

CARACTERIZACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y FACTORES DE CONVERSIÓN DEL CAFÉ DURANTE EL PROCESO DE BENEFICIO HÚMEDO TRADICIONAL

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

RESUMEN

MONTILLA P., J.; ARCILA P., J.; ARISTIZÁBAL L., M.; MONTOYA R., E. C.; PUERTA Q., G.I.; OLIVEROS T., C.E.; CADENA G., G.. Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. 59(2):120-142. 2008

Se caracterizaron algunas propiedades físicas y factores de conversión del café variedad Colombia, desde fruto maduro hasta grano almendra. El café se recolectó en fincas de los municipios de Chinchiná, Manizales, Villamaría y Palestina (Caldas), en tres épocas de la cosecha del segundo semestre de 2005. De la masa cosechada se tomó una muestra de café maduro sin defectos y otra sin seleccionar; para cada muestra se tomaron submuestras que se procesaron por el beneficio húmedo y secado mecánico, y a través del proceso se realizaron los análisis físicos y mediciones. El peso y diámetros (ancho y grosor) de los frutos y granos, tendieron a ser mayores en la época intermedia de cosecha, para la densidad aparente y humedad no hubo cambios a través de la cosecha; las relaciones de conversión, porcentaje de merma y rendimiento en trilla, fueron mejores en la época inicial, con menor cantidad de defectos en cereza, pergamino y almendra, y las relaciones como los defectos tendieron a aumentar conforme avanzaba la cosecha. El café seleccionado presentó las mejores características físicas. Las relaciones de conversión fueron similares entre los tipos de muestra, el porcentaje de merma y rendimiento fueron mejores en la muestra seleccionada. Se observaron defectos en la masa, con porcentajes de pasillas de 5,41 y 9,19 para el café seleccionado y sin seleccionar, respectivamente.

Palabras clave: *Coffea arabica* L., variedad Colombia, rendimiento en trilla, porcentaje de pasillas, calidad.

ABSTRACT

Some physical properties and conversion factors for ripe coffee fruits, wet and dry parchment coffee and green beans of Colombia variety were characterized. Ripe fruit samples were collected at three stages during the harvest of second semester 2005, at farms in the municipalities of Chinchiná, Manizales, Villamaría and Palestina (Caldas). From the mass of harvested coffee berries two type of samples were evaluated: One with selection of only ripe berries and the other without selection of the harvested mass; subsamples of both types of samples were submitted to the traditional colombian wet processing system and their physical characteristics were measured at different stages of the process. Weight, width and thickness of fruit and beans showed a tendency to be higher in the intermediate harvest period; bulk density and moisture content did not change along harvest periods; conversion ratios such as milling and green bean yields were best at the beginning of harvest and at this time, it was also found the least amount of defects in ripe berries, parchment coffee and green beans and both the ratios and defects had a tendency to increase as harvest advanced. When the harvested coffee was carefully selected, it showed better physical characteristics. The conversion ratios were very similar among the sample types, however, the milling and green bean yield percentages were higher in the selected sample and therefore justify this practice. The harvested mass of berries showed in general several defects which represented 5,41 and 9,19 % for selected and non selected samples respectively.

Keywords: *Coffea arabica* L., Colombia variety, conversion ratios, milling and green bean yields.

* Ing. Agrónoma y Profesor Facultad de Ciencias Agropecuarias, respectivamente, Universidad de Caldas

** Investigador Principal. Fitotecnia e Ingeniería Agrícola, respectivamente. Cenicafé.

*** Investigador Científico III. Biometría y Calidad y Manejo Ambiental, respectivamente. Cenicafé.

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

Las constantes son las relaciones físicas entre las características del fruto del café, teniendo en cuenta las transformaciones que sufre desde el estado de cereza madura hasta café almendra. Las constantes físicas son un instrumento útil para evaluar el sistema productivo, 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 (41).

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 (41). Cuando se formularon estas constantes no se discriminaron posibles diferencias por factores propios del proceso de producción, además, en el país han ocurrido cambios sustanciales en el proceso de beneficio, que sumados en los últimos años a la llegada de la roya (*Hemileia vastatrix*) y la broca (*Hypothenemus hampei*), han provocado alteraciones que afectan el rendimiento del café. Aunque recientes estudios (16, 37) han actualizado algunas propiedades físicas y factores de conversión, éstos no han sido recopilados ni adecuados a las condiciones actuales de la caficultura colombiana, lo que puede conducir a imprecisiones en la comercialización y en el sistema de calificación de la calidad.

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.

Los rendimientos y la composición química del grano de café pueden modificarse por factores como la especie y/o la variedad (2, 3, 14, 36), la naturaleza y la fertilidad del suelo, las condiciones atmosféricas y ambientales

(11, 20), el manejo agronómico como la densidad de siembra (7, 9, 12, 13, 27, 29), el manejo de sombrero (1, 21), el manejo de podas (14), los planes de fertilización (25, 29, 39), la edad de la plantación y las plagas y enfermedades (4, 5, 28). De igual manera, el período y distribución de la cosecha (6, 10, 14, 26, 40 42), el contenido de humedad del café cereza y los métodos y calidad de la recolección (24), influyen en los rendimientos y las características del grano (15, 17, 37). Así mismo, un café cultivado técnicamente y recolectado eficientemente, puede perder sus cualidades como consecuencia de un beneficio inadecuado (8, 30, 38).

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. Además, es necesario conocer claramente la metodología y documentar los procedimientos empleados para su estimación, con el fin de permitir la reproducibilidad y estandarización en las metodologías utilizadas. Los resultados obtenidos serán una guía útil para la toma de decisiones en toda la cadena productiva del café y para futuros estudios de caracterización de la calidad física del grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. En los municipios de Manizales, Villamaría, Chinchiná y Palestina (Caldas) se seleccionaron nueve lotes de café variedad Colombia, de características contrastantes en cuanto a la oferta ambiental, densidad de siembra y manejo agronómico (cultivo a sol o sombra, fertilización); además, se tuvo en cuenta la localización, edad del cultivo (siembras de 1999 en adelante o primera zoca), control de plagas, enfermedades y arvenses. El proceso de postcosecha de las muestras se realizó en las instalaciones del Beneficiadero Experimental de Cenicafé

hasta obtener el café pergamino seco. Los análisis físicos del café en pergamino seco y en almendra se efectuaron en el laboratorio de calidad de la Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental de Cenicafé.

Materiales. Se evaluó café de la variedad Colombia (*Coffea arabica* L.) caracterizado por su porte bajo y resistencia a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). Los materiales necesarios para el procesamiento de las muestras de café fueron: despulpadora Gaviota 300 (300 kg.h⁻¹), silo secador tipo Cenicafé de aire forzado (50°C/18h), balanza electrónica con capacidad de 12.000 g y sensibilidad de 1g, recipientes plásticos y bandejas de secado de 80 x 80 cm.

Para el análisis físico, los materiales y equipos de laboratorio usados fueron: divisor cónico tipo Boemer Seedburo equipment, medidor de humedad Kappa Serie 12-333, estufa de temperatura constante VMR Scientific MODELO 1350 FSM, trilladora Granel 200 g.min⁻¹, serie de tamices Seedburo equipment y agitador Granel, calibrador digital Mitutoyo de 15 cm con sensibilidad de 0,01mm, balanza analítica Mettler Toledo (Cap. 6.100 g) con sensibilidad de 0,01g y recipientes plásticos pequeños Vanyplas No. 3.

Metodología. En tres épocas de la cosecha, que se definieron así: *inicio*, del 1 de agosto al 15 de septiembre de 2005, *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 tomó una muestra de 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 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 masa, los cambios que el fruto de café sufre desde la recepción hasta obtener el café almendra, para luego determinar los factores de conversión de interés. Para el beneficio tradicional, que consta de los siguientes pasos: Recepción del café cereza, despulpado, fermentación, lavado, escurrido y secado, a cada tipo de masa se le realizó el procedimiento que se describe a continuación:

Recepción del café cereza. La muestra de 12 kg de café cereza se depositó en la tolva, y de ésta 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)* (23).

