

EFFECTO DE DOS PRÁCTICAS EMPLEADAS CON CAFÉ DESMUCILAGINADO MECANICAMENTE EN LA CALIDAD Y EL IMPACTO AMBIENTAL

Jenny Paola Pabón-Usaquén*; Juan Rodrigo Sanz-Uribe*; Carlos Eugenio Oliveros-Tascón*

RESUMEN

PABÓN U., J.P.; SANZ U., J.R.; OLIVEROS T., C. E. Efecto de dos prácticas empleadas con café desmucilaginado mecánicamente en la calidad y el impacto ambiental. Cenicafé 59(3):214-226.2008.

Para determinar el efecto en términos de calidad y contaminación, de almacenar café (*Coffea arabica* L., Variedad Castillo®) desmucilaginado mecánicamente antes del inicio del secado, se evaluaron tres tratamientos: desmucilaginado y secado inmediato (tratamiento 1), desmucilaginado y almacenamiento con agua (tratamiento 2) y desmucilaginado y almacenamiento sin agua (tratamiento 3). El almacenamiento de los tratamientos 2 y 3 se realizó durante 12 a 14 horas (una noche). El análisis se realizó bajo el diseño experimental completamente aleatorio, con 12 repeticiones, y unidad experimental de 100 kg de frutos de café. El análisis de varianza no mostró efecto de tratamientos para el porcentaje de tazas con calificación mayor o igual a 7 en impresión global, ni para la variable factor de rendimiento, con valores estadísticamente iguales en los tres tratamientos. En la variable DQO del tratamiento 1, se generaron 12,1 g DQO/kg cc, mientras que en los tratamientos 2 y 3 se presentan contaminaciones adicionales de 2,53 y 1,16 g DQO/kg cc, respectivamente.

Palabras clave: Beneficio, secado, impresión global, calidad en taza, contaminación.

ABSTRACT

In order to determine both quality and environmental effects of storing mechanically demucilaged coffee (*Coffea arabica* L., variety Castillo®) before drying, two ways of coffee storage were compared to a treatment with no storage. The three treatments included: 1) demucilaging and immediate drying, 2) demucilaging and in-water storage for a night before drying and 3) demucilaging and no-water storage for a night before drying. The analysis followed an experimental completely random design by 12 replications and the experimental unit consisted of 100 kg of coffee fruits. The analysis of variance neither showed effect on the in-cup quality nor in the parchment-to-threshed ratio. The environmental analysis showed difference in the three treatments. Treatment 1 generated 12,1g COD/kg of coffee fruits (cf), treatment 2 generated 14,63 g COD/kg cf and treatment 3 generated 13,26 g COD/kg cf.

Keywords: In-farm process, coffee, mechanical demucilaging, quality, contamination.

* Investigador Asociado, Investigador Científico II e Investigador Principal, Respectivamente. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Las calidades física y especialmente en taza del café, se han tornado en una motivación cada vez más significativa para los caficultores colombianos, debido a la demanda creciente de cafés con características únicas, y a que cada vez se hace mayor seguimiento a la calidad en taza al momento de la compra.

El café colombiano es considerado “suave lavado”, debido a las variedades que se siembran, a la oferta ambiental en el cultivo y porque su proceso de beneficio se realiza por vía húmeda, el cual tradicionalmente incluye las etapas de despulpado, selección por zaranda, fermentación natural del mucílago en tanques, lavado y clasificación en dispositivos hidráulicos de altos consumos específicos de agua. Roa *et al.* (7) reportan que en el proceso tradicional de beneficio de café por vía húmeda se utilizan alrededor de 40 litros de agua por kilogramo de café pergamino seco (cps), y los subproductos (mucílago y pulpa) no reciben un manejo adecuado, lo cual genera un impacto negativo al ambiente.

Como respuesta al consumo de agua y a la contaminación generada, en la Disciplina de Ingeniería Agrícola de Cenicafé se desarrolló la tecnología para el Beneficio Ecológico del café por vía húmeda y Manejo de los Subproductos, (BECOLSUB), la cual, bien operada, garantiza un consumo específico de agua de menos de 1,0 L.kg⁻¹ de cps y un control de la contaminación de más del 90%, manteniendo la calidad física y en taza del café. En esta tecnología se integran el despulpado sin agua, la clasificación por tamaño en la zaranda, la remoción del mucílago y el lavado del café mediante el desmucilaginado mecánico, y la mezcla de pulpa y mucílago por medio de un tornillo sinfín, mientras se transporta a las fosas.

