

# REMOCIÓN DEL MUCÍLAGO DE CAFÉ A TRAVÉS DE FERMENTACIÓN NATURAL

Aida Esther Peñuela-Martínez\*; Carlos Eugenio Oliveros-Tascón\*; Juan Rodrigo Sanz-Uribe\*

---

## RESUMEN

**PEÑUELA M., A.E; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R. Remoción del mucílago de café a través de fermentación natural. Cenicafé 61(2):159-173. 2010**

Con el objetivo de contribuir al conocimiento de algunos factores que afectan la fermentación del mucílago de café, se evaluó el efecto de la masa depositada en el tanque de fermentación, considerando cuatro niveles; 25%, 50%, 75% y 100% de la capacidad total. De igual manera, se evaluó el efecto de la clasificación previa al despulpado, sobre el tiempo final de proceso, en las condiciones ambientales de Cenicafé, y se determinó el comportamiento del pH y la temperatura de la masa. Se encontró que en café que no fue clasificado antes del despulpado se registró una remoción de mucílago superior al 97% en un tiempo promedio de 15,0 horas, mientras que el café clasificado alcanzó el mismo punto de remoción de mucílago a las 16,3 horas. También se halló que no hay efecto del porcentaje de llenado del tanque sobre el tiempo de fermentación. El café que ingresa al tanque presentó valores promedio en el pH inicial de 5,00 y final de 3,30, indicando acidificación de la masa. La diferencia de temperatura entre el centro de la masa y el ambiente alcanzó valores máximos de 14°C y 10°C, para los tratamientos con café sin clasificación previa al despulpado y clasificado, respectivamente. El defecto vinagre o fermento se presentó en muestras de tratamientos sin clasificación entre 3 y 6 horas de sobrefermentación.

**Palabras clave:** Fermentación natural, tiempo de fermentación, pH, temperatura, calidad de café.

---

## ABSTRACT

In order to contribute to the knowledge of some factors that affect coffee mucilage fermentation, we evaluated the effect of mass deposited in the fermentation tank considering four levels: 25%, 50%, 75% and 100% of the total capacity. Likewise, the effect of the classification prior to the depulping process on the final time of this procedure, under the environmental conditions of Cenicafé was evaluated. Besides, pH behavior and mass temperature were determined. Coffee that was not classified before the depulping process exhibited a mucilage removal of more than 97% at a mean time of 15.0 hours, whereas classified coffee reached the same removal point at 16.3 hours. We also found that there is no effect of the tank filling percentage on the fermentation time. The coffee that enters the tank exhibited average values in the initial pH of 5.00 and reached 3.30 evidencing mass acidification. The temperature difference between the center of the mass and the environmental had maximum values of 14°C for not classified coffee and 10°C for classified coffee. The vinegar effect or fermentation occurred in treatment samples between 3 and 6 hours of over-fermentation.

**Keywords:** Natural fermentation, fermentation time, pH, temperature, coffee quality.

---

\* Investigador Científico I, Investigador Principal e Investigador Científico II, respectivamente. Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

La fermentación ha sido citada como una de las etapas del proceso del café de mayor cuidado, debido a que fermentaciones prolongadas o incompletas producen defectos como grano negro, cardenillo y vinagre, clasificados dentro del primer grupo, que ocasionan el rechazo de los lotes que contengan este tipo de granos, lo cual implica pérdidas económicas tanto para el caficultor como para el gremio cafetero. Con la presencia de estos granos se originan defectos en la calidad de la bebida, tales como: sabores a fermento, vinagre, cebolla, rancio y *stinker* (nauseabundo) (1). La aparición de este tipo de defectos en lotes de café, es constante y en efecto, en más de 4.600 muestras tomadas por la FNC en 14 departamentos (5), se encontró que el 28,5% de éstas presentaron defectos originados por malas fermentaciones, 48,5% de las cuales se identificaron como *stinker*.

Puerta (14) encontró que la fermentación natural, realizada con un tiempo de 14 horas en las condiciones de Cenicafé, lavando el café con agua limpia y secando inmediatamente, influye favorablemente en la calidad sensorial del café, presentando las mejores calificaciones en los atributos acidez, amargo, cuerpo e impresión global, al ser comparado con otros métodos de beneficio húmedo, semihúmedo y seco.

Los residuos de mucílago degradado deben ser retirados de la masa por medio del lavado, ya que el pergamino no se considera una barrera para evitar que éstos entren al grano (16). Cenicafé (6), publicó los resultados de análisis sensoriales a muestras de café provenientes de diferentes zonas productoras del país, con variaciones en el proceso de beneficio y encontró que el 60% del total de las muestras analizadas presentaron algún defecto en taza, predominando el fermento y el vinagre, en el 32,6% de ellas. Las muestras provenientes de la aplicación de

las Buenas Prácticas Agrícolas también presentaron el defecto fermento en el 16,6% de los casos, asociado a la falta de control durante la fermentación.

Los defectos mencionados anteriormente se presentan por la aplicación de malas prácticas y de métodos basados en la experiencia para determinar la finalización del proceso de fermentación, que como menciona Peñuela (13), dan respuestas positivas con mucha anticipación. En otros casos, los caficultores no tienen medidas de control y solo esperan a que pase el tiempo que creen necesario para desprender la mayor parte del mucílago. El uso de la fermentación natural es un método de remoción de mucílago de bajo costo, que requiere de poca infraestructura, sin que esto signifique que al ser un proceso sencillo llevado a cabo por la naturaleza, se esté realizando de la mejor manera y se obtengan los mejores beneficios de la actividad.

