

CALIDAD FÍSICA DEL CAFÉ DE VARIAS REGIONES DE COLOMBIA SEGÚN ALTITUD, SUELOS Y BUENAS PRÁCTICAS DE BENEFICIO

Gloria Inés Puerta-Quintero*

PUERTA Q., G.I. Calidad física del café de varias regiones de Colombia según altitud, suelos y buenas prácticas de beneficio. Revista Cenicafé 67 (1): 7-40. 2016

Se midió la calidad física de 162 muestras de café con trazabilidad registrada de origen y procesos de la finca y con aplicación *in situ* de Buenas Prácticas Agrícolas en el beneficio - BPA y se relacionó con la calidad del café en taza. El promedio de la humedad del café pergamino fue de 11,1%, aunque 40% de las muestras presentaron desviaciones por sobresecado o por incompleto secado, que se asociaron a granos decolorados y tazas con defectos a reposo y terroso. Las muestras de café de mejor calidad presentaron en promedio 92,4 a 93,5 de factor de rendimiento en trilla, 75,3% a 74,4% de almendra sana en compra y 17,4% de merma. Los menores rendimientos en trilla se obtuvieron en el café cultivado por encima de los 1.600 m y con procesos BPA, fermentación y secado al sol. Los defectos del grano más frecuentes en todas las regiones fueron brocado, decolorado y vinagre y sus mayores valores se encontraron en zonas por debajo de 1.300 m. La genética de la variedad de café tuvo más influencia en el tamaño del grano que la altitud y el origen geográfico. Se demostró que la calidad del café en taza está influenciada por la humedad y el tipo y cantidad de defectos físicos del grano. La calidad del café se deteriora a pesar de que los granos defectuosos se eliminan antes de tostarlo, por lo tanto, es necesario realizar buenas prácticas de clasificación desde la finca en las etapas de procesamiento, para mejorar la consistencia en la calidad del café.

Palabras clave: Defectos, trazabilidad, fermentación, secado, rendimiento en trilla.

PHYSICAL QUALITY OF COFFEE FROM VARIOUS REGIONS OF COLOMBIA ACCORDING TO ALTITUDE, SOILS AND GOOD PROCESSING PRACTICES

The physical quality of 162 samples of coffee with registered origin traceability and farm processes and with *in situ* use of Good Agricultural Practices—GAP was measured and related to the quality of coffee cup. The average moisture of parchment coffee was 11.1%, although 40% of the samples showed deviations due to over-drying or incomplete drying associated with discolored bean and rest and earthy cups. The best quality samples had on average 92.4 to 93.5 of threshing factor performance, 75.3% to 74.4% of healthy beans purchase and 17.4% loss. The lowest threshing yields were obtained in coffee grown above 1,600 m under GAP, fermentation and sun drying processes. The most common bean flaws in all the regions were coffee berry borer, discoloring and vinegars, and the highest values were found in areas below 1,300 m. The genetics of the coffee variety had more influence on the bean size than altitude and geographical origin. Moisture and the type and amount of physical flaws of bean influenced the coffee cup quality. Coffee quality deteriorates even when faulty beans are removed before roasting, therefore, it is necessary to carry out suitable classification practices from the farm in the processing stages to improve consistency in the quality of coffee.

Keywords: Flaws, traceability, fermentation, drying, threshing performance.

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

Las especificaciones de calidad, suavidad, sabores y aromas dulces y acidez alta y agradable del café de Colombia han sido reconocidas mundialmente en el mercado (16, 17, 18, 20). Los granos de café de Colombia son cultivados y procesados por 563 mil productores, en cerca de 400 mil fincas ubicadas en 20 departamentos. Las regiones cafeteras de Colombia disponen de diversas unidades de suelos, condiciones climáticas y rangos de altitud, la mayoría adecuados para el cultivo de las variedades Arábica (7). El café de Colombia se procesa por el método húmedo, para el cual se requiere contar con frutos de café maduro provenientes de una recolección selectiva; luego, los frutos se despulpan y se retira el mucilago de los granos, mediante la fermentación natural o mecánicamente (Becolsub), después los granos se lavan y secan al sol o por medios mecánicos.

Cuando el café está seco, los caficultores transportan el café pergamino a las cooperativas o puntos de compra. Posteriormente, el café es almacenado en las bodegas de Almacafé o de trilladoras particulares, y es allí donde se retira el pergamino y se hacen las clasificaciones por tamaño, peso, densidad, y finalmente se retiran y clasifican los defectos, de acuerdo con la resolución 05 del 2002 del Comité Nacional de Cafeteros de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (8). En esta resolución se establecen los criterios y el número máximo admisible de defectos en el café a exportar, en dos grupos, así:

- Defectos del primer grupo: granos negros llenos, parciales o secos, vinagres enteros o parciales, reposados amarillos o carmelitas y ámbar o mantequilla
- Defectos del segundo grupo: grano flojo, cardenillo, decolorado (veteado y blanqueado), mordido o cortado, picado

por insectos, sobre secado o quemado, partido, malformado o deformado, inmaduro, aplastado, flotador o balsudo, averanado o arrugado.

Al mismo tiempo, el café de buena calidad presenta buen sabor, sin sustancias contaminantes en el grano y en la bebida, composición química natural y buenas características físicas del grano (16).

Los defectos del café se presentan cuando los granos o la bebida carecen de las cualidades propias y esperadas del producto. Los defectos del café en almendra constituyen un producto no conforme y dañan el aspecto físico de los granos; además, producen bebidas con aromas y sabores desagradables o pérdida de su inocuidad. Los granos brocados, vinagres, negros, decolorados, mordidos y mohosos son los defectos del café que tienen mayor efecto negativo en la calidad de la bebida (16, 19).

Los granos defectuosos se presentan desde la etapa del cultivo, principalmente por plagas como la broca del café. Sin embargo, la mayoría de los defectos del café se generan por un inadecuado beneficio; es así como en unas pocas horas puede deteriorarse la calidad de los granos producidos, lo cual se constituye en pérdidas de oportunidad y de mejores precios o de bonificación por el producto. Se estima que más del 80% de los defectos del grano, que incluyen los granos vinagres, decolorados, flojos y mohosos son ocasionados por un inadecuado beneficio y secado. Algunos defectos se generan en una etapa del procesamiento del café y otros tienen su causa en fallas en varias de las etapas del proceso del café (6, 19).

En la investigación sobre el mejoramiento de la calidad del café por medio de la prevención de mohos, que se desarrolló en los años 2001 y 2002, en 59 fincas ubicadas

en los municipios de Chinchiná, Palestina, Manizales en el departamento de Caldas, y en Santa Rosa de Cabal en Risaralda, se encontró que el 67% de las muestras tomadas presentaron defectos fermento o *stinker* en la bebida. En el 82% de las fincas que usaban la fermentación mezclaban cafés despulpados por dos hasta 9 días, y el 41% de aquellas que desmucilaginan el café lo mezclaban con cafés por dos hasta 5 días, y sólo en la mitad de las fincas se lavaba este café antes de secarlo. El defecto contaminado y fenólico se percibió en el 3,6% de las muestras de café pergamino de estas fincas¹.

En los análisis de la calidad del café procedente de las diferentes agencias y cooperativas del país, realizados en septiembre y diciembre de 2013, y en los meses de mayo, julio y diciembre de 2014, se encontraron los siguientes valores en promedio: 4,4% de defectos en taza conformados por 41,9% de fermento, 33,5% de químico y fenol, 14,8% de reposo y 9,9% de moho; el porcentaje de granos de café brocados en estos meses varió de 0% a 12,1%, con un promedio de 2,0%²³⁴⁵⁶.

La recolección de frutos maduros y sanos son los primeros requisitos para obtener café de buena calidad; sin embargo, para asegurar la calidad del café hasta la bebida es necesario que en los procesos poscosecha, como el beneficio, secado y almacenamiento, se apliquen las buenas prácticas agrícolas y de manufactura, para garantizar una producción de buena calidad desde la finca (15).

Salazar *et al.* (27) afirman que un mayor sombrío a una altitud menor a 700 m, favorece la calidad del café arábica en Costa Rica, y condiciones de altitud entre 1.000 y 1.300 m, con sombrío moderado, influyen en la uniformidad, mayor tamaño del grano y mejor calidad de la bebida. Duicela *et al.* (2), en todas las regiones del Ecuador, registraron que las características organolépticas del café son similares y que el tamaño del grano se relacionó con el sabor, la acidez y el cuerpo. Silva *et al.* (28), para café descascado de Minas Gerais (Brasil), cultivado en rangos de altitud de 700 a 920 m y entre 920 y 1.120 m, concluyeron que la presencia de granos defectuosos ejerce una mayor influencia sobre la calidad, que el factor altitud.

El tamaño y forma del grano de café depende principalmente de la variedad botánica cultivada. Adicionalmente, el cultivo del café se desarrolla y crece dentro de un rango térmico de 18 a 22°C, temperaturas que corresponden a diferentes altitudes, según la latitud en los países productores de café. Por ejemplo, para Brasil este rango está entre 400 y 1.100 m, en Centroamérica entre los 700 y 1.700 m y para Colombia entre 1.200 y 1.850 m (11).

En esta investigación se midieron las características físicas del grano de café proveniente de 162 fincas, variables que se analizaron con respecto a la trazabilidad de origen (departamento, unidad de suelo, altitud y variedad) y de proceso (tipo de beneficio fermentación vs desmucilaginado mecánico-Becolsub, secado al sol vs mecánico

¹ CENICAFÉ. Mejoramiento de la calidad del café por medio de la prevención de mohos. p. 5-70. En: Informe anual de actividades de investigación: Disciplina Química industrial. Chinchiná: Cenicafe, 2002. 103 p.

² ALMACAFÉ. Informe mensual de taza Septiembre de 2013. Bogotá: Gerencia Técnica, 2013.

³ ALMACAFÉ. Informe mensual de taza Diciembre de 2013. Bogotá: Gerencia Técnica, 2013.

⁴ ALMACAFÉ. Informe mensual de taza Mayo de 2014. [Bogotá: Gerencia Técnica, 2014.

⁵ ALMACAFÉ. Informe mensual de taza Julio de 2014. Bogotá: Gerencia Técnica, 2014.

⁶ ALMACAFÉ. Informe mensual de taza Diciembre de 2014. Bogotá: Gerencia Técnica, 2014.

y de la aplicación de buenas prácticas vs los procesos de beneficio realizados en las fincas de diferentes regiones). Se midieron las variables: humedad del café en pergamino y almendra, total defectos y total de almendra sana, proporción de granos brocados, decolorados, vinagres, mordidos, factor de rendimiento en trilla, proporción de grano almendra en cada tamaño de malla, y proporción de almendra sana vs la cantidad de pergamino entregado por el caficultor en el punto de compra.

Mediante la trazabilidad del café de cada sistema de producción y con la evaluación de las características físicas del café producido se diagnosticaron las fallas asociadas a los procesos de beneficio y almacenamiento del café de estas fincas y regiones. Se midió el impacto en la calidad física del grano de café por la aplicación *in situ* en las fincas de las buenas prácticas agrícolas de beneficio vs la calidad del grano producido en cada finca por métodos tradicionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de las fincas. Las fincas y lotes de café se escogieron entre Cenicafé y el Servicio de Extensión en el año 2005, teniendo en cuenta los registros del Sistema de Información Cafetera SICA, la información climática de los municipios, altitudes y unidades de suelos, en los respectivos departamentos; además, las fincas del muestreo cumplieron con los siguientes requisitos para participar en la investigación:

1. Fincas en municipios y departamentos de producción de café en Colombia donde el Servicio de Extensión identificara la aplicación de buenas prácticas agronómicas.
2. Fincas representativas del departamento que se hubieran destacado por su calidad,

según criterios y registros del Servicio de Extensión de la zona

3. Cultivos del segundo y tercer año de producción
4. Cultivos que no se renovarían por siembra o zoqueo en los 2 años siguientes al inicio del muestreo.
5. Lotes de café dentro de los rangos de altitud en estudio (menor a 1.300 m, entre 1.300 y 1.600 m y por encima de 1.600 m), con información conocida sobre la unidad de suelo y el tipo de variedad cultivada.
6. Disponibilidad de la finca para: marcación del lote, visita del Extensionista para la toma de las muestras de café, durante al menos 2 años de cosechas.

Registros de trazabilidad. En Cenicafé se preparó un formato para el registro de la trazabilidad del café de las fincas, con base en el Avance Técnico No. 355 (23), que se compartió con cada uno de los Extensionistas y en el cual se registraron la localización geográfica de la finca y el lote, el departamento, el municipio, la vereda, el nombre de la finca, la altitud del lote, la temperatura ambiente, la unidad de suelo, la variedad, la edad del lote, el porcentaje de infestación por broca en la finca y en el lote, las enfermedades del cafetal, el tipo de productos usados para el manejo fitosanitario del cultivo, las prácticas realizadas en cada etapa del beneficio, el tipo de despulpado, el tipo de remoción de mucílago, el tipo de fermentación, los tiempos de fermentación, la forma de lavado, el tipo de secado, el combustible, el lugar y las condiciones de almacenamiento, el tipo de empaque y la forma de venta del café que se producía en la finca en las fechas de desarrollo de esta investigación.

Procedencia de las muestras. Los cultivos de café se localizaron en 216 lotes, 162 fincas ubicadas entre 1.050 y 2.050 m de altitud, en 15 unidades de suelos, 112 veredas, 35 municipios, siete departamentos cafeteros (Antioquia, Caldas, Cesar, Huila, Quindío, Tolima y Santander), además de varios lotes de las Estaciones Experimentales de Cenicafe en Pueblo Bello, Santander, Paraguaicito y Naranjal (Tablas 1 y 2).

Se coordinó el cronograma para la toma de muestras en cada departamento según la época de cosecha. Así, para el segundo semestre del año 2005 se inició la investigación con las cosechas de los departamentos de Antioquia, Quindío, Caldas, Cesar (Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía del Perijá) y Santander. El primer semestre del 2006 se realizó el primer muestreo en Tolima y

Huila, y el segundo semestre el muestreo se realizó en los departamentos de Antioquia, Quindío, Caldas, Cesar y Santander. En el 2007 se completaron los muestreos de Tolima y Huila. Al final de la investigación, en cada departamento, al Coordinador de Extensión se le enviaron los resultados de los análisis sensoriales de cada muestra, finca y cosecha, junto con las recomendaciones en los procesos para mejorar la calidad del producto de cada finca.

Prácticas de beneficio. Para el estudio del efecto de los factores de proceso de beneficio en la calidad del café de las fincas, se tomaron dos tipos de muestras según dos prácticas de beneficio: café proceso finca, que correspondió a la muestra de café pergamino que se había producido en días recientes al muestreo, según el método

Tabla 1. Localización de las fincas participantes en el muestreo de trazabilidad de la calidad del grano de café.

| Departamento | Municipio | Vereda | Departamento | Municipio | Vereda |
|--------------|-----------|----------------|--------------|---------------|--------------|
| Antioquia | Andes | Alto del Rayo | Huila | Acevedo | El Mesón |
| | | Bajo Cañaveral | | | La Marimba |
| | | Cascajero | | | La Palma |
| | | El Chispero | | | San Isidro |
| | | La Pava | | | La Esmeralda |
| | Betania | Momblán | | Aipe | La Primavera |
| | | Palestina | | Campo Alegre | San Miguel |
| | | San Gregorio | | Hobo | El Batán |
| | Concordia | Sorrento | | Estoracal | |
| | | Yarumal | | El Recreo | |
| | | Cajones | | Ibirco | |
| | | El Tirado | | Juancho | |
| | | La Italia | | San Francisco | |
| | Palermo | Las Ánimas | | Villa María | |
| | | Pueblo Rico | | El Triunfo | |
| Santa Rita | | Pradera | | | |
| Yarumal | | El Mirador | | | |
| Zona Urbana | Guadalito | | | | |

Continúa...

