

Cenicafé

Revista del
Centro Nacional de Investigaciones de Café



Volumen 67 Número 2

Julio - Diciembre 2016



**Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia**

Ministro de Hacienda y Crédito Público
Mauricio Cárdenas Santamaría
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Aurelio Iragorri Valencia
Ministro de Comercio, Industria y Turismo
María Claudia Lacouture
Director del Departamento Nacional de Planeación
Simón Gaviria Muñoz

COMITÉ NACIONAL
Período 1º enero/2015- diciembre 31/2018

José Fernando Montoya Ortega
José Alirio Barreto Buitrago
Eugenio Vélez Uribe
Danilo Reinaldo Vivas Ramos
Cliford Enrique Bonilla Smith
Javier Bohórquez Bohórquez
Octavio Oliveros Collazos
Edilberto Rafael Álvarez Pineda
Leonardo Javier Pabón Sánchez
Alfredo Yáñez Carvajal
Carlos Alberto Cardona Cardona
Alejandro Corrales Escobar
Jorge Julián Santos Orduña
Luis Javier Trujillo Buitrago
Camilo Restrepo Osorio

Gerente General
ROBERTO VÉLEZ VALLEJO

Gerente Administrativo
CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ ARBOLEDA

Gerente Financiero
JUAN CAMILO BECERRA BOTERO

Gerente Comercial
CARLOS FELIPE ROBAYO DUQUE

Gerente Técnico
HERNANDO DUQUE ORREGO

Director Investigación Científica y Tecnológica
ÁLVARO LEÓN GAITÁN BUSTAMANTE

Uso del material de esta revista:

Aquellas personas que deseen usar en otras publicaciones, ilustraciones o datos publicados en la Revista Cenicafe, deben obtener el permiso del Centro Nacional de Investigaciones de Café y del autor del artículo y reconocer por escrito los créditos a la Revista Cenicafe como fuente original del material.

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

La Revista Cenicafe, órgano divulgativo del Programa de Investigación Científica de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y el Fondo Nacional del Café se publica semestralmente.

Editada en noviembre 2016
Tel: 57(6)8506550 Fax: 57(6)8504723 A.A.: 2427 Manizales
E-mail: cenicafe@cafedecolombia.com
www.cenicafe.org

Cenicafé

Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café

Manizales - Caldas - Colombia

VOL. 67

JULIO - DICIEMBRE 2016

No. 2

CONTENIDO

APLICACIÓN DE AGUA OZONIZADA Y ACTIVIDAD MICROBIANA EN EL CAFÉ PERGAMINO HÚMEDO DURANTE EL ALMACENAMIENTO. Jenny Paola Pabón Usaqué; Aída Esther Peñuela Martínez	7
APPLICATION OF OZONATED WATER AND MICROBIAL ACTIVITY IN WET PARCHMENT COFFEE DURING STORAGE	7
DIAGNÓSTICO REGIONAL DE LA CALIDAD DE LA BEBIDA DE CAFÉ DE COLOMBIA, SEGÚN ALTITUD, SUELOS Y BUENAS PRÁCTICAS DE BENEFICIO. Gloria Inés Puerta Quintero; Freddy Obed González Rizo; Arturo Correa Piedrahita; Iván Eduardo Álvarez Lizcano; José Alexander Ardila Calderón; Olga Stella Girón Ospina; Carlos Julio Ramírez Quimbayo; José Enrique Baute Balcázar; Pedro María Sánchez Arciniegas; Melsar Danilo Santamaría Burgos; Diego Fabián Montoya	15
REGIONAL DIAGNOSIS OF COLOMBIAN COFFEE CUP QUALITY, BY ALTITUDE, SOILS AND GOOD PROCESSING PRACTICES	15
DENSIDAD DE SIEMBRA DE <i>Coffea arabica</i> VARIEDAD TABI EN SISTEMAS AGROFORESTALES, EN TRES ZONAS CAFETERAS DE COLOMBIA. Fernando Farfán Valencia; José Raúl Rendón Sáenz; Hernán Darío Menza Franco	52
PLANTING DENSITY OF <i>Coffea arabica</i> TABI VARIETY IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN THREE COFFEE ZONES OF COLOMBIA	52
EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ. Esther Cecilia Montoya Restrepo; Álvaro Jaramillo Robledo	58
TEMPERATURE EFFECT ON COFFEE YIELD	58
EPIDEMIOLOGÍA DE LA MUERTE DESCENDENTE DEL CAFETO (<i>Phoma</i> spp) EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ. Hernán Darío Menza Franco; Manuel José Peláez Peláez	66
EPIDEMIOLOGY OF COFFEE TREE DIEBACK (<i>Phoma</i> spp) IN THREE COFFEE PRODUCTION SYSTEMS	66
EVALUACIÓN DE LA ACEPTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE ERGONÓMICO PARA EL CANASTO RECOLECTOR DE CAFÉ-SERCOR. Jhon Félix Trejos Pinzón; Carlos Gonzalo Mejía Mejía; Esther Cecilia Montoya-Restrepo; Elsa Natalia Quintero; José Raúl Rendón Sáenz; Diego Fabián Montoya	78
EVALUATION OF THE ACCEPTANCE OF AN ERGONOMIC SUPPORT SYSTEM FOR COFFEE GATHERER BASKETS SERCOR	78
EVALUACIÓN DE UNA ALTERNATIVA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD EN LA COMERCIALIZACIÓN DEL CAFÉ HÚMEDO. Carlos Eugenio Oliveros Tascón; Jenny Paola Pabón Usaqué; Esther Cecilia Montoya Restrepo	86
EVALUATION OF AN ALTERNATIVE FOR PRESERVING WET COFFEE QUALITY IN MARKETING	86

