



AVANCES TÉCNICOS

370

Cenicafé

Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Abril de 2008

PROPIEDADES FÍSICAS Y FACTORES DE CONVERSIÓN DEL CAFÉ EN EL PROCESO DE BENEFICIO

Jimena Montilla-Pérez*; Jaime Arcila-Pulgarín**; Manuel Aristizábal-Loaiza***; Esther C. Montoya-Restrepo****; Gloria I. Puerta-Quintero*****; Carlos E. Oliveros-Tascón*****; Gabriel Cadena -Gómez*****

Las constantes físicas del café son las relaciones físicas existentes entre el peso y el volumen, el contenido de humedad y otras características del fruto del café, teniendo en cuenta los diferentes estados en que se puede transformar el producto desde cereza madura hasta café almendra (15). Las constantes físicas son un instrumento útil para evaluar el sistema productivo, éstas facilitan las operaciones comerciales y el diseño de los beneficiaderos, así como el diseño y calibración de los diferentes dispositivos y máquinas empleados en el proceso de beneficio del café. Los factores de conversión son importantes en la economía del café, pues los caficultores basan sus decisiones comerciales en tales factores (3, 7).

* Estudiante, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa Agronomía, Universidad de Caldas. Manizales.

** Investigador Principal. Fitotecnía. Cenicafe.

*** Profesor, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa Agronomía, Universidad de Caldas. Manizales.

**** Investigador Científico III. Biometría. Cenicafe.

***** Investigador Científico III. Calidad y Manejo Ambiental. Cenicafe.

***** Director. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Las propiedades físicas y los factores de conversión en café que se tienen actualmente como referencia, fueron publicados hace más de dos décadas y aún siguen siendo utilizados en toda la cadena productiva del café (15). No obstante, cuando se formularon estas constantes no se discriminaron las posibles diferencias por factores propios del proceso de producción como son la variedad cultivada, el tipo de manejo agronómico, la edad del cultivo, la región geográfica y la altitud, entre otros; también han ocurrido cambios sustanciales en el proceso de beneficio y adicionalmente, otros factores como la llegada de la roya (*Hemileia vastatrix*) y la broca (*Hypothenemus hampei*), en los últimos años han provocado alteraciones que afectan el rendimiento del proceso productivo del café.

La proporción de los componentes del fruto de café y sus características físicas pueden sufrir modificaciones tanto en la etapa del cultivo como en el beneficio, que se reflejarán en las relaciones de rendimiento del café (1). Cada lote de café en cereza tiene características particulares y debe evaluarse individualmente para conocer su calidad y rendimiento en café pergamino seco (6). Las relaciones de rendimiento más comunes son:

Relación cereza:pergamino: Cantidad de café cereza requerido para obtener 1 kg de café pergamino seco (c.p.s.) tipo Federación.

Rendimiento en trilla: Cantidad de café pergamino seco necesario para obtener un saco de 70 kg de café excelso. La línea base de comercialización en el país es de

92,8 kg de c.p.s., de los cuales 18,7 kg corresponden al cisco y 4,1 kg a los subproductos (3).

Los rendimientos y la composición química del grano de café pueden modificarse por factores como la especie, la variedad, la naturaleza y la fertilidad del suelo, las condiciones atmosféricas y ambientales, el manejo agronómico, la edad de la plantación, plagas y enfermedades y el control de las mismas. El período de cosecha, el contenido de humedad del café cereza y la recolección influyen en los rendimientos y las características del grano; además, un café cultivado

eficientemente, puede perder sus cualidades inherentes como consecuencia de un inadecuado proceso de beneficio (1, 2, 14).

Por las anteriores razones se considera que el actual sistema de conversiones en café es susceptible de mejorar y ajustar a las nuevas condiciones de la industria cafetera colombiana.

En este avance se presentan los resultados de la caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio.