...continuación

| Departamento | Municipio | Vereda | Departamento | Municipio | Vereda |
|---------------------|--------------------|----------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| Antioquia | Fredonia | La Loma | Huila | Pitalito | Alto Naranjo |
| | | La Toscana | | | Betania |
| | Murrupal | Los Laureles | | | |
| | Giraldo | La Sierrita | | Rivera | Buena Vista |
| | Pueblo Rico | Castalia | | | Honda Alta |
| Patudal | | Loma Larga | | | |
| Cesar | Santa Bárbara | El Guayabo | Tolima | Santa María | El Encanto |
| | | Las Mercedes | | | San Joaquín |
| | | Los Naranjos | | | Santa Helena |
| | La Paz | Morro Plancho | | Teruel | Arrayanes |
| | | Filo Machete | | | La Floresta |
| Pueblo Bello | La Laguna | Ibagué | La María | | |
| | Cabecera Municipal | | Río Íquira | | |
| | Costa Rica | | El Cural | | |
| Quindío | Armenia | La Carolina | Rovira | Libano | Perico |
| | | Morro Plancho | | | Aguador Naranjo |
| | | El Caimo | | | Campo Alegre |
| | | El Rhin | | | El Delirio |
| | | La Patria | | | La Trinidad |
| | Buena Vista | La Revancha | Chinchiná | Meseta Baja | |
| | | Marmato | | Meseta Baja (Alta) | |
| | Filandia | Mesopotamia | Manizales | Pantaniillo | |
| | | Río Verde Bajo | | Buenos Aires | |
| | | Barcelona | | Calabazos | |
| Calarcá | | La Española | | La Luisa | |
| | | La Paloma | | La Palmita | |
| Circasia | La Julia | Palestina | Los Andes | | |
| | La Pola | | Pijao | | |
| | Villarazo | | Paz Baja | | |
| Montenegro | El Paraíso | Risaralda | Altamira | | |
| | El Placer | | Naranjal | | |
| | El Vigilante | | El Rosario | | |
| Pueblo Tapao | Calle Larga | Caldas | Hoyo Frío | | |
| | Manizales | | Manizales | | |
| Quimbaya | Pueblo Tapao | Java | Java | | |
| | | | Cartagena | | |
| | El Jazmín | La Esperanza | | | |
| Florida Blanca | Vericute | Santana | Santana | | |
| | | | Sarciri | | |
| | | | Surrumbí | | |

Tabla 2. Rangos de altitud, unidades de suelo y materiales parentales de los sitios de muestreo, en cada departamento.

| Rango de altitud | Unidad de suelo | Material parental | Departamento |
|-------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| Menor a 1.300 m | Chinchiná | Ceniza volcánica | Antioquia |
| | Parnaso-200 | Ígneo extrusivo | |
| | Salgar | Metamórfico | |
| | Suroeste | Sedimentario | |
| | Chinchiná | Ceniza volcánica | Caldas |
| | La Montaña | Ígneo - volcánica | Cesar |
| | Malabar | Ceniza volcánica | Quindío |
| | Montenegro | Ceniza volcánica | |
| | Quindío | Ceniza volcánica | |
| | Líbano | Ceniza volcánica | Tolima |
| San Simón | Ígneo intrusivo | | |
| Entre 1.300 y 1.600 m | Chinchiná | Ceniza volcánica | Antioquia |
| | Parnaso-200 | Ígneo extrusivo | |
| | Suroeste | Sedimentario | |
| | Chinchiná | Ceniza volcánica | |
| | La Montaña | Ígneo - volcánica | Cesar |
| | Perijá | Sedimentario | |
| | Campo Alegre | Ígneo intrusivo | Huila |
| | La Espiga | Ígneo intrusivo | |
| | San Simón | Ígneo intrusivo | |
| | Siberia | Ígneo extrusivo | |
| | Montenegro | Ceniza volcánica | Quindío |
| | Quindío | Ceniza volcánica | |
| | Paujil | Metamórfico | Santander |
| | Líbano | Ceniza volcánica | Tolima |
| San Simón | Ígneo intrusivo | | |
| Mayor a 1.600 m | Parnaso-200 | Ígneo extrusivo | Antioquia |
| | Salgar | Metamórfico | |
| | Suroeste | Sedimentario | |
| | Chinchiná | Ceniza volcánica | Caldas |
| | Perijá | Sedimentario | Cesar |
| | Campo Alegre | Ígneo intrusivo | Huila |
| | La Espiga | Ígneo intrusivo | |
| | San Simón | Ígneo intrusivo | |
| | Siberia | Ígneo extrusivo | |
| | San Simón | Ígneo intrusivo | Tolima |

registrado en la trazabilidad, el cual se tomó del sitio de almacenamiento en la finca; y la muestra de café BPM que se produjo con el café cosechado del mismo lote de la finca, mediante fermentación y secado al sol, por intervención del Extensionista, siguiendo los protocolos de buenas prácticas preparados por Cenicafé para esta investigación (15, 23, 25), y usando los equipos y agua del beneficiadero de la finca.

Beneficio de las muestras de café -BPM en las fincas. Se tomaron 40 kg del café maduro cosechado manualmente, se hizo una separación hidráulica en canecas plásticas usando el agua suministrada al beneficiadero de la finca, allí se descartaron las impurezas, cáscaras y frutos secos; seguidamente, el café se despulpó en una despulpadora de motor y sin agua, el grano en baba se pasó por zaranda y se dejó en fermentación sin agua, durante 16 h, después de las cuales el café se lavó en cuatro enjuagues, siguiendo el método de lavado de Zambrano (29); finalmente, los granos se secaron al sol, en capas de 15 kg por metro cuadrado, en superficies de cemento o mallas, según disponibilidad en las fincas. Las muestras secas se empacaron en bolsas plásticas transparentes, se etiquetaron con el nombre de la finca, lote, variedad, fecha, departamento y municipio y se despacharon a Cenicafé, junto con las muestras de proceso finca, debidamente etiquetadas.

Los registros de trazabilidad del café de las fincas y la información de la etiqueta de las muestras se registraron en bases

de datos. A cada muestra de café se le asignó un código único. Cada muestra se homogeneizó en el divisor Boerner y se repartió en varias muestras para los análisis físicos, sensoriales y de contenidos de elementos químicos del café.

Análisis físicos. Se efectuaron 572 análisis físicos del grano de café siguiendo los métodos estandarizados en el laboratorio de la disciplina de Calidad de Cenicafé^{7,8}. Se homogeneizó un kilogramo de muestra de café pergamino, la humedad se midió en 400 g de café pergamino en el medidor Kappa; se separaron y pesaron los defectos guayaba y pelado del grano de café en pergamino.

Se trillaron 250 g de café pergamino y se separaron los defectos de la almendra; el total de la cantidad de almendra sana de café se clasificó por tamaño en las mallas circulares de 17/64, 16/64, 15/64 y 14/64 pulgadas, se pesaron los granos de café retenidos en cada malla, se estimó el porcentaje de cada tamaño y se determinó el factor de rendimiento en trilla, según el método de FNC (5).

Sobre el peso total de la almendra se estimaron los porcentajes de almendra sana y el total de defectos o almendras defectuosas, y los defectos brocado, vinagre, decolorado, mordido y negro. También se estimó el porcentaje de almendra sana en compra con respecto al peso del pergamino, restando el cisco, las impurezas y la almendra defectuosa.

Análisis estadísticos. Esta investigación es de tipo descriptivo y cuantitativo. La información se organizó para el análisis

⁷ PUERTA Q., G.I. Procedimiento para el análisis de la calidad física del café: Servicio de análisis café almendra. Chinchiná : Cenicafé, 2002. 3 p.

⁸ PUERTA Q., G.I. Procedimiento para el análisis de la calidad física del café: Servicio de análisis café pergamino. Chinchiná : Cenicafé, 2002. 4 p.

estadístico según los factores de origen y de proceso del café, así:

Factores de origen:

- Departamentos de origen: Antioquia, Caldas, Quindío, Santander, Cesar, Tolima, Huila
- Variedades: Caturra, Colombia, Típica, Tabi, Maragogipe, Catimor
- Rangos de altitud: menor a 1.300 m, entre 1.300 y 1.600 m y mayor a 1600 m
- Material parental del suelo: ceniza volcánica, ígneo – volcánica, ígneo - intrusivo, ígneo - extrusivo, sedimentario, metamórfico
- Sombrío: sí y no
- Unidad de suelos: Chinchiná, La Montaña, Montenegro, Parnaso-200, Paujil, Perijá, Quindío, Suroeste, Malabar, Salgar, Campoalegre, La Espiga, Líbano, San Simón, Siberia
- Cosechas: Cos1 y Cos2

Factores de proceso:

- Prácticas de beneficio: proceso finca y BPM
- Tipos de beneficio: fermentación (FN) y Becolsub (BEC)
- Tipos de secado: al sol y mecánico
- Procedencia del agua: nacimiento (manantial) y acueducto

Se efectuó el análisis de estadística descriptiva a través de la estimación de la media, la mediana, el valor mínimo y el valor máximo de cada variable, y se realizó el análisis de varianza ANOVA (Duncan 5%) para comparar las medias estimadas de cada variable de la calidad física del café, según los factores de origen y proceso. Se realizaron análisis de correlación de *Pearson* al nivel del 5%, entre las variables físicas del grano de café con el tamaño de los granos, según la malla; con los rendimientos en trilla y con las cualidades sensoriales de la bebida. Además,

se efectuaron histogramas de frecuencia de la humedad y gráficas de relación entre las variables de rendimientos del grano de café.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de las fincas y los procesos.

El 57% de las fincas tenían áreas superiores a 5,1 ha en café y un 43% correspondieron a fincas pequeñas. En promedio, se registró 1,5% de infestación por broca en los lotes y 2,5% en las fincas. Con respecto a la altitud, el 24,5% de los lotes de café estaban ubicados por debajo de los 1.300 m, 44,4% entre 1.300 y 1600 m y 31,1% por encima de 1.600 m.

En el 70% de las fincas se efectuaba fermentación con agua, en el 46,3% de las fincas realizaban mezclas de café despulpados de varios días, hasta de 5 días. El combustible más usado para el secado del café en las fincas era el carbón mineral, seguido del aceite combustible para motores, ACPM. El 20% de los secadores al sol eran heldas, paseras y carros secadores con superficie de madera, otros tenían marquesinas y patios en cemento.

Se registraron variaciones en maneras, tiempos, infraestructura y mezclas para efectuar el beneficio y el secado del café en las fincas visitadas, que evidenciaron fallas en el control de procesos y riesgos para la buena calidad del café, sobretodo en el secado, en la fermentación y en el desmucilaginado mecánico, así como deficiencias tecnológicas en los equipos que se usaban para el beneficio del café.

Calidad física del café pergamino y almendra de las fincas. Se observó variación en los valores de variables que caracterizan la calidad física del grano de café pergamino y almendra de las fincas. Se registraron

valores extremos, cafés de muy buena calidad y otros de mala calidad. El daño por broca de la almendra contribuyó a un mayor porcentaje de defectos totales del café, un menor contenido de almendra sana y un mayor valor del rendimiento en trilla (Tabla 3). También se encontró un rango alto de variación del contenido de humedad de 9,2% en los granos de café pergamino y 10,2% en los granos almendra.

Humedad del grano de café en pergamino. Solamente el 60% de las muestras presentaron contenidos de humedad dentro del rango admisible (Figura 1). El promedio del contenido de humedad del café en pergamino de las muestras de las fincas fue de 11,1% con un coeficiente de variación (C.V.) de 11,7%, con valores mínimo de 6,9% y máximo de 17,1%, que están fuera del rango admisible de humedad que es del 10% al 12%, donde se garantiza la conservación del producto (Tabla 3).

En todos los departamentos se observaron desviaciones en la humedad del grano de café por sobre secado y por falta de secado del café, lo cual ocasiona pérdidas de dinero y de calidad, así como riesgos para la inocuidad del producto (21, 25). Entre los factores de origen o proceso no hubo diferencias significativas en la humedad del café pergamino, pero sí en la humedad del grano en almendra, según la procedencia; específicamente el café de la unidad Suroeste y Paujil presentaron los mayores valores de porcentaje de humedad máxima. Igualmente, las mayores desviaciones en el contenido de humedad del grano de café se presentaron en las muestras que se procesaron por los métodos de las fincas (Tabla 4).

Aunque los promedios del contenido de humedad del grano de café no mostraron diferencias estadísticas, en general, las

muestras que se sobre-secaron correspondieron a secado mecánico, mientras que aquellas que se dejaron con altos contenidos de humedad fueron secadas al sol. Herrón (10), presentó un diagnóstico de la calidad en taza de 5.000 fincas en Colombia, de tamaños mayores a 10 ha en café, donde se presentaron defectos por fallas en el secado y granos con desviaciones en el valor de humedad comercial del café.

Los resultados hallados en esta investigación demuestran que es necesario mejorar las estrategias de control de la humedad del grano de café en las fincas, mediante capacitación de los caficultores y la disposición de medidores de humedad calibrados para el grano de café en las fincas o en lugares de las veredas cercanas, donde pueda brindarse este servicio a los caficultores. Como contribución a esta necesidad Oliveros *et al.* (13, 14) desarrollaron el método Gravimet, para estimar la humedad del café pergamino durante el secado al sol y en silos.

Calidad física del café pergamino. El café del departamento del Cesar y de la unidad de suelos La Montaña presentó el mayor porcentaje de grano guayaba, valor que fue significativamente diferente del correspondiente valor en el pergamino de los otros orígenes (Tabla 4). Esto explica el alto porcentaje de grano vinagre en los defectos almendra y los sabores a fermento en la bebida, que se encontraron en esta procedencia (26). El contenido de granos guayaba fue mayor en el café procedente de zonas por debajo de 1.300 m., en muestras procesadas por el método de la finca y que se secaron mecánicamente. Aunque los granos guayabas se producen desde la etapa del cultivo por diferentes factores climáticos y bióticos, su presencia en la muestra de café pergamino permite inferir que faltaron los controles y clasificaciones del café en la etapa del beneficio.