Durante la fermentación del mucílago actúan bacterias, levaduras y enzimas, que transforman los compuestos pécticos y azúcares, en alcoholes y ácidos orgánicos (18). Estos microorganismos hacen parte de la flora natural de los frutos de café. Según Fritz, citado por Roa *et al.* (17), la función de los microorganismos es elevar la temperatura durante el proceso de fermentación y ayudar a la acción de la pectinasa, pero si ésta no es suficiente en los granos, los microorganismos pueden suplir la deficiencia, adaptándose a los cambios de pH que suceden en la masa de café. Avallone *et al.* (4), afirman que la descomposición del mucílago en la fermentación parece estar más relacionada a la acidificación que a la pectólisis enzimática, el crecimiento microbial es necesario, sin embargo, afirman que la microflora no participa directamente en la degradación del mucílago por producción de enzimas.

En investigaciones realizadas por Jackels *et al.* (8), con café de Nicaragua, se buscó la correlación entre el pH final de la fermentación y la calidad final del café. Se hizo el seguimiento de la fermentación de mucílago en el laboratorio, interrumpiendo el proceso en muestras pequeñas a través del lavado, cuando el pH de la masa en fermentación decrecía aproximadamente a 4,6; 4,3 ó 3,9. Los resultados mostraron una débil correlación positiva entre el pH del café en el lavado y la calidad subsiguiente del café tostado.

La fermentación del mucílago de café es un proceso natural, en el cual se considera la duración de éste como la respuesta más importante; sin embargo, para definir este tiempo, es necesario identificar la forma cómo ocurre el proceso de degradación de mucílago en el tiempo y la influencia de variables extrínsecas del proceso como son la calidad del café y la cantidad de masa, e intrínsecas como la temperatura y pH, entre otras. Por lo anterior, este trabajo tuvo como propósito evaluar el efecto de la cantidad de café en el tanque y de la clasificación previa al despulpado, sobre el tiempo final de fermentación, en las condiciones ambientales de Cenicafé. Adicionalmente, se determinó la dinámica de variables como el pH y diferencia de temperatura con el ambiente de la masa de café durante el proceso de fermentación del mucílago. Los resultados presentados en este artículo aportan al conocimiento de la fermentación de mucílago de café, bajo las condiciones aquí descritas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las pruebas se realizaron durante la cosecha principal del 2007 y 2008, en el beneficiadero experimental de Cenicafé, ubicado en Chinchiná (Caldas), a una altitud de 1.310 m, con una

temperatura media anual de 20,8°C y un promedio de humedad relativa de 83,5% (7). Se utilizó café variedad Colombia procedente de la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas).

Se evaluó el tiempo requerido para alcanzar la remoción de mucílago mayor que 97%, considerando cuatro alturas de llenado del tanque (100%, 75%, 50% y 25%) y dos clases de materia prima, café sin clasificar y clasificado, antes del proceso de despulpado.

La unidad de trabajo utilizada estuvo conformada por 2.200 kg de café en cereza. Cada tratamiento constó de diez unidades de trabajo, las cuales fueron asignadas aleatoriamente a cada una de ellas, de acuerdo con el diseño experimental de bloques completos al azar, en arreglo factorial 4x2 (cuatro alturas de llenado y dos clases de materia prima), donde el factor de bloqueo fueron las condiciones de temperatura y humedad relativa del día en que se realizaron las pruebas. En la Tabla 1, se describen los tratamientos evaluados.

Para obtener el café despulpado, se tuvo la precaución que el tiempo entre la recolección y el inicio del beneficio fuera menor o igual a 8 horas, para evitar la fermentación del mucílago en el fruto del café. Para la clasificación de la materia prima se utilizó un Separador Hidráulico de Tolva y Tornillo Sinfín (SHTS), con el cual se retiran frutos secos, brocados, vanos e impurezas (12). Se caracterizó el café en cereza, tomando una muestra compuesta de un kilogramo y separando y pesando los frutos de café por estado de madurez, para obtener información acerca de la composición de la materia prima clasificada y sin clasificar.

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Altura de llenado(%)	Materia prima
1	25	Clasificada
2	50	
3	75	
4	100	
5	25	Sin clasificar
6	50	
7	75	
8	100	

Las unidades de trabajo de todos los tratamientos fueron sometidas al proceso de despulpado, utilizando una máquina de cilindro horizontal marca JM Estrada, referencia Super Vencedora No. 4 ½, con tres salidas de café, previamente calibrada para cumplir con los requisitos de la NTC 2090, sobre defectos del café despulpado.

Una vez finalizado el proceso de despulpado, las unidades de trabajo se pasaron por una zaranda cilíndrica de varillas con separación de 7,5 mm, con el fin de retirar los frutos sin despulpar (principalmente inmaduros) y gran parte de la pulpa; los granos se depositaron en los tanques de fermentación en cantidades de 60, 120, 150 y 180 kg correspondientes a 25%, 50%, 75% y 100% de llenado, respectivamente, se dejaron en proceso de fermentación y se realizaron mediciones en los tiempos cero (recién despulpado), cuatro, siete, nueve horas y de allí en adelante cada dos horas, hasta que cada unidad de trabajo presentó remoción superior al 97% de mucílago, requisito definido para proceder a lavar el café.