MATERIALES Y MÉTODOS

En los municipios de Manizales, Chinchiná, Palestina y Villamaría (Caldas) se seleccionaron nueve lotes café de la variedad Colombia, de características contrastantes en cuanto a la oferta ambiental, la densidad de siembra y el manejo agronómico. Además, se tuvieron en cuenta la localización y la edad del cultivo (siembras de 1999 en adelante).

El proceso de postcosecha de las muestras se realizó en las instalaciones del Beneficiadero Experimental de Cenicafé, y los análisis físicos del café en pergamino seco y en almendra se desarrollaron en el laboratorio de Calidad de la Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental de Cenicafé.

Los materiales necesarios para el muestreo y para el procesamiento de las muestras de café fueron:

despulpadora Gaviota 300 (300 kg/h), silo secador tipo Cenicafé de aire forzado (50°C/18h), balanza electrónica AND EK-12KA (capacidad de 12.000 g) con sensibilidad de 1 g, recipientes plásticos, bandejas de secado de 80 x 80 cm y los equipos del laboratorio de Calidad de café.

Para tres épocas de la cosecha, que se definieron así: *inicio*, del 1 de agosto al 15 de septiembre, *intermedia*, del 16 de septiembre al 15 de noviembre, y *final*, del 16 de noviembre al 15 de enero de 2006, de cada lote se recolectó el café cereza del pase correspondiente. De los sacos cosechados se tomó una muestra compuesta de los frutos de las partes superior, media e inferior, hasta completar 30 kg. Esta muestra se llevó al beneficiadero experimental de Cenicafé y se dividió en una muestra de 12 kg tal como fue cosechada (café sin seleccionar)

y de los 18 kg restantes se separó otra muestra de 12 kg de café cereza maduro seleccionado sin defectos. Las muestras se procesaron por beneficio tradicional.

El procedimiento para caracterizar las propiedades físicas y los factores de conversión del café, consistió en evaluar en los dos tipos de café procesados, los cambios que el fruto de café sufre desde el recibo en tolva hasta llegar a café almendra, para luego determinar los factores de conversión de interés. Para el beneficio tradicional, que consta de los siguientes pasos: recibo del café cereza, despulpado, fermentación, lavado, escurrido y secado, a cada tipo de masa se le aplicó el procedimiento que se describe a continuación:

Recepción del café cereza. Se depositaron 12 kg de café cereza en la tolva, y de éste se tomó una muestra compuesta de 1 kg, para registrar el peso de frutos verdes, maduros, sobremaduros, secos y perforados por la broca.

Con la muestra de 1 kg, se determinó la densidad aparente, basados en la Norma Técnica NTC 4607 *Café verde y tostado, determinación de la densidad a granel por caída libre de los granos enteros (método de rutina)* (9). En 100 frutos, tomados de la muestra de 1 kg, se midieron en cada uno de ellos los diámetros polar y ecuatorial (largo y ancho), y el peso.

En tres muestras de 10 g cada una, del kilogramo tomado de submuestra, se determinó el porcentaje de humedad de los frutos, según la norma ISO 6673 *Green Coffee - Determination of Loss in Mass at 105 degrees C*, equivalente en Colombia

a la norma NTC 2325 *Café verde - Determinación de la pérdida de masa a 105 grados celsius* (8).

Las variables de interés en esta etapa del beneficio fueron: porcentajes de frutos verdes, sobremaduros, secos y brocados, densidad aparente, humedad, peso y diámetros del café cereza.

Despulpado. Los 12 kg de café cereza se despulparon en una máquina Gaviota 300 (300 kg/h). Se determinó el peso del café baba y la pulpa obtenida:

De la pulpa obtenida se tomó una muestra de 1 kg para determinar la densidad de acuerdo con la Norma Técnica 4607(9).

Del café despulpado obtenido se tomó una muestra de 1 kg para determinar la densidad aparente, el peso, los diámetros y el contenido de humedad del grano, como se describió anteriormente. En la estimación del contenido de humedad de los granos, el tiempo de secado cambió a 16 h + 1 h + 1 h hasta llegar a un peso constante.