Tabla 3. Estadística descriptiva de la calidad física del grano de las muestras de café de las fincas.

| Variable | Unidad de medida | No. de observaciones | Mínimo | Máximo | Primer cuartil | Mediana | Tercer cuartil | Media |
|--|------------------|----------------------|--------|--------|----------------|---------|----------------|-------|
| Humedad del grano de café en pergaminado | % | 572 | 6,9 | 17,1 | 10,3 | 11,1 | 11,9 | 11,1 |
| Humedad del grano de café almendra | % | 531 | 7,8 | 16,9 | 10,9 | 11,7 | 12,5 | 11,7 |
| Grano guayaba | % | 572 | 0,0 | 11,2 | 0,0 | 0,2 | 0,6 | 0,6 |
| Grano pelado | % | 572 | 0,0 | 18,9 | 0,2 | 0,6 | 1,3 | 1,0 |
| Merma | % | 572 | 13,5 | 22,0 | 16,4 | 17,5 | 18,6 | 17,5 |
| Factor de rendimiento en trilla | Adimensional | 572 | 82,3 | 142,4 | 88,8 | 91,9 | 96,4 | 94,0 |
| Grano negro | % | 572 | 0,0 | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 |
| Grano vinagre | % | 572 | 0,0 | 19,1 | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 0,9 |
| Grano decolorado | % | 572 | 0,0 | 20,7 | 0,0 | 0,2 | 1,3 | 1,3 |
| Grano mordido | % | 572 | 0,0 | 10,1 | 0,5 | 0,9 | 1,7 | 1,3 |
| Grano brocado | % | 572 | 0,0 | 20,9 | 0,3 | 0,9 | 2,5 | 2,1 |
| Total defectos | % | 572 | 0,3 | 41,0 | 4,2 | 7,0 | 10,9 | 8,5 |
| Almendra sana/almendra total | % | 572 | 59,0 | 99,7 | 89,1 | 93,0 | 95,8 | 91,5 |
| Almendra sana en compra | % | 572 | 42,6 | 84,9 | 71,09 | 75,5 | 78,6 | 74,0 |
| Malla 17 | % | 572 | 19,6 | 95,6 | 54,0 | 64,9 | 74,7 | 63,8 |
| Malla 16 | % | 572 | 3,1 | 48,9 | 16,9 | 22,4 | 29,0 | 22,9 |
| Malla 15 | % | 572 | 0,9 | 30,0 | 6,1 | 8,5 | 11,5 | 9,1 |
| Malla 14 | % | 572 | 0,0 | 13,3 | 1,7 | 3,0 | 4,8 | 3,5 |

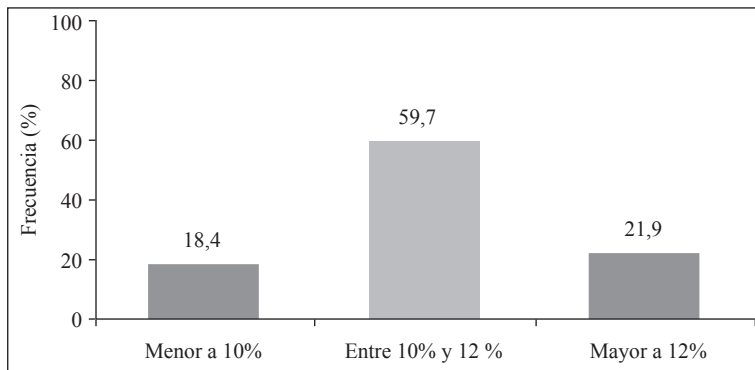


Figura 1. Frecuencia de muestras de café en pergamino de fincas con humedad por debajo de 10%, entre 10% y 12% y por encima de 12%.

De otro lado, se presentaron diferencias significativas en los granos pelados, así: las variedades Típica y Tabi presentaron menor contenido de granos pelados, que las otras variedades que conformaron otro grupo en esta variable. Así mismo, las diferencias fueron significativas en el valor del grano pelado entre tipo de beneficio, práctica de beneficio y tipo de secado, con valores mayores en las muestras de proceso finca, desmucilaginasadas mecánicamente y secadas en equipos mecánicos (Tabla 4).

Merma. La merma, representada por el cisco y las impurezas, se obtiene después de la operación de trilla, ésta varió de 13,5% a 22,0%, con un valor medio de 17,5%. Estas diferencias estuvieron influenciadas por la calidad física de los granos de café, la cantidad de defectos, la humedad y el tamaño del grano. Un valor menor de merma representa una mayor calidad física del café. Los menores valores de merma se registraron en el café de Cesar, en las variedades Tabi y Típica, en el café procesado por fermentación y secado al sol (Tabla 5). Según los datos de la Federación en el 2013, la merma en promedio era del 20%, y en el 2015 del 19% (9). Montilla *et al.* (12) reportaron en el año 2006 valores de merma entre 17,8% a 18,4% para café variedad Colombia. Puerta (24)

encontró valores de rendimientos almendra/ pergamino de café maduro, equivalentes a mermas de 18,5% para café procesado por fermentación bajo agua, 17,3% para fermentación en seco y 19,9% para café desmucilaginado mecánicamente.

Factor de rendimiento en trilla. El factor de rendimiento en trilla varió de 82,3 a 142,4, con un valor promedio de 94,0. El factor de rendimiento en trilla indica la cantidad de café pergamino necesaria para obtener 70 kg de café excelso. Un valor más bajo de este factor significa un café con mejor calidad física, menor cantidad de defectos y un mayor tamaño del grano. Los menores valores del rendimiento en trilla se obtuvieron para el café que fue procesado por BPM, mediante la fermentación, por secado al sol y que se cultivó por encima de 1.600 m. Estadísticamente, los menores promedios del factor de rendimiento en trilla se obtuvieron en Cesar y Santander con valores de 90,3 y 91,4.

La variedad Típica presentó un valor de rendimiento en trilla de 86,1, seguida de la variedad Tabi con 88,3, esto se explica por la menor cantidad de defectos, menor daño por plagas y mejores prácticas aplicadas en su proceso de beneficio, así como por el mayor tamaño del grano

Tabla 4. Promedios y diferencias de la humedad del café en pergamino, el grano guayaba y el grano pelado de las muestras de café de las fincas, según los factores de estudio.

| Factor | Humedad del café pergamino (%) | | | | Grano guayaba (%) | | | | Grano pelado (%) | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|------|-------|-----|-------------------|------|-------|-----|------------------|------|-------|-----|
| | Mín | Máx | Media | Dif | Mín | Máx | Media | Dif | Mín | Máx | Media | Dif |
| Departamento | | | | | | | | | | | | |
| Antioquia | 8,8 | 17,1 | 11,1 | A | 0,0 | 5,6 | 0,5 | CD | 0,0 | 7,8 | 1,4 | B |
| Caldas | 8,5 | 15,5 | 11,5 | A | 0,0 | 3,1 | 0,6 | C | 0,1 | 4,8 | 1,2 | B |
| Cesar | 9,5 | 14,2 | 11,3 | A | 0,0 | 11,2 | 1,3 | A | 0,0 | 6,6 | 0,7 | E |
| Huila | 7,8 | 15,3 | 11,0 | A | 0,0 | 2,9 | 0,4 | D | 0,0 | 12,8 | 1,0 | CD |
| Quindío | 6,9 | 14,5 | 10,9 | A | 0,0 | 3,1 | 0,3 | E | 0,0 | 6,5 | 0,9 | D |
| Santander | 8,7 | 15,7 | 11,5 | A | 0,0 | 2,0 | 0,3 | DE | 0,0 | 18,9 | 1,9 | A |
| Tolima | 9,0 | 13,3 | 11,0 | A | 0,0 | 3,7 | 0,9 | B | 0,0 | 3,7 | 1,0 | C |
| Variedad | | | | | | | | | | | | |
| Catimor | 11,5 | 13,0 | 12,0 | A | 0,0 | 5,6 | 1,3 | A | 0,3 | 2,0 | 1,0 | A |
| Caturra | 6,9 | 15,7 | 11,0 | A | 0,0 | 11,2 | 0,4 | D | 0,0 | 18,9 | 1,1 | A |
| Colombia | 7,8 | 17,1 | 11,1 | A | 0,0 | 9,0 | 0,6 | C | 0,0 | 12,8 | 1,0 | A |
| Maragogipe | 10,8 | 12,2 | 11,5 | A | 0,1 | 0,7 | 0,3 | D | 0,4 | 1,9 | 1,2 | A |
| Tabi | 10,2 | 12,7 | 11,3 | A | 0,0 | 3,9 | 0,9 | B | 0,0 | 4,0 | 0,5 | B |
| Típica | 10,5 | 12,5 | 11,2 | A | 0,0 | 2,9 | 1,0 | AB | 0,0 | 0,7 | 0,3 | B |
| Sombrío | | | | | | | | | | | | |
| No | 6,9 | 15,7 | 11,0 | A | 0,0 | 3,7 | 0,5 | B | 0,0 | 18,9 | 1,0 | A |
| Sí | 8,0 | 17,1 | 11,3 | A | 0,0 | 11,2 | 0,8 | A | 0,0 | 12,8 | 1,0 | A |
| Rango de altitud (m) | | | | | | | | | | | | |
| <1.300 | 8,0 | 14,5 | 11,1 | A | 0,0 | 9,0 | 0,7 | A | 0,0 | 6,6 | 0,9 | C |
| 1.300 a 1.600 | 6,9 | 17,1 | 11,1 | A | 0,0 | 11,2 | 0,5 | B | 0,0 | 18,9 | 1,2 | A |
| >1.600 | 8,4 | 15,3 | 11,0 | A | 0,0 | 3,7 | 0,5 | B | 0,0 | 6,4 | 1,0 | B |
| Unidad de suelo | | | | | | | | | | | | |
| Campoalegre | 8,3 | 13,7 | 10,7 | C | 0,0 | 2,9 | 0,5 | C | 0,0 | 5,6 | 1,1 | C |
| Chinchiná | 8,5 | 15,5 | 11,2 | C | 0,0 | 3,1 | 0,5 | C | 0,1 | 4,8 | 1,3 | B |
| La Espiga | 8,3 | 13,4 | 11,0 | BC | 0,0 | 0,4 | 0,1 | E | 0,0 | 1,1 | 0,3 | E |
| La Montaña | 9,5 | 14,2 | 11,4 | ABC | 0,0 | 11,2 | 1,7 | A | 0,0 | 6,6 | 0,7 | D |
| Libano | 10,2 | 13,3 | 11,2 | BC | 0,0 | 1,4 | 0,5 | C | 0,2 | 2,8 | 1,1 | BC |
| Malabar | 10,9 | 14,1 | 12,3 | A | 0,0 | 0,5 | 0,3 | CDE | 0,4 | 1,8 | 1,1 | BC |
| Montenegro | 8,4 | 13,2 | 11,0 | BC | 0,0 | 3,1 | 0,3 | DE | 0,0 | 6,5 | 0,9 | D |
| Parnaso-200 | 9,2 | 13,9 | 11,1 | BC | 0,0 | 1,0 | 0,3 | CDE | 0,1 | 3,7 | 1,1 | C |
| Paujil | 8,7 | 15,7 | 11,5 | ABC | 0,0 | 2,0 | 0,3 | CDE | 0,0 | 18,9 | 1,9 | A |
| Perijá | 10,3 | 12,5 | 11,1 | BC | 0,0 | 2,9 | 0,2 | DE | 0,0 | 3,9 | 0,7 | D |
| Quindío | 6,9 | 14,5 | 10,6 | C | 0,0 | 2,6 | 0,4 | CD | 0,1 | 3,0 | 0,9 | CD |
| Salgar | 9,2 | 13,0 | 11,7 | AB | 0,0 | 5,6 | 1,1 | B | 0,2 | 2,0 | 0,9 | CD |
| San Simón | 7,8 | 15,3 | 11,0 | BC | 0,0 | 3,7 | 0,6 | C | 0,0 | 12,8 | 0,9 | CD |
| Siberia | 9,3 | 13,0 | 11,1 | ABC | 0,0 | 1,9 | 0,6 | C | 0,4 | 6,4 | 1,5 | B |
| Suroeste | 9,0 | 17,1 | 11,5 | ABC | 0,0 | 4,5 | 0,5 | C | 0,0 | 7,8 | 2,0 | A |

Continúa...

...continuación

| Factor | Humedad del café pergamino (%) | | | | Grano guayaba (%) | | | | Grano pelado (%) | | | |
|------------------------------|--------------------------------|------|-------|-----|-------------------|------|-------|-----|------------------|------|-------|-----|
| | Mín | Máx | Media | Dif | Mín | Máx | Media | Dif | Mín | Máx | Media | Dif |
| Material parental | | | | | | | | | | | | |
| Ceniza volcánica | 6,9 | 15,5 | 11,0 | B | 0,0 | 3,1 | 0,4 | C | 0,0 | 6,5 | 1,0 | C |
| Ígneo extrusivo | 9,2 | 13,9 | 11,1 | AB | 0,0 | 1,9 | 0,4 | C | 0,1 | 6,4 | 1,3 | B |
| Ígneo intrusivo | 7,8 | 15,3 | 10,9 | AB | 0,0 | 3,7 | 0,5 | B | 0,0 | 12,8 | 0,9 | D |
| Ígneo-volcánica | 9,5 | 14,2 | 11,4 | B | 0,0 | 11,2 | 1,7 | A | 0,0 | 6,6 | 0,7 | E |
| Metamórfico | 8,7 | 15,7 | 11,6 | A | 0,0 | 5,6 | 0,6 | B | 0,0 | 18,9 | 1,6 | A |
| Sedimentario | 9,0 | 17,1 | 11,3 | AB | 0,0 | 4,5 | 0,4 | C | 0,0 | 7,8 | 1,4 | AB |
| Procedencia del agua | | | | | | | | | | | | |
| Acueducto | 6,9 | 17,1 | 11,1 | A | 0,0 | 11,2 | 0,5 | B | 0,0 | 7,8 | 1,0 | B |
| Nacimiento | 7,8 | 15,7 | 11,1 | A | 0,0 | 9,0 | 0,6 | A | 0,0 | 18,9 | 1,1 | A |
| Cosecha | | | | | | | | | | | | |
| Cosecha 1 | 6,9 | 15,3 | 10,9 | A | 0,0 | 9,0 | 0,5 | B | 0,0 | 7,8 | 0,9 | B |
| Cosecha 2 | 8,0 | 17,1 | 11,4 | A | 0,0 | 11,2 | 0,7 | A | 0,0 | 18,9 | 1,3 | A |
| Práctica de beneficio | | | | | | | | | | | | |
| BPM | 7,8 | 15,5 | 11,1 | A | 0,0 | 5,6 | 0,2 | B | 0,0 | 7,8 | 0,6 | B |
| Proceso Finca | 6,9 | 17,1 | 11,0 | A | 0,0 | 11,2 | 1,0 | A | 0,0 | 18,9 | 1,5 | A |
| Tipo de beneficio | | | | | | | | | | | | |
| Becolsub | 6,9 | 14,5 | 10,9 | A | 0,0 | 4,8 | 0,6 | A | 0,0 | 12,8 | 1,4 | A |
| Fermentación | 7,8 | 17,1 | 11,1 | A | 0,0 | 11,2 | 0,5 | A | 0,0 | 18,9 | 0,9 | B |
| Tipo de secado | | | | | | | | | | | | |
| Mecánico | 6,9 | 17,1 | 11,0 | A | 0,0 | 9,0 | 1,1 | A | 0,0 | 7,8 | 1,6 | A |
| Solar | 7,8 | 15,7 | 11,1 | A | 0,0 | 11,2 | 0,5 | B | 0,0 | 18,9 | 0,9 | B |

Dif: Letras distintas indican diferencias significativas por cada factor (Duncan al 5%).

de estas variedades. El mayor valor de rendimiento se registró con la variedad Catimor con 97,7.

El factor de rendimiento de las muestras de café de los cultivos por encima de 1.600 m fue de 92,4, en comparación con el valor registrado en las muestras provenientes de cultivos por debajo de 1.300 m de altitud (96,8). Por unidades de suelo, el menor rendimiento se obtuvo en las muestras de la unidad Perijá en el Cesar, y el mayor valor en rendimiento se encontró en muestras provenientes de la unidad Malabar en Quindío (Tabla 5).