En cada tiempo se registró la siguiente información:

- Cantidad de mucílago
- Porcentaje de mucílago
- Diferencia de temperatura entre la masa de café y el aire
- pH
- Resistencia al punzonamiento

Esta información se obtuvo de la siguiente manera:

**Cantidad y porcentaje de remoción de mucílago.** Se tomaron tres submuestras de 150 g, cada una de café recién despulpado a la salida de la zaranda, a las cuales se les adicionó 1 mL de enzima pectinolítica, para lograr la degradación del mucílago en corto tiempo. Una vez impregnada la muestra de café con la enzima se dejó en contacto durante una hora hasta lograr la degradación total del mucílago, según procedimiento utilizado por Mejía (10); posteriormente, el café se lavó con agua limpia y se secó hasta eliminar la película de agua de la superficie

y se pesó en una balanza electrónica de rango 1 a 1.200 g y resolución de 0,1 g.

Se utilizó la diferencia de masa para estimar la cantidad de mucílago inicial, mediante la siguiente expresión, <<Ecuación 1>>:

$$CM = \left[ \frac{M_{mc} - M_{csm}}{M_{mc}} \right] \quad \ll 1 \gg$$

Donde,

$CM$  = Cantidad de mucílago (decimal)

$M_{mc}$  = Masa de la muestra de café (g)

$M_{csm}$  = Masa de café sin mucílago (g)

Para obtener el valor de remoción de mucílago, se relacionó la masa de mucílago y la masa de café lavado, mediante la siguiente expresión <<Ecuación 2>>

$$r_0 = \frac{m_m - m_o}{m_o} \quad \ll 2 \gg$$

Donde,

$r_0$  : Remoción inicial de mucílago

$m_m$  : Masa de la muestra de café despulrado

$m_o$  : Masa de la muestra de café sin mucílago en el tiempo cero

Con esta relación se estimó la masa de mucílago en el tiempo  $t$  a través de la siguiente expresión, <<Ecuación 3>>:

$$r_t = m_o \cdot m_t \quad \ll 3 \gg$$

Donde,

$r_t$  : masa de mucílago de la muestra en el tiempo  $t$

$m_t$  : masa de la muestra de café sin mucílago en el tiempo  $t$

La remoción final de mucílago se determinó mediante la expresión <<Ecuación 4>>:

$$R_m = 1 - \left[ \frac{m_m - m_t}{r_t} \right] \quad \ll 4 \gg$$

Donde,

$m_m$  : masa de la muestra de café con mucílago parcialmente removido en el tiempo  $t$

**Temperatura.** Se empleó un sistema autónomo de adquisición de datos, utilizando sensores PT100, para medir la temperatura de la masa de café durante el proceso de fermentación. Los sensores se ubicaron en el centro de la masa de café. La temperatura ambiente fue registrada a través de un termohigrógrafo, localizado en el mismo lugar de los tanques de fermentación.

**pH.** Se midió el pH en muestras tomadas en diferentes sitios de la masa dentro de los tanques de fermentación, utilizando un potenciómetro digital marga WTW 330. Para cada tiempo indicado, para el registro de esta variable en cada tratamiento, se tomaron tres lecturas cada vez.

**Resistencia al punzonamiento.** Se utilizó un dinamómetro digital portátil, para registrar la resistencia que ofrece la masa de café cuando es penetrada por un punzón, a medida que pasa el tiempo de proceso; para lo cual se diseñó un punzón de 25,4 mm de diámetro. El valor de fuerza se registró a una profundidad de 80 mm, en un rango de velocidad entre 80 y 100 mm/min.

**Calidad.** Se realizaron análisis de calidad a muestras de café con remoción de mucílago superior al 97%, lavadas con agua limpia y secadas al sol hasta obtener una humedad del grano entre el 10% y 12% en base húmeda. Cada muestra de café pergamino seco fue enviada a un Panel de Catación comercial,

para evaluar los atributos de la bebida. En total, se enviaron a evaluación sensorial 102 muestras de los diferentes tratamientos.

Como **variable de respuesta** se estableció el tiempo en el cual la remoción de mucílago fue superior al 97%.

Como **variables complementarias**, se determinaron:

- Diferencia de temperatura entre la masa de café y el aire
- pH de la masa de café
- Resistencia al punzonamiento
- Porcentaje de tazas calificadas con Impresión Global > 6

### Análisis de la información

La información obtenida para la variable de respuesta fue analizada mediante análisis de varianza bajo el modelo para el diseño bloques completos al azar, en arreglo factorial 4x2 al 5%, y prueba t al 5%.

Se determinaron los promedios y variación por tratamiento, con las variables complementarias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Contenido inicial de mucílago.** En el café despulpado, el promedio del contenido inicial de mucílago fue de 28,0%, en un rango entre 26,1% y 30,6%. La cantidad de mucílago en el café puede variar debido a que este compuesto es un coloide con fuerte capacidad de retención de agua (11), por lo que su contenido de humedad depende de las condiciones climáticas que prevalezcan durante la recolección (2), siendo mayor en días lluviosos. Otro factor que incide sobre esta variable es el estado de madurez de los frutos. El contenido de mucílago para los estados pintón, maduro y sobremaduro presentó valores promedio de 22,0%, 30,9% y 27,5% respectivamente, por lo que la proporción de frutos de café que componen la masa a procesar incide en la cantidad de mucílago a remover.