COMITÉ EDITORIAL

Álvaro L. Gaitán B.	Ph.D. Director, Cenicafé
Pablo Benavides M.	Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología, Cenicafé
Juan Rodrigo Sanz U.	Ph.D. Ing. Mecánico. Ingeniería Agrícola, Cenicafé
Carmenza E. Góngora B.	Ph.D. Microbióloga. Entomología, Cenicafé
José Ricardo Acuña Z.	Ph.D. Biólogo. Mejoramiento Genético, Cenicafé
Siavosh Sadeghian K.	Ph.D. Ing. Agrónomo. Suelos, Cenicafé
Sandra Milena Marín L.	M.Sc. Ing. Agrónomo. Divulgación y Transferencia, Cenicafé

EDITORES ESPECIALIZADOS DE LA REVISTA 67 (2)

Carmenza Góngora B.	PhD. Cenicafé, FNC
Juan Rodrigo Sanz U.	PhD. Cenicafé, FNC
José Ricardo Acuña Z.	PhD. Cenicafé, FNC
Alveiro Salamanca J.	PhD. Cenicafé, FNC
Luis Miguel Constantino C.	MSc. Cenicafé, FNC

Revisores Revista Cenicafé Volumen 67 No 1 y No 2

Álvaro L. Gaitán B.	PhD. Cenicafé, Federación Nacional de Cafeteros (FNC)
Hernando Duque O.	MSc. Gerencia Técnica (FNC)
Pablo Benavides M.	PhD. Cenicafé, FNC
Carlos E. Oliveros T.	PhD. Cenicafé, FNC
Andrés M. Villegas H.	PhD. Cenicafé, FNC
Juan Carlos García L.	PhD. Cenicafé, FNC
Alveiro Salamanca J.	PhD. Cenicafé, FNC
César A. Ramírez G.	MSc. Cenicafé, FNC
Álvaro Jaramillo R.	MSc. Cenicafé, FNC
Jaime Cárdenas L.	MSc. Gerencia Técnica, FNC
Gladys Romero G.	PhD. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales - UDCA
Iván D. Aristizábal T.	PhD. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín
Edilson L. Moreno C.	PhD. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín
Demian Takumasa Kondo R.	PhD. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica
Lyda P. Mosquera S.	PhD. Corporación Regional Autónoma del Cauca
Iván D. Aristizábal T.	PhD. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín
Hugo Ruiz E.	PhD. Universidad de Nariño
Alfonso Parra C.	PhD. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá
Greicy Andrea Sarria V.	MSc. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite - Cenipalma
Gloria E. Aristizábal V.	MSc. Licenciada en Biología y Química
Gabriel Alvarado A.	MSc. Corporación Colombiana De Investigación Agropecuaria - Corpoica
Diego Carrero S.	MSc. Universidad de Pamplona
Argemiro M. Moreno B.	MSc. Esp. Investigador Independiente
Luis Fernando Botero F.	MSc. Investigador Independiente
José Artemo López R.	Ing. Agrónomo. Investigador Independiente
Rodrigo Alarcón S.	Coordinador Calidades, Almacafé
Rodrigo Londoño M.	Coordinador Calidades, Comité de Cafeteros de Antioquia, FNC
Alma Henao T.	Bibliotecóloga. Cenicafé, FNC
Olga Umaña C.	MA. Traducción. Lic. en Lenguas Modernas

APLICACIÓN DE AGUA OZONIZADA Y ACTIVIDAD MICROBIANA EN EL CAFÉ PERGAMINO HÚMEDO DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Jenny Paola Pabón Usaquén*; Aída Esther Peñuela Martínez*

PABÓN U., J.P.; PEÑUELA M., A.E. Aplicación de agua ozonizada y actividad microbiana en el café pergamino húmedo durante el almacenamiento. Revista Cenicafé 67 (2): 7-14. 2016

Con el propósito de evaluar la efectividad de la aplicación de agua ozonizada sobre la carga microbiana obtenida durante el almacenamiento del café pergamino húmedo, se planteó un diseño experimental completamente aleatorizado 2x4+1, con dos prácticas (aplicación de agua ozonizada y agua sin ozonizar), cuatro tiempos de almacenamiento (24, 48, 72 y 96 h) y un testigo (café lavado y secado inmediatamente). Se determinaron las poblaciones de aerobios mesófilos, coliformes totales y mohos y levaduras (UFC/g), mediante los métodos AOAC 990.12 y el AOAC 991.14 para aerobios mesófilos y coliformes totales, respectivamente, y el método AOAC 997.02 para mohos y levaduras. Se realizó un análisis de varianza al 95% y la prueba DMS de Fisher para cada uno de los grupos de microorganismos. Los resultados obtenidos mostraron que no hubo diferencias significativas entre la carga microbiana obtenida para el testigo y los tratamientos en los cuales se aplicó agua ozonizada, para los tres grupos de microorganismos evaluados.

Palabras clave: Microorganismos, mesófilos, coliformes totales, mohos.

APPLICATION OF OZONATED WATER AND MICROBIAL ACTIVITY IN WET PARCHMENT COFFEE DURING STORAGE

In order to evaluate the effectiveness of the application of ozonated water on the microbial load obtained during storage of wet parchment coffee, a completely randomized design 2x4+1, with two practices (application of ozonated water and non-ozonated water) four storage times (24, 48, 72 and 96 h) and a control (coffee immediately washed and dried) was created. The populations of mesophilic aerobes, total coliforms and molds and yeasts (CFU/g) were determined by the AOAC 990.12 and AOAC 991.14 methods for mesophilic aerobes and total coliforms, respectively, and the AOAC 997.02 method for molds and yeasts. An analysis of variance at 95% and a Fisher's LSD test were done for each of the groups of microorganisms. The results showed no significant differences between the microbial load obtained for the control and the treatments in which ozonated water was applied to the three groups of microorganisms evaluated.

Keywords: Microorganisms, mesophilic, total coliforms, molds.

* Asistente de Investigación e Investigador Científico I, respectivamente. Disciplina de Poscosecha. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

La calidad de los alimentos es vulnerable a riesgos que afectan su inocuidad durante toda la cadena de procesamiento (9). En el caso del café, la aplicación de prácticas de conservación inadecuadas o deficientes durante la cosecha (recolección) y postcosecha (beneficio) pueden perjudicar la calidad del producto (7), lo que conlleva a pérdidas económicas significativas.