En la reunión para la unificación de criterios en el Beneficio Ecológico de Café, llevada a cabo en noviembre de 2004 en

Cenicafé, con miembros del Servicio de Extensión dedicados al beneficio del café e Investigadores del Programa de Postcosecha, se reconoció a la tecnología BECOLSUB unánimemente como un logro nacional.

En esta reunión algunos extensionistas informaron que dejar el café desmucilaginado mecánicamente en un “tanque de espera”, de un día para otro, y realizar un enjuague antes de empezar el secado, influía positivamente en la calidad en taza del producto y que algunos cafés que seguían este procedimiento presentaban atributos únicos para considerarlos cafés especiales. Esta afirmación, respaldada con la opinión de algunos compradores extranjeros respecto al efecto positivo de la fermentación del mucílago remanente en el café desmucilaginado para obtener buena calidad en taza del café, motivó esta investigación; la cual tuvo como propósito generar información del efecto sobre la calidad física y organoléptica del café y el impacto ambiental adicional generado, al de dejar en un “tanque de espera” el café desmucilaginado mecánicamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las pruebas se realizaron en el Beneficiadero de Cenicafé, ubicado en Chinchiná Caldas, a una altitud de 1.310 m, con temperatura media anual de 21,2°C y humedad relativa del 79,5%. Se utilizaron frutos de café Variedad Castillo® (*Coffea arabica* L.) recolectados manualmente en la Estación Central Naranjal, ubicada en Chinchiná (Caldas). Para procesar el café se utilizó el módulo BECOLSUB 300, el cual fue debidamente calibrado antes de iniciar las pruebas, con un consumo específico de agua de 0,8 L.kg⁻¹ de cps en el desmucilaginado mecánico. Para todos los tratamientos se utilizó el agua disponible en La Granja de Cenicafé, de la cual se tomaron dos muestras para el análisis

físico – químico, con el fin de establecer su composición. Para el proceso de secado se utilizó un equipo con aire forzado de capa estática; para determinar el contenido de humedad del café pergamino seco se utilizó el medidor de humedad Kappa, el cual tiene un rango de medición de 8% a 15% (de humedad), con una incertidumbre en porcentaje de humedad de $\pm 0,21\%$; y el proceso de trilla se realizó en la trilladora de muestras de ese beneficiadero. Los análisis de contaminación se realizaron en el Laboratorio de Biodigestión de Cenicafé.

Con el fin de cumplir con el objetivo propuesto, se evaluaron los siguientes tratamientos:

Tratamiento 1: Café desmucilaginado mecánicamente y con secado mecánico inmediato.

Tratamiento 2: Café desmucilaginado mecánicamente y almacenado en un tanque con agua durante 12–14 horas, con posterior enjuague y secado mecánico.

Tratamiento 3: Café desmucilaginado mecánicamente y almacenado en un tanque sin agua durante 12-14 horas, con posterior enjuague y secado mecánico.

Los tratamientos se evaluaron bajo el diseño experimental completamente aleatorio, con 12 repeticiones, y la unidad experimental estuvo conformada por 100 kg de café cereza.

Se tomaron lotes de 350 kg de café cereza, de cada uno se extrajo una muestra compuesta de 1,0 kg, para determinar si cumplía con los siguientes límites máximos permitidos de calidad:

- 5% de frutos brocados
- 2% de frutos verdes
- 2% de frutos secos

Los límites se establecieron para evitar el sesgo que pueden generar en la calidad del café física y en taza los frutos de café brocados, inmaduros y secos, de tal manera que los resultados mostraran únicamente el efecto de los tratamientos en las variables de respuesta.

Dado que ninguna muestra de frutos de café recibido cumplió con los límites impuestos, fue necesario preparar la materia prima con una clasificación hidráulica y manual, para dejar las unidades experimentales dentro del rango de aceptación definido.

Los lotes de café seleccionados se dividieron en tres muestras iguales, cada una de 100 kg de café cereza (unidad experimental). De cada una de ellas, se extrajo una muestra de 1,0 kg para verificar si la unidad experimental cumplía con el criterio de aceptación antes de la aplicación de los tratamientos. El lote o unidad experimental que no cumpliera con ese criterio se descartaba.