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis de la variable tiempo de remoción de mucílago >97%, de acuerdo a la altura de llenado del tanque y a la clase de materia prima, por separado y en interacción. El análisis de varianza no mostró efecto de la

**Tabla 2.** Promedio y desviación estándar (D.E.) para el tiempo de remoción de mucílago >97%, de acuerdo a la altura de llenado del tanque y a la clase de materia prima.

Materia Prima Altura de llenado (%)	Clasificada		Sin clasificar		Promedio(h)	D.E.(h)
	Promedio(h)	D.E.(h)	Promedio(h)	D.E.(h)		
25	16,4	0,94	15,0	0,00	15,8	1,0
50	16,4	0,94	15,0	0,00	15,7	1,0
75	16,2	1,01	14,6	0,80	15,4	1,2
100	16,25	1,00	15,4	0,82	15,8	1,0
<b>Promedio (h)</b>	16,31 A		15,00 B			
<b>D.E. (h)</b>	0,96		0,65			

Letras no comunes implican diferencia estadística, según prueba f, al 5%.

interacción ni efecto de la altura, para la variable de respuesta; pero sí mostró efecto de la materia prima, siendo menor el tiempo del material sin clasificar.

Esta diferencia en el tiempo de remoción del mucílago podría atribuirse a factores como el ingreso al proceso de beneficio de mayor cantidad de frutos secos (Figura 1), en los cuales, no solo se ha secado en su totalidad el mucílago, disminuyendo la cantidad de mucílago a degradar en la masa en fermentación, sino que además la masa de café posee mayor cantidad de microorganismos localizados en la pulpa, por lo tanto, la menor cantidad de sustrato en la masa y la mayor actividad microbiana, aceleran el proceso de fermentación, cuando no se clasifica el café antes del despulpado.

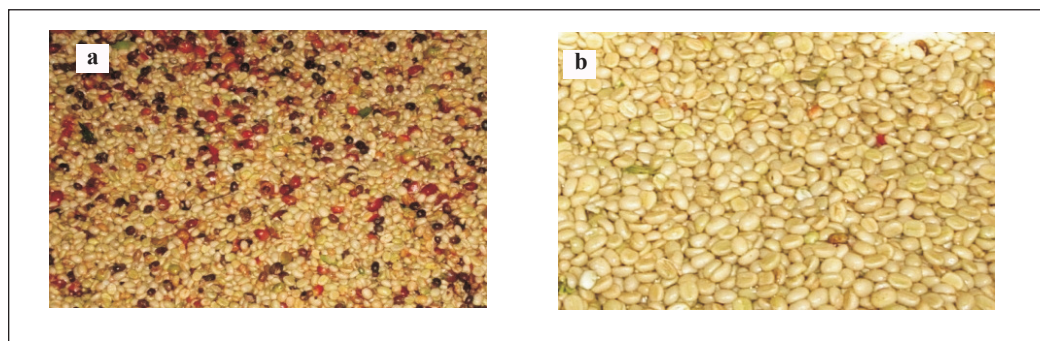
La explicación a esta respuesta se da a partir del comportamiento de las variables complementarias, temperatura y pH de la masa, como se describe a continuación:

El proceso de fermentación del mucílago se comporta como un proceso exotérmico, en el que se libera energía desde las primeras horas, dadas las reacciones bioquímicas que

se llevan a cabo, para la producción de alcoholes y ácidos.

En la Tabla 3, se observan los valores promedio para la variable diferencia de temperatura entre la masa de café con la temperatura del aire ( $\Delta T$ ), para las dos calidades de café evaluadas, durante la fermentación del mucílago. A medida que avanza el proceso se observa un incremento de la temperatura, iniciando con valores cercanos a 4°C. Según prueba t al 5%, existen diferencias en esta variable a partir de las 13 horas, con mayores valores de la masa de café proveniente de materia prima sin clasificación. Al final del proceso de fermentación se alcanzan diferencias de temperatura en promedio de 14,7°C para los tratamientos sin clasificación y de 8,7°C para el café con clasificación previa al despulpado.

Las diferencias de temperatura pueden explicarse por dos razones o la combinación de ellas. La primera, es por el efecto que produce sumergir los frutos de café en agua en el Separador Hidráulico (SHTS). Datos de temperatura registrados en el Beneficiadero de Cenicafé indican que el paso de los frutos por el SHTS puede reducir su temperatura entre



**Figura 1.** Aspecto de la masa de café despulpado (a) sin clasificación (b) con clasificación.

**Tabla 3.** Valores promedio y desviación estándar (D.E) para la variable diferencia de temperatura entre la masa de café con la temperatura del aire, para dos clases de materia prima durante el tiempo de fermentación.