En la comercialización del café húmedo, el grano se encuentra en un estado intermedio con una humedad alta (52% base húmeda) y un valor de actividad de agua de 0,97 que genera un ambiente propicio para la proliferación de diferentes microorganismos, como hongos y bacterias que producen contaminación y dejan sabores residuales en el producto final (6, 16). Sin embargo, no existe una técnica aplicable al café pergamino húmedo que reduzca el riesgo sobre la calidad del producto sin afectar la inocuidad, ni generar altos costos de inversión, sin contener aditivos que cambien el aspecto, color y textura natural del producto ni que represente un riesgo para el consumo humano. Actualmente, las prácticas de comercialización de café lavado están relacionadas con el almacenamiento del producto en este estado o con remoción de mucílago incompleta, durante toda la semana en las fincas, para entregarlo finalmente en los puntos de compra, donde el secado tampoco inicia de forma inmediata, por lo tanto, se almacena por un tiempo indeterminado hasta completar la cantidad necesaria para iniciar el secado, aunque el café provenga de diferentes sitios. Estas formas de manejo se han asociado también a prácticas con las cuales se consumen grandes volúmenes de agua, en busca de retardar efectos perjudiciales en la calidad del café antes de la venta. Por lo anterior, se hizo necesario evaluar nuevas alternativas para conservar la inocuidad del café húmedo durante su comercialización.

La aplicación de agua ozonizada en concentraciones relativamente bajas es una técnica eficaz contra la mayoría de los microorganismos, empleando cortos tiempos de contacto. Por ello, el uso del ozono como desinfectante se constituye en una técnica factible y relativamente económica para la conservación de diferentes productos agrícolas (19). Se ha reportado la efectividad de la utilización del ozono en la disminución de la carga microbiana para diferentes frutas, hortalizas y granos (4, 8, 10, 12, 17). Considerando la relativa facilidad de aplicación del ozono y la efectividad comprobada en diferentes productos, incluyendo café, la técnica de ozonización es aplicable al café pergamino húmedo durante su almacenamiento y puede convertirse en una alternativa para mantener la inocuidad del producto.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la aplicación de agua ozonizada sobre el crecimiento de tres grupos de microorganismos indicadores de contaminación: aerobios mesófilos, coliformes totales y mohos y levaduras, durante el almacenamiento del café pergamino húmedo en el proceso de comercialización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las pruebas se realizaron con café Variedad Castillo®, proveniente de la Estación Experimental Naranjal, ubicada en la vereda la Quebra, del municipio de Chinchiná (Colombia), y el proceso de beneficio húmedo se realizó en el módulo para procesar semilla del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. La unidad experimental estuvo conformada por 18 kg de café pergamino húmedo, que se almacenó en canecas plásticas de 50 L de capacidad. Se utilizó un diseño factorial completamente aleatorizado 2x4+1 con dos procedimientos (café en agua ozonizada y sin

ozonizar), cuatro tiempos de almacenamiento (24, 48, 72 y 96 h) y un testigo, que correspondió al café pergamino húmedo obtenido después del lavado y secado inmediatamente (control negativo o café sin almacenamiento). De cada tratamiento se realizaron cinco repeticiones. Para los tratamientos en los cuales se aplicó ozono, se utilizó la metodología indicada en la caracterización de la técnica (13), en la cual se aplicó ozono durante 10 min a 5,0 L de agua para obtener agua ozonizada con una concentración de 0,2 mg.L⁻¹ y lavar el café pergamino húmedo por 15 min, cada 24 h. Para producir el ozono se utilizó el generador Bionic® (Bionic, Tecnología en bioseguridad y medio ambiente, Colombia). Para los tratamientos en los que no se empleó ozono, el café se lavó diariamente con agua sin ozonizar. El proceso de lavado del café, de cada uno de los tratamientos y el almacenamiento del café húmedo, se realizó en el Laboratorio de Ingeniería Agrícola de Cenicafé, a una temperatura de 20±3,0°C y a una humedad relativa de 80%±2,0%. Una vez aplicados los tratamientos correspondientes se tomó una muestra de granos de café para el análisis microbiológico. Las variables de respuesta fueron las unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo (UFC/g) para aerobios mesófilos, coliformes totales y mohos y levaduras, siguiendo los métodos oficiales de AOAC 990.12, el AOAC 991.14 y el AOAC 997.02, respectivamente (2).

Análisis microbiológico. Para cada análisis, se esterilizaron los materiales en autoclave por 15 min, a 120°C y 15 psi de presión. La preparación de cada muestra comprendió la adición de agua peptonada a 10 g de café pergamino húmedo de cada tratamiento. Esta mezcla se llevó a agitación a 120 rpm, en un agitador orbital por 2 h. Posteriormente, se tomó una alícuota de 1 mL y se prepararon las

diluciones decimales consecutivas hasta 10⁻⁶. Debido a que el café pergamino húmedo es una materia prima que no ha sido sometida a ningún tipo de procesamiento, tiene una alta carga microbiana, por lo cual se sembraron las diluciones de 10⁻⁵ y 10⁻⁶.

La inoculación de las muestras se realizó en placas petrifilm (3M®, USA), que vienen preparadas con los medios específicos para cada grupo de microorganismos, listos para sembrar. Posteriormente, las placas se incubaron por 48±2,0 h a 35±1,0°C para el crecimiento de los aerobios mesófilos y coliformes totales, y entre 20 y 25°C, durante 5 días, para mohos y levaduras según protocolos mencionados anteriormente.