En tres muestras de 10 g cada una, tomadas del kilogramo de muestra, 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* (22).

En 100 frutos tomados de la muestra de 1 kg, se midieron en cada uno de ellos los diámetros ecuatorial y polar (ancho y grosor) y el peso.

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

Despulpado. Los 12 kg de café cereza se despulparon en una máquina Gaviota 300. Se determinó el peso total del café baba y la pulpa obtenida, así:

De la pulpa se tomó una muestra de 1 kg para determinar la densidad aparente de acuerdo con la Norma Técnica NTC 4607 (23). Del café despulpado se tomó una muestra de 1 kg para determinar la densidad aparente, humedad, peso, ancho y largo del grano, como se describió anteriormente. Al estimar el 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 húmedo: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 (43), para realizar las operaciones siguientes:

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 obtenido se tomó una muestra compuesta de 1 kg y se realizaron los

procedimientos descritos para determinar la densidad aparente, humedad, peso, ancho y largo del grano. Para estimar el contenido de humedad de los granos el tiempo de secado 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 tres horas hasta tener el café escurrido. Se tomó una muestra compuesta de 1 kg, y se le aplicaron los procedimientos para determinar la densidad aparente, humedad, peso, ancho y largo 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, 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 18h, hasta llegar a humedad entre 11 y 12%. Cuando el peso del café disminuyó en un 47%, se detuvo el secado y se dejó reposar el café durante 4 h, hasta que se enfrió y se uniformizó la humedad en los granos. Después de las 4 h se utilizó el medidor Kappa para registrar la humedad.

Se midió el peso del café en pergamino seco, y se tomó una muestra compuesta de 1 kg, a la cual se aplicaron los procedimientos descritos anteriormente para determinar la densidad aparente, humedad, peso, ancho y largo humedad del grano. Para la estimación

del contenido de humedad el tiempo de secado del grano fue de 16 h+1 h+1 h.

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 (19) 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 (34) y en almendra PACFS-12 (33); la información de estos análisis se resumió en el formato de registro de análisis de la calidad física del café RACF- 11 (35).

El café pergamino se trilló para obtener café almendra, y se registró su peso. Del café almendra se tomó un muestra compuesta de 1 kg, y se le aplicaron los procedimientos para determinar la densidad aparente, humedad, peso, ancho y largo 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, humedad, peso, ancho y largo del grano en pergamino seco y en grano almendra; 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 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. Las relaciones

de conversión y rendimientos se estimaron en dos estados diferentes en el proceso de beneficio de café.

Análisis estadístico. Estimación de las medidas de tendencia central y variación, para cada una de las variables de interés citadas, en cada tipo de masa analizada, por época de cosecha y en general.

Estimación de los intervalos de confianza para el promedio, con un coeficiente del confianza del 95%, para los defectos en café cereza, pergamino seco y almendra, para cada tipo de masa en las épocas de cosecha.

Para cada tipo de masa, comparación de los promedios de las épocas de cosecha, con la prueba de Duncan al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de las fincas donde provenía el café. Los ecotopos cafeteros son regiones cafeteras con condiciones comunes de clima, suelo y relieve, en donde el cultivo de café, bajo un mismo manejo se expresa en forma similar. Las fincas que hicieron parte de este experimento corresponden al Ecotopo 206A.

Las fincas se ubicaron en un rango altitudinal entre 1.300 y 1.565 m. El 55,5% de los lotes provenían de siembras nuevas y el 45,5% restante, correspondió a lotes de primera zoca, por lo tanto, la edad promedio de los cultivos estuvo entre 2,5 y 6 años. Los lotes son manejados a libre exposición.

En estos lotes la fertilización se realiza dos veces por año y generalmente utilizan la fórmula 17-6-18-2. Sólo en dos fincas, la fertilización se formula bajo el análisis de suelos y las necesidades nutricionales del cultivo. La plaga más limitativa reportada

por los caficultores es la broca, y para su control utilizan insecticidas de categoría III o IV. En cuanto a enfermedades no se reportaron enfermedades limitantes. El manejo integrado de arvenses se realiza combinando el selector de arvenses, plateo, uso de guadaña y aspersión química, esta última de dos a cuatro aplicaciones por año.

Análisis de la muestra seleccionada. Con respecto a la muestra seleccionada, en el café cereza la densidad aparente fue igual en las tres épocas de cosecha, mientras que en las otras características sí se presentaron diferencias. La humedad del fruto fue mayor en la época intermedia y final; el peso y los diámetros ecuatorial y polar, fueron mayores en el intermedio de la cosecha (Tabla 1). Es probable que las precipitaciones previas a la recolección en la época intermedia, influyeran en los cambios de tamaño y peso del fruto (11, 44). En la zona del ecotopo citado, la

precipitación de septiembre a octubre es la mayor del segundo semestre.

En el proceso de despulpado, el porcentaje de pulpa fresca y las densidades aparentes de la pulpa fresca y del grano de café en baba fueron iguales en las tres épocas de cosecha. La humedad y el largo del grano en baba presentaron los valores más altos en las épocas intermedia y final, mientras que el peso del grano en baba fue mayor en el intermedio de la cosecha y los granos más anchos se encontraron al final de la cosecha. En cuanto a las relaciones de conversión de café cereza:pulpa fresca, café cereza:café baba y café pergamino:pulpa fresca, los valores promedios en cada época de cosecha fueron estadísticamente iguales (Tabla 2).

En el grano lavado, las variables densidad aparente y humedad, y las relaciones de conversión café cereza:café lavado y café

Tabla 1. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas en la etapa de recepción del café por época de cosecha. Café cereza.

| Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|--|------------------|----------|----------|
| Densidad aparente (kg.m ³) | Inicio | 620,07 A | 2,05 |
| | Intermedio | 623,16 A | 1,76 |
| | Final | 621,52 A | 2,26 |
| Humedad (%) | Inicio | 67,52 B | 1,40 |
| | Intermedio | 69,33 A | 1,79 |
| | Final | 70,23 A | 2,69 |
| Peso (g) | Inicio | 1,92 C | 17,97 |
| | Intermedio | 2,04 A | 18,26 |
| | Final | 1,99 B | 19,94 |
| Diámetro ecuatorial (mm) | Inicio | 13,51 C | 14,36 |
| | Intermedio | 14,93 A | 7,88 |
| | Final | 14,67 B | 7,26 |
| Diámetro polar (mm) | Inicio | 15,43 C | 10,08 |
| | Intermedio | 16,39 A | 7,68 |
| | Final | 16,05 B | 7,73 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según la prueba de Duncan al 5%.

baba:café lavado, fueron estadísticamente iguales en las épocas de cosecha. Los granos más pesados se registraron al inicio e intermedio de la cosecha y los más anchos y largos se presentaron en la época intermedia (Tabla 3).

Para el café escurrido, la densidad aparente y la humedad del grano fueron estadísticamente iguales, en las tres épocas de cosecha. Los valores más altos para el peso y largo del grano se presentaron en la época intermedia, mientras que los granos más anchos se encontraron al inicio e intermedio de la cosecha (Tabla 4).

En la muestra seleccionada, los valores promedios para el porcentaje total de defectos y de granos guayaba en el café pergamino seco fueron iguales en las tres épocas de cosecha; los valores promedios para el porcentaje de grano pelado fueron menores para el inicio de la cosecha y las impurezas fueron mayores al intermedio, respecto al

inicio de la cosecha. La humedad en las tres épocas de cosecha, cumplió con las normas vigentes para la comercialización del café pergamino seco, las cuales establecen un contenido de humedad entre 10 y 12% (32). La densidad aparente fue igual en las épocas de cosecha evaluadas. Los granos más pesados se registraron al inicio y al intermedio de la cosecha, y los más anchos y largos en la época intermedia. Las relaciones café cereza:café pergamino y café baba:café pergamino fueron iguales en las épocas de cosecha, mientras que para la relación café lavado:café pergamino el menor promedio se dio al inicio de la cosecha respecto al final (Tabla 5).