Las muestras de café procesadas por BPM alcanzaron un factor de rendimiento de 92,0 en promedio, menor que el valor de las muestras de proceso finca (96,3). El rendimiento de las muestras procesadas por fermentación fue 93,1 mientras que las muestras procesadas por Becolsub registraron un valor de 97,5. El valor promedio del factor de rendimiento en trilla también fue menor en las muestras secadas al sol (92,8) comparadas con las muestras secadas en secador mecánico que obtuvieron un valor de 100,0. En contraste, Díaz *et al.* (1), para muestras de café de los municipios de Supía, Riosucio (Caldas) y Quinchía (Risaralda) registraron valores del

Tabla 5. Promedios y diferencias de la humedad del café en almendra, la merma, el factor de rendimiento en trilla de las muestras de café de las fincas, según los factores de estudio.

| Factor | Humedad del café almendra (%) | | | | Merma (%) | | | | Factor de rendimiento en trilla (adimensional) | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|------|-------|-----|-----------|------|-------|-----|--|-------|-------|-----|
| | Mín | Máx | Media | Dif | Mín | Máx | Media | Dif | Mín | Máx | Media | Dif |
| Departamento | | | | | | | | | | | | |
| Antioquia | 10,5 | 16,7 | 12,2 | A | 14,4 | 21,0 | 18,0 | B | 86,7 | 128,3 | 95,0 | C |
| Caldas | 8,0 | 16,4 | 11,9 | A | 15,5 | 20,9 | 18,5 | A | 85,5 | 119,0 | 98,9 | A |
| Cesar | 10,2 | 15,4 | 12,2 | A | 14,0 | 19,1 | 16,3 | E | 82,3 | 142,4 | 90,3 | E |
| Huila | 8,1 | 16,9 | 11,6 | A | 14,2 | 21,7 | 17,0 | C | 84,5 | 118,6 | 91,9 | D |
| Quindío | 7,8 | 15,7 | 11,5 | A | 13,5 | 22,0 | 18,4 | A | 85,8 | 130,9 | 96,8 | B |
| Santander | 9,0 | 12,9 | 11,7 | A | 15,9 | 17,8 | 16,8 | D | 84,8 | 120,7 | 91,4 | DE |
| Tolima | 9,0 | 14,3 | 11,4 | A | 14,7 | 19,1 | 16,7 | D | 85,9 | 138,9 | 94,7 | C |
| Variedad | | | | | | | | | | | | |
| Catimor | 12,4 | 14,4 | 13,4 | A | 17,4 | 21,0 | 19,2 | A | 90,4 | 107,9 | 97,7 | A |
| Caturra | 7,8 | 15,9 | 11,5 | A | 13,5 | 22,0 | 17,7 | B | 84,3 | 130,9 | 94,0 | B |
| Colombia | 8,0 | 16,9 | 11,8 | A | 14,0 | 20,4 | 17,3 | C | 82,3 | 142,4 | 94,3 | B |
| Maragogipe | 11,9 | 13,4 | 12,6 | A | 17,2 | 18,2 | 17,7 | BC | 90,8 | 93,2 | 92,2 | B |
| Tabi | 10,4 | 13,0 | 11,9 | A | 15,0 | 17,9 | 16,4 | D | 84,5 | 98,1 | 88,3 | C |
| Típica | 11,3 | 12,8 | 12,1 | A | 15,9 | 16,5 | 16,1 | D | 85,4 | 86,6 | 86,1 | C |
| Sombrío | | | | | | | | | | | | |
| No | 7,8 | 16,9 | 11,6 | A | 14,2 | 21,7 | 17,5 | A | 84,8 | 138,9 | 93,3 | B |
| Sí | 8,7 | 16,7 | 12,1 | A | 13,5 | 22,0 | 17,3 | B | 82,3 | 142,4 | 95,4 | A |
| Rango de altitud (m) | | | | | | | | | | | | |
| <1.300 | 8,0 | 15,7 | 11,9 | A | 13,5 | 22,0 | 17,5 | B | 82,3 | 142,4 | 96,8 | A |
| 1.300 a 1.600 | 7,8 | 16,7 | 11,7 | A | 14,2 | 21,7 | 17,4 | B | 84,3 | 126,4 | 93,5 | B |
| >1.600 | 8,5 | 16,9 | 11,6 | A | 14,7 | 20,4 | 17,6 | A | 85,1 | 118,6 | 92,4 | C |
| Unidad de suelo | | | | | | | | | | | | |
| Campoalegre | 8,7 | 14,2 | 11,2 | C | 14,4 | 18,9 | 16,6 | I | 85,3 | 116,3 | 93,8 | D |
| Chinchiná | 8,0 | 16,4 | 11,9 | C | 14,4 | 20,9 | 18,1 | E | 85,5 | 119,0 | 96,2 | C |
| La Espiga | 8,1 | 13,6 | 11,6 | BC | 14,2 | 17,8 | 16,0 | J | 84,9 | 105,4 | 90,6 | F |
| La Montaña | 10,2 | 15,4 | 12,3 | ABC | 14,0 | 19,1 | 16,0 | J | 82,3 | 142,4 | 91,3 | EF |
| Líbano | 10,0 | 14,3 | 11,7 | BC | 15,5 | 19,1 | 17,2 | G | 87,6 | 138,9 | 97,1 | C |
| Malabar | 11,5 | 14,7 | 13,1 | A | 19,4 | 22,0 | 20,3 | A | 100,4 | 126,4 | 110,8 | A |
| Montenegro | 8,7 | 13,7 | 11,5 | BC | 13,5 | 21,0 | 18,2 | DE | 85,8 | 130,9 | 96,4 | C |
| Parnaso-200 | 10,5 | 15,3 | 12,0 | BC | 16,4 | 20,0 | 18,0 | F | 87,0 | 120,8 | 93,8 | D |
| Paujil | 9,0 | 12,9 | 11,7 | ABC | 15,9 | 17,8 | 16,8 | HI | 84,8 | 120,7 | 91,4 | EF |
| Perijá | 10,9 | 12,8 | 11,8 | BC | 15,9 | 19,1 | 17,0 | GH | 84,3 | 96,8 | 87,5 | G |
| Quindío | 7,8 | 15,7 | 11,2 | C | 17,2 | 20,2 | 18,7 | C | 88,1 | 116,7 | 96,1 | C |
| Salgar | 10,8 | 14,4 | 12,8 | AB | 17,4 | 21,0 | 19,1 | B | 90,4 | 107,9 | 96,9 | C |
| San Simón | 8,5 | 16,9 | 11,7 | BC | 14,5 | 21,7 | 16,8 | I | 84,5 | 118,6 | 92,1 | E |
| Siberia | 10,1 | 12,7 | 11,6 | ABC | 15,8 | 20,4 | 18,3 | D | 86,9 | 102,7 | 91,4 | EF |
| Suroeste | 11,1 | 16,7 | 12,7 | ABC | 15,5 | 19,4 | 17,9 | F | 86,7 | 128,3 | 99,4 | B |

Continúa...

...continuación

| Factor | Humedad del café almendra (%) | | | | Merma (%) | | | | Factor de rendimiento en trilla (adimensional) | | | |
|------------------------------|-------------------------------|------|-------|-----|-----------|------|-------|-----|--|-------|-------|-----|
| | Mín | Máx | Media | Dif | Mín | Máx | Media | Dif | Mín | Máx | Media | Dif |
| Material parental | | | | | | | | | | | | |
| Ceniza volcánica | 16,4 | 16,4 | 11,6 | B | 13,5 | 22,0 | 18,2 | A | 85,5 | 138,9 | 96,6 | A |
| Ígneo extrusivo | 15,3 | 15,3 | 11,8 | AB | 15,8 | 20,4 | 18,2 | A | 86,9 | 120,8 | 92,6 | CD |
| Ígneo intrusivo | 16,9 | 16,9 | 11,6 | AB | 14,2 | 21,7 | 16,7 | C | 84,5 | 118,6 | 92,3 | D |
| Ígneo-volcánica | 15,4 | 15,4 | 12,3 | B | 14,0 | 19,1 | 16,0 | D | 82,3 | 142,4 | 91,3 | E |
| Metamórfico | 14,4 | 14,4 | 12,2 | A | 15,9 | 21,0 | 17,6 | B | 84,8 | 120,7 | 93,3 | BC |
| Sedimentario | 16,7 | 16,7 | 12,3 | AB | 15,5 | 19,4 | 17,5 | B | 84,3 | 128,3 | 94,1 | B |
| Procedencia del agua | | | | | | | | | | | | |
| Acueducto | 7,8 | 16,7 | 11,6 | A | 14,2 | 22,0 | 17,6 | A | 84,5 | 126,4 | 93,7 | B |
| Nacimiento | 8,0 | 16,9 | 11,8 | A | 13,5 | 21,0 | 17,3 | B | 82,3 | 142,4 | 94,2 | A |
| Cosecha | | | | | | | | | | | | |
| Cosecha 1 | 8,1 | 16,9 | 11,6 | A | 14,1 | 21,0 | 17,2 | B | 83,1 | 142,4 | 93,3 | B |
| Cosecha 2 | 7,8 | 16,7 | 12,0 | A | 13,5 | 22,0 | 17,9 | A | 82,3 | 126,4 | 95,2 | A |
| Práctica de beneficio | | | | | | | | | | | | |
| BPM | 7,8 | 16,9 | 11,8 | A | 14,0 | 22,0 | 17,4 | B | 82,3 | 138,9 | 92,0 | B |
| Proceso Finca | 8,0 | 16,7 | 11,7 | A | 13,5 | 21,7 | 17,6 | A | 84,3 | 142,4 | 96,3 | A |
| Tipo de beneficio | | | | | | | | | | | | |
| Becolsub | 8,0 | 15,7 | 11,6 | A | 13,5 | 20,9 | 18,0 | A | 86,7 | 134,7 | 97,5 | A |
| Fermentación | 7,8 | 16,9 | 11,8 | A | 14,0 | 22,0 | 17,3 | B | 82,3 | 142,4 | 93,1 | B |
| Tipo de secado | | | | | | | | | | | | |
| Mecánico | 8,6 | 16,7 | 11,8 | A | 13,5 | 20,9 | 17,9 | A | 86,7 | 142,4 | 100,0 | A |
| Solar | 7,8 | 16,9 | 11,7 | A | 14,0 | 22,0 | 17,4 | B | 82,3 | 138,9 | 92,8 | B |

Dif: Letras distintas indican diferencias significativas por cada factor (Duncan al 5%) a

factor de rendimiento en trilla de 93,6, 91,8 y 90,6 para altitudes de 1.575 m, 1.725 y 1.875 m, respectivamente.

Almendra sana. El porcentaje del total de la almendra sana con respecto al total de la almendra obtenida en la trilla varió de 59,0% a 99,7%, con un promedio de 91,5%, valores que correspondieron a un mínimo de 42,6%, máximo de 84,9% y un promedio de 74,0% de almendra sana con respecto al pergamino, que es un valor cercano al límite en el cual el caficultor empieza a recibir incentivo por la calidad del café pergamino que produce y vende.

Según la Federación Nacional de Cafeteros, en el año 2015 el grano de café que se produjo en Colombia contenía más almendra sana (76%) en comparación con el café producido en el 2013 (75%), valores que según este reporte se deben a prácticas como la renovación de los cafetales, la siembra de variedades resistentes a la roya y la correcta fertilización, que son resultados del trabajo del Servicio de Extensión de la Federación y que representan una mejor calidad y un mayor ingreso inmediato para el caficultor en el momento de la venta del café. Cuando el café tiene más del 76% de almendra sana los caficultores reciben un incentivo por la

calidad. En el pago de las almendras no importa el tamaño, además pueden adicionarse hasta 15 granos con brocas de punto al total de la almendra sana (8, 9).

Almendra defectuosa. En promedio, las muestras presentaron 8,6% de defectos. Los valores máximos de defectos en los granos de café almendra de las fincas fueron en su orden para el brocado, decolorado, vinagre y mordido (Tablas 3, 6 y 7).

Las muestras secadas mecánicamente del proceso de la finca presentaron el mayor porcentaje de defectos, con valores de 12,9%, así como granos vinagres (1,6%) y decolorados (2,3%). En todas estas variables las diferencias resultaron significativas frente a las muestras secadas al sol.

Las muestras que se beneficiaron de forma más controlada mediante el proceso BPM presentaron un valor significativamente menor en el contenido total de defectos (7,0%) comparado con el promedio de 10,2% que se obtuvo en las muestras procesadas según el método de la finca, lo cual demuestra el efecto positivo del control del proceso en el beneficio, específicamente por la separación de frutos y granos defectuosos durante el beneficio, como se establece en las buenas prácticas agrícolas y de manufactura BPA y BPM del café (15).

En Caldas se presentó el mayor porcentaje de defectos (11,5%), seguido de Tolima y Quindío. Hubo un mayor porcentaje de defectos en las muestras procedentes de fincas ubicadas por debajo de 1.300 m (promedio 10,7%), donde los valores de los granos brocados, vinagres y decolorados fueron mayores en comparación del café cultivado a mayores altitudes. El porcentaje de defectos fue mayor en las muestras de proceso finca que se desmucilaginaron por Becolsub y que

se secaron mecánicamente (Tabla 7). Por el contrario, Fajardo y Sanz (3), afirman que hay menos defectos en el beneficio Becolsub que en el café producido por fermentación.

Silva *et al.* (28) para café descascado de Minas Gerais (Brasil), cultivado en rangos de altitud de 700 a 920 m y entre 920 y 1.120 m, concluyeron que la presencia de granos defectuosos ejerce una mayor influencia sobre la calidad, que el factor altitud.

Grano brocado. El mayor porcentaje de grano de café brocado se registró en el departamento de Caldas (4,9%), seguido de Quindío (4,6%), con valores estadísticamente iguales y diferentes de las otras procedencias, y los menores porcentajes se encontraron en Cesar, Santander y Huila, valores entre 0,9% y 1,0%. Por encima de 1.600 m se encontró 0,8% de granos brocados en promedio, comparado con las muestras cultivadas entre 1.300 y 1.600 m (2,29%) y el valor registrado en el café cultivado por debajo de 1.300 m, con 3,78% de grano brocado.

Granos vinagres. Estadísticamente los mayores porcentajes de granos de café vinagres se encontraron en Antioquia, Cesar y Tolima (Tabla 6). El porcentaje de granos vinagres fue mayor (1,1%) en altitudes menores a 1.300 m, en los otros rangos de altitudes varió en promedio entre 0,8% y 0,9%. Los granos vinagres se encontraron en mayor frecuencia en el café de los procesos no estandarizados de la finca, en los cafés procesados por Becolsub y secados mecánicamente y se atribuyen a sobre-fermentación, mal lavado del grano y a la falta de clasificaciones en el beneficio del café.