Análisis de la información. Se realizó un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95% con cada una de las variables de respuesta. La comparación de medias se realizó a través de la prueba DMS de Fisher con un nivel del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aerobios mesófilos

Con la identificación de los microorganismos aerobios mesófilos puede determinarse la calidad de la materia prima de un producto alimenticio, problemas en su almacenamiento, su vida útil y la aplicación de buenas prácticas de manufactura, entre otros aspectos (11). En la *Tabla 1* se presentan los resultados para el recuento de aerobios mesófilos. El análisis de varianza mostró efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de este grupo de microorganismos (valor *p*: 0,0034), la prueba DMS no presentó diferencias significativas cuando se comparó el valor promedio obtenido en el testigo y los obtenidos en los tratamientos 1, 2, 3 y 4 donde se aplicó agua ozonizada. Adicionalmente, en el

testigo se obtuvo un valor significativamente menor que los valores medios obtenidos para los tratamientos 5, 6, 7 y 8, donde el café se lavó con agua sin ozonizar, debido a que no se aplicó alguna técnica de desinfección. Lo anterior indica que la aplicación de agua ozonizada al café, bajo las condiciones realizadas en este estudio, cuando va a ser sometido a almacenamiento hasta por 96 h, permite en el café una carga de aerobios mesófilos estadísticamente igual a la obtenida cuando el café es llevado a secado inmediatamente después del lavado en el proceso de poscosecha.

Das y Kim (5) aplicaron agua ozonizada en el almacenamiento de brócoli fresco, con una concentración de 2,0 mg.L⁻¹ de ozono, durante 90 y 180 s, obteniendo una reducción significativa en el crecimiento de aerobios en comparación con los valores registrados cuando utilizaron agua sin ozonizar, agua con cloro y agua electrolizada, en los mismos tiempos de aplicación. Estos resultados positivos se atribuyen al poder oxidante del ozono, que se mantuvo gracias al lavado diario y a la dosificación de la misma concentración durante todo el tiempo de almacenamiento. Por lo anterior, cuando se aplica la técnica de agua ozonizada durante varios días de

almacenamiento, debe garantizarse que la concentración y el tiempo de aplicación sean los adecuados, para obtener los mayores resultados de desinfección.

Coliformes totales

La presencia de coliformes totales indica contaminación cruzada causada por el contacto del café con el suelo, al lavado con aguas contaminadas y por la manipulación inadecuada de los operarios que realizan el proceso de beneficio (14). En la Tabla 2 se presentan los resultados para el conteo de coliformes totales que se obtuvieron durante la aplicación de los tratamientos. El análisis de varianza mostró efecto significativo (valor $p = 0,0368$). La carga media de coliformes totales obtenida en el testigo y en los tratamientos 1, 2, 3 y 4 (agua ozonizada) fue significativamente menor que en los tratamientos en los cuales no se utilizó ozono.

En contraste, la prueba DMS no hubo diferencias significativas (valor $p = 0,2891$) entre los tratamientos en los cuales el café se lavó con agua ozonizada y el testigo, lo que indica que se obtuvo la misma carga microbiana para coliformes totales cuando el café se llevó a secado inmediatamente y

Tabla 1. Valores promedio de aerobios mesófilos en todos los tratamientos

Tratamiento	Procedimiento	Tiempo de almacenamiento antes del secado (h)	UFC/g
Testigo	Secado inmediato	0	5,0x10 ⁶
1	Agua ozonizada	24	5,184x10 ⁶
2		48	5,342x10 ⁶
3		72	3,344x10 ⁶
4		96	2,670x10 ⁶
5	Agua sin ozonizar	24	1,199x10 ^{7*}
6		48	1,251x10 ^{7*}
7		72	1,472x10 ^{7*}
8		96	1,362x10 ^{7*}

*Indica diferencias significativas según la prueba de Fisher DMS con el 5,0% de significancia.

cuando se aplicó agua ozonizada diariamente, con una concentración de 0,2 mg.L⁻¹ durante 15 min y se almacenó a 20°C, por 4 días. Estos resultados demuestran que la aplicación de un desinfectante como el ozono controla el crecimiento de este grupo de microorganismos bajo el periodo de almacenamiento evaluado.

La inactivación de las bacterias por el ozono se atribuye a las reacciones de oxidación (15), considerando además, que según García *et al.* (8), las bacterias coliformes son uno de los grupos de microorganismos más sensibles al poder oxidativo del ozono. Resultados similares fueron reportados por Alexopoulos *et al.* (1) y Das y Kim (5), cuando aplicaron agua ozonizada en mayores concentraciones pero menores tiempos de aplicación en pimentones (0,5 mg.L⁻¹ de O₃ por 7,0 min) y trozos de brócoli (2,0 mg.L⁻¹ de O₃ por 3,0 min). Lo anterior evidencia que la aplicación de ozono, cuando se realiza en la concentración y el tiempo adecuados, es efectiva en el control del crecimiento de coliformes totales cuando se aplica a productos perecederos como los granos de café pergamino húmedo.

Aunque en los tratamientos en los que no se aplicó agua ozonizada se obtuvieron valores altos de este grupo de microorganismos, los resultados son menores a los reportados por Peñuela y Oliveros (14_ENREF_16), quienes obtuvieron valores máximos de 4,5x10⁹ UFC/g en muestras de café pergamino húmedo recolectadas en diferentes puntos de compra; en estos casos no se aplica alguna práctica para conservar el café y el almacenamiento frecuentemente se realiza en los recipientes en los cuales se transporta el café.

Mohos y levaduras

Los mohos y levaduras son microorganismos que indican condiciones inapropiadas de almacenamiento y de manejo. Se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente y se dispersan fácilmente por el aire y por el polvo (18). Las malas condiciones de almacenamiento de los granos, especialmente en el café pergamino húmedo, hacen posible la presencia de mohos, los cuales aumentan el riesgo de producir micotoxinas y disminuyen la calidad tanto en su apariencia visual como en las cualidades organolépticas de la bebida (3).