Las variables de interés para esta etapa del beneficio fueron: porcentaje de pulpa fresca, densidad aparente de la pulpa fresca y del grano en baba; humedad, peso, ancho y largo del grano en baba y las relaciones café cereza: pulpa fresca, café cereza: café baba y café pergamino: pulpa fresca.

Fermentación. El café en baba se dejó sin agua durante 14 h a temperatura ambiente en las condiciones de beneficio, para fermentar el mucílago.

Lavado y escurrido. Una vez finalizó el proceso de fermentación, se separaron el grano y el mucílago con cuatro enjuagues sucesivos (16); así mismo, se separaron los flotes y el café lavado obtenido y se registró el peso de cada uno. Los flotes se eliminaron del proceso.

Del café lavado se tomó una muestra compuesta de 1 kg y se aplicaron los procedimientos descritos para determinar la densidad aparente, la humedad, el peso y el ancho y largo del grano. Para estimar el contenido de humedad el tiempo de secado para los granos fue de 16 h + 1 h + 1 h hasta llegar a un peso constante.

Las variables de interés para esta etapa fueron: densidad aparente, humedad, peso, ancho y largo del grano lavado y las relaciones café cereza: café lavado y café baba: café lavado.

Luego del lavado, se drenó el agua por 3 h hasta tener el café escurrido. Se tomó una muestra compuesta de 1 kg y se le aplicaron los procedimientos para determinar la densidad aparente, el peso, los diámetros y contenido de humedad del grano, como se describió anteriormente. En el procedimiento para el cálculo del contenido de humedad de los granos, el tiempo de secado fue de 16 h + 1 h + 1 h hasta conseguir peso constante.

Las variables de interés en esta etapa fueron: densidad aparente, humedad, peso y ancho y largo del grano de café escurrido.

Secado. El café escurrido se depositó en bandejas de secado de peso

conocido y se sometió a secado mecánico en un silo tipo Cenicafé, con aire forzado a 50°C por 18 h, hasta llegar a humedad entre el 11 y 12%. Cuando el peso del café disminuyó en un 47%, se detuvo el secado y el café se dejó reposar durante 4 h hasta que se enfrió y la humedad se uniformizó en los granos. Después de las 4 h se utilizó el medidor Kappa para registrar la humedad.

En el café en pergamino seco se registró el peso y se tomó una muestra compuesta de 1 kg, a la cual se le aplicaron los procedimientos descritos anteriormente para determinar la densidad aparente, la humedad, el peso y el ancho y largo del grano. Se tuvo en cuenta que el tiempo de secado del grano fue de 16 h + 1 h + 1 h para la estimación del contenido de humedad.

El análisis físico del café pergamino seco y del café almendra se realizó bajo los estándares de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia para la comercialización de café pergamino seco (5) y los procedimientos del laboratorio de Calidad y Manejo Ambiental de Cenicafé para el análisis de la calidad física del café en pergamino seco PACFS-11 (12) y en almendra PACFS-12 (11); la información de estos análisis se resume en el formato de registro de análisis de la calidad física del café RACF- 11, del laboratorio de Calidad y Manejo Ambiental (13).

El café pergamino obtenido se trilló para obtener café almendra, y se registró su peso. Del café almendra se tomó una muestra compuesta de 1 kg, y se le aplicaron los procedimientos para determinar

la densidad aparente, el peso, los diámetros y el contenido de humedad del grano, como se describió anteriormente. El tiempo de secado de los granos para obtener su contenido de humedad fue de 16 h + 1 h + 1 h.

Las variables de interés en la etapa de secado fueron: Densidad aparente, peso, diámetros y contenido de humedad del pergamino seco y grano almendra; peso y porcentaje de café retenido en cada tamiz, porcentaje de merma en trilla y rendimiento en trilla; y las relaciones café cereza:café pergamino,

café baba:café pergamino, café lavado:café pergamino, café cereza:café almendra, café baba:café almendra, café lavado:café almendra y café pergamino:café almendra.