		Tiempo (h)																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Sin clasificar	Promedio (°C)	3,4	3,9	5,0	5,6	6,0	6,4	7,3	7,7	8,1	8,7	9,6	9,9	10,7	11,1	12,8	12,5	14,7	
	D.E (°C)	1,9	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,5	2,8	2,9	3,1	3,4	3,4	3,6	3,7	4,7	4,9	4,9	
Clasificada	Prom. (°C)	4,2	4,6	5,3	6,0	6,3	6,6	7,1	6,9	7,3	7,5	8,0	8,0	8,2	8,5	9,4	9,7	9,3	8,7
	D.E (°C)	2,0	1,9	2,0	2,4	2,2	2,5	2,5	2,4	2,6	2,5	2,6	2,6	2,8	2,7	2,7	3,6	3,4	3,1



1 y 2°C, haciendo que los frutos clasificados entren al proceso de fermentación con una temperatura menor que los frutos que no han tenido clasificación previa. En la Tabla 4, se observan los valores de temperatura obtenidos.

La segunda razón, es que en el café sin clasificación se presenta mayor contenido de frutos secos, frutos con problemas fitosanitarios o afectados por la broca, que tendrían mayores tasas de degradación que los granos sanos; también en el café sin clasificar, por el mayor porcentaje de pulpa (Figura 1), hay mayores aportes de azúcares y microorganismos que elevan la temperatura de la masa, por el efecto propio de su actividad. Similar a como sucede en el almacenamiento de granos con humedad superior al 15%, pueden producir temperaturas de hasta 62°C, por la actividad de microorganismos (3).

El café sin clasificación presenta tres veces más cantidad de frutos secos, con relación al café con clasificación, con valores de 7,6% y 1,8%, respectivamente. Esta cantidad podría ser suficiente para alterar las condiciones del proceso, y elevar la temperatura.

En cuanto al comportamiento de la temperatura de acuerdo a la cantidad de café en el tanque, la prueba t al 5% no mostró diferencias estadísticas en los tratamientos. Sin embargo, para la menor cantidad de café en el tanque (25%), los valores de temperatura son más bajos, lo cual se explica por el

enfriamiento que produce el aire que rodea la superficie de la masa.

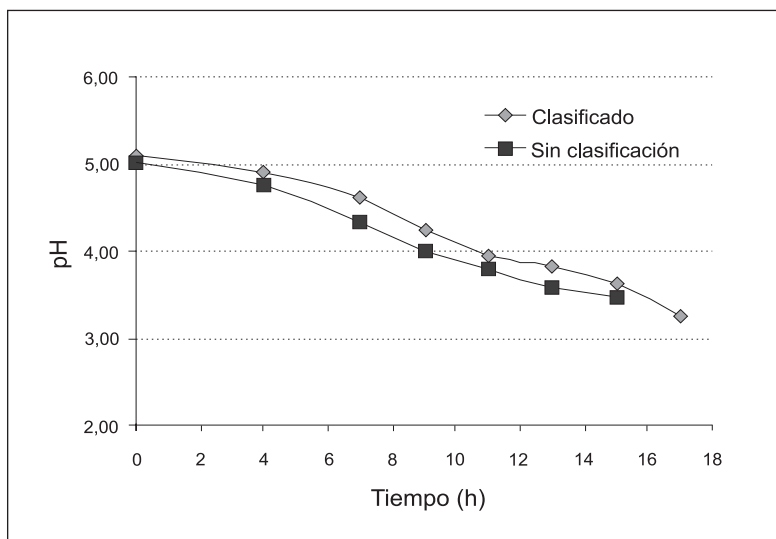
El comportamiento del pH durante el proceso de fermentación muestra una tendencia descendente, indicando un aumento de la acidez de la masa, que coincide con la producción de ácidos a partir de los azúcares y del rompimiento de las pectinas. Este proceso comienza con valores cercanos a 5,00. Desde el inicio de la fermentación se observan valores diferentes para las dos clases de materia prima, con valores bajos en el café sin selección previa, lo que indica que hay una mayor acidez para este tipo de café (Figura 2). Este comportamiento se podría atribuir al contenido de frutos secos, los cuales presentan valores más bajos de pH, como lo corrobora el estudio de Marín (9). La prueba t al 5%, indicó que no existen diferencias estadísticas entre las dos clases de café, clasificado y sin clasificar.

Así mismo, se realizó el análisis para el comportamiento del pH para las masas de café en diferentes cantidades contenidas en los tanques de fermentación. La Tabla 5 muestra que los promedios obtenidos para todos los tratamientos presentan el mismo comportamiento. Lo anterior indica que tanto el comportamiento del pH y el valor alcanzado, es independiente de la cantidad de café depositada en el tanque. El pH puede disminuir hasta valores de 3,1 y 3,5 para café clasificado y sin clasificar, respectivamente.

**Tabla 4.** Valores mínimos y máximos de temperatura del café en cereza antes y después de la clasificación en un SHTS.

	Aire(°C)	Frutos de café en saco (°C)	Agua de la tolva de separación (°C)	Café clasificado (°C)
Mínimo	27,0	28,0	23,0	26,0
Máximo	28,0	28,5	24,0	26,0

**Figura 2.**  
Resistencia al punzonamiento de la masa de café en el proceso de fermentación para dos clases de materia prima



Resistencia de la masa al punzonamiento. La Figura 3 muestra los valores promedio de la fuerza (N) para las dos clases de materia prima, a medida que avanza el proceso de fermentación. La tendencia observada es monótona creciente y no presenta diferencia con relación a la selección previa al despulpado, según prueba t al 5%. Los valores inician alrededor de 5 N y finalizan entre 35,1 y 40,7 N.