Granos decolorados. Estadísticamente los porcentajes de granos decolorados fueron iguales para todos los departamentos. Los mayores porcentajes de granos decolorados

Tabla 6. Promedios de los defectos negros, brocados y vinagres en el grano almendra, según los factores de estudio.

| Factor | Negro % | | | Brocado % | | | Vinagre % | | |
|-----------------------------|----------|-------|-----|-----------|-------|-----|-----------|-------|------|
| | Promedio | C.V. | Dif | Promedio | C.V. | Dif | Promedio | C.V. | Dif |
| Departamento | | | | | | | | | |
| Antioquia | 0,06 | 172,4 | B | 1,12 | 118,6 | B | 1,50 | 121,5 | A |
| Caldas | 0,10 | 122,9 | AB | 4,90 | 80,0 | A | 0,71 | 83,1 | B |
| Cesar | 0,11 | 273,2 | AB | 1,14 | 160,5 | B | 1,10 | 257,7 | AB |
| Huila | 0,09 | 177,3 | AB | 0,96 | 163,0 | B | 0,77 | 110,4 | B |
| Quindío | 0,05 | 183,9 | B | 4,54 | 96,2 | A | 0,58 | 105,3 | B |
| Santander | 0,07 | 218,3 | B | 0,93 | 223,6 | B | 0,93 | 206,7 | AB |
| Tolima | 0,15 | 220,1 | A | 2,08 | 103,0 | B | 1,05 | 172,5 | AB |
| Variedad | | | | | | | | | |
| Catimor | 0,02 | 244,9 | A | 0,73 | 89,1 | A | 1,52 | 161,2 | A |
| Caturra | 0,08 | 185,9 | A | 1,87 | 157,4 | A | 0,80 | 149,8 | A |
| Colombia | 0,09 | 203,6 | A | 2,35 | 137,1 | A | 0,96 | 164,1 | A |
| Maragogipe | 0,01 | 200,0 | A | 1,19 | 105,5 | A | 0,89 | 115,6 | A |
| Tabi | 0,18 | 282,1 | A | 1,12 | 142,7 | A | 0,89 | 218,7 | A |
| Típica | 0,04 | 173,2 | A | 0,17 | 110,3 | A | 0,36 | 26,9 | A |
| Rango de altitud (m) | | | | | | | | | |
| <1.300 | 0,07 | 295,1 | A | 3,78 | 116,3 | A | 1,15 | 195,4 | A |
| >1.600 | 0,09 | 180,8 | A | 0,67 | 144,8 | C | 0,84 | 111,4 | B |
| 1.300 a 1.600 | 0,09 | 207,7 | A | 2,29 | 118,3 | B | 0,80 | 152,1 | B |
| Unidad de suelo | | | | | | | | | |
| Campoalegre | 0,12 | 203,6 | A | 1,35 | 152,4 | DE | 0,90 | 142,4 | BCD |
| Chinchiná | 0,07 | 147,4 | A | 3,35 | 108,6 | BC | 0,93 | 111,8 | BCD |
| La Espiga | 0,03 | 329,4 | A | 0,94 | 138,0 | DE | 0,38 | 139,3 | CD |
| La Montaña | 0,14 | 254,4 | A | 1,48 | 134,8 | DE | 1,37 | 236,9 | ABCD |
| Líbano | 0,07 | 172,1 | A | 2,23 | 112,4 | CD | 1,43 | 195,8 | ABC |
| Malabar | 0,01 | 200,0 | A | 8,27 | 92,3 | A | 1,00 | 31,1 | BCD |
| Montenegro | 0,04 | 187,1 | A | 4,87 | 96,5 | B | 0,57 | 108,5 | BCD |
| Parnaso-200 | 0,06 | 167,2 | A | 1,09 | 133,5 | DE | 1,29 | 106,7 | ABCD |
| Paujil | 0,07 | 218,3 | A | 0,93 | 223,6 | DE | 0,93 | 206,7 | BCD |
| Perijá | 0,04 | 204,2 | A | 0,12 | 135,1 | E | 0,31 | 117,9 | D |
| Quindío | 0,06 | 168,0 | A | 3,43 | 78,9 | BC | 0,54 | 109,6 | BCD |
| Salgar | 0,08 | 150,6 | A | 0,89 | 75,0 | DE | 1,57 | 133,8 | AB |
| San Simón | 0,10 | 229,1 | A | 1,09 | 160,6 | DE | 0,73 | 90,5 | BCD |
| Siberia | 0,14 | 130,7 | A | 0,97 | 122,1 | DE | 0,90 | 94,8 | BCD |
| Suroeste | 0,07 | 165,3 | A | 1,49 | 125,0 | DE | 2,14 | 123,6 | A |
| Material parental | | | | | | | | | |
| Ceniza Volcánica | 0,06 | 169,0 | B | 3,94 | 103,1 | A | 0,77 | 148,2 | BC |
| Ígneo-volcánica | 0,11 | 254,4 | A | 1,01 | 134,8 | B | 1,03 | 236,9 | A |
| Ígneo extrusivo | 0,10 | 144,4 | AB | 1,13 | 126,4 | B | 0,73 | 103,6 | ABC |

Continúa...

...continuación

| Factor | Negro % | | | Brocado % | | | Vinagre % | | |
|------------------------------|----------|-------|-----|-----------|-------|-----|-----------|-------|-----|
| | Promedio | C.V. | Dif | Promedio | C.V. | Dif | Promedio | C.V. | Dif |
| Material parental | | | | | | | | | |
| Ígneo Intrusivo | 0,14 | 229,9 | AB | 1,48 | 157,4 | B | 1,37 | 113,1 | C |
| Metamórfico | 0,07 | 188,9 | AB | 0,91 | 183,6 | B | 1,17 | 169,3 | ABC |
| Sedimentario | 0,06 | 179,6 | B | 0,88 | 174,8 | B | 1,33 | 163,2 | AB |
| Procedencia agua | | | | | | | | | |
| Acueducto | 0,08 | 193,7 | A | 2,50 | 126,5 | B | 0,70 | 113,4 | A |
| Nacimiento | 0,08 | 225,3 | A | 1,98 | 166,5 | A | 1,05 | 169,9 | B |
| Cosecha | | | | | | | | | |
| Cosecha 1 | 0,07 | 178,8 | | 1,53 | 135,7 | | 0,89 | 178,4 | |
| Cosecha 2 | 0,11 | 227,3 | | 2,88 | 137,0 | | 0,93 | 137,1 | |
| Práctica de beneficio | | | | | | | | | |
| BPM | 0,03 | 231,6 | B | 1,75 | 165,7 | B | 0,65 | 143,6 | B |
| Proceso Finca | 0,15 | 163,0 | A | 2,48 | 128,6 | A | 1,18 | 156,9 | A |
| Tipo de beneficio | | | | | | | | | |
| Fermentación Natural | 0,12 | 245,5 | B | 3,47 | 164,6 | B | 1,16 | 151,2 | B |
| Becolsub | 0,08 | 134,1 | A | 1,74 | 98,0 | A | 0,83 | 177,3 | A |
| Secado | | | | | | | | | |
| Mecánico | 0,15 | 137,7 | A | 3,41 | 113,7 | A | 1,55 | 162,4 | A |
| Solar | 0,08 | 240,3 | B | 1,86 | 152,4 | B | 0,78 | 146,6 | B |

Dif: Letras distintas indican diferencias significativas por cada factor (Duncan al 5%)

se registraron en muestras provenientes de altitudes menores a 1.300 m (1,69%) y entre 1.300 y 1.600 m (1,20%). Así mismo, se encontró un mayor porcentaje de granos decolorados en el café procesado según el método de la finca (1,6%) comparado con el BPM (1,0%); también fue mayor el porcentaje de granos decolorados en el café secado mecánicamente (2,28%) comparado con el café secado al sol, que presentó valores de 1,11% en promedio (Tabla 7). La principal causa de los granos decolorados se atribuye al sobre-secado en secadores mecánicos y por las mezclas de cafés en tanques de fermentación de durante varios días para ambos tipos de beneficio.

Granos mordidos. El porcentaje de grano de café mordido fue similar en las fincas de

Antioquia Caldas, Santander y Tolima con 1,8% en promedio, y fue más bajo en Huila, Cesar y Quindío. Este defecto también fue superior en las muestras de proceso finca y secadas en secadores mecánicos (Tabla 7).

Correlación de las características físicas del grano de café.

Se encontró que existen correlaciones entre las características físicas de la calidad del café. Estas correlaciones fueron positivas y muy altas entre la humedad del grano de café pergamino y la humedad del grano en almendra (0,90) y entre el total de defectos con el factor de rendimiento en trilla (0,97). Así mismo, se encontraron correlaciones negativas muy altas, entre el factor de rendimiento en trilla con la cantidad de almendra sana total (-0,97) y con la almendra sana en compra (-0,99),

Tabla 7. Promedios de los defectos decolorado, mordido y total en el grano almendra, según los factores de estudio.

| Factor | Decolorado % | | | Mordido % | | | Total defectos % | | | |
|-----------------------------|--------------|----------|------|-----------|----------|------|------------------|----------|------|-----|
| | Departamento | Promedio | C.V. | Dif | Promedio | C.V. | Dif | Promedio | C.V. | Dif |
| Antioquia | 1,86 | 155,9 | A | 1,66 | 82,6 | A | 8,86 | 72,0 | BC | |
| Caldas | 1,41 | 134,5 | A | 1,76 | 68,7 | A | 11,46 | 47,6 | A | |
| Cesar | 1,57 | 221,2 | A | 0,85 | 130,0 | B | 6,13 | 128,4 | D | |
| Huila | 1,12 | 227,7 | A | 1,18 | 88,4 | B | 7,29 | 63,3 | DC | |
| Quindío | 0,90 | 236,0 | A | 0,96 | 72,8 | B | 9,99 | 57,3 | AB | |
| Santander | 0,86 | 193,2 | A | 1,80 | 140,6 | A | 6,53 | 114,1 | DC | |
| Tolima | 1,52 | 254,5 | A | 1,83 | 63,3 | A | 10,12 | 69,1 | AB | |
| Variedad | | | | | | | | | | |
| Catimor | 1,69 | 61,6 | A | 1,59 | 50,2 | A | 8,08 | 37,7 | A | |
| Caturra | 1,15 | 234,1 | A | 1,36 | 96,1 | A | 8,44 | 73,6 | A | |
| Colombia | 1,40 | 203,0 | A | 1,25 | 87,3 | A | 8,75 | 68,9 | A | |
| Maragogipe | 1,57 | 55,5 | A | 1,89 | 51,0 | A | 7,52 | 24,5 | A | |
| Tabi | 0,64 | 161,1 | A | 0,90 | 126,0 | A | 4,69 | 92,2 | A | |
| Típica | 0,94 | 59,3 | A | 0,80 | 78,1 | A | 2,97 | 17,3 | A | |
| Rango de altitud (m) | | | | | | | | | | |
| <1.300 | 1,69 | 220,2 | A | 1,15 | 96,8 | B | 10,70 | 77,7 | A | |
| >1.600 | 1,09 | 197,4 | B | 1,24 | 77,1 | AB | 6,89 | 59,0 | C | |
| 1.300 a 1.600 | 1,20 | 203,3 | AB | 1,41 | 96,8 | A | 8,47 | 64,8 | B | |
| Unidad de suelo | | | | | | | | | | |
| Campoalegre | 0,97 | 224,5 | CDE | 1,72 | 79,0 | AB | 8,93 | 64,0 | BCD | |
| Chinchiná | 1,35 | 133,8 | BCDE | 1,87 | 75,0 | A | 10,07 | 49,6 | BCD | |
| La Espiga | 0,31 | 195,2 | E | 0,96 | 58,1 | BCD | 7,21 | 59,5 | CDE | |
| La Montaña | 1,97 | 199,0 | BCDE | 0,91 | 128,2 | BCD | 7,14 | 123,2 | CDE | |
| Líbano | 2,51 | 240,6 | BCD | 1,82 | 81,9 | A | 11,28 | 86,5 | BC | |
| Malabar | 5,08 | 103,5 | A | 0,92 | 43,0 | BCD | 19,10 | 43,3 | A | |
| Montenegro | 0,63 | 217,5 | DE | 0,85 | 76,5 | CD | 9,92 | 56,2 | BCD | |
| Parnaso-200 | 1,30 | 145,3 | BCDE | 1,32 | 88,8 | ABCD | 7,65 | 76,7 | BCD | |
| Paujil | 0,86 | 193,2 | DE | 1,80 | 140,6 | A | 6,53 | 114,1 | DE | |
| Perijá | 0,37 | 127,3 | E | 0,66 | 133,7 | D | 3,14 | 72,8 | E | |
| Quindío | 1,07 | 244,0 | CDE | 1,23 | 63,3 | ABCD | 9,15 | 54,8 | BCD | |
| Salgar | 2,88 | 133,9 | BC | 1,53 | 61,6 | ABC | 9,79 | 68,5 | BCD | |
| San Simón | 1,13 | 254,9 | CDE | 1,20 | 76,3 | ABCD | 7,99 | 57,9 | BCD | |
| Siberia | 1,32 | 136,2 | BCDE | 1,19 | 95,6 | ABCD | 5,88 | 62,4 | DE | |
| Suroeste | 3,15 | 140,6 | B | 1,76 | 76,1 | AB | 11,75 | 78,8 | B | |
| Material parental | | | | | | | | | | |
| Ceniza Volcánica | 1,20 | 221,3 | A | 1,34 | 85,5 | AB | 10,13 | 58,6 | A | |
| Ígneo-volcánica | 1,32 | 199,0 | A | 1,24 | 128,2 | B | 6,49 | 123,2 | B | |
| Ígneo extrusivo | 1,02 | 138,6 | A | 1,29 | 92,8 | AB | 8,12 | 70,8 | B | |

Continúa...

...continuación

| Factor | Decolorado % | | | Mordido % | | | Total defectos % | | |
|------------------------------|--------------|-------|-----|-----------|-------|-----|------------------|-------|-----|
| | Promedio | C.V. | Dif | Promedio | C.V. | Dif | Promedio | C.V. | Dif |
| Material parental | | | | | | | | | |
| Ígneo Intrusivo | 1,97 | 256,3 | A | 0,91 | 79,6 | AB | 7,14 | 59,7 | AB |
| Metamórfico | 1,61 | 173,9 | A | 1,70 | 121,7 | A | 7,74 | 93,5 | B |
| Sedimentario | 1,92 | 186,3 | A | 1,27 | 100,0 | AB | 7,93 | 103,8 | AB |
| Procedencia agua | | | | | | | | | |
| Acueducto | 0,99 | 230,7 | A | 1,21 | 90,0 | A | 8,47 | 60,5 | A |
| Nacimiento | 1,48 | 194,6 | B | 1,30 | 93,7 | A | 8,63 | 77,2 | A |
| Cosecha | | | | | | | | | |
| Cosecha 1 | 1,30 | 252,1 | | 1,31 | 86,5 | | 8,44 | 75,8 | |
| Cosecha 2 | 1,28 | 139,8 | | 1,30 | 96,2 | | 8,57 | 66,1 | |
| Práctica de beneficio | | | | | | | | | |
| BPM | 1,01 | 234,8 | B | 1,01 | 95,8 | B | 6,95 | 75,9 | B |
| Proceso Finca | 1,59 | 191,2 | A | 1,61 | 81,5 | A | 10,21 | 62,8 | A |
| Tipo de beneficio | | | | | | | | | |
| Fermentación Natural | 1,34 | 219,1 | A | 1,41 | 96,5 | A | 10,81 | 74,5 | B |
| Becolsub | 1,26 | 187,6 | A | 1,26 | 73,0 | A | 7,86 | 57,6 | A |
| Secado | | | | | | | | | |
| Mecánico | 2,28 | 161,2 | A | 1,67 | 64,8 | A | 12,94 | 57,7 | A |
| Solar | 1,11 | 223,9 | B | 1,22 | 96,8 | B | 7,69 | 70,5 | B |

Dif: Letras distintas indican diferencias significativas por cada factor (Duncan al 5%)

que significa que a mayor valor del factor de rendimiento en trilla del café, menor cantidad de almendra sana. Entre todas las variables físicas y la almendra sana total y en compra las correlaciones fueron negativas (Tabla 8).