Los defectos en el café almendra pueden ser consecuencia de múltiples factores como la variedad cultivada, el proceso de cultivo, el beneficio y la trilla; por lo tanto, diferenciar por épocas de cosecha para algunos defectos, no es lo más adecuado, dado que los defectos que se originan en el proceso

Tabla 2. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas durante el proceso de despulpado del café, por época de cosecha. Café en baba.

| Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) | Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|---|------------------|----------|----------|--------------------------------------|------------------|----------|----------|
| Porcentaje de pulpa fresca (%) | Inicio | 43,58 A | 2,86 | Ancho del grano baba (mm) | Inicio | 9,16 B | 9,09 |
| | Intermedio | 44,17 A | 2,51 | | Intermedio | 9,19 B | 8,39 |
| | Final | 44,29 A | 3,25 | | Final | 9,37 A | 8,00 |
| Densidad aparente: pulpa (kg.m ⁻³) | Inicio | 294,69 A | 5,25 | Largo del grano baba (mm) | Inicio | 12,62 B | 8,49 |
| | Intermedio | 298,80 A | 6,22 | | Intermedio | 12,73 A | 9,11 |
| | Final | 305,72 A | 4,95 | | Final | 12,81 A | 8,61 |
| Densidad aparente: grano en baba (kg.m ⁻³) | Inicio | 819,98 A | 3,68 | Relación café cereza:pulpa fresca | Inicio | 2,32 A | 2,97 |
| | Intermedio | 830,21 A | 2,23 | | Intermedio | 2,29 A | 2,87 |
| | Final | 829,95 A | 1,83 | | Final | 2,31 A | 2,62 |
| Humedad del grano baba (%) | Inicio | 57,12 B | 2,59 | Relación café cereza:baba | Inicio | 1,78 A | 2,42 |
| | Intermedio | 59,67 A | 2,56 | | Intermedio | 1,81 A | 2,99 |
| | Final | 59,35 A | 1,86 | | Final | 1,83 A | 6,34 |
| Peso del grano baba (g) | Inicio | 0,55 B | 22,33 | Relación café pergamino:pulpa fresca | Inicio | 2,10 A | 6,29 |
| | Intermedio | 0,62 A | 20,50 | | Intermedio | 2,15 A | 5,01 |
| | Final | 0,56 B | 20,61 | | Final | 2,19 A | 7,63 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según la prueba de Duncan al 5%.

Tabla 3. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas en el café lavado, por época de cosecha. Café lavado.

| Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|--|------------------|----------|----------|
| Densidad aparente (kg.m ⁻³) | Inicio | 702,57 A | 2,13 |
| | Intermedio | 698,20 A | 1,58 |
| | Final | 704,85 A | 1,09 |
| Humedad (%) | Inicio | 50,40 A | 1,59 |
| | Intermedio | 50,91 A | 1,06 |
| | Final | 50,55 A | 2,04 |
| Peso (g) | Inicio | 0,40 A | 17,08 |
| | Intermedio | 0,40 A | 20,10 |
| | Final | 0,38 B | 20,32 |
| Ancho (mm) | Inicio | 8,69 B | 7,45 |
| | Intermedio | 8,76 A | 7,50 |
| | Final | 8,66 B | 7,99 |
| Largo (mm) | Inicio | 12,30 B | 8,66 |
| | Intermedio | 12,45 A | 8,93 |
| | Final | 12,19 C | 8,61 |
| Relación café cereza: café lavado | Inicio | 2,56 A | 5,24 |
| | Intermedio | 2,55 A | 4,39 |
| | Final | 2,58 A | 5,75 |
| Relación café en baba:café lavado | Inicio | 1,42 A | 4,30 |
| | Intermedio | 1,41 A | 4,09 |
| | Final | 1,41 A | 6,93 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según la prueba de Duncan al 5%.

Tabla 4. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas en el café escurrido, por época de cosecha.

| Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|---|------------------|----------|----------|
| Densidad aparente (kg.m ⁻³) | Inicio | 685,43 A | 1,91 |
| | Intermedio | 686,46 A | 1,59 |
| | Final | 689,63 A | 1,73 |
| Humedad (%) | Inicio | 49,18 A | 2,76 |
| | Intermedio | 50,26 A | 2,03 |
| | Final | 49,60 A | 3,46 |
| Peso (g) | Inicio | 0,39 B | 17,68 |
| | Intermedio | 0,41 A | 18,05 |
| | Final | 0,39 B | 19,09 |
| Ancho (mm) | Inicio | 8,80 A | 7,37 |
| | Intermedio | 8,86 A | 6,96 |
| | Final | 8,73 B | 7,54 |
| Largo (mm) | Inicio | 12,25 B | 8,48 |
| | Intermedio | 12,56 A | 7,94 |
| | Final | 12,34 B | 8,09 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según la prueba de Duncan al 5%.

del cultivo dependen de las condiciones que se presentan durante el desarrollo del fruto, básicamente por la disponibilidad hídrica y por la competencia en presencia simultánea de frutos de diferentes estados de desarrollo, que en últimas se reflejarán en las épocas de cosecha.

También es importante considerar que para los granos negros, cardenillo, deformado, cuticulado, guayaba, flojo y averanado, la variabilidad de los datos en las épocas de cosecha y en los tipos de muestra hace difícil una interpretación de la diferenciación entre épocas. Los valores promedios para el

Tabla 5. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas en el café pergamino seco por época de cosecha.

| Variable | Época de cosecha ^a | Promedio | C.V. (%) | Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|---|-------------------------------|----------|----------|----------------------------|------------------|----------|----------|
| Total defectos (%) | Inicio | 1,27 A | 38,59 | Peso (g) | Inicio | 0,22 A | 15,87 |
| | Intermedio | 1,99 A | 53,65 | | Intermedio | 0,22 A | 18,09 |
| | Final | 1,48 A | 47,03 | | Final | 0,21 B | 19,59 |
| Grano guayaba (%) | Inicio | 0,76 A | 55,68 | Ancho (mm) | Inicio | 8,52 B | 6,80 |
| | Intermedio | 1,15 A | 92,77 | | Intermedio | 8,64 A | 7,55 |
| | Final | 0,65 A | 90,59 | | Final | 8,48 B | 7,90 |
| Grano pelado (%) | Inicio | 0,22 B | 35,66 | Largo (mm) | Inicio | 11,97 B | 7,68 |
| | Intermedio | 0,35 A | 36,00 | | Intermedio | 12,12 A | 8,01 |
| | Final | 0,43 A | 24,69 | | Final | 11,93 B | 8,52 |
| Impurezas (%) | Inicio | 0,28 B | 28,00 | Relación cereza: pergamino | Inicio | 4,87 A | 4,43 |
| | Intermedio | 0,49 A | 42,26 | | Intermedio | 4,89 A | 4,60 |
| | Final | 0,39 AB | 26,97 | | Final | 5,07 A | 7,78 |
| Densidad aparente (kg.m ⁻³) | Inicio | 393,70 A | 2,62 | Relación baba: pergamino | Inicio | 2,71 A | 3,36 |
| | Intermedio | 385,52 A | 3,51 | | Intermedio | 2,74 A | 3,91 |
| | Final | 395,11 A | 4,19 | | Final | 2,76 A | 6,41 |
| Humedad (%) | Inicio | 11,91 A | 7,60 | Relación lavado: pergamino | Inicio | 1,89 B | 1,50 |
| | Intermedio | 11,13 AB | 4,87 | | Intermedio | 1,93 AB | 1,04 |
| | Final | 10,88 B | 12,56 | | Final | 1,95 A | 3,65 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según la prueba de Duncan al 5%.

porcentaje de grano veteado, brocado, vinagre y astillado o partido fueron iguales en las tres épocas de cosecha evaluadas. Al final de la cosecha se presentó el mayor porcentaje de defectos totales respecto al inicio, y en el caso del grano inmaduro los mayores contenidos se presentaron al final de la cosecha, mientras que los menores contenidos de grano mordido o cortado se presentaron al inicio de la cosecha (Tabla 6).