Una vez cumplido el criterio de aceptación de las unidades experimentales, a cada una de ellas se le asignó aleatoriamente uno de los tres tratamientos. Luego, se beneficiaron con el módulo BECOLSUB 300, que comprende los siguientes procesos (Figura 1):

Clasificación hidráulica: se realiza en un separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín (SHTTS) desarrollado en Cenicafé (4), en el que se remueven de la masa principal, los frutos de menor densidad que la del agua, las impurezas livianas y las impurezas pesadas. Dentro de los frutos de menor densidad se encuentran los frutos severamente afectados por la broca, atacados por hongos, con desarrollo incipiente (vanos) y los frutos secos. Este dispositivo hidromecánico fue instalado con un dosificador de frutos de café para garantizar el funcionamiento del

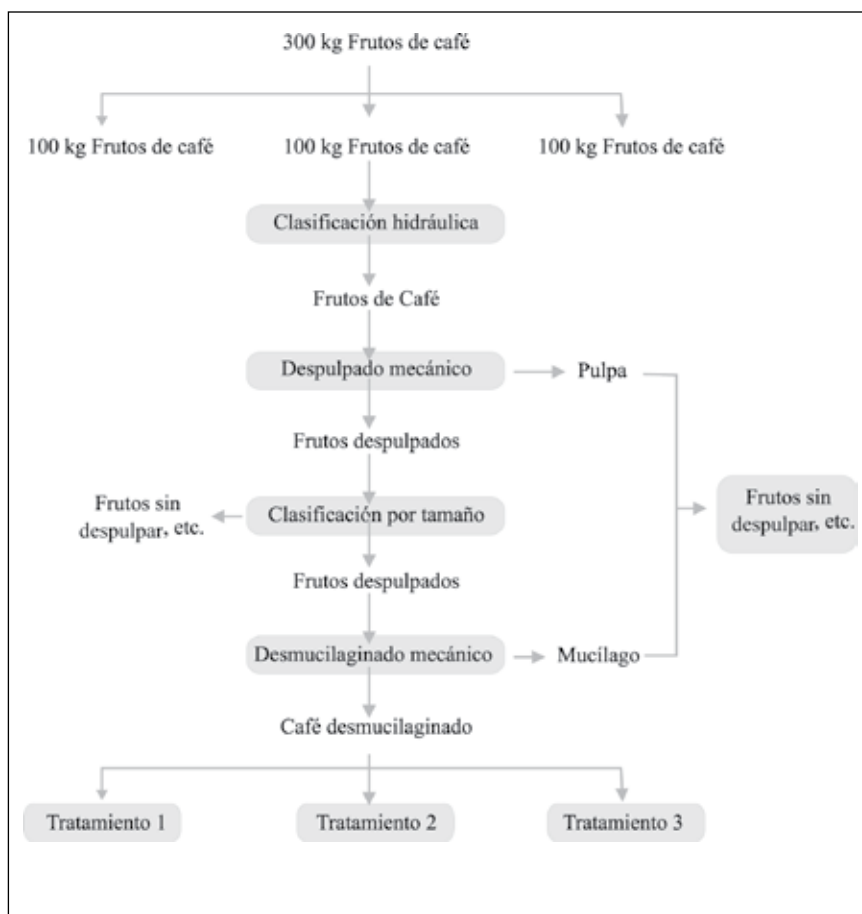


Figura 1. Diagrama de los procesos realizados a los 300 kg de frutos de café que cumplieron con los criterios de calidad.

módulo BECOLSUB 300, en las condiciones recomendadas por Cenicafé.

Despulpado: el café procesado en el SHTTS fue descargado en la tolva de la despulpadora dando inicio al proceso de despulpado, del cual se obtuvo café despulpado o café en baba y pulpa, que es transportada por un tornillo sinfín hasta el lugar destinado para los subproductos.

Clasificación por tamaño: el café despulpado fue descargado a una zaranda cilíndrica de varillas, con separación libre de 8,0 mm,

la cual permitió retirar la mayoría de los frutos no despulpados (verdes y secos que ocasionan mala calidad en taza) y gran parte de la pulpa. El café que pasó las separaciones de la zaranda fue descargado a la tolva alimentadora del desmucilaginador mecánico DESLIM del módulo BECOLSUB 300.

Desmucilaginado: el café despulpado fue transportado hasta el tornillo sinfín del DESLIM, el cual lo impulsó en dirección vertical a través del espacio libre existente entre el rotor y el interior de la carcasa. En este recorrido se generaron esfuerzos cortantes

en la masa y colisiones entre granos, que causaron el desprendimiento del mucílago (3). La remoción del mucílago fue ayudada por la aplicación de $0,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ de agua limpia, que se encargó de diluir el mucílago para que pudiera ser evacuado por medio de las perforaciones de la carcasa, por efecto de la fuerza centrífuga. El mucílago concentrado, resultante del desmucilaginado, y la pulpa del despulpado fueron transportados con un tornillo sinfin, que además los mezcló cuando fueron movidos al lugar de depósito temporal.

El café desmucilaginado se pesó y se procedió, según el tratamiento al cual perteneciera la unidad experimental (Figura 2).