También se observaron otras correlaciones positivas moderadas, entre la cantidad de grano mordido con la cantidad de pelado de cerca de 0,5, y de 0,6 entre el decolorado y el brocado con el rendimiento en trilla y con el total de defectos (Tabla 8). Las relaciones lineales entre las humedades del grano, el rendimiento en trilla y el total de defectos y entre el rendimiento en trilla y la cantidad de almendra sana en compra se observan en las Figuras 2, 3 y 4.

Por otro lado, las correlaciones entre los defectos del grano de café con el tamaño de los granos fueron muy bajas, estos valores se explican debido a que el análisis granulométrico se realizó a las muestras de café clasificadas, o sea, al total de almendra sana. Entre la merma y el tamaño malla 17 la correlación fue negativa moderada. Así, a mayor valor de la merma, menor cantidad de grano de café de tamaño 17/64. También se presentó correlación negativa alta entre la cantidad de grano de café de malla 17 con las cantidades retenidas en las mallas 16, 15 y 14 (Tabla 9).

Contrario a lo expresado por Duicela *et al.* (2) no se encontraron correlaciones entre el tamaño del grano con alguna de las características sensoriales del café como

Tabla 8. Coeficientes de correlación de Pearson entre las humedades, defectos y rendimientos del grano de café de las muestras de las fincas.

| Variables ¹ | Humedad pergamino | Humedad almendra | Guayaba | Pelado | Merma | Factor de rendimiento en trilla | Negro | Vinagre | Decolorado | Mordido | Brocado | Total defectos | Almendra sana total | Almendra sana en compra |
|---------------------------------|-------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------------------|-------------------------|
| Humedad pergamino | 1,00 | 0,90 | 0,08 | -0,01 | 0,12 | 0,16 | -0,01 | 0,05 | 0,26 | 0,00 | 0,13 | 0,14 | -0,14 | -0,16 |
| Humedad almendra | 0,90 | 1,00 | 0,10 | 0,02 | 0,06 | 0,15 | -0,03 | 0,06 | 0,29 | 0,03 | 0,07 | 0,14 | -0,14 | -0,14 |
| Guayaba | 0,08 | 0,10 | 1,00 | 0,20 | 0,00 | 0,25 | 0,39 | 0,30 | 0,19 | 0,17 | 0,07 | 0,26 | -0,26 | -0,24 |
| Pelado | -0,01 | 0,02 | 0,20 | 1,00 | 0,05 | 0,34 | 0,33 | 0,24 | 0,11 | 0,53 | 0,21 | 0,36 | -0,36 | -0,34 |
| Merma | 0,12 | 0,06 | 0,00 | 0,05 | 1,00 | 0,42 | 0,05 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,35 | 0,22 | 0,22 | -0,42 |
| Factor de rendimiento en trilla | 0,16 | 0,15 | 0,25 | 0,34 | 0,42 | 1,00 | 0,22 | 0,49 | 0,62 | 0,35 | 0,61 | 0,97 | -0,97 | -0,99 |
| Negro | -0,01 | -0,03 | 0,39 | 0,33 | 0,05 | 0,22 | 1,00 | 0,28 | 0,06 | 0,21 | 0,10 | 0,25 | -0,25 | -0,24 |
| Vinagre | 0,05 | 0,06 | 0,30 | 0,24 | 0,01 | 0,49 | 0,28 | 1,00 | 0,31 | 0,19 | 0,08 | 0,52 | -0,52 | -0,48 |
| Decolorado | 0,26 | 0,29 | 0,19 | 0,11 | 0,04 | 0,62 | 0,06 | 0,31 | 1,00 | 0,09 | 0,08 | 0,62 | -0,62 | -0,59 |
| Mordido | 0,00 | 0,03 | 0,17 | 0,53 | 0,01 | 0,35 | 0,21 | 0,19 | 0,09 | 1,00 | 0,11 | 0,40 | -0,40 | -0,38 |
| Brocado | 0,13 | 0,07 | 0,07 | 0,21 | 0,35 | 0,61 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,11 | 1,00 | 0,60 | -0,60 | -0,63 |
| Total defectos | 0,14 | 0,14 | 0,26 | 0,36 | 0,22 | 0,97 | 0,25 | 0,52 | 0,62 | 0,40 | 0,60 | 1,00 | -1,00 | -0,98 |
| Almendra sana total | -0,14 | -0,14 | -0,26 | -0,36 | -0,22 | -0,97 | -0,25 | -0,52 | -0,62 | -0,40 | -0,60 | -1,00 | 1,00 | 0,98 |
| Almendra sana en compra | -0,16 | -0,14 | -0,24 | -0,34 | -0,42 | -0,99 | -0,24 | -0,48 | -0,59 | -0,38 | -0,63 | -0,98 | 0,98 | 1,00 |

¹Valores en negrilla son significativos al nivel del 5% (Pearson).

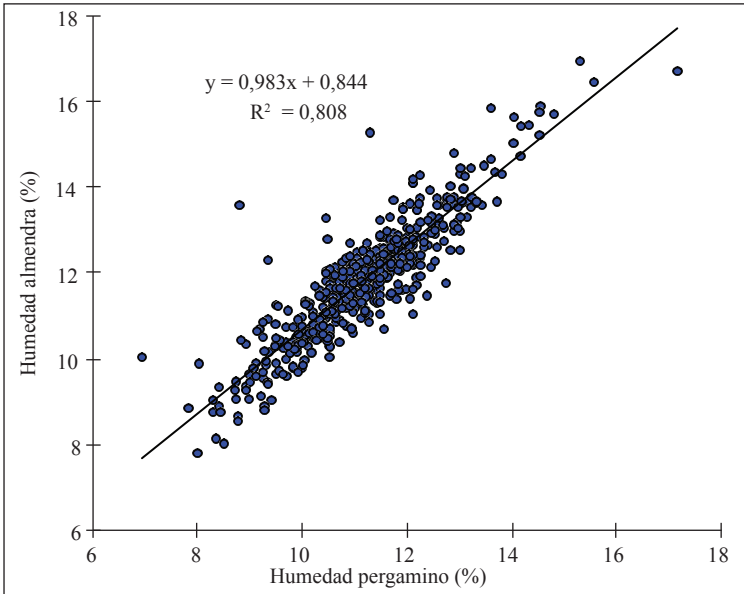


Figura 2. Relación entre las humedades del grano pergamino y almendra de las muestras de café de las fincas.

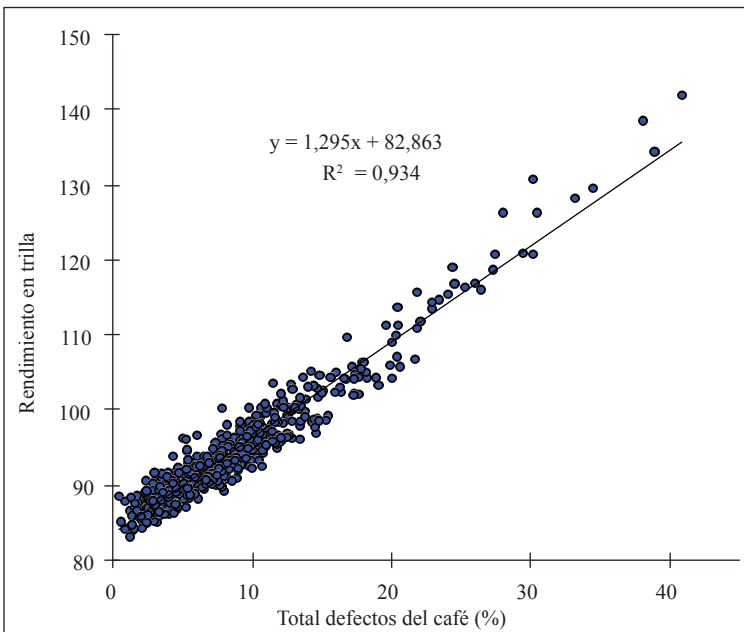


Figura 3. Relación entre el total de defectos del café y el factor de rendimiento en trilla de las muestras de las fincas.

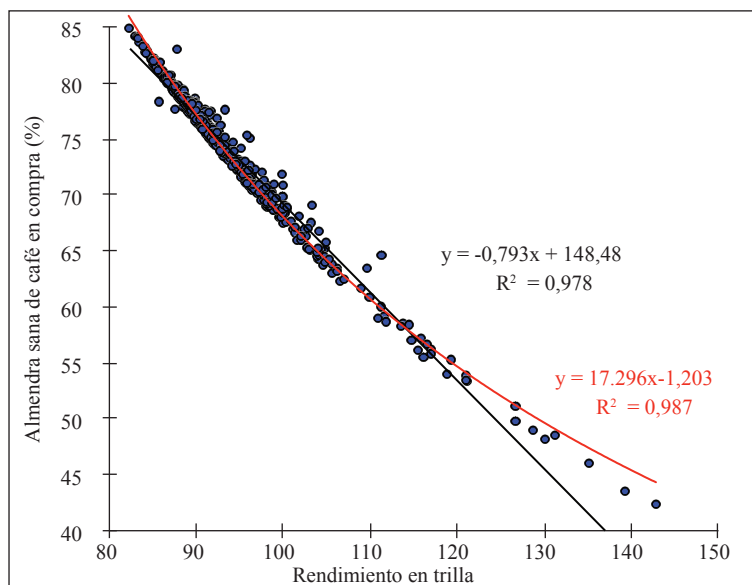


Figura 4. Relaciones entre el factor de rendimiento en trilla y el porcentaje de almendra sana de café en compra en las muestras de las fincas.

Tabla 9. Coeficientes de correlación de Pearson entre las características físicas y el tamaño del grano de café de las muestras de las fincas.

| Variables ¹ | Malla 17 | Malla 16 | Malla 15 | Malla 14 |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Humedad pergamino | 0,03 | -0,08 | 0,00 | 0,05 |
| Humedad almendra | 0,05 | -0,08 | -0,03 | 0,00 |
| Guayaba | -0,11 | 0,09 | 0,12 | 0,11 |
| Pelado | -0,08 | 0,03 | 0,12 | 0,13 |
| Merma | -0,47 | 0,33 | 0,51 | 0,57 |
| Rendimiento en trilla | -0,36 | 0,27 | 0,39 | 0,38 |
| Negro | -0,06 | 0,04 | 0,08 | 0,07 |
| Vinagre | -0,05 | 0,03 | 0,07 | 0,04 |
| Decolorado | -0,05 | 0,03 | 0,06 | 0,05 |
| Mordido | -0,02 | -0,02 | 0,07 | 0,03 |
| Brocado | -0,19 | 0,10 | 0,24 | 0,28 |
| Total defectos | -0,24 | 0,20 | 0,27 | 0,24 |
| Almendra sana/almendra total | 0,24 | -0,20 | -0,27 | -0,24 |
| Almendra sana en compra | 0,33 | -0,25 | -0,36 | -0,34 |
| Malla 17 | 1,00 | -0,94 | -0,90 | -0,84 |
| Malla 16 | -0,94 | 1,00 | 0,74 | 0,64 |
| Malla 15 | -0,90 | 0,74 | 1,00 | 0,85 |
| Malla 14 | -0,84 | 0,64 | 0,85 | 1,00 |

¹Valores en negrilla son significativos al nivel del 5% (Pearson).

Tabla 10. Coeficientes de correlación de Pearson entre las características físicas y las características sensoriales del café de las muestras de las fincas.

| VARIABLES¹ | Iaroma | Aroma | Acidez | Amargo | Cuerpo | Dulzor | Iglobal |
|-------------------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Humedad pergamino | -0,07 | -0,03 | -0,01 | -0,01 | -0,02 | -0,03 | -0,02 |
| Humedad almendra | -0,08 | -0,04 | -0,04 | -0,03 | -0,04 | -0,04 | -0,04 |
| Guayaba | -0,10 | -0,08 | -0,08 | -0,06 | -0,08 | -0,07 | -0,08 |
| Pelado | -0,11 | -0,14 | -0,16 | -0,11 | -0,14 | -0,13 | -0,15 |
| Merma | -0,12 | -0,12 | -0,08 | -0,04 | -0,07 | -0,07 | -0,08 |
| Rendimiento en trilla | -0,20 | -0,21 | -0,24 | -0,20 | -0,24 | -0,23 | -0,24 |
| Negro | -0,04 | -0,05 | -0,06 | -0,06 | -0,08 | -0,06 | -0,08 |
| Vinagre | -0,14 | -0,16 | -0,16 | -0,14 | -0,16 | -0,16 | -0,16 |
| Decolorado | -0,23 | -0,19 | -0,20 | -0,18 | -0,20 | -0,19 | -0,20 |
| Mordido | -0,09 | -0,10 | -0,11 | -0,08 | -0,09 | -0,08 | -0,09 |
| Brocado | 0,00 | -0,05 | -0,08 | -0,05 | -0,07 | -0,08 | -0,08 |
| Total defectos | -0,19 | -0,20 | -0,25 | -0,21 | -0,24 | -0,24 | -0,24 |
| Almendra sana/ almendra total | 0,19 | 0,20 | 0,25 | 0,21 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| Almendra sana en compra | 0,20 | 0,21 | 0,25 | 0,21 | 0,24 | 0,23 | 0,24 |
| Malla 17 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| Malla 16 | 0,03 | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Malla 15 | -0,05 | -0,02 | -0,04 | -0,02 | -0,03 | -0,03 | -0,03 |
| Malla 14 | -0,09 | -0,10 | -0,09 | -0,05 | -0,08 | -0,08 | -0,09 |
| Iaroma | 1,00 | 0,83 | 0,74 | 0,68 | 0,71 | 0,72 | 0,72 |
| Aroma | 0,83 | 1,00 | 0,84 | 0,80 | 0,83 | 0,82 | 0,84 |
| Acidez | 0,74 | 0,84 | 1,00 | 0,93 | 0,97 | 0,95 | 0,97 |
| Amargo | 0,68 | 0,80 | 0,93 | 1,00 | 0,96 | 0,93 | 0,96 |
| Cuerpo | 0,71 | 0,83 | 0,97 | 0,96 | 1,00 | 0,98 | 1,00 |
| Dulzor | 0,72 | 0,82 | 0,95 | 0,93 | 0,98 | 1,00 | 0,98 |
| Iglobal | 0,72 | 0,84 | 0,97 | 0,96 | 1,00 | 0,98 | 1,00 |

¹Valores en negrilla son significativos al nivel del 5% (Pearson).

son: intensidad del aroma (IAROMA), aroma de la bebida aroma, acidez, amargo, cuerpo, dulzor, ni impresión global (IGLOBAL). Por el contrario, entre estas características sensoriales del café las correlaciones fueron positivas y altas (Tabla 10). Se aclara que la evaluación sensorial se realizó a las muestras clasificadas, es decir, se tostaron solo granos

sanos físicamente (26). Se observó una correlación positiva entre la almendra sana y la calidad en taza.