Tabla 2. Valores promedio, máximo y mínimo para la variable coliformes totales presentes en el testigo y los tratamientos.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (h)	Procedimiento	Promedio (UFC/g)	Máximo (UFC/g)	Mínimo (UFC/g)
Testigo	-	Secado inmediato	2,14 x 10 ⁵	6,20 x 10 ⁵	9,00 x 10 ⁴
1	24	Agua ozonizada	2,97 x 10 ⁵	7,05 x 10 ⁵	5,00 x 10 ³
2	48		9,00 x 10 ⁴	3,75 x 10 ⁵	0,00
3	72		1,20 x 10 ⁴	2,00 x 10 ⁴	0,00
4	96		1,17 x 10 ⁵	2,50 x 10 ⁵	3,00 x 10 ⁴
5	24	Agua sin ozonizar	9,07 x 10 ⁵	1,78 x 10 ⁶	2,80 x 10 ⁵
6	48		4,83 x 10 ⁵	1,02 x 10 ⁶	1,35 x 10 ⁵
7	72		6,23 x 10 ⁵	1,01 x 10 ⁶	1,30 x 10 ⁵
8	96		1,16 x 10 ⁶	1,87 x 10 ⁶	8,90 x 10 ⁵

En la Figura 1 se presenta el comportamiento de esta variable respecto a los tratamientos evaluados. El análisis de varianza mostró efecto de tratamientos (valor p : 0,0480). Cuando se comparó el promedio obtenido en el testigo ($0,767 \times 10^6$ UFC/g) con los valores de mohos y levaduras de los tratamientos donde se aplicó agua ozonizada no hubo diferencia significativa (valor p : 0,4369), es decir, se controló el contenido de mohos y levaduras en el café pergamino húmedo cuando se aplicó agua ozonizada como técnica de conservación durante el almacenamiento. Por otra parte, los valores obtenidos en los tratamientos donde no se utilizó ozono fueron mayores significativamente al obtenido en el testigo. Adicionalmente, se observa la disminución de la población de este grupo de microorganismos en el café a medida que avanza el tiempo de almacenamiento con la aplicación del agua ozonizada, indicando un efecto residual del ozono sobre mohos y levaduras.

Los datos obtenidos indican que si no se aplica una técnica de desinfección durante el almacenamiento, el café pergamino húmedo se expone al riesgo de contaminación debido al crecimiento de hongos que pueden generar micotoxinas como la ocratoxina.

En el presente trabajo se cuantificaron tres grupos de microorganismos durante el almacenamiento del café pergamino húmedo, con el fin de evaluar la técnica de conservación empleando agua ozonizada. Se puede concluir que no hubo diferencia estadística entre la carga obtenida de microorganismos aerobios mesófilos, coliformes totales y mohos y levaduras, cuando los granos húmedos se secaron inmediatamente luego del beneficio y cuando el café se almacenó durante 4 días con aplicación de agua ozonizada como técnica de conservación.

Estos resultados demuestran que la aplicación diaria de agua ozonizada en una concentración de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ por 15 min,

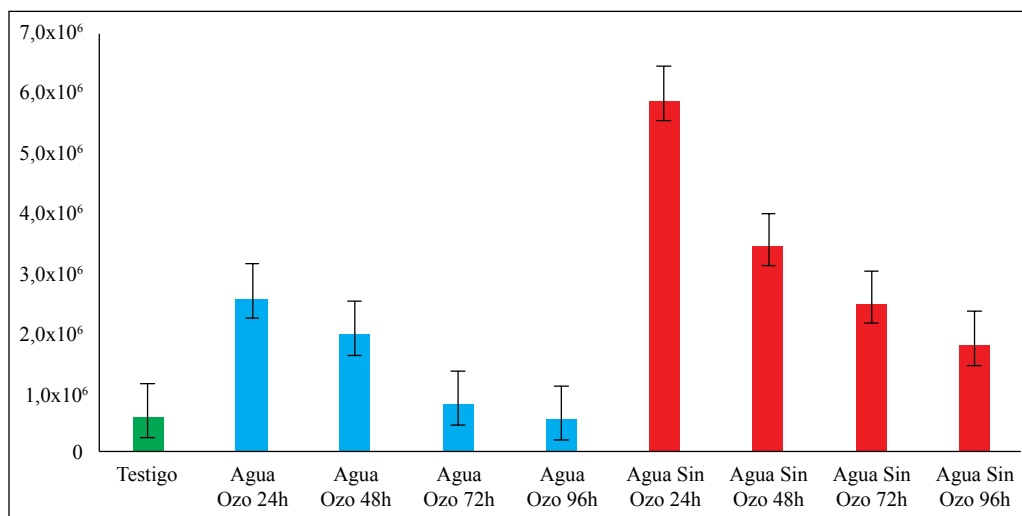


Figura 1. Comportamiento durante el tiempo de almacenamiento de la cantidad de mohos y levaduras, para los tratamientos y el testigo. Las barras indican el error estándar.

permite el control del crecimiento microbiano de los grupos indicadores evaluados durante 4 días de almacenamiento. La aplicación de ozono se convierte en una alternativa de conservación de fácil implementación en los puntos de compra, para mantener la inocuidad del producto durante la comercialización de café húmedo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a al Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, y al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, por la financiación del proyecto. Igualmente, los autores expresan su agradecimiento a la doctora Carmen Dussan, profesora del Departamento de Matemáticas de la Universidad de Caldas por su asesoría estadística y al Lic. Rafael Rodríguez del Laboratorio de Recursos Naturales de Cenicafé por su asesoría en los análisis microbiológicos.