Así mismo, en la Tabla 6, se presentan los valores promedio de fuerza para los tratamientos en las cuatro alturas de llenado. La prueba t al 5% no mostró diferencias, es decir, la respuesta en esta variable no depende de la cantidad de café dentro del tanque. La variación en los valores fuerza se hace mayor entre mayor degradación de mucílago en el proceso, según los valores de desviación estándar obtenidos.

Las menores resistencias al inicio del proceso se atribuyen al efecto lubricante del mucílago adherido a los granos en las primeras etapas del proceso de fermentación,

permitiendo que la masa se comporte como un pseudofluido. Este comportamiento cambia a medida que avanzan la degradación y la pérdida de mucílago, que causan el incremento de la fricción interna y entre el punzón y éstos, por lo cual cada vez se requiere mayor fuerza para introducir el punzón en la masa, alcanzando los valores más altos al final de la fermentación.

**Calidad en taza.** En el análisis sensorial del café se evaluaron la intensidad y calidad de los atributos que conforman la calidad de la bebida, estos atributos fueron calificados por el panel de catación que utilizó una escala numérica entre 1 y 9, donde se dan valores enteros como calificación, siendo uno (1) bajo, cinco (5) medio y nueve (9) alto.

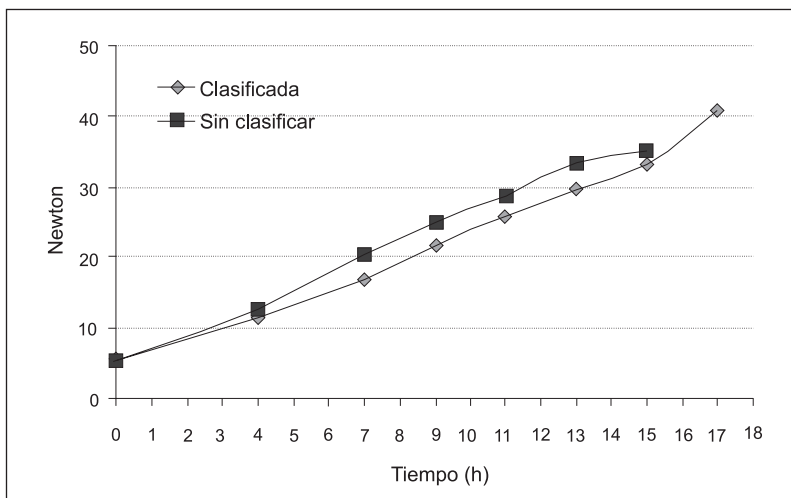
En el atributo Impresión Global se califica la calidad de la bebida en forma general (16), por lo tanto, constituye uno de los más importantes para la evaluación de la taza.

Para la variable proporción de tazas con impresión global por encima de 6,0

**Tabla 5.** Valores promedio y desviación estándar (D.E) para la variable pH de la masa de café en proceso de fermentación, para diferentes alturas de llenado del tanque y dos clases de materia prima.

Materia Prima	Altura de llenado	Tiempo (h)									
		0	4	7	9	11	13	15	17		
25%	Promedio	5,11	4,93	4,60	4,25	4,00	3,89	3,71	3,39		
	D.E	0,22	0,19	0,23	0,22	0,23	0,19	0,24	0,14		
50%	Promedio	5,15	4,94	4,59	4,27	4,00	3,86	3,67	3,36		
	D.E	0,19	0,20	0,21	0,19	0,19	0,21	0,25	0,17		
Clasificada	Promedio	5,19	5,00	4,69	4,34	4,03	3,93	3,72	3,30		
	D.E	0,17	0,23	0,20	0,22	0,18	0,16	0,20	0,19		
100%	Promedio	5,12	4,95	4,76	4,33	3,97	3,77	3,61	3,21		
	D.E	0,17	0,16	0,17	0,19	0,19	0,14	0,20	0,29		
25%	Promedio	5,06	4,79	4,44	4,06	3,93	3,66	3,57			
	D.E	0,28	0,14	0,23	0,19	0,23	0,15	0,32			
50%	Promedio	5,02	4,79	4,33	3,99	3,88	3,56	3,52			
	D.E	0,22	0,20	0,25	0,23	0,29	0,27	0,34			
75%	Promedio	5,03	4,81	4,37	4,11	3,84	3,68	3,52			
	D.E	0,20	0,21	0,21	0,21	0,23	0,26	0,27			
100%	Promedio	5,18	4,80	4,42	4,09	3,88	3,74	3,57			
	D.E	0,22	0,19	0,28	0,25	0,25	0,25	0,27			

**Figura 3.**  
Resistencia al punzonamiento de la masa de café en el proceso de fermentación para dos clases de materia prima.



se obtuvieron valores de 94,8% y 92,3% para las muestras de café clasificado y sin clasificación, respectivamente, indicando una calidad media normal. Sin embargo, la mayor la diferencia se presenta para tazas con calificación de impresión global superior a 7,0, dado que para café clasificado fue del 19,3% mientras que para el café sin clasificación fue solamente el 11,5%. Esto significa que el café que tiene clasificación previa presenta mejor calidad en taza.

Al realizar el análisis por atributos, se observa que las muestras provenientes de café clasificado tienen, descriptivamente, mayor proporción de tazas con calificación superior a 7,0, para todos los atributos. La acidez es el atributo con mayor proporción de tazas con esta calificación, 24,6% y 23,1% para café clasificado y sin clasificar, respectivamente (Figura 4). Estos valores confirman que la clasificación del café, previa al despulpado, contribuye a conservar las características sensoriales de la bebida.