Almacenamiento con agua: el café desmucilaginado se depositó en una caneca plástica con el agua suficiente para cubrir la masa de café obtenida (Figura 3a), durante 12–14 horas.

Almacenamiento sin agua: el café desmucilaginado se depositó en una caneca, sin agua (Figura 4a), durante 12–14 horas.

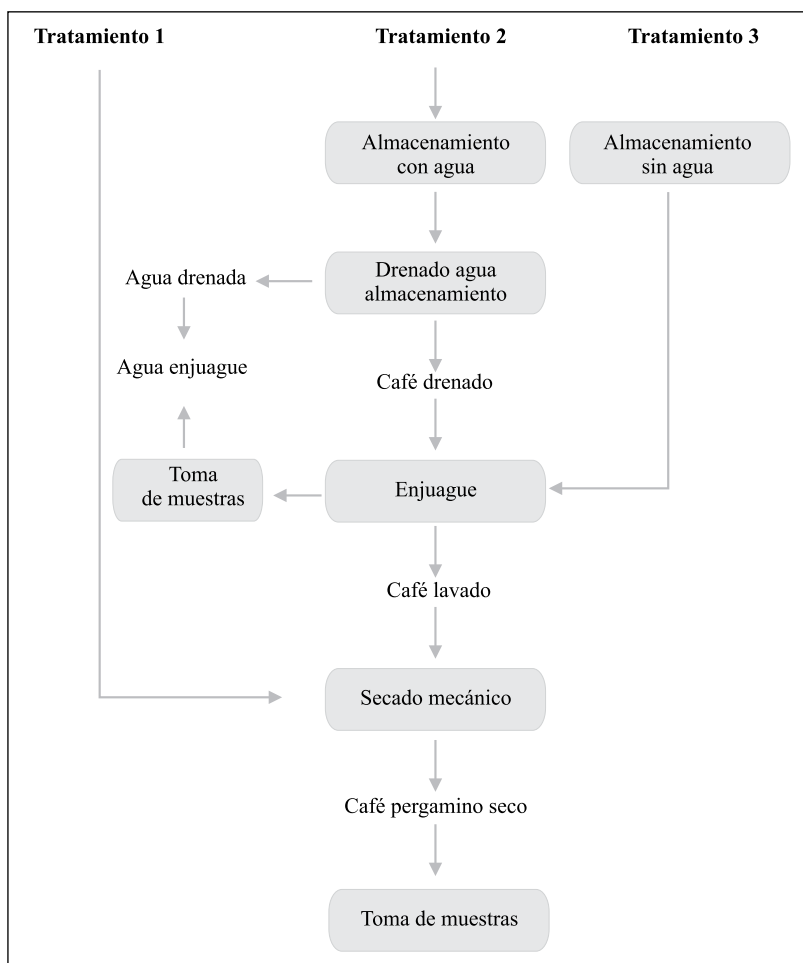


Figura 2. Procesos realizados en cada uno de los tres tratamientos.

Drenado de la muestra de agua de almacenamiento: una vez transcurrido el tiempo de almacenamiento, se tomó una muestra de 500 mL de agua (Figura 3b), para estimar las variables asociadas a la contaminación.

Enjuague: al café almacenado con agua y sin agua se le realizó un enjuague, y al igual que en el caso anterior, se tomó una muestra de 500 mL para determinar las mismas variables tanto en el tratamiento 2 (Figura 3c) como en el tratamiento 3 (Figura 4b).

Secado: el café se secó en un equipo de capa estática, evitando que la temperatura del aire de secado excediera los 50°C, para evitar daños físicos y deterioro de la calidad (5). A las 16 horas, aproximadamente, de iniciado el proceso de secado, se tomó una muestra de café pergamino seco de 400 g, para comprobar si el contenido de humedad estaba entre el 10 y el 12% base húmeda. Si ésta era menor del 10% la unidad experimental era descartada, por no cumplir con el requisito de humedad para asegurar la calidad en taza. Si era mayor del 12%, se continuaba secando hasta lograr la humedad en el rango deseado.

Toma de muestras: una vez terminado el proceso de secado, se tomó una muestra compuesta de 2.000 g de café pergamino seco (c.p.s.). Con 300 g se determinó el factor de rendimiento en trilla, y los 1.700 g restantes se almacenaron por un periodo máximo de 2 meses, en un cuarto frío, a una temperatura de 4°C, aproximadamente; posterior a este tiempo se enviaron muestras de 400 g de c.p.s. al panel de catación de Cenicafé para el análisis de calidad en taza.