LITERATURA CITADA

- ALEXOPOULOS, A.; PLESSAS, S.; CECIU, S.; LAZAR V. Evaluation of ozone efficacy on the reduction of microbial population of fresh cut lettuce (*Lactuca sativa*) and green bell pepper (*Capsicum annuum*). *Food control* 30(2):491-496. 2013.
- AOAC. Official and tentative methods of analysis of the AOAC. 5a. ed. Washington : AOAC, 2005. 757 p.
- BATISTA, L.R.; CHALFOUN, S.M.; SILVA, C.F.; CIRILLO, M.; VARGA, E.A.; SCHWAN, R.F. Ochratoxin A in coffee beans (*Coffea arabica* L.) processed by dry and wet methods. *Food control* 20(9):784-790. 2009.
- CASTRO, N.; QUISPE, A. Efecto del ozono en los sistemas de higienización de frutas y hortalizas de los laboratorios especializados de la FIIA UNASAM. *Aporte santiaguino* 3(1):47-52. 2010.
- DAS, B.; KIM, J. Microbial quality and safety of fresh cut broccoli with different sanitizers and contact times. *Microbiology and biotechnology* 20(2):363. 2010.
- FAO. Directrices para prevenir la formación de moho en el café. Roma : FAO, 2005. 251 p.
- FAO. Buenas prácticas de higiene en la cadena de café: Recurso para la capacitación para los países productores de café. Roma : FAO, 2006.
- GARCIA, A.B.; GUERRERO, N.; ALZAMORA, S.M. Inactivation kinetics and growth dynamics during cold storage of *Escherichia coli* ATCC 11229, *Listeria innocua* ATCC 33090 and *Saccharomyces cerevisiae* KE162 in peach juice using aqueous ozone. *Innovative food science & emerging technologies* 29:271-279. 2015.
- JHA, S.N. Food safety and quality. p. 1-24. En: *Rapid detection of food adulterants and contaminants*. San Diego : Academic press, 2016.
- KARACA, H.; VELIOGLU, Y.S. Ozone applications in fruit and vegetable processing. *Food reviews international* 23(1):91-106. 2007.
- MARTINEZ, M. Análisis microbiológico de alimentos: Microorganismos marcadores. Manizales : Universidad de Caldas, 2011. 54 p.
- NASCIMENTO, C.; LIMA, C.; PICOLLI, R.; FIORINI, J.; DUARTE, S.; SILVA, J.M.; OLIVEIRA, N.; VEIGA, S. Ozonio e ultra-som: Processos alternativos para o tratamento do café despulpado. *Ciência e tecnologia de alimentos* 28(2):282-294. 2008.
- PABÓN U., J.P. Efecto de la aplicación de agua ozonizada en la conservación de café pergamino húmedo durante el proceso de comercialización. Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de Ingenierías, 2014. 86 p. -- Tesis: Magister en ingeniería de alimentos.
- PEÑUELAM., A.E., OLIVEROST., C.E. Evaluación de técnicas de conservación del café húmedo: Informe. Manizales : Cenicafé, 2013. 70 p.
- PRIYANKA, B.; RASTOGI, K.; TIWARI, B. Opportunities and challenges in the application of ozone in food processing. p. 335-358. En: *Emerging technologies for food processing*. San Diego : Academic press, 2014.
- PUERTA Q., G.I. La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. Manizales : Cenicafé. 2006. 8 p. (Avances Técnicos No. 352).

17. SUNG, H.J.; SONG, W.J.; KIM, K.P.; RYU, S.; KANG, D.H. Combination effect of ozone and heat treatments for the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* in apple juice. International journal of food microbiology 171:147-153. 2014.
18. TORTORA, G.; BERDELL, F.; CASE, C. Microbiology an introduction. San Francisco : Pearson education, 2010.
19. ZHANG, L.; LU, Z.; YU, Z.; GAO, X. Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. Food control 16(3):279-283. 2005.

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL CAFÉ SEGÚN ALTITUD, SUELOS Y BENEFICIO EN VARIAS REGIONES DE COLOMBIA

Gloria Inés Puerta Quintero*; Freddy Obed González Rizo**¹; Arturo Correa Piedrahita**²;
Iván Eduardo Álvarez Lizcano**³; José Alexander Ardila Calderón**³; Olga Stella Girón Ospina**⁴;
Carlos Julio Ramírez Quimbayo**⁴; José Enrique Baute Balcázar**⁵; Pedro María Sánchez Arciniegas**⁶;
Melsar Danilo Santamaría Burgos**⁷; Diego Fabián Montoya**⁸

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 regional de la calidad de la bebida de café de Colombia, según altitud, suelos y buenas prácticas de beneficio. Revista Cenicafé 67(2): 15-51. 2016.

Se evaluó el perfil de calidad de la bebida de 680 muestras de café producido en 162 fincas, y se procesó la respectiva cereza mediante Buenas Prácticas de Manufactura-BPM en las mismas fincas. Se registró la trazabilidad de origen y procesos. La mayor proporción de café de calidad buena, superior y especial, se obtuvo de las muestras de café que se procesaron por BPM, por fermentación y secado al sol, en todas las regiones. No hubo correlación entre la altitud ni la unidad de suelo con la calidad de la bebida de café. Se concluyó que para producir café de buena calidad no es suficiente con tener una buena variedad botánica y cultivarla en zonas altas, que favorecen la sanidad del grano. También se identificaron los defectos más frecuentes de la bebida de café de cada zona; el principal defecto en taza en el café de las fincas fue el *stinker*, causado por falta de controles en el desmucilaginado mecánico, la fermentación, el lavado y el secado. Para incrementar la producción de café con sabores especiales y consistentes es necesario diagnosticar las fallas debidas a los procesos de beneficio y secado del café; diseñar y establecer programas de capacitación, mejorar infraestructura, equipamiento y la calidad del agua suministrada a las fincas y mejorar las prácticas en la poscosecha del café. La aplicación sistemática de las BPM asegurará una buena calidad del café, la disminución de defectos y de pérdidas económicas, mejorando la competitividad y rentabilidad de las regiones cafeteras.

Palabras clave: Trazabilidad, evaluación sensorial, fermentación, secado, poscosecha, cafés especiales.

REGIONAL DIAGNOSIS OF COLOMBIAN COFFEE CUP QUALITY, BY ALTITUDE, SOILS AND GOOD PROCESSING PRACTICES

Quality profiles of coffee beverage of 680 samples produced in 162 farms were assessed as well as the respective sample obtained by processing the cherries by Good Manufacturing Practices, GMP, on the same farms. Traceability of origin and processes was recorded. The largest proportion of good, special and high quality coffee was obtained from samples that were processed by GMP by fermentation and by sun drying in all regions. No relationship between altitude or soil unit with the quality of the coffee beverage was found. To produce good quality coffees it is not enough to have a good botanical coffee variety and grow it in high areas that promote a healthy bean. Also the most frequent defects in coffee beverage in each region were identified. The main defect in coffee cup from farms was the stinker, caused by lack of controls during mechanical mucilage removal, fermentation, washing and drying. To improve the production of special and consistent coffee flavors in all regions it is necessary to determine the current failures due to coffee processing and drying; design and set specific training, programs, better infrastructure, equipment and the quality of the water supplied to farms and improve the post harvest coffee processes. The systematic application of good agricultural practices will ensure a good coffee quality, the reduction of defects and economic losses, improving competitiveness and profitability of the coffee regions.