El procedimiento empleado para caracterizar las propiedades físicas y los factores de conversión en la masa de café seleccionada fue el mismo utilizado para la muestra sin seleccionar; la diferencia entre las dos muestras se basó en que en la muestra seleccionada no se realizó la caracterización de la masa cosechada en la etapa de recepción de la muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la masa cosechada. En la masa recién cosechada, los promedios de frutos verdes, sobremaduros, secos y perforados por broca fueron iguales estadísticamente en las

tres épocas de cosecha evaluadas, por tanto el promedio de estas variables, independientemente de la época de cosecha, representa las características descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Promedios e intervalos de confianza para las características de la masa de café cereza recién cosechada por época de cosecha.

Variable	Época de cosecha	LI	Promedio	LS
Frutos verdes (%)	Inicio	9,45	11,37	13,29
	Intermedio	4,52	7,35	10,18
	Final	5,46	9,61	13,76
Frutos sobremaduros (%)	Inicio	2,09	5,15	8,21
	Intermedio	2,26	4,14	6,02
	Final	3,78	9,10	14,42
Frutos secos (%)	Inicio	1,48	3,47	5,46
	Intermedio	1,53	3,56	5,59
	Final	3,45	6,40	9,35
Frutos brocados (%)	Inicio	1,15	4,84	8,53
	Intermedio	1,84	6,37	10,90
	Final	3,36	6,93	10,50

LI y LS: límites inferior y superior para el promedio, con un coeficiente de confianza del 95%

Según la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (4), una buena recolección implica un máximo de 2% de frutos verdes, 2% de frutos secos y 5% de frutos infestados por broca, estándares que no se lograron en las tres épocas de cosecha, dado la estimación de los límites para el promedio del porcentaje de frutos verdes, secos e infestados por broca (Tabla 1). El resultado muestra que la calidad obtenida al final del proceso está determinada por la calidad de la materia prima, con los cuidados en el cultivo y el control de las operaciones postcosecha. Además, la calidad de café cereza está en función de la proporción de frutos maduros y la calidad de la recolección (2).

Resumen de las propiedades físicas y los factores de conversión del café. Las propiedades físicas y los factores de conversión del café evaluados anteriormente, pueden agruparse haciendo una comparación con el documento elaborado por Uribe (15) y los datos obtenidos en este experimento, para los dos tipos de muestra analizados. En las Tablas 3, 4 y 6 se muestran los datos promedios obtenidos para las variables evaluadas, que son comunes en los dos estudios, y en las Tablas 2 y 5 se presentan las variables que no fueron consideradas por Uribe (15).

La labor de seleccionar la muestra antes de iniciar el beneficio es una práctica importante para disminuir los defectos y mantener la calidad del café, si se tiene en cuenta que defectos de origen genético o agronómico no pueden ser considerados como deficiencias en el proceso beneficio (Tabla 2).

Tabla 2. Calidad del café en frutos, café pergamino seco y en almendra.

	Café seleccionado	Café sin seleccionar
Calidad de la masa recién cosechada (%)		
Frutos verdes	0	9,45
Frutos sobremaduros	0	6,13
Frutos secos	0	4,48
Frutos perforados por broca	0	6,04
Calidad de la masa en pergamino (%)		
Grano guayaba	0,85	2,67
Grano pelado	0,33	0,76
Impurezas	0,39	0,83
Calidad de la masa en almendra (%)		
Total defectos (pasillas)	5,41	9,12

Tabla 3. Propiedades físicas del café.