La densidad aparente del café almendra fue igual en las tres épocas de cosecha. El peso

del grano fue mayor en la época intermedia, mientras que los mayores promedios del ancho y el largo se presentaron en la época inicial de la cosecha (Tabla 6).

El peso de café almendra después de trilla fue mayor al inicio de la cosecha y el promedio del peso de café almendra retenido en cada malla fue igual para las tres épocas evaluadas. El valor medio de rendimiento en trilla fue más bajo al inicio de la cosecha. Los valores promedios para la merma en trilla

y para las cuatro relaciones de conversión del café almendra fueron iguales en las tres épocas de cosecha (Tabla 6).

Análisis de la muestra sin seleccionar.
En la masa cosechada sin seleccionar, los promedios de frutos verdes, sobremaduros,

Tabla 6. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas en el café almendra por época de cosecha.

| Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) | Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|--|------------------|----------|----------|------------------------------|------------------|----------|----------|
| Defectos totales (%) | Inicio | 3,70 B | 35,16 | Peso (g) | Inicio | 0,18 B | 16,73 |
| | Intermedio | 5,67 AB | 48,85 | | Intermedio | 0,19 A | 18,42 |
| | Final | 6,85 A | 35,85 | | Final | 0,18 B | 18,05 |
| Grano deformado (%) | Inicio | 0,13 B | 138,79 | Ancho (mm) | Inicio | 7,25 A | 7,05 |
| | Intermedio | 0,00 B | 0,00 | | Intermedio | 7,12 B | 7,89 |
| | Final | 0,46 A | 99,77 | | Final | 6,97 C | 8,40 |
| Grano averanado (%) | Inicio | 0,01 A | 300,00 | Largo (mm) | Inicio | 9,92 A | 8,39 |
| | Intermedio | 0,01 A | 300,00 | | Intermedio | 9,64 B | 8,60 |
| | Final | 0,03 A | 300,00 | | Final | 9,52 C | 9,03 |
| Grano veteado (%) | Inicio | 0,41 A | 67,66 | Peso después de trilla (g) | Inicio | 198,50 A | 1,77 |
| | Intermedio | 0,36 A | 128,37 | | Intermedio | 193,28 B | 2,92 |
| | Final | 0,46 A | 149,01 | | Final | 190,45 B | 2,87 |
| Grano cuticulado (%) | Inicio | 0,05 A | 172,44 | Malla 17 (%) | Inicio | 75,81 A | 10,49 |
| | Intermedio | 0,17 A | 123,23 | | Intermedio | 76,59 A | 12,73 |
| | Final | 0,13 A | 198,66 | | Final | 67,52 A | 22,59 |
| Grano guayaba (%) | Inicio | 0,00 A | 0,00 | Malla 16 (%) | Inicio | 15,48 A | 29,73 |
| | Intermedio | 0,02 A | 205,11 | | Intermedio | 15,41 A | 36,75 |
| | Final | 0,00 A | 300,00 | | Final | 19,98 A | 37,00 |
| Grano brocado (%) | Inicio | 0,99 A | 60,72 | Malla 15 (%) | Inicio | 6,00 A | 38,16 |
| | Intermedio | 2,13 A | 78,45 | | Intermedio | 5,68 A | 49,01 |
| | Final | 2,31 A | 63,60 | | Final | 8,82 A | 58,06 |
| Grano negro (%) | Inicio | 0,05 A | 243,51 | Malla 14 (%) | Inicio | 2,20 A | 58,23 |
| | Intermedio | 0,02 A | 152,23 | | Intermedio | 1,87 A | 61,69 |
| | Final | 0,02 A | 237,91 | | Final | 2,91 A | 79,67 |
| Grano inmaduro (%) | Inicio | 0,17 B | 107,86 | Malla 12 (%) | Inicio | 0,42 A | 103,43 |
| | Intermedio | 0,10 B | 84,11 | | Intermedio | 0,38 A | 78,55 |
| | Final | 0,41 A | 73,38 | | Final | 0,70 A | 113,60 |
| Grano mordido o cortado (%) | Inicio | 0,92 B | 46,62 | Malla 0 (%) | Inicio | 0,06 A | 95,38 |
| | Intermedio | 1,55 A | 29,91 | | Intermedio | 0,04 A | 99,39 |
| | Final | 1,51 A | 40,11 | | Final | 0,02 A | 101,58 |
| Grano vinagre (%) | Inicio | 0,32 A | 88,83 | Merma en trilla (%) | Inicio | 17,51 A | 2,89 |
| | Intermedio | 0,34 A | 133,16 | | Intermedio | 17,70 A | 2,03 |
| | Final | 0,63 A | 33,87 | | Final | 18,05 A | 4,91 |
| Grano cardenillo (%) | Inicio | 0,00 A | 0,00 | Rendimiento en trilla (g) | Inicio | 88,62 B | 1,78 |
| | Intermedio | 0,00 A | 0,00 | | Intermedio | 90,99 A | 2,78 |
| | Final | 0,00 A | 0,00 | | Final | 93,63 A | 3,20 |
| Grano flojo (%) | Inicio | 0,00 A | 0,00 | Relación cereza: almendra | Inicio | 6,12 A | 5,93 |
| | Intermedio | 0,00 A | 0,00 | | Intermedio | 6,20 A | 4,63 |
| | Final | 0,00 A | 0,00 | | Final | 6,37 A | 8,28 |
| Grano astillado o partido (%) | Inicio | 0,70 A | 52,84 | Relación baba: almendra | Inicio | 3,41 A | 6,07 |
| | Intermedio | 0,94 A | 51,36 | | Intermedio | 3,40 A | 4,93 |
| | Final | 0,81 A | 66,15 | | Final | 3,47 A | 7,10 |
| Densidad aparente (g.m ⁻³) | Inicio | 709,51 A | 1,15 | Relación lavado: almendra | Inicio | 2,39 A | 4,49 |
| | Intermedio | 707,49 A | 0,90 | | Intermedio | 2,41 A | 1,89 |
| | Final | 712,98 A | 1,77 | | Final | 2,45 A | 3,98 |
| Humedad (%) | Inicio | 12,35 A | 7,70 | Relación pergamino: almendra | Inicio | 1,25 A | 4,87 |
| | Intermedio | 11,66 AB | 5,25 | | Intermedio | 1,25 A | 1,04 |
| | Final | 11,26 B | 10,18 | | Final | 1,25 A | 1,91 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según la prueba de Duncan al 5%, para el promedio.

secos y perforados por broca fueron iguales estadísticamente en las tres épocas de cosecha evaluadas, por lo tanto, el promedio de estas variables, independientemente de la época de cosecha, representa las características descritas (Tabla 7).

Según la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (18), 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 7).

La densidad aparente del café cereza fue estadísticamente igual en las épocas de cosecha evaluadas; la humedad del fruto fue mayor al final respecto al inicio de la cosecha, los frutos menos pesados se

encontraron al inicio de ésta; mientras que los diámetros ecuatorial y polar del fruto mostraron diferencias a favor de la época final (Tabla 8).

En la etapa de despulpado los valores promedios para el porcentaje de pulpa fresca, las densidades aparentes de la pulpa y el grano, y las relaciones de conversión del café en baba fueron iguales en las tres épocas de cosecha. La humedad y el ancho del grano en baba fueron mayores en la época intermedia respecto al final de la cosecha, y los granos más pesados y largos se observaron en las épocas intermedia y final (Tabla 9).