Keywords: Traceability, sensory evaluation, fermentation, drying, postharvest, specialty coffees.

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

** Servicio de Extensión ¹Quindío, ²Antioquia, ³Huila y ⁴Tolima.

*** Asistente de investigación, Estaciones Experimentales Pueblo Bello⁵, San Antonio⁶ y Paraguaicito⁷ y La Catalina⁸ de Cenicafé, respectivamente.

La calidad del café de Colombia ha sido reconocida mundialmente y es apreciada por los consumidores por su suavidad, intensidad de los aromas, acidez y cuerpo y balanceados. En Colombia se cultiva solamente la especie *Coffea arabica* L., en fincas ubicadas en zonas cafeteras de los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Caquetá, Casanare, Cauca, Chocó, Cesar, Cundinamarca, La Guajira, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle, donde se presentan características apropiadas de clima, suelos y altitud, así como condiciones técnicas y aspectos culturales particulares en cada región, para la producción de café (20, 26).

El café de Colombia es procesado en las mismas fincas, por cerca de 563 mil productores, mediante el beneficio por la vía húmeda, que comienza con una recolección selectiva del café maduro seguido del proceso poscosecha, que incluye varias etapas como el despulpado, la fermentación natural o el desmucilaginado mecánico, el lavado y el secado. Después, el café se transporta a las cooperativas o puntos de compra de café, se almacena y luego se realizan operaciones de trilla, clasificación del grano almendra, por tamaño, densidad y tipo de defectos y se hacen evaluaciones de sabor y aroma del café conocidas como pruebas de taza, con el fin de obtener la mejor calidad del producto para la exportación (38).

La suavidad en la bebida de las variedades de café Arábica cultivadas en Colombia está determinada genéticamente y por su composición química (1, 34, 35). En las zonas cafeteras de mayor altitud, el efecto de una menor temperatura influye en una mejor sanidad e inocuidad del grano, porque se disminuyen el crecimiento y daño de plagas como la broca, y también se reduce el uso

de insecticidas para su manejo fitosanitario. Además, recientemente se ha descubierto y divulgado que a menores temperaturas se obtiene mayor porcentaje de diversos sabores especiales mediante fermentaciones controladas (47), lo cual representa una ventaja de las zonas cafeteras de mayor altitud que utilicen esta tecnología.

La mejor calidad de la bebida se obtiene del café maduro y sano; sin embargo, en los procesos de poscosecha en el beneficio, secado y almacenamiento, deben aplicarse las buenas prácticas agrícolas y de manufactura para asegurar una producción de buena calidad desde la finca (31). Las buenas prácticas agrícolas son un conjunto de principios y requisitos que deben seguirse en la producción de un alimento, con el fin de asegurar que el producto obtenido sea inocuo para el consumidor. Las buenas prácticas para el café incluyen un sistema de aseguramiento de la calidad y el desarrollo de prácticas que cuiden el medio ambiente y garanticen la buena calidad del producto en todos los procesos agronómicos, beneficio, secado, almacenamiento, transporte, tostación y preparación.

Los factores de procesamiento, beneficio y secado del café han sido bastante estudiados en relación con la calidad del grano y de la bebida. Los defectos físicos del grano de café se han descrito en los diferentes países y en Colombia, principalmente por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - FNC y Almacafé (18, 19). Se estima que más del 80% de los defectos del grano, que incluyen los vinagres, decolorados, flojos y mohosos son ocasionados por un inadecuado beneficio y secado (36). Así mismo, se conoce que el desmucilaginado mecánico, la fermentación, el lavado y el secado son procesos críticos para la calidad del café, los cuales deben controlarse.

La heterogeneidad en la madurez y sanidad del fruto de café beneficiado, el mal desmucilaginado mecánico, la fermentación no controlada, el agua sucia y el lavado incompleto del grano ocasionan diferentes niveles de daños fermentos y *stinker* en la bebida (4, 22, 25, 28, 39, 40, 42, 45). De igual manera, la falta de control en el secado al sol y el secado mecánico puede producir bebidas con sabores a sucio, mohoso, terroso, fenol, ahumado, contaminado-químico y riesgo de Ocratoxina A-OTA (21, 24, 40, 41, 43, 45, 48).

El cultivo del café se desarrolla y crece dentro de un rango térmico de 18 a 22°C. Debido a las influencias latitudinales estas temperaturas medias se encuentran a diferentes altitudes en los países productores de café. Por ejemplo, para Brasil este rango está entre los 400 y 1.100 m, en Centroamérica entre los 700 y 1.700 m y para Colombia entre 1.200 y 1.850 m (16, 26).

En Centroamérica, la mayor altitud y el sombrío han sido considerados favorables para la calidad del café, pero en los resultados mostrados no hay concordancia. En Cuba, Cabrera *et al.* (7) reportaron que la mayor altitud, las mayores precipitaciones y la mayor humedad relativa favorecieron la calidad del café de variedades Caturra rojo y amarillo y Catuai amarillo, ubicados a altitudes de 420, 570 y 625 m.

Guyot *et al.* (23), no encontraron diferencias en la calidad organoléptica del café para las variedades Borbón y Catuai para altitudes entre 1.100 y 1.400 m, pero sí hubo diferencias en la composición química de cafeína y lípidos, que atribuyeron a la madurez del grano. Salazar *et al.* (51), registraron que un mayor sombrío a altitud menor a 700 m favorecerían la calidad del café Arábica en Costa Rica, y altitudes entre 1.000 y

1.300 m con sombrío moderado influían en la uniformidad, mayor tamaño del grano y mejor calidad de la bebida.