		Presente estudio (2006)	
		Café Seleccionado	Café sin seleccionar
Densidad aparente (kg/m³)			
Fruto	600	621,57	616,50
Pulpa fresca	270	299,74	298,20
Grano de café en baba	800	826,71	803,40
Grano de café lavado	650	701,87	693,66
Grano de café escurrido	s.d.	687,17	678,31
Grano de café seco de agua	520	s.d.	s.d.
Grano de café pergamino	380	391,44	385,75
Grano de café almendra	680	709,99	707,31
Peso (g)			
Un fruto	2,00	1,99	1,85
Un grano de café en baba	s.d.	0,57	0,55
Un grano de café lavado	s.d.	0,40	0,39
Un grano de café escurrido	s.d.	0,39	0,38
Un grano de café pergamino	0,22	0,21	0,21
Un grano de café almendra	0,18	0,18	0,18
Diámetros (mm)			
Diámetro ecuatorial			
Fruto	s.d.	14,37	13,99
Grano de café en baba	s.d.	9,24	9,02
Grano de café lavado	s.d.	8,70	8,63
Grano de café escurrido	s.d.	8,80	8,64
Grano de café pergamino	s.d.	8,55	8,43
Grano de café almendra	s.d.	7,11	7,04
Diámetro polar			
Fruto	s.d.	15,96	15,77
Grano de café en baba	s.d.	12,72	12,35
Grano de café lavado	s.d.	12,31	12,22
Grano de café escurrido	s.d.	12,38	12,03
Grano de café pergamino	s.d.	12,01	11,87
Grano de café almendra	s.d.	9,69	9,48

s.d. sin dato

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 3 las densidades aparentes del café en todos sus estados, obtenidas en esta investigación, fueron mayores que los encontrados por Uribe (15), mientras que Oliveros y Roa (10) reportan 665 kg/m³ para el fruto, 894 kg/m³ para el café en baba, 758 kg/m³ para el café lavado, 439 kg/m³ para el café pergamino seco y 776 kg/m³ para el café almendra. Estas diferencias de resultados en los trabajos pueden ser consecuencia de las metodologías que se utilizaron; Uribe (15) no documenta la metodología, Oliveros y Roa (10) diseñaron un equipo para la determinación de la densidad aparente, que consistía en un cilindro de volumen conocido y una tolva cónica desde la cual se dejaba descargar la muestra de café y posteriormente se calculaba el valor de la densidad aparente por la relación entre la masa neta del producto contenido en el cilindro y el volumen del mismo, en este experimento se utilizó la norma técnica NTC 4607 *Café verde y tostado. Determinación de la densidad a granel por caída libre de los granos enteros (método de rutina)* (9).

Al comparar los datos obtenidos por Uribe (15) y los encontrados en este estudio, en general, se encontró que las relaciones de conversión fueron similares en los dos estudios y en la práctica, estas relaciones están dentro de los parámetros que se utilizan actualmente para la comercialización y calificación de la calidad del café. Es difícil dar una explicación a las diferencias, debido a que en las investigaciones

realizadas por Uribe (15) se trabajó con café variedad Caturra, en ausencia de la roya y la broca, y no se especificaron el tipo de muestra ni las metodologías empleadas para los análisis (Tabla 4).

La muestra seleccionada presenta el valor más alto de café después de la trilla, es decir, se obtiene más café pergamino en buen estado y mayor porcentaje de café supremo (retenido en la malla 17) (5) (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis granulométrico del café almendra.

	Café seleccionado	Café sin seleccionar
Peso después de la trilla (g)	194,08	185,39
Café almendra en malla 17 (%)	73,32	67,32
Café almendra en malla 16 (%)	16,96	18,93
Café almendra en malla 15 (%)	6,83	8,76
Café almendra en malla 14 (%)	2,33	3,75
Café almendra en malla 12 (%)	0,50	1,15
Café almendra en malla 0 (%)	0,04	0,05

Tabla 4. Relaciones de conversión.