En la muestra sin seleccionar, en el café lavado, la densidad aparente y humedad del grano lavado y las relaciones de conversión entre café cereza:café lavado y café baba:café

Tabla 7. Promedios e intervalos de confianza para las características de la masa de café 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 | 9,1 | 14,42 |
| Frutos secos (%) | Inicio | 1,48 | 3,47 | 5,46 |
| | Intermedio | 1,53 | 3,56 | 5,59 |
| | Final | 3,45 | 6,4 | 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%

Tabla 8. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas en la etapa de recepción del café por época de cosecha.

| Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|---|------------------|----------|----------|
| Densidad aparente (kg.m ⁻³) | Inicio | 613,08 A | 2,30 |
| | Intermedio | 614,30 A | 2,86 |
| | Final | 622,13 A | 2,57 |
| Humedad (%) | Inicio | 67,61 B | 1,99 |
| | Intermedio | 69,01 AB | 4,00 |
| | Final | 69,91 A | 3,16 |
| Peso (g) | Inicio | 1,74 B | 22,57 |
| | Intermedio | 1,92 A | 20,01 |
| | Final | 1,90 A | 21,50 |
| Diámetro ecuatorial (mm) | Inicio | 13,25 C | 14,35 |
| | Intermedio | 14,27 B | 7,98 |
| | Final | 14,44 A | 7,88 |
| Diámetro polar (mm) | Inicio | 15,16 C | 10,06 |
| | Intermedio | 15,96 B | 7,93 |
| | Final | 16,19 A | 7,72 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según la prueba de Duncan al 5%

Tabla 9. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas durante el proceso de despulpado del café, por época de cosecha.

| Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) | Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|--|------------------|----------|----------|----------------------------------|------------------|----------|----------|
| Porcentaje de pulpa fresca (%) | Inicio | 43,36 A | 2,73 | Ancho (mm) | Inicio | 8,96 B | 8,37 |
| | Intermedio | 43,60 A | 3,32 | | Intermedio | 9,07 A | 9,29 |
| | Final | 43,79 A | 3,89 | | Final | 9,03 AB | 11,10 |
| Densidad aparente: pulpa (kg.m ⁻³) | Inicio | 296,36 A | 4,61 | Largo (mm) | Inicio | 12,27 B | 9,47 |
| | Intermedio | 294,32 A | 4,63 | | Intermedio | 12,40 A | 9,96 |
| | Final | 303,91 A | 6,03 | | Final | 12,39 A | 10,84 |
| Densidad aparente: baba (kg.m ⁻³) | Inicio | 792,39 A | 4,71 | Relación cereza: pulpa fresca | Inicio | 2,34 A | 3,13 |
| | Intermedio | 817,12 A | 2,09 | | Intermedio | 2,34 A | 7,27 |
| | Final | 800,71 A | 5,88 | | Final | 2,31 A | 3,58 |
| Humedad del grano baba (%) | Inicio | 57,04 B | 3,07 | Relación cereza:baba | Inicio | 1,79 A | 2,34 |
| | Intermedio | 59,33 A | 2,69 | | Intermedio | 1,81 A | 2,49 |
| | Final | 58,48 AB | 2,92 | | Final | 1,80 A | 3,48 |
| Peso (g) | Inicio | 0,54 B | 21,53 | Relación pergamino: pulpa fresca | Inicio | 2,03 A | 5,11 |
| | Intermedio | 0,55 A | 20,40 | | Intermedio | 2,12 A | 7,17 |
| | Final | 0,55 A | 22,36 | | Final | 2,13 A | 7,33 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según la prueba de Duncan al 5%

lavado fueron estadísticamente iguales, en las tres épocas de cosecha. Los granos más pesados se presentaron al inicio y al intermedio de la cosecha y los de mayor tamaño (ancho y largo) se encontraron en la época intermedia (Tabla 10).

Para las variables evaluadas en el café escurrido, los valores promedios para la

densidad aparente y la humedad del grano fueron estadísticamente iguales en las épocas de cosecha evaluadas; mientras que se presentaron diferencias para el peso del grano a favor de las épocas de inicio e intermedio de la cosecha, y para el ancho y largo del grano se presentaron diferencias a favor de la época intermedia (Tabla 11).

Tabla 10. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas en el café lavado, por época de cosecha.

| Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|--|------------------|----------|----------|
| Densidad aparente (kg.m ⁻³) | Inicio | 698,51 A | 1,91 |
| | Intermedio | 688,78 A | 1,98 |
| | Final | 693,69 A | 1,68 |
| Humedad (%) | Inicio | 51,17 A | 3,58 |
| | Intermedio | 51,51 A | 2,14 |
| | Final | 51,49 A | 4,48 |
| Peso (g) | Inicio | 0,40 A | 18,05 |
| | Intermedio | 0,40 A | 20,16 |
| | Final | 0,37 B | 21,73 |
| Ancho (mm) | Inicio | 8,57 B | 8,17 |
| | Intermedio | 8,75 A | 7,62 |
| | Final | 8,57 B | 8,59 |
| Largo (mm) | Inicio | 12,14 B | 9,52 |
| | Intermedio | 12,34 A | 8,60 |
| | Final | 12,19 B | 8,89 |
| Relación cereza:lavado | Inicio | 2,46 A | 4,15 |
| | Intermedio | 2,49 A | 6,29 |
| | Final | 2,44 A | 7,43 |
| Relación baba:lavado | Inicio | 1,37 A | 3,74 |
| | Intermedio | 1,38 A | 5,32 |
| | Final | 1,35 A | 7,93 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según la prueba de Duncan al 5%.

Tabla 11. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas en el café escurrido, por época de cosecha.

| Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|---|------------------|----------|----------|
| Densidad aparente (kg m ⁻³) | Inicio | 678,26 A | 2,68 |
| | Intermedio | 677,97 A | 1,91 |
| | Final | 678,70 A | 2,23 |
| Humedad (%) | Inicio | 49,78 A | 2,18 |
| | Intermedio | 50,81 A | 2,46 |
| | Final | 50,41 A | 3,00 |
| Peso (g) | Inicio | 0,38 A | 18,08 |
| | Intermedio | 0,38 A | 18,92 |
| | Final | 0,37 B | 17,98 |
| Ancho (mm) | Inicio | 8,61 B | 9,56 |
| | Intermedio | 8,80 A | 7,27 |
| | Final | 8,50 C | 9,95 |
| Largo (mm) | Inicio | 12,05 B | 9,54 |
| | Intermedio | 12,27 A | 8,76 |
| | Final | 11,78 C | 11,54 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según prueba de Duncan al 5%.

Según la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (19), en el café pergamino se admite hasta un 3% de grano guayaba, un 2% de grano pelado y un 0,5% de impurezas. Para las tres épocas de cosecha evaluadas, el porcentaje de grano pelado cumple con los estándares, dado que el límite superior para la estimación del promedio de esta variable fue menor a lo establecido (2%). En el caso del porcentaje de impurezas, no se cumplió con las recomendaciones establecidas (Tabla 12).

En el café sin seleccionar y en las tres épocas de cosecha, la humedad del grano estuvo dentro las normas vigentes para la comercialización del café pergamino seco (32). El porcentaje total de defectos en pergamino seco, la densidad aparente y el ancho del grano fueron estadísticamente iguales en las tres épocas de cosecha; mientras que los granos menos pesados se obtuvieron al final y los más largos se presentan al intermedio y final de la cosecha. Para las relaciones de conversión de café cereza:café pergamino y café baba:café pergamino los valores promedios fueron iguales para las tres épocas de cosecha, mientras que en la relación café lavado:café pergamino sí hubo diferencias estadísticas, con la mejor relación al inicio de la cosecha (Tabla 13).

En la muestra sin seleccionar, en el café almendra, los porcentajes totales de defectos y granos inmaduros y mordidos o cortados, mostraron diferencias estadísticas con mayores promedios al final de la cosecha; para los porcentajes de granos veteados, brocados, vinagres y astillados, los valores promedios fueron iguales para las épocas de cosecha (Tabla 14).