Variables de respuesta

Porcentaje de tazas con calificación mayor o igual a siete en impresión global

Porcentaje de tazas con defecto fermento y sucio en la bebida

Variables complementarias

- Factor de Rendimiento en trilla (FR): kilogramos de café pergamino seco que se necesitan para obtener un saco de 70 kilos de café excelso.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Sólidos totales (ST)
- Sólidos suspendidos (SS)
- Potencial de hidrógeno (pH)



Figura 3. a. café desmucilaginado y almacenado en una caneca con agua; **b.** muestra de agua del almacenamiento; **c.** muestra de agua del enjuague.

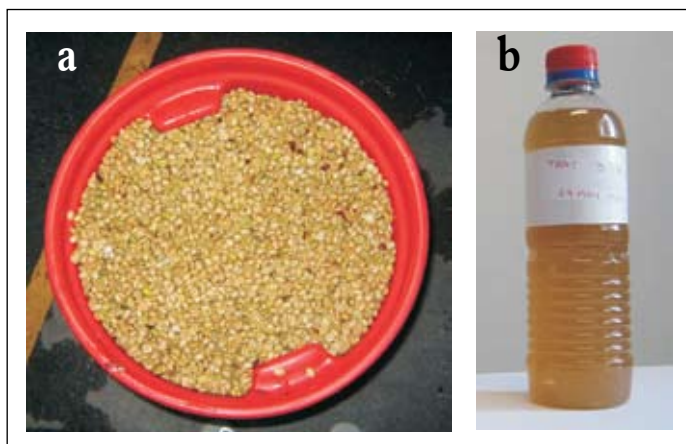


Figura 4.
 a. café desmucilaginado
 y almacenado sin agua;
 b. muestra de agua del
 enjuague.

Análisis de la información

- Promedio y variación de las variables de respuesta y complementarias por tratamiento.
- Análisis de varianza bajo el modelo de análisis para el diseño completamente aleatorio, al 5%, con las variables de respuesta.
- Se aplicó la prueba t para comparar los tratamientos 2 y 3 con el tratamiento 1, cuando el análisis de varianza mostró efecto de tratamientos.
- Prueba de contraste, al 5%, para comparar los tratamientos 2 y 3.

El tamaño de muestra fue suficiente, ya que la confiabilidad fue mayor al 90%, por lo tanto no se hizo necesario un reajuste del número de unidades experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se relacionan los frutos de café con densidad menor que la del agua, descartados en el clasificador hidráulico (flotes), el café desmucilaginado y en pergamino seco obtenido para cada uno de los tratamientos.

En promedio, el peso del material de menor densidad que la del agua (flotes) descartado en el clasificador hidráulico, en 100 kg para

Tabla 1. Promedios del peso de los flotes descartados por el clasificador hidráulico, del café desmucilaginado y del café pergamino seco, para cada uno de los tratamientos y las repeticiones.

	Flotes (%)		Café desmucilaginado (kg)			Café pergamino seco (kg)			
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Prom.	1,1	1,2	1,1	33,1	33,7	33,5	19,7	19,4	19,2
C.V. (%)	70,4	104,7	83,1	5,54	5,71	5,45	3,15	3,93	3,23

los tres tratamientos, fue de 1,1 kg. Este valor es bajo debido a que los frutos de café utilizados fueron seleccionados previamente, como se indicó en la metodología.

Se encontró que las relaciones de café cereza a café lavado y café pergamino seco fueron de 2,9 y 5,1, respectivamente, valores descriptivamente diferentes a los reportados por Montilla (2), quien para café cereza previamente seleccionado y café variedad Colombia, reportó valores de 2,5 y 4,9, respectivamente. Estos valores descriptivamente mayores se pueden haber generado porque las pruebas no fueron realizadas en época de cosecha y el tamaño del grano no era el mejor.

En cuanto a los factores de conversión de café cereza a café pergamino seco y a café lavado, en este estudio se encontraron valores de 0,19 y 0,34, respectivamente, mientras que Montilla (2) reportó para café variedad Colombia, un factor de conversión de 0,2 de café cereza a café pergamino seco

y un factor de 0,39 de café cereza a café lavado; valores similares a los encontrados en el presente estudio.

En este experimento solamente se consideró el café proveniente del BECOLSUB 300 en flujo continuo, es decir, no se tuvo en cuenta el café que quedaba dentro del desmucilagador al finalizar la operación del equipo.

Calidad física del café obtenido en los tres tratamientos

Si el contenido de humedad de las muestras cumplía con el requisito de estar entre el 10 y el 12% en base húmeda, se daba por terminado el proceso de secado y se procedía a determinar el factor de rendimiento para cada repetición. En la Figura 5 se muestran las características visuales del café producido en cada tratamiento.

