	49,70	4,01	50,48	1,59	50,22	0,45
10	54,24	3,74	50,66	2,10	51,12	2,51	52,01	1,95
Media		51,25		50,29		50,27		
D.E.		2,69		0,52		0,97		

Tabla 4. Promedios (Prom.) y desviación estándar (D.E) para la variable porcentaje de frutos maduros sin despulpar en el café despulpado (descarga radial), para cada porcentaje de café verde y cada flujo de café evaluado.

Frutos verdes (%)	Flujo de café (kg.h ⁻¹)						Prom.	D.E.
	1.500		2.000		2.500			
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.		
4	1,28	0,90	0,39	0,50	0,55	0,58	0,74	0,48
7	1,62	3,20	1,06	1,71	0,50	0,88	1,06	0,56
10	1,05	1,07	0,15	0,33	0,48	0,44	0,56	0,45
Media	1,32		0,53		0,51			
D.E.	0.29		0.47		0.04			



Figura 5. Café lavado obtenido a partir de café cereza con 10% de frutos verdes, procesado en una separadora mecánica de frutos verdes JMESTrada 2500, y posteriormente en un módulo Becolsub 1000, para remover la pulpa y el mucílago.

El análisis de varianza no mostró efecto de la interacción, pero sí hubo efecto del porcentaje de frutos verdes en la variable de respuesta porcentaje de café cereza maduro evacuado en la descarga superior (variable asociada al indicador de pérdidas), que varió entre 0,02% y 0,09% (Tabla 5). De acuerdo con este resultado, al procesar 1.000 kg de café en cereza con 4% de frutos verdes, con el material evacuado en la descarga superior del equipo, se tendrían 0,86 kg de café cereza maduro, lo que equivale aproximadamente a 0,17 kg de café pergamino seco.

La prueba de f al 5% indicó un comportamiento lineal negativo de la variable porcentaje de café cereza maduro evacuado en la descarga superior, por lo tanto, éste decrece con el incremento en el porcentaje de frutos verdes en el café procesado, como se indica en la Figura 6.

En la Tabla 6 se presentan resultados obtenidos en la determinación de la carga contaminante (DQO) generada por los lixiviados en algunos tratamientos. Debido a la disminución en la capacidad de la

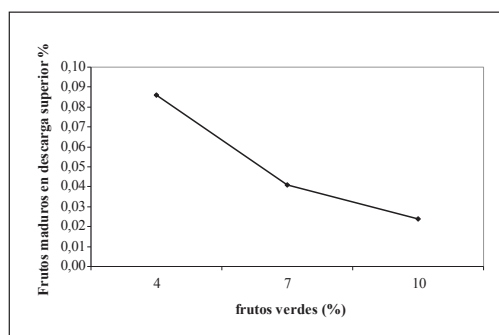


Figura 6. Comportamiento de la variable de respuesta porcentaje de café cereza maduro evacuado en la descarga superior (variable asociada al indicador de pérdidas), de acuerdo con el porcentaje de frutos verdes en la masa.

Tabla 5. Promedios y desviación estándar (D.E) para la variable porcentaje de café cereza maduro evacuado en la descarga superior (descarga superior), para cada porcentaje de café verde y cada flujo de café evaluado.

Frutos verdes (%)	Flujo de café (kg.h ⁻¹)						Media	D.E.
	1.500		2.000		2.500			
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.		
4	0,10	0,07	0,08	0,14	0,08	0,11	0,09	0,01
7	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,01
10	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01
Media	0,05		0,05		0,02			
D.E.	0,04		0,04		0,02			

Tabla 6. Consumo específico de agua, volumen de lixiviados y demanda química de oxígeno (DQO) de los lixiviados al procesar el café con la separadora mecánica de frutos verdes JMestrada 2500 en un módulo Becolsub 1000.

Tratamiento	Consumo específico de agua	Volumen de lixiviados	DQO	kg DQO	kg DQO/100 kg de café cereza
	(L.kg ⁻¹ cps)	(L)	(mg.L ⁻¹)		
1 (1.500 kg/h - 4%)	2,73	5,30	81.500	0,43	1,08
2 (2.000 kg/h - 4%)	2,89	4,00	122.500	0,49	1,23
3 (2.500 kg/h - 4%)	4,39	6,00	95.700	0,57	1,44
4 (1.500 kg/h - 7%)	4,25	8,00	59.200	0,47	1,18
5 (2.000 kg/h - 7%)	5,25	9,50	61.200	0,58	1,45

despulpadora, por las características del material (café despulpado con 50% de pulpa, Figura 3a), se incrementó el consumo específico de agua a valores superiores a 1 L.kg⁻¹ de café seco, registrados con la tecnología Becolsub. Los valores de DQO obtenidos en cada tratamiento son similares, descriptivamente, a los observados con la tecnología Becolsub (mayores de 50.000 mg de DQO), y por ello, al utilizar la separadora de frutos verdes y la tecnología Becolsub se recomienda tratar los lixiviados resultantes del proceso para disminuir su impacto ambiental.