Los valores promedios para la densidad aparente del café almendra fueron iguales en las tres épocas. El peso del grano almendra fue mayor en la época intermedia y los granos más anchos se obtuvieron en las épocas inicio e intermedio de cosecha, mientras que los más largos se registraron al inicio de la cosecha (Tabla 14).

El peso del café almendra después de trilla fue menor al final de la cosecha. Los valores promedios para el peso de café almendra retenido en cada malla fueron iguales en las épocas de cosecha evaluadas. La merma en trilla fue igual en las tres épocas de cosecha, el rendimiento en trilla y la relación café pergamino:café almendra fueron mejores en las épocas inicio e intermedio de cosecha y la relación café cereza/café almendra fue mejor al inicio de la cosecha, mientras que las relaciones café baba:café almendra y

Tabla 12. Promedio e intervalo de confianza para los defectos del café pergamino seco, por época de cosecha.

| Variable | Época de cosecha | LI | Promedio | LS |
|-------------------|------------------|------|----------|------|
| Grano guayaba (%) | Inicio | 1,43 | 2,71 | 3,99 |
| | Intermedio | 1,07 | 2,31 | 3,55 |
| | Final | 1,21 | 3,00 | 4,79 |
| Grano pelado (%) | Inicio | 0,29 | 0,89 | 1,49 |
| | Intermedio | 0,41 | 0,61 | 0,81 |
| | Final | 0,39 | 0,79 | 1,19 |
| Impurezas (%) | Inicio | 0,42 | 0,72 | 1,02 |
| | Intermedio | 0,54 | 0,86 | 1,18 |
| | Final | 0,54 | 0,90 | 1,26 |

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

Tabla 13. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas en el café pergamino seco, por época de cosecha.

| Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|---|------------------|----------|----------|
| Total defectos (%) | Inicio | 4,32 A | 56,28 |
| | Intermedio | 3,78 A | 60,62 |
| | Final | 4,70 A | 77,31 |
| Densidad aparente (kg m ⁻³) | Inicio | 390,45 A | 3,05 |
| | Intermedio | 381,25 A | 3,33 |
| | Final | 385,56 A | 3,90 |
| Humedad (%) | Inicio | 12,04 A | 9,20 |
| | Intermedio | 11,08 B | 5,16 |
| | Final | 10,63 B | 10,18 |
| Peso (g) | Inicio | 0,21 A | 17,90 |
| | Intermedio | 0,21 A | 18,89 |
| | Final | 0,20 B | 20,05 |
| Ancho (mm) | Inicio | 8,45 A | 7,70 |
| | Intermedio | 8,45 A | 8,64 |
| | Final | 8,40 A | 8,10 |
| Largo (mm) | Inicio | 11,80 B | 7,77 |
| | Intermedio | 11,89 A | 8,69 |
| | Final | 11,91 A | 8,23 |
| Relación cereza:pergamino | Inicio | 4,76 A | 2,84 |
| | Intermedio | 4,96 A | 4,70 |
| | Final | 4,94 A | 5,42 |
| Relación baba:pergamino | Inicio | 2,65 A | 1,99 |
| | Intermedio | 2,74 A | 4,21 |
| | Final | 2,74 A | 6,04 |
| Relación lavado:pergamino | Inicio | 1,93 B | 3,55 |
| | Intermedio | 1,98 AB | 2,31 |
| | Final | 2,02 A | 3,23 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según la prueba de Duncan al 5%

café lavado:café almendra fueron mejores al inicio respecto al final de la cosecha (Tabla 14).

Resumen de las propiedades físicas y los factores de conversión del café. Las propiedades físicas y los factores de conversión del café evaluadas anteriormente, pueden agruparse haciendo una comparación con el documento elaborado por Uribe (41), que actualmente es utilizado en la cadena productiva del café, y los datos obtenidos

en este experimento, bajo dos tipos de muestra analizados. En las Tablas 17, 18 y 20 se muestran los promedios de los datos obtenidos, para las variables evaluadas que son comunes en los dos estudios, y en las Tablas 16 y 17 se presentan las variables que no fueron consideradas en el estudio de Uribe (41).

En la evaluación de la calidad del café considerando los defectos en el fruto, en el café pergamino y en almendra, en la

Tabla 14. Promedios y coeficientes de variación para las variables evaluadas en el café almendra, por época de cosecha.

| Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) | Variable | Época de cosecha | Promedio | C.V. (%) |
|---|------------------|----------|----------|------------------------------|------------------|----------|----------|
| Defectos totales (%) | Inicio | 6,99 B | 48,89 | Peso (g) | Inicio | 0,17 B | 18,32 |
| | Intermedio | 7,92 B | 66,19 | | Intermedio | 0,18 A | 17,50 |
| | Final | 12,65 A | 40,34 | | Final | 0,17 B | 21,03 |
| Grano deformado (%) | Inicio | 0,09 B | 207,00 | Ancho (mm) | Inicio | 7,13 A | 7,40 |
| | Intermedio | 0,10 B | 198,73 | | Intermedio | 7,11 A | 8,52 |
| | Final | 0,43 A | 46,28 | | Final | 6,88 B | 8,56 |
| Grano averanado (%) | Inicio | 0,00 A | 300,00 | Largo (mm) | Inicio | 9,61 A | 8,26 |
| | Intermedio | 0,09 A | 300,00 | | Intermedio | 9,50 B | 9,84 |
| | Final | 0,00 A | 0,00 | | Final | 9,32 C | 10,49 |
| Grano veteado (%) | Inicio | 0,40 A | 41,00 | Peso después de trilla (g) | Inicio | 190,73 A | 3,97 |
| | Intermedio | 0,58 A | 131,18 | | Intermedio | 188,60 A | 6,10 |
| | Final | 1,04 A | 98,96 | | Final | 176,84 B | 6,51 |
| Grano cuticulado (%) | Inicio | 0,15 A | 111,72 | Malla 17 (%) | Inicio | 70,11 A | 11,59 |
| | Intermedio | 0,08 A | 158,10 | | Intermedio | 69,75 A | 10,21 |
| | Final | 0,21 A | 209,38 | | Final | 62,11 A | 26,16 |
| Grano guayaba (%) | Inicio | 0,09 A | 147,54 | Malla 16 (%) | Inicio | 17,30 A | 29,80 |
| | Intermedio | 0,12 A | 208,87 | | Intermedio | 17,74 A | 24,29 |
| | Final | 0,00 A | 300,00 | | Final | 21,76 A | 27,83 |
| Grano brocado (%) | Inicio | 2,53 A | 87,68 | Malla 15 (%) | Inicio | 8,05 A | 24,82 |
| | Intermedio | 3,33 A | 101,24 | | Intermedio | 7,99 A | 22,05 |
| | Final | 5,31 A | 79,66 | | Final | 10,23 A | 52,54 |
| Grano negro (%) | Inicio | 0,07 A | 157,96 | Malla 14 (%) | Inicio | 3,54 A | 37,35 |
| | Intermedio | 0,07 A | 83,11 | | Intermedio | 3,18 A | 33,14 |
| | Final | 0,08 A | 138,35 | | Final | 4,54 A | 76,95 |
| Grano inmaduro (%) | Inicio | 0,25 B | 122,38 | Malla 12 (%) | Inicio | 0,90 A | 56,77 |
| | Intermedio | 0,19 B | 106,19 | | Intermedio | 1,26 A | 137,50 |
| | Final | 0,97 A | 93,95 | | Final | 1,29 A | 124,21 |
| Grano mordido o cortado (%) | Inicio | 1,63 B | 63,68 | Malla 0 (%) | Inicio | 0,07 A | 93,40 |
| | Intermedio | 1,66 B | 32,56 | | Intermedio | 0,04 A | 107,63 |
| | Final | 2,51 A | 27,79 | | Final | 0,04 A | 80,23 |
| Grano vinagre (%) | Inicio | 0,72 A | 82,86 | Merma en trilla (%) | Inicio | 17,97 A | 4,04 |
| | Intermedio | 0,72 A | 130,53 | | Intermedio | 18,27 A | 3,57 |
| | Final | 1,05 A | 71,73 | | Final | 18,97 A | 7,98 |
| Grano cardenillo (%) | Inicio | 0,00 A | 0,00 | Rendimiento en trilla (g) | Inicio | 92,83 B | 4,21 |
| | Intermedio | 0,00 A | 0,00 | | Intermedio | 94,36 B | 6,24 |
| | Final | 0,09 A | 300,00 | | Final | 100,77 A | 7,65 |
| Grano flojo (%) | Inicio | 0,03 A | 300,00 | Relación cereza/ almendra | Inicio | 5,98 B | 3,91 |
| | Intermedio | 0,00 A | 0,00 | | Intermedio | 6,35 A | 5,66 |
| | Final | 0,00 A | 0,00 | | Final | 6,38 A | 5,70 |
| Grano astillado o partido (%) | Inicio | 0,97 A | 47,67 | Relación baba/ almendra | Inicio | 3,33 B | 2,97 |
| | Intermedio | 0,94 A | 43,84 | | Intermedio | 3,45 AB | 5,27 |
| | Final | 0,92 A | 65,30 | | Final | 3,53 A | 6,10 |
| Densidad aparente (kg m ⁻³) | Inicio | 709,05 A | 1,05 | Relación lavado/ almendra | Inicio | 2,42 B | 3,83 |
| | Intermedio | 705,18 A | 1,07 | | Intermedio | 2,50 AB | 3,63 |
| | Final | 707,70 A | 1,08 | | Final | 2,61 A | 6,11 |
| Humedad (%) | Inicio | 12,43 A | 9,17 | Relación pergamino/ almendra | Inicio | 1,25 B | 1,55 |
| | Intermedio | 11,51 B | 3,92 | | Intermedio | 1,26 B | 1,79 |
| | Final | 10,98 B | 8,93 | | Final | 1,28 A | 2,91 |