	Uribe (1977)	Presente estudio (2006)	
		Café seleccionado	Café sin seleccionar
La pulpa representa en el fruto (%) (B.H.)	40	44,02	43,58
El grano representa en el fruto (%) (B.H.)	60	s.d.	s.d.
Relación café cereza: café en baba	1,67	1,81	1,80
Relación café cereza: café lavado	2,43	2,56	2,46
Relación café cereza: café pergamino	4,50	4,94	4,89
Relación café cereza: café almendra	5,56	6,23	6,23
Relación café cereza: pulpa fresca	2,40	2,30	2,33
Relación café baba: café lavado	1,46	1,41	1,37
Relación café baba: café pergamino	2,71	2,74	2,71
Relación café baba: café almendra	3,39	3,43	3,44
Relación café lavado: café seco de agua	1,26	s.d	s.d
Relación café lavado: café pergamino	1,85	1,93	1,97
Relación café lavado: café almendra	2,31	2,42	2,51
Relación café pergamino: café almendra	1,25	1,25	1,26
Relación café pergamino: pulpa fresca	0,56	0,46	0,48
Porcentaje de merma en trilla	18,00	17,75	18,40
Rendimiento en trilla	s.d	90,75	95,99

s.d. sin dato

Los factores de conversión obtenidos tanto por Uribe como en este estudio, para realizar las transformaciones entre los diferentes estados del café se presentan en la Tabla 6.

En las épocas de cosecha se presentan cambios en el peso y en los diámetros (polar y ecuatorial) de los frutos y granos de café con tendencia a ser más grandes y pesados en el intermedio de la cosecha. El desarrollo del fruto está influenciado por múltiples factores, principalmente por la disponibilidad hídrica, por lo que su deficiencia en las etapas iniciales del desarrollo del fruto afecta su crecimiento; por tanto, las diferencias que se encontraron en las épocas de cosecha pueden ser consecuencia de las condiciones en las que los frutos se desarrollaron desde el inicio de la floración.

Las relaciones y las variables utilizadas para evaluar el rendimiento del café mostraron los mejores valores en la época inicial de la cosecha, con la menor cantidad de defectos en cereza, pergamino y almendra, con excepción del porcentaje de frutos verdes en el café cereza. Se observó que tanto las relaciones como los defectos tienden a aumentar conforme avanza la cosecha y se corroboró que los defectos causan deterioro de los rendimientos y la calidad de café.

Tabla 6. Factores de conversión para realizar transformaciones entre los estados del grano de café.

Para convertir de		A	Multiplique por	
		Uribe (1977)	Presente estudio (2006)	
			Café seleccionado	Café sin seleccionar
Cereza	Pergamino	0,22	0,20	0,20
	Baba	0,60	0,55	0,55
	Almendra	0,18	0,16	0,16
	Seco de agua	0,32	s.d	s.d
	Húmedo	0,41	0,39	0,41
	Pulpa fresca	0,40	0,43	0,43
	Pulpa mojada	0,48	s.d	s.d
Pergamino	Cereza	4,50	4,94	4,89
	Almendra	0,80	0,80	0,79
	Baba	2,71	2,74	2,71
	Húmedo	1,85	1,93	1,97
	Seco de agua	1,46	s.d	s.d
	Pulpa fresca	1,77	2,15	2,09
	Pulpa mojada	2,13	s.d	s.d
Baba	Pergamino	0,37	0,36	0,37
	Almendra	0,29	0,29	0,29
	Cereza	1,67	1,81	1,80
	Húmedo	0,95	0,71	0,73
	Seco de agua	0,54	s.d	s.d
Almendra	Pergamino	1,25	1,25	1,26
	Baba	3,39	3,43	3,44
	Cereza	5,56	6,23	6,23
	Húmedo	2,31	2,42	2,51
	Seco de agua	1,82	s.d	s.d
Húmedo*	Seco de agua	0,79	s.d	s.d
	Pergamino	0,54	0,51	0,50
	Cereza	2,43	2,56	2,46
	Baba	1,46	1,41	1,37
	Almendra	0,43	0,41	0,40
Seco de agua	Pergamino	0,68	s.d	s.d
	Cereza	3,09	s.d	s.d
	Húmedo	1,26	s.d	s.d
	Baba	1,84	s.d	s.d
	Almendra	0,54	s.d	s.d
Pulpa fresca	Cereza	2,40	2,30	2,33
	Pergamino	0,56	0,46	0,48
	Mojada	1,20	s.d	s.d
Pulpa mojada	Cereza	2,08	s.d	s.d
	Pergamino	0,47	s.d	s.d
	Fresca	0,83	s.d	s.d

*café lavado; s.d. sin datos.