Tamaño del grano de café almendra. La variedad Maragogipe presentó el grano de mayor tamaño, seguida de Tabi, Típica, Colombia, Caturra y Catimor (Figuras 5 y

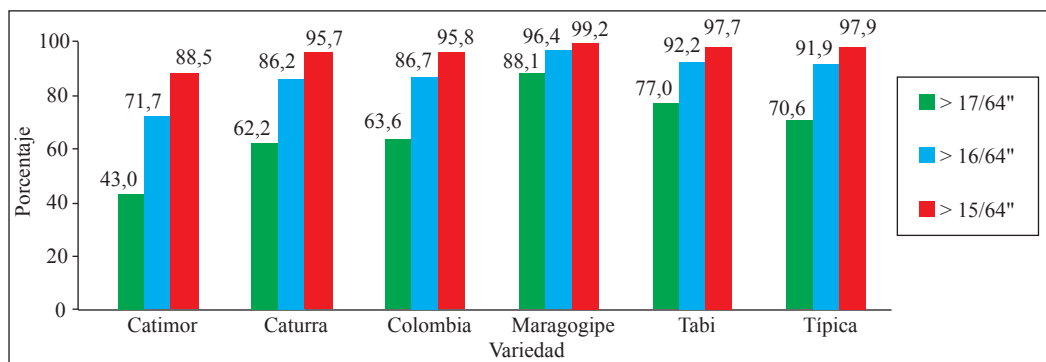


Figura 5. Tamaño del grano de café de variedades de café de las muestras de las fincas.

6). Se presentaron diferencias significativas entre el porcentaje de grano sobre malla 17, 16, 15, y 14 para la variedad Tabi con respecto a Caturra y Colombia.

Por departamentos, Cesar, Santander y Antioquia presentaron el tamaño de grano de café más grande, con porcentajes de grano por encima de la malla 14 de 90%, 87,7% y 87,7%, respectivamente, estos valores resultaron diferentes del café del Quindío 85,3% y Caldas 84,1%. Estas diferencias se deben a los mayores tamaños de las variedades Maragogipe en Antioquia y Tabi y Típica del Cesar y Santander. Las mismas diferencias se encontraron en la suma de los granos de tamaño 17, 16 y 15. La variedad Tabi de las unidades La Montaña y Perijá presentó los mayores porcentajes de grano, por encima de malla 17, con valores cercanos al 80,0%. La genética de la variedad tuvo más influencia en el tamaño del grano que la altitud y el origen geográfico.

En contraste, el café Caturra de Guatemala presentó 81,2% de grano de tamaño por encima de la malla 17, para cultivos por encima de 1.460 m, que son valores mayores a los encontrados para las misma variedad en Colombia, y el Borbón presentó 85,7% de grano de tamaño 17 y 18, para el rango de

altitud superior a los 1.460 (4). Así mismo, muestras de Catimor en Ecuador presentaron 65,2% de grano por encima de la malla 17, en Caturra el valor fue de 60,1% y para Típica de 64,7% (2), valores que son diferentes a los encontrados para las variedades de café en Colombia. El promedio de los valores del tamaño del grano por rango de altitud se observa en la Tabla 11.

Descripción de la calidad de la bebida de café según las características físicas del grano. Se demostró que la calidad de la bebida de café está influenciada por las características físicas del grano, la humedad y los defectos. La calidad del café se deteriora aunque estos defectos se retiren del producto final antes de tostarlo. Por consiguiente, se reitera la recomendación de aplicar las buenas prácticas agrícolas y de manufactura haciendo énfasis en la separación de las impurezas y los granos defectuosos en cada etapa del beneficio y procesamiento del café.

Se observó que la bebida del café de las fincas con defecto reposo estuvo asociada a granos que presentaron humedades medias superiores a 12%(Figura 7), granos decolorados cercanos al 3,0% y guayabas del 1,5% (Figura 8 y 9). Los sabores terrosos se asociaron a café que se procesó con granos guayaba y

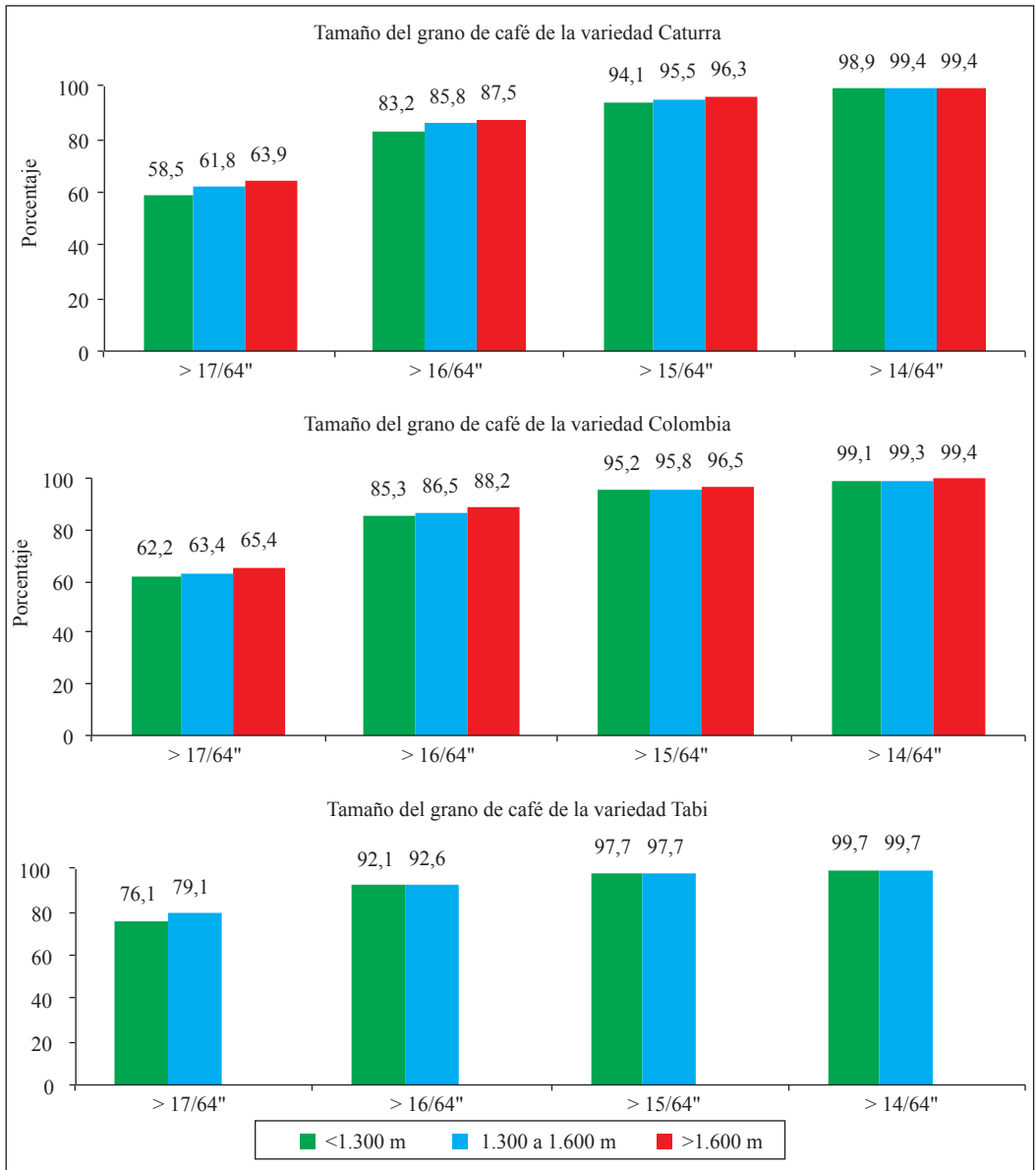


Figura 6. Tamaño del grano de café de variedades Caturra, Colombia y Tabi, según el rango de altitud.

pelados del 1% y brocados superiores al 2,0% en promedio; los sabores leñosos, sucios y ásperos a café se relacionaron con defectos pelados mayores al 1,0% y brocados mayores al 3,5%. Los sabores vinagres se asociaron

a café procesado con defectos en promedio de 1,5% de grano pelado, 2,0% de brocado, 2,0% de grano decolorado, 1,5% de vinagre y 1,5% de mordido. El sabor contaminado se relacionó con el defecto brocado por encima

Tabla 11. Tamaño del grano de café almendra según el rango de altitud.

| Rango de altitud | Tamaño del grano de café almendra en 64 de pulgadas | Promedio | C.V. % |
|-----------------------|---|----------|--------|
| Menor a 1.300 m | Sobre malla 17 | 63,6 | 22,4 |
| | Sobre malla 16 | 22,2 | 35,4 |
| | Sobre malla 15 | 9,5 | 44,6 |
| | Sobre malla 14 | 3,9 | 61,5 |
| Entre 1.300 y 1.600 m | Sobre malla 17 | 63,1 | 22,8 |
| | Sobre malla 16 | 23,3 | 34,6 |
| | Sobre malla 15 | 9,3 | 49,3 |
| | Sobre malla 14 | 3,6 | 68,5 |
| Mayor a 1.600 m | Sobre malla 17 | 64,1 | 22,7 |
| | Sobre malla 16 | 23,4 | 37,0 |
| | Sobre malla 15 | 8,7 | 50,8 |
| | Sobre malla 14 | 3,1 | 71,2 |
| Entre 1.050 y 2.050 m | Sobre malla 17 | 63,6 | 22,7 |
| | Sobre malla 16 | 23,1 | 35,6 |
| | Sobre malla 15 | 9,2 | 48,7 |
| | Sobre malla 14 | 3,5 | 67,9 |

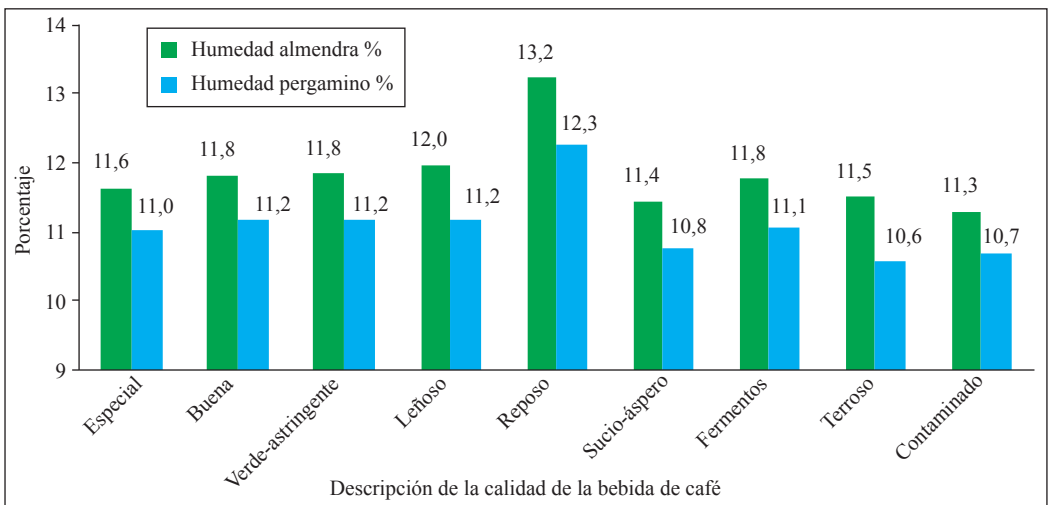


Figura 7. Humedades del grano de café de las muestras de las fincas en relación con la descripción de la calidad en taza.

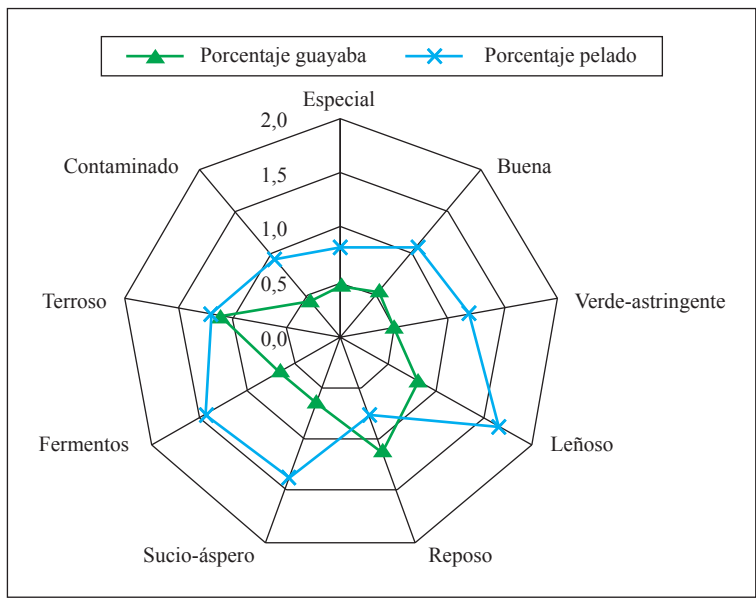


Figura 8. Descripción de la calidad del café en taza en relación con el promedio de los defectos del pergamino del grano de café de las muestras de las fincas.

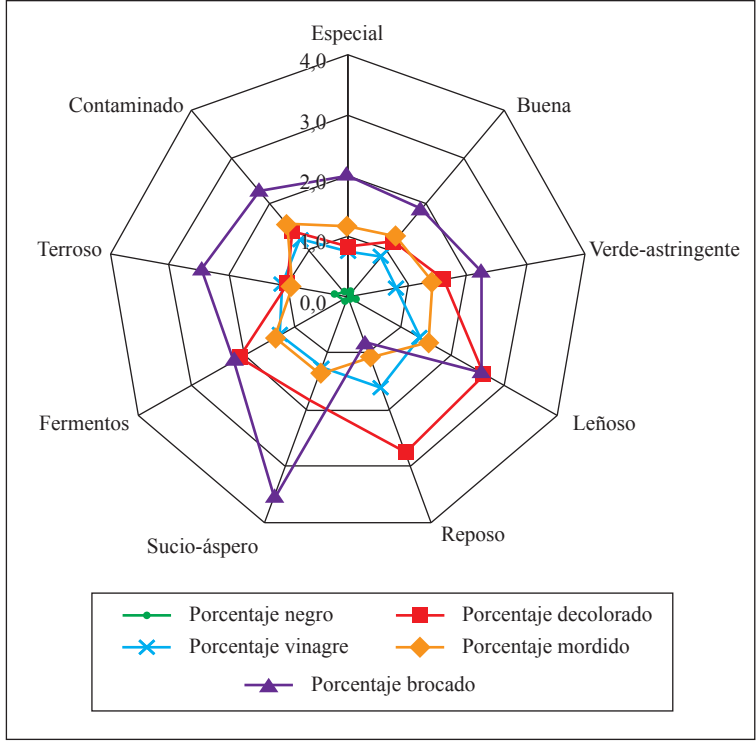


Figura 9. Descripción de la calidad del café en taza en relación con el porcentaje promedio de defectos del grano almendra de las muestras de café las fincas.

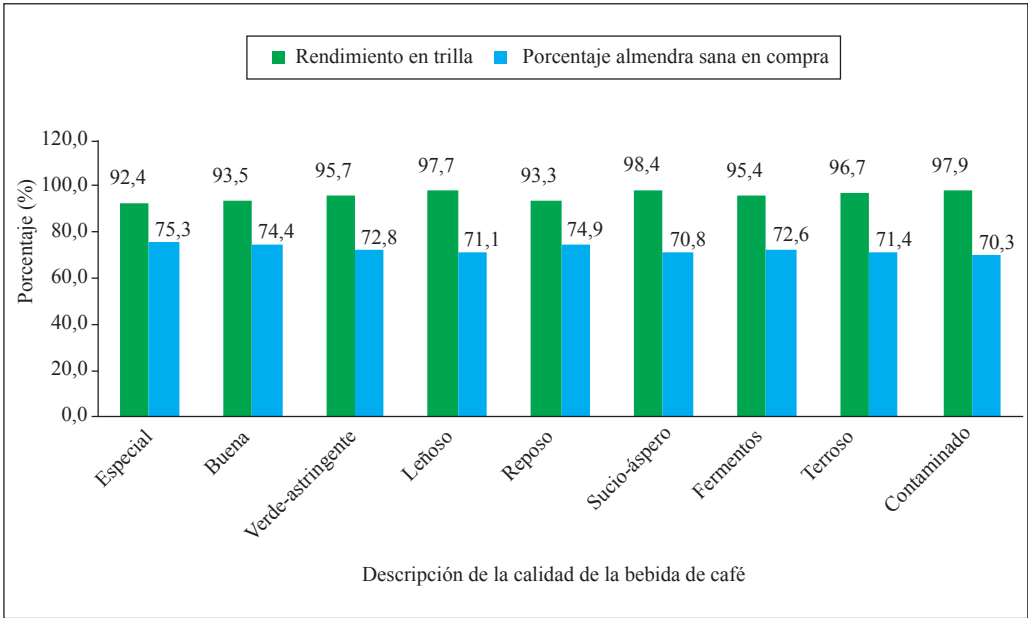


Figura 10. Promedios del rendimiento en trilla y el porcentaje de almendra sana en compra, de las muestras de café de las fincas en relación con la descripción de la calidad del café en taza.