Para cada variable, letras distintas indican diferencias entre promedios por época de cosecha, según prueba de Duncan al 5%.

muestra seleccionada se obtuvieron los menores valores para todos los defectos, lo que justifica la importancia de la selección de la muestra antes de iniciar el proceso de beneficio, para mantener la calidad del café; teniendo en cuenta que defectos como los granos guayaba, brocados, inmaduros y otros de origen genético o agronómico, no

pueden ser considerados como deficiencias en el proceso beneficio (Tabla 16).

En este experimento, los valores para las densidades aparentes del café en todos sus estados, fueron mayores que los encontrados por Uribe (41) (Tabla 17). Oliveros y Roa (31) reportan valores de densidad aparente

Tabla 15. Promedio e intervalo de confianza para los defectos totales en café almendra (pasillas), por época de cosecha.

| Variable | Época de cosecha | LI | Promedio | LS |
|----------------------|------------------|------|----------|-------|
| Defectos totales (%) | Inicio | 4,71 | 6,99 | 9,27 |
| | Intermedio | 4,43 | 7,92 | 11,41 |
| | Final | 9,25 | 12,65 | 16,05 |

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

Tabla 16. Calidad del café en frutos, café pergamino seco y en almendra

| | Presente estudio | |
|--|-------------------|----------------------|
| | Café seleccionado | Café sin seleccionar |
| Calidad de la masa recién cosechada (%) | | |
| Granos verdes | 0 | 9,45 |
| Granos sobremaduros | 0 | 6,13 |
| Granos secos | 0 | 4,48 |
| Granos 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 |
| Total defectos | 1,58 | 4,27 |
| Calidad de la masa en almendra (%) | | |
| Grano vinagre | 0,43 | 0,83 |
| Grano decolorado veteado | 0,41 | 0,67 |
| Grano mordido o cortado | 1,33 | 1,93 |
| Grano brocado | 1,81 | 3,72 |
| Grano astillado o partido | 0,82 | 0,94 |
| Grano inmaduro | 0,23 | 0,47 |
| Otros defectos | 0,36 | 0,56 |
| Total defectos | 5,41 | 9,12 |

de 665 kg.m⁻³ para el fruto (equivalente a g.L⁻¹), 894 g.L⁻¹ para café en baba, 758 g.L⁻¹ para café lavado, 439 g.L⁻¹ para café pergamino seco y 776 g.L⁻¹ para café almendra, y contrario a Uribe (41), los datos encontrados en este experimento fueron menores que los reportados por Oliveros y Roa (31). Estas diferencias de resultados para

los tres trabajos, pueden ser consecuencia de las metodologías que se utilizaron; para el caso de Uribe (41) no se documenta la metodología, Oliveros y Roa (31) 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

Tabla 17. Propiedades físicas del café.

| | Uribe (1977) | Presente estudio (2006) | |
|--|--------------|-------------------------|----------------------|
| | | Café Seleccionado | Café sin seleccionar |
| Densidad aparente (kg m⁻³) | | | |
| Fruto | 600 | 621,57 | 616,50 |
| Pulpa fresca | 270 | 299,74 | 298,20 |
| Grano de café 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 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 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 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

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 el cálculo de la densidad aparente se realizó con base 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)* (23).

Al comparar los datos obtenidos por Uribe (41) 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 el trabajo de Uribe (41) se trabajó

con café 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 18).

En la Tabla 19 se observa que en la muestra seleccionada se obtiene el valor más alto de café después de trilla, es decir, se obtiene más café pergamino en buen estado y mayor porcentaje de café supremo (retenido en malla 17) (19).

Un lote de café cereza con alto porcentaje de frutos maduros, con rigurosa limpieza y clasificación en el proceso de beneficio permite obtener café seco de alta calidad con los mejores factores de rendimiento y calidad del café. El porcentaje de merma y el rendimiento fueron mejores en la muestra seleccionada y justifican la labor de seleccionar la muestra.

Tabla 18. Relaciones de conversión.

| | Uribe | Presente estudio (2006) | |
|--|--------|-------------------------|----------------------|
| | (1977) | 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 baba | 1,67 | 1,81 | 1,80 |
| Relación café cereza/café lavado | 2,43 | 2,56 | 2,46 |
| Relación café cereza/café pergamino | 4,5 | 4,94 | 4,89 |
| Relación café cereza/café almendra | 5,56 | 6,23 | 6,23 |
| Relación café cereza/pulpa fresca | 2,4 | 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

Tabla 19. Análisis granulométrico del café almendra.

| | Café seleccionado | Café sin seleccionar |
|-------------------------------|-------------------|----------------------|
| Peso después 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 |

En este estudio se presenta el valor promedio de las variables evaluadas y los rangos en los que éstas oscilan, por épocas de cosecha y tipos de muestra (clasificado y sin clasificar). Esta información es útil para el diseño de beneficiaderos (tanques, secadores, fosas) y en los procesos de comercialización y calificación de la calidad de café. Otro aporte de este estudio es la presentación de la metodología con la que se realizó el cálculo de las propiedades físicas y los factores de conversión para estudios futuros.