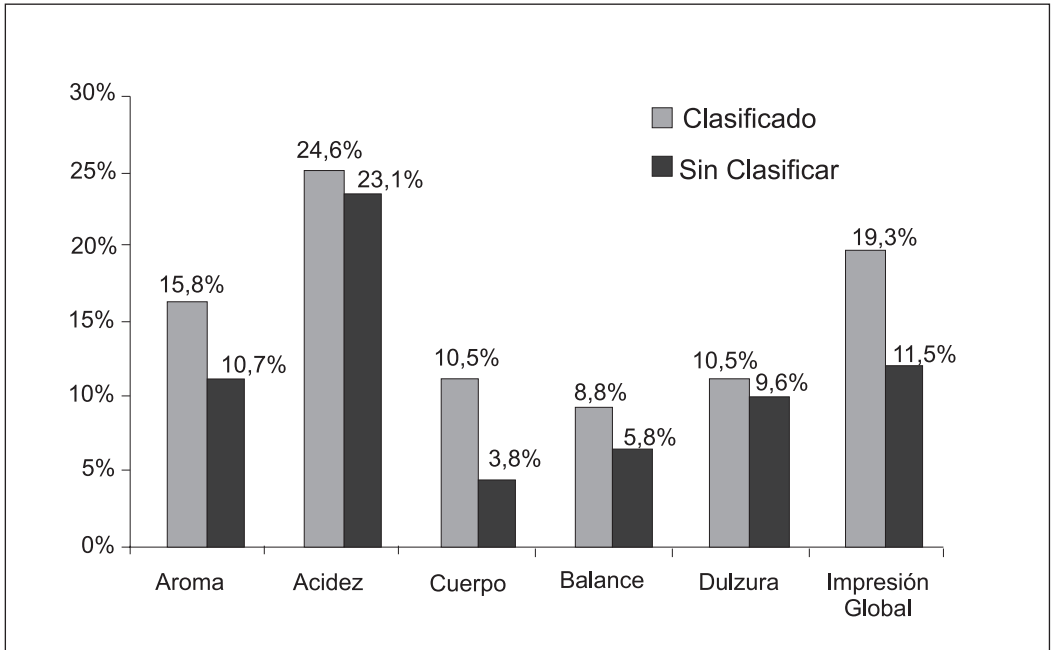
En el análisis de todas las muestras, el 54,5% de las tazas del café con clasificación previa al despulpado y una remoción de

más del 97% del mucílago, presentó una calificación entre regular y buena. Por otro lado, se observa que un 29,7% de muestras de café sin clasificación previa y remoción de más del 97% del mucílago, presentó alguna alteración de la calidad, con las cuales no se rechaza la taza, pero se presentan notas ásperas, astringentes y leñosas no agradables.

Adicionalmente, el 15,8% de las tazas se rechazó, por defectos como sabor vinoso desagradable, vinagre y fermento. Estas tazas corresponden a tratamientos que no tuvieron clasificación antes del despulpado y que presentaron tiempos de fermentación entre 18 y 21 horas, es decir, de tres a seis horas más, después de finalizar el proceso de fermentación, que en promedio fue de 15 horas para este tipo de café. Lo anterior indica que la falta de clasificación no solamente afecta la calidad de la bebida sino que además aumenta el riesgo de que se presenten defectos relacionados con una mala fermentación o retrasos en el lavado del café.

**Tabla 6.** Valores promedio y desviación estándar (D.E.) de la resistencia al punzonamiento de la masa de café en el proceso de fermentación, para las cuatro alturas de llenado en café sin clasificación y café clasificado

Materia prima	Altura de llenado	Tiempo (h)										
		0	4	7	9	11	13	15	17			
Clasificada	25%	Promedio (N)	5,4	13,8	23,7	27,6	33,3	36,5	42,9			
		D.E.	1,5	4,1	3,6	4,0	7,9	7,2	11,9			
	50%	Promedio (N)	5,4	13,9	22,0	25,2	29,8	33,6	34,9			
		D.E.	1,3	5,2	6,7	5,9	6,0	7,0	7,3			
	75%	Promedio (N)	5,1	11,4	19,3	25,2	28,8	33,0	37,0			
		D.E.	0,8	3,5	4,9	7,0	6,0	5,2	9,6			
	100%	Promedio (N)	5,4	12,7	19,0	25,2	27,3	32,3	33,8			
		D.E.	0,9	3,4	5,8	9,3	5,8	4,7	10,3			
	Sin Clasificar	25%	Promedio (N)	5,5	12,8	20,4	25,8	30,2	34,8	34,6	42,5	
			D.E.	1,0	3,9	6,7	7,9	9,7	8,9	5,4	10,4	
50%		Promedio (N)	5,4	12,6	17,4	21,6	27,4	31,1	35,9	40,5		
		D.E.	0,7	4,6	5,4	5,8	7,5	7,0	8,6	3,1		
75%		Promedio (N)	5,6	11,3	16,2	22,5	26,0	28,7	33,8	47,8		
		D.E.	0,8	2,0	3,8	6,3	6,7	5,6	7,5	15,3		
100%		Promedio (N)	5,7	10,6	14,9	19,6	24,0	27,9	33,4	37,7		
		D.E.	0,8	2,1	4,3	5,0	4,9	6,0	4,7	6,3		



**Figura 4.** Proporción de tazas con calificación mayor a 7,0 por atributo.

En la Tabla 7, se observan los valores mínimos y máximos de tiempo de fermentación, remoción de mucílago e impresión global de las tazas, provenientes de 15 muestras de café con fermentación incompleta. Ninguna de las muestras presentó defecto fermento pese a que el café tenía una remoción de mucílago entre 69% y 86%, con tiempos de fermentación entre 9 y 11 horas. La calificación fue de 6,5 en el 80% de las tazas y mayor a 7,0 en el 13,3% de las ellas. En general, las tazas presentaron una clasificación entre regular y buena.