AGRADECIMIENTOS

A la Disciplina de Fitotecnia, a la señora Gloria P. Alzate y al señor Farid López de las Disciplinas de Calidad y Manejo Ambiental y de Ingeniería Agrícola, y al personal del laboratorio de Calidad del Café de Cenicafé. A los caficultores que apoyaron este trabajo y a todo el personal de Cenicafé que contribuyó a su realización.

LITERATURA CITADA

1. DÁVILA A., M.T.; PUERTA Q., G.I.; ZULUAGA V., J. La composición química y el proceso del café en relación con la calidad. Chinchiná, Cenicafé, 1987. 58 p.
2. FAJARDO P., I.F.; SANZ U., J.R. Evaluación de la calidad física del café en los procesos de beneficio húmedo tradicional y ecológico (Becolsub). Cenicafé 54(4): 286 – 296. 2003.
3. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Aprenda a vender su café. Bogotá, FNC, 2004. 14 p.
4. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - Cenicafé. Chinchiná, Colombia. Cartilla cafetera. Tomo II. Bogotá, FNC, 2004. 230 p.
5. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Normas sobre calidad del café. Bogotá, FNC, 1988. 4 p.
6. GUERRERO A., J.D. Determinación rápida de la calidad del café cereza. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1992. 78 p. (Tesis: Ingeniero Agrícola).
7. HELVOORT, G.V. Factores de conversión. In: Manual de operaciones de un programa de observación. Roma, FAO; 1988. On line Internet. Disponible en: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/003/s8480s/s8480s09.htm. (Consultado en febrero de 2003).
8. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Café verde. Determinación de la pérdida de masa a 105 grados Celsius. Bogotá, ICONTEC, 1987. 4 p. (Norma Técnica Colombiana NTC 2325).
9. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Café verde y tostado. Determinación de la densidad a granel por caída libre de los granos enteros (Método de rutina). Bogotá, ICONTEC – Cenicafé, 1999. 5 p. (Norma Técnica Colombiana NTC 4607).
10. OLIVEROS T., C.E.; ROA M., G. Coeficiente de fricción, ángulo de reposo y densidades aparentes de granos de café *Coffea arabica* variedad Caturra. Cenicafé 36(1): 22–39. 1985.
11. PUERTA Q., G.I. Procedimiento para el análisis de la calidad física del café. Servicio de análisis café almendra. Chinchiná, Cenicafé, 2002. 3 p. (PACFS-12).
12. PUERTA Q., G.I. Procedimiento para el análisis de la calidad física del café. Servicio de análisis café pergamino. Chinchiná, Cenicafé, 2002. 4 p. (PACFS-11).
13. PUERTA Q., G.I. Registro de análisis de la calidad física del café. Chinchiná, Cenicafé, 2005. 1 p. (RACF- 11).
14. 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. 273 p.
15. URIBE H., A. Constantes físicas y factores de conversión en café. Avances Técnicos Cenicafé No 65: 1-3. 1977.
16. ZAMBRANO F., D.A. ; ISAZA H., J. H. Lavado de café en los tanques de fermentación. Cenicafé 45(3): 106 – 118. 1994.

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Cenicafé
Centro Nacional de Investigaciones de Café
"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org
cenicafe@cafedecolombia.com

Edición: Sandra Milena Marín López
Fotografía: Gonzalo Hoyos S.
Diagramación: María del Rosario Rodríguez L.
Impresión: Feriva S.A