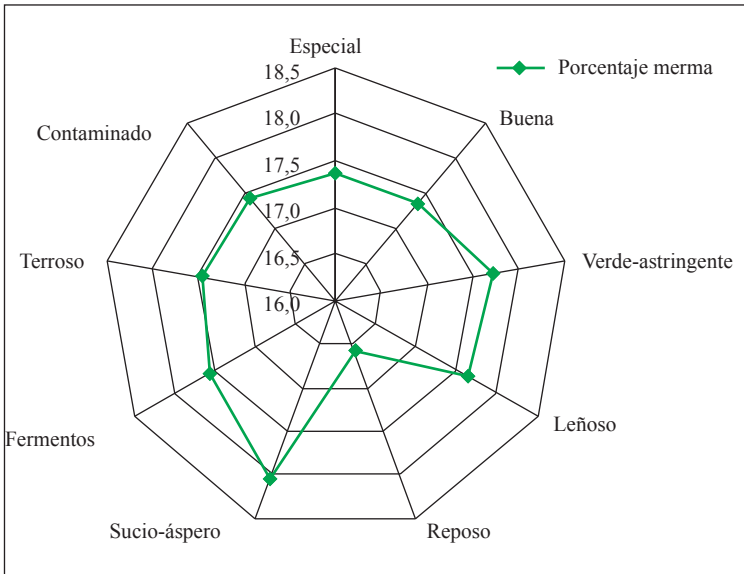


Figura 11. Descripción de la calidad del café en taza, según el porcentaje promedio de merma de las muestras de las fincas.

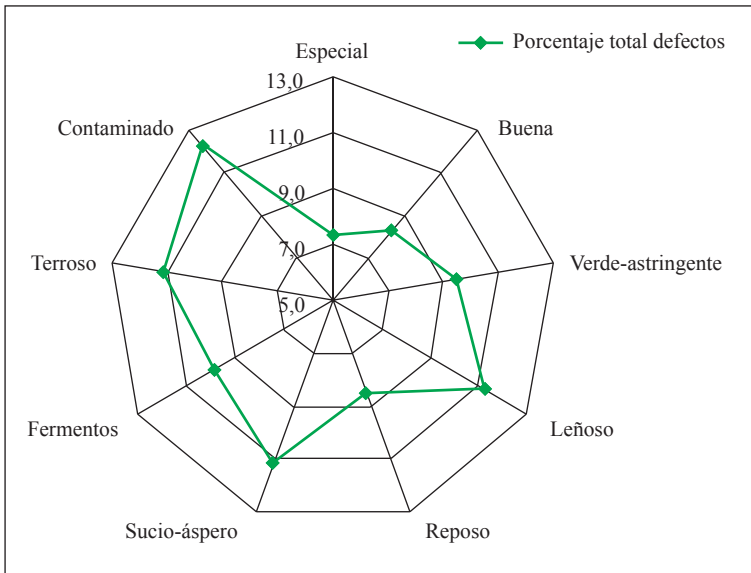


Figura 12. Descripción de la calidad del café en taza según el porcentaje total de defectos del grano almendra de las muestras de las fincas.

del 2,0% (Figuras 7, 8 y 9). Las bebidas con sabores a contaminado, terroso, fermento y sucio presentaron la mayor cantidad de defectos totales con valores superiores al 11% en promedio.

Por el contrario, los cafés que se calificaron como especiales y buenos presentaron en promedio 92,4 a 93,5 de factor de rendimiento en trilla, 75,3 a 74,4 de almendra sana en compra y 17,4% de merma (Figuras 10, 11 y 12), valores cercanos a los límites comerciales establecidos por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia para la compra de cafés de calidad superior.

Puede concluirse que:

- Se registraron variaciones en maneras, tiempos, infraestructura y mezclas para efectuar el beneficio y el secado del café en las fincas visitadas, que evidenciaron fallas en el control de procesos y riesgos para la buena calidad del café, sobre todo en el secado, en la fermentación y en

el desmucilaginado mecánico, así como deficiencias tecnológicas en los equipos que se usaban para el beneficio del café.

- En las fincas muestreadas de todas las regiones se encontró café de buena y mala calidad.
- El daño por broca de la almendra del café influyó en un mayor porcentaje de defectos totales, un menor contenido de almendra sana, un mayor valor del rendimiento en trilla y se relacionó con los defectos leñosos, sucios, ásperos y contaminados de la bebida de café.
- En todos los departamentos se observaron desviaciones por sobresecado y por falta de secado del grano de café. En general, el café que se secó en secadores mecánicos se sobresecó, mientras que en el café que se secó al sol se registraron altos contenidos de humedad.
- Estos resultados demuestran que es necesario mejorar los métodos de control de la

humedad del grano de café en las fincas. Se recomienda establecer estrategias como capacitación de los caficultores y la disposición de medidores de humedad calibrados para el grano de café en las fincas o en lugares de las veredas cercanas, donde pueda brindarse este servicio a los caficultores.

- Los defectos del grano de café más frecuentes fueron el brocado, el vinagre y el decolorado. Las principales causas del grano vinagre se atribuyen a las fallas en las clasificaciones en el beneficio y a la falta de controles en la fermentación, desmucilaginado, lavado y secado; los granos decolorados se originaron por las mezclas de cafés despulpados y por dejar estos granos en agua por varios días, otras causas fueron el sobresecado y el secado incompleto.
- El contenido de granos guayaba fue mayor en el café procedente de zonas por debajo de 1.300 m, en muestras procesadas por el método de la finca y que se secaron mecánicamente. Aunque los granos guayabas se producen desde la etapa del cultivo, por diferentes factores climáticos y bióticos, su presencia en la muestra de café pergamino permite deducir que faltó realizar los controles y clasificaciones en el beneficio del café.
- Se evidenciaron diversas fallas en el beneficio y secado del café en las fincas y también riesgos de contaminación y deterioro del producto, principalmente en los procesos del secado, fermentación y desmucilaginado mecánico.
- El desmucilaginado mecánico, la fermentación, el lavado y el secado son procesos críticos para la calidad del café, que deben controlarse para evitar los daños

del grano y los defectos e inconsistencia en la bebida.

- La frecuente presencia de los defectos en el café denota que todavía hay carencias en los controles en los procesos del café. Es necesario que la broca se controle de forma eficaz, mejorar el equipamiento de beneficio y los sistemas de monitoreo en el beneficio, secado y almacenamiento del café.
- La genética de la variedad tuvo mayor influencia en el tamaño del grano que la altitud, los suelos y el origen geográfico. Las variedades con granos de mayor tamaño fueron Maragogipe y Típica.
- El grano de café pelado se presentó en mayor proporción en los procesos mecánicos de desmucilaginado y secado; es necesario evitar estos defectos para controlar riesgos de mohosos, decolorados, Ochratoxina A y otros sabores indeseables para la calidad del café (22).
- Las diferencias en los rendimientos de merma y factor en trilla del café de las muestras dependieron principalmente de la cantidad de defectos.
- Se demostró que la calidad de la bebida de café está influenciada por las características físicas del grano, la humedad y los defectos. La calidad del café se deteriora aunque estos defectos se retiren del producto al final antes de tostarlo, por consiguiente, es necesario aplicar las buenas prácticas de clasificación durante todo el proceso del café.

AGRADECIMIENTOS

A María Mercedes Botero Buitrago y Ana María Osorio Betancourt por su colaboración

en los análisis del grano y la digitación de los datos. Al Servicio de Extensión Rural de los departamentos de Antioquia, Quindío, Tolima y Huila, a la Cooperativa de Caficultores de Anserma y a los caficultores de los municipios participantes. A Álvaro Jaramillo Robledo y Flor Pulido por su ayuda en la localización de las fincas.

Esta investigación hizo parte de las actividades del proyecto QIN3010 Estudio de la calidad y la composición química del café, según los suelos y la altitud del cultivo que se desarrolló entre los años 2005 y 2012, se financió con recursos de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, y contribuyó en la estrategia de calidad y cafés especiales de la Federación.

LITERATURA CITADA

- DÍAZ, A.M.; RIVERA G., J.M.; SÁNCHEZ A., O.D.; DÍAZ, A.M.; RIVERA G., J.M.; SÁNCHEZ A., O.D.; ARROYAVE C., A.M. Identificación de la calidad sensorial de cafés especiales en tres latitudes aplicando diferentes tiempos de fermentación natural con caficultores de los municipios de Supía, Riosucio, Caldas y Quinchía Risaralda. Investigaciones de Unisarc 8(1/2):32-40. 2010.
- DUICELA G., L.A.; CORRAL C., R.; FARFÁN T., D.S.; CEDEÑO G., L.; PALMA P., R.; SÁNCHEZ O., J.; VILLACIS, J.C. Caracterización física y organoléptica de cafés Arábicos en los principales agroecosistemas del Ecuador. Manta : Consejo cafetalero nacional, 2003. 248 p.
- 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). Chinchiná : Cenicafé, 2004. 8 p. (Avances Técnicos No. 323)
- FIGUEROAS, P.; JIMÉNEZ G., O.H.; LOPEZ DE L., E.E.; ANZUETOR., F. Influencia de la variedad y la altitud en las características organolépticas y físicas del café. Boletín de Promecafé 94:18-21. 2002.
- Federación Nacional de Cafeteros - FNC. Compra de café por factor de rendimiento. Ibagué : Comité de cafeteros del Tolima, 2001. 11 p.
- Federación Nacional de Cafeteros - FNC. La calidad del café va en su beneficio: Identifique los defectos del café. Bogotá : FNC : ALMACAFÉ, 2006. 16 p.
- Federación Nacional de Cafeteros - FNC. Nuestras regiones cafeteras. [En línea]. Bogotá : La Federación, [s.f.]. Disponible en internet: http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/la_tierra_del_cafe/regiones_cafeteras/ Consultado en junio de 2015.
- Federación Nacional de Cafeteros - FNC. Resolución número 5 de 2002. [En línea]. Bogotá : La Federación, 2002. Disponible en internet: [http://www.cafedecolombia.com/static/files/Resolucion%205%20de%202002%20\(Calidades%20Exportacion\).pdf](http://www.cafedecolombia.com/static/files/Resolucion%205%20de%202002%20(Calidades%20Exportacion).pdf). Consultado en abril de 2013
- Federación Nacional de Cafeteros - FNC. Tabla de precio interno de referencia para la compra de café pergamino seco por carga de 125 kg. [En línea]. Bogotá : La Federación, 2015. Disponible en internet: https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/precio_cafee.pdf. Consultado en agosto de 2015.
- HERRÓN O., A. Diagnóstico de la taza de café colombiano. Chinchiná : Cenicafé, 2001. 1 p.
- JARAMILLO R., A. Clima andino y el café en Colombia. Chinchiná : Cenicafé, 2005. 192 p.
- 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. Cenicafé 59(2):120-142. 2008.
- OLIVEROS T., C.E.; PEÑUELA M., A.E.; JURADO C., J.M: Controle la humedad del café en el secado solar utilizando el método gravimet. Chinchiná : Cenicafé, 2009. 8 p. (Avances Técnicos No. 387).
- OLIVEROS T., C.E.; PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P. Gravimet SM: Tecnología para medir la humedad del café en el secado en silos. Chinchiná : Cenicafé, 2013. 8 p. (Avances Técnicos No. 433).
- PUERTA Q., G.I. Buenas prácticas agrícolas para el café. Chinchiná : Cenicafé, 2006. 12 p. (Avances Técnicos No. 349)
- PUERTA Q., G.I. Calidad del café. p. 81-110. En: Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología

- para la sostenibilidad de la caficultura. Chinchiná : FNC : CENICAFE, 2013. 3 vols.
17. PUERTA Q., G.I. Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. *Cenicafé* 51(1):5-19. 2000.
 18. PUERTA Q., G.I. Calidad en taza de las variedades de *Coffea arabica* L. cultivadas en Colombia. *Cenicafé* 49(4):65-78. 1998.
 19. PUERTA Q., G.I. Cómo garantizar la buena calidad de la bebida del café y evitar los defectos. Chinchiná : *Cenicafé*, 2001. 8 p. (Avances Técnicos No. 284).
 20. PUERTA Q., G.I. Especificaciones de origen y buena calidad del café de Colombia. Chinchiná : *Cenicafé*, 2003. 8 p. (Avances Técnicos No. 316).
 21. PUERTA Q., G.I. La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. Chinchiná : *Cenicafé*, 2006. 8 p. (Avances técnicos No. 352).
 22. PUERTA Q., G.I. Prevenga la ochratoxina A y mantenga la inocuidad y la calidad del café. Chinchiná : *Cenicafé*, 2003. 8 p. (Avances Técnicos No. 317).
 23. PUERTA Q., G.I. Registro de la trazabilidad del café en la finca. Chinchiná : *Cenicafé*, 2007. 8 p. (Avances Técnicos No. 355).
 24. PUERTA Q., G.I. Rendimientos y calidad de *Coffea arabica* L. según el desarrollo del fruto y la remoción del mucílago. *Cenicafé* 61(1):67-89. 2010.
 25. PUERTA Q., G.I. Riesgos para la calidad y la inocuidad del café en el secado. Chinchiná : *Cenicafé*, 2008. 8 p. (Avances Técnicos No. 371).
 26. PUERTA Q., G.I.; GONZÁLEZ R., F.O.; CORREA P., A.; ÁLVAREZ L., I.E.; ARDILA C., J.A.; GIRÓN O., O.S.; RAMÍREZ Q., C.J.; BAUTE B., J.E.; SÁNCHEZ A., P.M.; SANTAMARÍA B., M.D.; MONTOYA, D.F. Diagnóstico de la calidad de la bebida de café producido en fincas de varias regiones de Colombia. Chinchiná : *Cenicafé*, 2016. (En prensa)
 27. SALAZAR C., E.I.; MUSCHLER, R.G.; VERA S., J.; JIMÉNEZ F., T. Calidad de *Coffea arabica* bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* a diferentes elevaciones en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26):40-42. 2000.
 28. SILVA, R.F. DA; PEREIRAR., G.F.A.; BOREM, F.M.; SILVA, V.A. DA. Altitude e a qualidade do café cereja descascado. *Revista brasileira de armazenamento* 9:40-47. 2006.
 29. ZAMBRANO F., D.A. Fermente y lave su café en el tanque tina. Chinchiná : *Cenicafé*, 1993. 8 p. (Avances Técnicos No. 197).