La fermentación incompleta ha sido mencionada como una de las causas de defectos de la calidad del café (15), sin embargo, este resultado indica que el mucílago que queda por remover al final del proceso por fermentación incompleta podría eliminarse mediante un lavado vigoroso, evitando así riesgos para la calidad del producto. Se deben explorar las tolerancias en la cantidad de mucílago presente, que permite la remoción completa mediante el lavado, sin que se ocasionen defectos.

**Tabla 7.** Calificación de la Impresión Global con fermentación incompleta.

	Tiempo de fermentación(h)	Remoción de mucílago promedio (%)	Calificación Impresión Global
Mínimo	9,0	69,2	6,0
Moda	9,0	76,6	6,5
Máximo	11,0	85,8	7,0

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al personal de la Disciplina de Ingeniería Agrícola, a la Doctora Esther Cecilia Montoya de la Disciplina de Biometría, al personal de la Estación Central Naranjal. A la empresa Rotoplast, por el préstamo de los tanques tina para la realización del montaje experimental.

## LITERATURA CITADA

1. ALMACAFÉ. Defectos del café y su incidencia en taza : Capacitación a Cenicafe. Manizales : Almacafé, 2007. 20 p.
2. ÁLVAREZ G., J. Remoción de mucílago. P. 46-55. En: Fundamentos de beneficio. Chinchiná: CENICAFÉ, 1991. 186 p.
3. ARIAS, C. Manual de manejo: Poscosecha de granos a nivel rural. [En línea] <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S00.htm#Contents>. Santiago de Chile : FAO, 1993. Consultado en febrero 2010.
4. AVALLONE S., BRILLOUET, J. M., GUYOT B., OLGUIN E., GUIRAUD J.P. Involvement of pectolitic micro-organisms in coffee fermentation. *International journal of food science and technology* 37:191-198. 2002
5. FEDERACAFE. Trabajo exploratorio nacional sobre la prueba de taza. Antioquia : Comité Departamental de Cafeteros, 2004. 42 p.
6. CENICAFÉ. Informe anual de actividades. Chinchiná : Cenicafe, 2006. 161 p.
7. ----- . Anuario meteorológico cafetero 2008. Chinchiná : Cenicafe, 2010. 569 p.
8. JACKELS, S.C.; JACKELS, C.F.; [et al.]. Control of the coffee fermentation process and quality of resulting roasted coffee: Studies in the field laboratory and on small farms in Nicaragua during the 2005-06 harvest. p. 434-442. En: COLLOQUE Scientifique international sur le café (21 : Septiembre 11-15 2006 : Paris) Montpellier : ASIC, 2006.
9. MARÍN L., S.M. Caracterización de los estados de maduración del fruto de café. Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de ciencias agropecuarias, 2003. 105 p. Trabajo de grado: Ingeniero agrónomo.
10. MEJIA G., C.A. Evaluación del desempeño técnico y ambiental del desmucilagador de café con rotor de varillas. Santiago de Cali : Universidad del Valle : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ingeniería, 2006. 103 p. Trabajo de grado: Ingeniero agrícola.
11. OLIVEROS T., C.E.; GUNASEKARAN G.C. Caracterización reológica del mucílago de café y de las suspensiones mucílago-café en baba y mucílago-café pergamino húmedo. *Cenicafe* 45(4):125-136. 1994.
12. ----- . Separador hidráulico de tolva y tornillo sinfin. Chinchiná : CENICAFE, 2007. 8 p. (Avances Técnicos No. 360).
13. PEÑUELAM., A.E. Estudio de la remoción del mucílago de café a través de fermentación natural. Manizales : Universidad de Manizales, 2010. Tesis: Magister en desarrollo sostenible y medio ambiente.
14. PUERTA Q., G.I. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café. *Cenicafe* 50(1):78-88. 1999.
15. ----- . Buenas prácticas de beneficio para garantizar la buena calidad de la bebida del café. Chinchiná : Cenicafe, 2000. 9 p.
16. ----- . Cómo garantizar la buena calidad de la bebida del café y evitar los defectos. Chinchiná : Cenicafe, 2001. 8 p. (Avances Técnicos No. 284).
17. ROA M, G.; OLIVEROS T., C.E.; ALVAREZ G., J.; RAMIREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; DAVILA A., M.T.; ALVAREZ H., J.R.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G.I.; RODRIGUEZ V., N. Beneficio ecológico del café. Chinchiná : Cenicafe, 1.999. 273 p.
18. WILBAUX, R. Beneficio del café. Roma : FAO, 1972. (Boletín no oficial de trabajo No. 20).