En la Figura 5, se observa que el pergamino de color más oscuro de las muestras

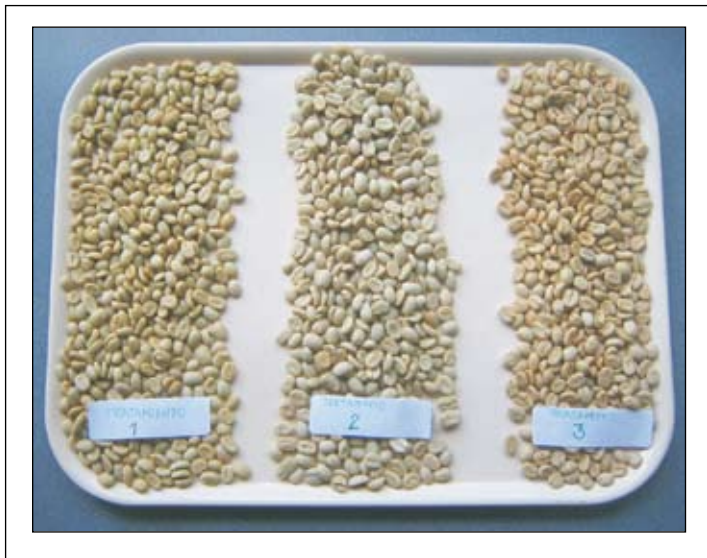


Figura 5. Muestras de café pergamino seco.

correspondió al tratamiento 3, comparado con los tratamientos 1 y 2, el cual podría atribuirse al almacenamiento sin agua.

En la Tabla 2, se relacionan, los factores de rendimiento de todas las repeticiones, el porcentaje de granos brocados, pasillas (otros defectos) y el porcentaje de merma.

El promedio del contenido de humedad para el café obtenido en los tres tratamientos fue de 10,7%, el cual está en el rango establecido por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (1) para la comercialización del café pergamino seco.

Los promedios de broca, pasilla y merma para los tres tratamientos fueron de 3,5; 4,3 y 19,2, respectivamente, valores descriptivamente iguales a los promedios característicos del café pergamino seco de buena calidad, de acuerdo con la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (1).

Contaminación

La contaminación generada en el tratamiento 1 se estimó a partir de los resultados obtenidos por Zambrano e Isaza (8) quienes determinaron que los subproductos (pulpa y mucílago) resultantes del beneficio en el módulo BECOLSUB generan 12,1 g DQO/kg de café cereza y 10 g ST/kg de café cereza.

Los valores encontrados en el agua disponible en el beneficiadero de Cenicafé se relacionan en la Tabla 3.

El agua utilizada para el beneficio cumplió con los valores admisibles (6) en los parámetros de sólidos totales, pH, sustancias flotantes y coliformes totales; para los otros parámetros el agua utilizada no cumplió con los estándares de agua potable.

Tabla 2. Promedios y coeficientes de variación del porcentaje de humedad final y calidad física del café almendra de los 3 tratamientos.

	Humedad final del café pergamino seco (%)			Café brocado (%)			Pasilla (%)			Merma (%)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Prom.	10,6	10,7	10,7	3,4	3,6	3,6	3,7	4,1	5,0	19,6	19,0	19,1
C.V. (%)	3,7	5,9	5,2	54,7	45,2	57,3	60,9	54,0	50,1	3,8	2,9	5,6

Tabla 3. Características del agua usada en el proceso de beneficio del café.

Muestra	DQO (ppm)	ST (mg/L)	SS (ppm)	ph	Turbidez (FTU*)	Color	Coliformes	
							Totales	Fecales
1	0	247	14	7,74	35	129	14UFC/mL	0
2	0	125	6	7,57	30	118	200UFC/mL	90 UFC / mL

*FTU: Unidad de turbidez de formazina

**UFC: Unidades formadoras de colonia

Calidad en taza

Los análisis de calidad en taza fueron realizados por el panel de catación de Cenicafé, el cual califica las tazas con la escala de 1 a 9 (números enteros), siendo 9 la mejor calidad posible.

Por cada muestra enviada el panel de catación entrega 12 calificaciones para cada una de las siete características organolépticas.

El porcentaje de tazas con calificación mayor o igual a 7 en Impresión Global, en cada tratamiento, se puede apreciar en la Tabla 4.