AGRADECIMIENTOS

A la Disciplina de Fitotecnia de Cenicafé. A los Ingenieros Nelson Rodríguez y Diego Zambrano y Gloria P. Alzate del área de Biodigestión y al señor Farid López y el personal de las instalaciones de Beneficio de Cenicafé. Al personal del laboratorio de Calidad de Cenicafé de la Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental de Cenicafé. A los caficultores que apoyaron este trabajo con el suministro del café cereza. A todo el personal de Cenicafé y a todos los que contribuyeron a la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

1. ALARCÓN M., O.; ALDAZABAL R., M.; MARTÍNEZ, J.T. Influencia del sol y la sombra en la calidad y el rendimiento del grano de café. Centro Agrícola 23(1-3):11-16. 1996.
2. ALVARADO A., G. Mejoramiento de las características agronómicas de la variedad Colombia mediante la variación de su composición. Avances Técnicos Cenicafé No. 304: 1-8. 2002.
3. ALVARADO A., G.; PUERTA Q., G.I. La variedad Colombia y sus características de calidad física y en taza. Avances Técnicos Cenicafé No. 303: 1-4. 2002.
4. ÁNGEL C., C.A.; DUQUE O., H. Estimación de la función de pérdida causada por la Mancha de Hierro *Cercospora coffeicola* Berk. y Cook, en frutos de café. In: CONGRESO de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, 24. Armenia, Junio 25-27, 2003. Memorias. Armenia, ASCOLFI, 2003. p. 35.
5. ÁNGEL C., C.A.; DUQUE O., H.; MONTOYA R., E.C.; PUERTA Q., G.I. Efecto de la Mancha de Hierro en frutos *Cercospora coffeicola* Berk. y Cooke, sobre la calidad del café. In: CONGRESO de la Asociación Colombiana de Fitopatología, 25. Palmira, Agosto 11-13, 2004. Memorias. Palmira, CIAT, 2004. p. 31.
6. BARBOZAH., C.; AMAYAL., F.L. Análisis de la calidad del grano y de la bebida del café variedad Caturra en función de la maduración y el tiempo de fermentación. Agronomía Tropical 46(3): 289 – 311. 1996.

Tabla 20. Factores de conversión para realizar transformaciones entre los estados del grano de café.

| Para convertir de | a | Uribe (1977) | Multiplique por | |
|-------------------|--------------|--------------|-------------------------|----------------------|
| | | | 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.

7. BROWNING, G.; FISHER, N.M. High density coffee yields results for the first cycle from systematic plant spacing designs. *Kenya Coffee* 41(483): 209 – 217. 1976.
8. CARBONELL, R.J.; VILANOVA M., T. Beneficiado rápido y eficiente del café mediante el uso de soda caústica. *El Café de El Salvador* 22 (248 -249): 411 – 556.1952.
9. CARVALHO, A.; MONACO, L.C.; FAZUOLI, L.C. Melhoramento do cafeeiro. XXXV. Altura e profundidade das plantas e características das sementes de progenies e híbridos de café plantados a uma e quatro plantas por cova. *Bragantia* 34(20):295-308. 1975.
10. CASTILLO Z., J. Tamaño del grano de la variedad Caturra en campos de demostración. *Cenicafé* 10(9): 397 – 418. 1959.
11. CLEVES S., R. Efecto de la lluvia durante la época de recolección sobre los componentes del café en fruta. San José de Costa Rica, Oficina del Café, 1970. 27 p. (Boletín Técnico No. 3).
12. CORTÉS H., S.L. Las altas densidades de plantación en el café. Su influencia sobre el crecimiento y desarrollo. In: INSTITUTO Nacional de Ciencias Agrícolas; Logros XX Aniversario; 1970-1980. La Habana, INCA, 1990. p. 75.
13. CORTÉS H., S.L.; PÉREZ, A. Influencia de las altas densidades de plantación sobre los rendimientos y la calidad del grano. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie: Café y Cacao* 4(2):29-39. 1985.
14. COSTE, R. El café. Barcelona. Editorial Blume, 1968. 285 p.
15. 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.
16. FAJARDOP, 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 – 2969. 2003.
17. FAJARDO P., I.F; SANZ U., J.R.. La calidad física y el rendimiento del café en los procesos de beneficio tradicional y beneficio ecológico (Becolsub). *Avances Técnicos Cenicafé No. 323: 1-8. 2004.*
18. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Cartilla cafetera. Tomo II. Bogotá, FNC, 2004.
19. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA – FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Normas sobre calidad del café. Bogotá, FNC, 1988. 4 p.
20. GIALLULY, M. Factors affecting the inherent quality of green coffee. *Coffee and Tea Industries and the Flavor Field* 81(11): 127 – 132. 1958.
21. GUYOT, B.; GUEULE, D.; MANEZ, J.C.; PERRIOT, J.J.; VILLAIN, L. Influence de l'atititude et de l'ombrage sur la qualité des cafés arabica. *Plantations Recherche Développement* 3(4): 272 – 283. 1996.
22. 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).
23. 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).
24. MARÍN L., S.M. Caracterización de los estados de maduración del fruto del café. Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2003. 105 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
25. MEHLICH, A. Mineral nutrition in relation to yield and quality of Kenya coffee. I: Effect of nitrogen fertilizers, mulch and other materials on yield and grade "A" quality of coffee. *Kenya Coffee* 32(382):399 – 407.1967.
26. MENCHÚ E., J.F; IBARRA A., E.L.; FUENTES N., E.F. Efecto del período de cosecha y de los métodos de eliminación del mucílago y secamiento en los rendimientos del café. *Investigaciones Agropecuarias Guatemala* 1(3): 125 – 136. 1960.
27. MITCHELL, H.W. Research on close-spacing systems for intensive coffee production in Kenya. Part I. *Kenya Coffee* 41(481):124-136. 1976.
28. MONTOYA R., E.C. Caracterización de la infestación del café por la Broca y efecto del daño en la calidad de la bebida. *Cenicafé* 50(4):245-258. 1999.
29. NJOROGÉ, J.M.; KIMEMIA, J.K. Influence of tree training and plant density on yields of an improved cultivar of *Coffea arabica*. *Experimental Agriculture* 30(1):89-94. 1994.

30. OLIVEROS T., C.E. El desmucilaginado mecánico del café. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 216: 1-8. 1995.
31. OLIVEROS T., C.E.; ROAM, G. Coeficiente de fricción, ángulo de reposo y densidades aparentes de granos de café *Coffea arabica* variedad Caturra. *Cenicafé* 36(1): 22 – 39. 1985.
32. PUERTA Q., G.I. El beneficio y la calidad del café. Chinchiná, Cenicafé, 1995. 45 p.
33. 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).
34. 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).
35. PUERTA Q., G.I. Registro de análisis de la calidad física del café. Chinchiná, Cenicafé, 2005. 1 p. (RACF- 11).
36. PUERTA Q., G.I.; QUICENO O., A.L.; ZULUAGA V., J. La calidad del café verde: composición, proceso y análisis. Chinchiná, Cenicafé, 1988. 251 p.
37. 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.
38. ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; ÁLVAREZ G., J.; RAMÍREZ G., C.A.; ÁLVAREZ H., J.R. Desarrollo de la tecnología Becolsub para el beneficio ecológico del café. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 238: 1-6. 1997.
39. SAMAYOAJ, J.D.; SÁNCHEZ G., V. Comparación de la incidencia de enfermedades del fruto en sistemas de producción de café orgánico y convencional. *Manejo Integrado de Plagas* No. 60: 36 – 42. 2001.
40. UPRETI, G.; BITTENBENDER, H.C.; INGAMELLS, J.L. Rapid estimation of coffee yield. *In: Colloque Scientifique International sur le Café*, 14. San Francisco, Juillet 14-19, 1991. Paris, ASIC, 1991. p. 585-593.
41. URIBE H., A. Constantes físicas y factores de conversión en café. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 65: 1-3. 1997.
42. VÉLEZA, B.E.; JARAMILLO R., A.; CHAVES C., B.; FRANCO A., M. Distribución de la floración y la cosecha de café en tres altitudes. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 272: 1-4. 2000.
43. ZAMBRANO F., D.A.; ISAZA H., J. H. Lavado de café en los tanques de fermentación. *Cenicafé* 45(3): 106 – 118. 1994.
44. ZULUAGA V., J. Los factores que determinan la calidad del café verde. *In: 50 años de Cenicafé 1938 – 1988, Conferencias Conmemorativas*. Chinchiná, Cenicafé, 1990. p. 167 – 183.