Los resultados obtenidos con la máquina JMestrada 2500, con flujo de café en cereza en el rango de 1.500 a 2.500 kg.h⁻¹ y porcentaje de frutos verdes inicial de 4% al 10%, indican que esta máquina es apropiada para separar frutos verdes, con una eficacia promedio de 98,3%, sin causar daño mecánico a los granos. El café despulpado por la máquina presenta 50,6% de pulpa, que se retira utilizando una despulpadora convencional, y 1,2% de frutos maduros sin despulpar, que son despulpados al pasar el café por la despulpadora. Al procesar el café con la tecnología Becolsub, desarrollada en Cenicafé (14), para retirar el mucílago por medio mecánico y controlar parte de la contaminación, se generan lixiviados

con carga de 61.200 a 112.500 mg.L⁻¹, que deben ser tratados para reducir su impacto ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa JM. Estrada S.A. fabricante de la tecnología evaluada por el apoyo recibido para adelantar esta investigación y al personal de la disciplina de Ingeniería Agrícola de Cenicafé por su colaboración en la etapa experimental.

LITERATURA CITADA

- 1.ÁLVAREZ H., J.R. Desarrollo y evaluación del desempeño de un separador hidráulico para café. Cenicafé 44(1):5-19. 1993.
- 2.CÉSPEDES P., M.; GÓMEZA, M.V.; [etal.]. Investigación sobre la selección de los frutos y separación de las impurezas por medios neumáticos en el café. Revista Chapingo ingeniería agrícola 2:15-20. 1995.
- 3.CLEVES S., R. La separadora por gravedad, OLIVER. Noticiero del café 20(243):1-2. 1984.
- 4.HENDERSON, S.M.; PERRY, R.L. Agricultural process engineering. Connecticut : AVI publishing, 1976. 442 p.

- 5.ICONTEC. Requisitos que deben cumplir las despulpadoras de café de cilindro horizontal. Bogotá : El instituto, 1981. 2 p. (NTC 2090).
- 6.MARTÍNEZ R., A.; MORALES F., A.; [et al.]. Investigación de al separación de los frutos del café mediante el principio del rebote. Revista ciencias técnicas agropecuarias 2(3):15-26. 1989.
- 7.OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; [et al.]. Separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín. Chinchiná : CENICAFÉ, 2007. 8 p. (Avances Técnicos No. 360).
- 8.-----; [et al.]. Hydraulic device for cleaning and sorting of coffee fruits. En: CIGR. International conference of agricultural engineering and Congresso brasileiro de engenharia agrícola (37: August 31 to September 4 2008 : Fox de Iguaçu). [cd rom]. Fox de Iguaçu : CONBEA, 2008.
- 8.PUERTA Q., G.I. Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida. Cenicafe 51(2):136-150. 2000.
- 10.RAMOS G., P.J. Diseño construcción y evaluación de un sistema de identificación de estados de madurez a altas velocidades. Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería, 2008.
- 11.REST, D.J. VAN. Sorting coffee cherries. World crops 22(2):82-87. 1970.
- 12.RESTREPO H., I.; SÁNZ U., J.R.; [et al.]. Desarrollo de un separador de objetos duros en el café cosechado. Cenicafe 50(3):183-194. 1999.
- 13.-----; ÁLVAREZ M., F.; [et al.]. Evaluación del principio de rebote para separar objetos duros y frutos verdes del café cereza. Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 53(1):823-833. 2000.
- 14.ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; [et al.]. Beneficio ecológico del café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1999. 300 p.
- 15.SIVETZ, M.; DESROSIER, N.W. Coffee technology. Connecticut: AVI Publishing, 1979. 716 p.
- 16.WALLIS G., A.J. Estudio de sistemas no selectivos para la recolección manual del café (*Coffea arabica*). Cali : Universidad del Valle, 2003. 78 p. Tesis: Ingeniero agrícola.