El análisis de varianza no mostró efecto de tratamientos, por lo cual se puede afirmar que si el café desmucilaginado mecánicamente se lleva a secar inmediatamente o se deposita en un tanque sin agua o con agua por un período de 12 a 14 horas, antes de ser llevado al secador, el porcentaje de tazas con calificación mayor o igual a 7 en la característica Impresión Global, es igual para los tres tratamientos.

La variable porcentaje de tazas con defectos fermento y sucio no se tuvo en cuenta debido a que ninguna taza presentó este defecto.

Calidad física

El factor de rendimiento en trilla para el café producido en los tres tratamientos se muestra en la Tabla 5.

Debido a que el análisis de varianza no mostró efecto de los tratamientos se puede afirmar que el factor de rendimiento en trilla es igual, independiente del tratamiento posterior al desmucilaginado mecánico utilizado.

En cuanto al factor de rendimiento en trilla, se obtuvieron valores entre 94,5 y 96,3 los cuales se pueden considerar altos si se tiene en cuenta que el promedio nacional según la Federación Nacional de Cafeteros (1) se encuentra en 92,8. Si se tiene en cuenta que los defectos se generan en el campo y el beneficio, incluido el secado, y que éstos fueron cuantificados en su totalidad y no particularmente, no se le pueden atribuir los defectos a un proceso en particular.

Tabla 4. Promedios y coeficientes de variación para la variable porcentaje de tazas con calificación mayor o igual a 7 en Impresión Global por tratamiento.

Tratamiento	Promedio	C. V. (%)
1	48,6	79,01
2	50,0	89,04
3	50,0	66,67

Tabla 5. Promedios, coeficientes de variación, mínimos y máximos, para el factor de rendimiento en trilla para los tres tratamientos.

Tratamiento	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V. (%)
1	95,3	91,5	99,7	2,62
2	94,5	90,7	99,2	3,16
3	96,3	91,3	99,9	2,96

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La carga contaminante que se genera, por kilogramo de café cereza al cubrir al café desmucilaginado con agua y el posterior lavado, se muestra en la Tabla 6.

El análisis de varianza mostró efecto de tratamientos y la prueba *t* al 5% mostró diferencias en contra del tratamiento 2, es decir, que en el tratamiento 2, se genera una carga contaminante mayor, por las prácticas posteriores al desmucilaginado, que en el tratamiento 3. De esta forma, la contaminación generada en los tres tratamientos es la siguiente:

- Tratamiento 1: 12,1 g DQO/kg cc (8).
- Tratamiento 2: 14,63 g DQO/kg cc.
- Tratamiento 3: 13,26 g DQO/kg cc.

Porcentualmente, en el tratamiento 2 se contamina un 17,3% más que en el tratamiento 1 y un 9,4% más que en el tratamiento 3.

Y, el tratamiento 3 contamina un 8,7% más que el tratamiento 1.

La demanda química de oxígeno es descriptivamente menor en el tratamiento 1 respecto a los tratamientos 2 y 3, en un 20,9 y 9,6% respectivamente.

Sólidos totales

Los gramos de sólidos totales para los tratamientos 2 y 3 se muestran en la Tabla 7.

El análisis de varianza mostró efecto de tratamientos y la prueba *t* al 5% mostró resultados en contra del tratamiento 2, es decir, que por las prácticas posteriores al desmucilaginado en el tratamiento 2 se genera más cantidad de materia orgánica que en el tratamiento 3, de la siguiente manera:

- Tratamiento 1: 10,0 g ST/kg cc (8)
- Tratamiento 2: 11,62 g ST /kg cc
- Tratamiento 3: 10,69 g ST /kg cc

Tabla 6. Promedios, coeficientes de variación, mínimos y máximos, para la variable g DQO/kg cc, para los tratamientos 2 y 3.

Tratamiento	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V. (%)
2	2,53 A*	1,83	3,49	21,16
3	1,16 B	0,71	1,87	32,36

* Promedios en una misma columna con letras distintas implican diferencia estadística según Prueba *t* al nivel del 5%

Tabla 7. Promedios, coeficientes de variación, máximos y mínimos, de gramos de sólidos totales por kilogramo de café cereza para los tratamientos 2 y 3.

Tratamiento	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V. (%)
2	1,62 A*	1,4	2,08	15,45
3	0,69 B	0,4	1,25	40,12

* Promedios en una misma columna con letras distintas implican diferencia estadística según Prueba *t* al nivel del 5%

De esta forma, cuando se almacena café con agua (tratamiento 2) se genera un 8% más de carga orgánica que cuando se almacena el café sin agua (tratamiento 3). Además, el tratamiento 2 genera un 13,9% más de sólidos totales que el tratamiento 1 y el tratamiento 3 genera un 6,5% más de carga orgánica que el tratamiento 1.

Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos por kilogramo de café cereza, obtenidos para los tratamientos 2 y 3 se muestran en la Tabla 8.

El análisis de varianza no mostró efecto de tratamientos, por lo tanto, en los tratamientos 2 y 3 se genera la misma carga de gramos de sólidos suspendidos.

Potencial de Hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno generado en los tratamientos 2 y 3 se muestra en la Tabla 9.

El análisis de varianza, al igual que en los sólidos suspendidos, tampoco mostró efecto de tratamientos para el pH. Los

valores de potencial de hidrógeno muestran que las aguas producidas en las prácticas posteriores al desmucilaginado y antes del secado son ácidas.

Finalmente, debido a que el análisis de varianza bajo el modelo del diseño experimental completamente aleatorio no mostró efecto de tratamientos con la variable de respuesta, porcentaje de tazas con calificación mayor o igual a 7 (Tabla 4), la hipótesis de trabajo inicial no se corroboró, por lo tanto, almacenar el café desmucilaginado mecánicamente durante 10 a 14 h, antes del secado, no mejora la calidad en taza del café.

En el caso de ser necesario, almacenar el café durante una noche, por falta de infraestructura de secado o por cualquier otra causa, es preferible hacerlo sin agua, pues la demanda química de oxígeno y los sólidos totales son menores descriptivamente en un 10,3% (Tabla 6) y 8,7% (Tabla 7), respectivamente, con respecto al almacenamiento con agua.

Se demostró que cuando el proceso de beneficio se realiza en un módulo BECOLSUB bien operado, es decir, cuando se garantiza que el consumo específico de

Tabla 8. Promedios, coeficientes de variación, máximos y mínimos, de gramos de sólidos suspendidos por kilogramo de café cereza para los tratamientos 2 y 3.

Tratamiento	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V. (%)
2	0,16	0,08	0,26	36,52
3	0,10	0,03	0,32	86,41

Tabla 9. Promedios, mínimos y máximos, en encontrados para el potencial de hidrógeno para los tratamientos 2 y 3.

Tratamiento	Promedio	Mínimo	Máximo	C.V. (%)
2	4,24	4,00	5,81	52,62
3	4,30	4,01	5,57	60,70

agua del desmucilagador sea de máximo 1,0 L.kg⁻¹ de c.p.s., cuando la despulpadora está debidamente calibrada con la capacidad del desmucilagador, y cuando los demás elementos funcionan correctamente, el café desmucilagado se puede llevar a secar inmediatamente sin necesidad de dejar el producto en tanques con agua o sin agua, ya que de esta forma se genera mayor contaminación. Adicionalmente, en estas labores se requiere invertir más horas de trabajo, lo que aumentaría los costos del beneficio.

También, se comprobó que para obtener una bebida de café de alta calidad, es necesario, además de una materia prima óptima, un proceso de beneficio adecuado.

AGRADECIMIENTOS

Al personal de la Disciplina de Ingeniería Agrícola, a la doctora Esther Cecilia Montoya de la Disciplina de Biometría, al doctor Nelson Rodríguez Valencia de la Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental. Así mismo, al profesor Alejandro Fernández Quintero, del Departamento de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle, por la colaboración en esta investigación.

LITERATURA CITADA

1. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, FNC. BOGOTÁ, COLOMBIA. Aprenda a vender su café. 14 p. 2004.
2. MONTILLAP., J. Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café. Manizales. Universidad de Caldas Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2006. 107 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
3. OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G. El desmucilagado mecánico del café. Avances Técnicos Cenicafé No. 216:1-8. 1995.
4. OLIVEROS T., C. E.; SANZ U., J. R.; RAMÍREZ G., C. A. Separador Hidráulico de Tolva y Tornillo Sinfin. Avances Técnicos Cenicafé No. 360:1-8. 2007.
5. PUERTA Q., G.I., Cómo garantizar la buena calidad de la bebida del café y evitar los defectos. Avances Técnicos Cenicafé No. 284:1- 8. 2001.
6. REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. Decreto 475. Bogotá. 1998.
7. ROA M, G.; OLIVEROS T., C.E.; ÁLVAREZ G., J.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; DÁVILA A., M.T.; ÁLVAREZ H., J.R.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G.I.; RODRÍGUEZ V., N. Beneficio ecológico del café. Chinchiná, Cenicafé, 1999. 273p.
8. ZAMBRANO F., D.A.; ISAZAH., J. D. Demanda química de oxígeno y nitrógeno total, de los subproductos del proceso tradicional de beneficio húmedo del café. Cenicafé 49(4): 279-289. 1998.