Figueroa *et al.* (17), evaluaron la calidad en taza de las variedades Borbón, Caturra y Catuai de Guatemala, cultivadas en rangos de altitud menores a 1.220 m, entre 1.220 y 1.460 m y por encima de 1.460 m, y observaron que Borbón presentó mejor calidad a mayor altitud y concluyeron que a medida que se incrementa la altitud se acentúan el cuerpo, aroma y la fineza de la bebida, mientras que la acidez disminuye. Por su parte, Avelino *et al.* (2), para cafés de Costa Rica de plantaciones entre 1.020 y 1.250 m, en Orosí y expuestas al Este, encontraron mayores valores de acidez (2,73) versus los cafés de altitudes entre 1.550 y 1.780 m y otras exposiciones, que presentaron acidez de 2,36; además, indicaron que los catadores prefirieron los cafés de las altitudes mayores.

Romero *et al.* (50), reportaron que el café de la República Dominicana cultivado por encima de 1.000 m presentó buena calidad, y además, observaron que los contenidos de cafeína, sacarosa y los ácidos clorogénicos aumentaron mientras que los contenidos de trigonelina se redujeron con el incremento de la altitud. Lara (27) para el café variedad Caturra de Nicaragua, en altitudes mayores a 1.290 m y con niveles de sombra del 20%, registró las mayores concentraciones de materia grasa y ácidos clorogénicos y la mejor calidad.

Evangelista *et al.* (14), clasificaron diez zonas productoras de café de El Salvador en relación con la calidad de café según criterios de altitud y sombra, relacionados entre sí. Bertrand *et al.* (5), encontraron mayores contenidos de ácidos clorogénicos y lípidos en altitudes mayores para variedades tradicionales de El Salvador, Costa Rica y

Honduras, cultivadas entre 700 y 1.600 m, pero no encontraron explicación para la variación de estos compuestos con la altitud en cruzamientos híbridos de café Timor o tradicional con orígenes sudaneses y etíopes. Footer (21), en relación con los factores que afectan la calidad del café, afirma que la altitud no la afecta, que la fertilidad del suelo sí puede afectarla, pero que los principales factores pueden ser el método de beneficio y la recolección.

En trabajos realizados en zonas de África, Brasil y Ecuador tampoco se ha encontrado correspondencia entre la altitud y la calidad de la bebida de café. Esteves y Oliveira (13), no encontraron diferencias en la calidad del café de 176 muestras recolectadas en 1958 en regiones productoras en Angola. Chalfoun y Carvalho (9), no encontraron influencia de la altitud con la calidad de la bebida de café, entre 700 y 1.000 m en Minas Gerais (Brasil). Duicela *et al.* (12), indicaron que las características organolépticas del café son similares en todas las regiones del Ecuador, y que el tamaño del grano se relacionó con el sabor, acidez y cuerpo.

Silva *et al.* (52), 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. Cerqueria y Queiroz (8), no encontraron correlación entre la productividad y la calidad del café con relación a las variables altitud, radiación solar, características físicas y propiedades químicas del suelo en estudios realizados en diez propiedades de tamaño menor a 20 ha en Viosa (Brasil), en los años 2004 y 2005.

En Colombia tampoco se encuentran resultados que demuestren que la altitud o los suelos son factores determinantes

o correspondientes con la calidad de la bebida de café. Así, Rodríguez (49) evaluó la granulometría y la calidad sensorial del café producido en el departamento de Caldas y no encontró diferencia significativa entre las características del café de los ecotopos evaluados, además afirmó que había una “tendencia de obtener un café más ácido y con menos cuerpo mientras mayor era la altura del cultivo”, aunque encontró muestras cultivadas a baja altitud con marcada acidez y atribuyó esto al suelo, la variedad y las prácticas culturales, en especial para la unidad de suelos Fresno, que se caracterizaba por la buena retención de agua y fertilidad.

Por otro lado, Buenaventura y Castaño (6), afirman que la mejor calidad del café producido en el ecotopo 206B del municipio de Fresno (Tolima, Colombia) se encontró entre 1.450 y 1.650 m de altitud y que por tanto había “cierta dependencia de la calidad con la altitud”, para los 30 lotes evaluados, con altitudes entre 1.050 y 1.950 m.

Así mismo, Duarte (11) evaluó la calidad del café producido en 63 sistemas de producción en siete veredas de Villamaría y Manizales (Caldas) y los factores que influenciaban el sabor cítrico del café Alto del Naranjo, el cual se había vendido como especial en el año 2002, pero que en el 2004 no ofreció esta característica en la taza, concluyendo que ninguna de las variables de tipo climático, edáfico, socioeconómico, sistema de producción, manejo de cafetales, beneficio y características físicas del café tuvieron relación con la acidez cítrica del perfil de taza Alto del Naranjo encontrado en años anteriores.

Recientemente, Orozco *et al.* (30), investigaron la influencia de la altitud en la calidad de la bebida de las variedades Caturra y Colombia, de 30 fincas certificadas con el sello de café especial Comercio Justo FLO

(Fairtrade Labelling Organization) localizadas en el municipio de Pereira (Risaralda), en un rango de altitud entre 1.250 y 1.800 m, en unidad de suelo Chinchiná y concluyeron que ni la altitud, ni la variedad, ni la unidad de suelo de las fincas estudiadas estaban asociadas con las características de calidad de la bebida del café. En el 70% de estas fincas se produjo café con buenas características sensoriales de la bebida, las cuales tenían plantas de ambas variedades y estaban ubicadas en diferentes altitudes y suelos.

Con la presente investigación se buscó generar conocimiento científico para la diferenciación y el desarrollo de programas de cafés especiales por calidad del producto en las regiones de Colombia. Se determinaron las proporciones de café de buena calidad, las características sensoriales del producto y los defectos predominantes en la bebida de café de obtenido y procesado en las fincas. También se identificaron los efectos en la calidad del café de factores de origen (departamento, unidad de suelos, altitud, variedad) y la influencia del tipo de beneficio fermentación *vs* desmucilaginado mecánico (Becolsub), secado al sol *vs* mecánico, y de la aplicación de buenas prácticas *vs* los procesos de beneficio realizados en las fincas de diferentes regiones. Mediante la trazabilidad del café de cada sistema de producción y la evaluación sensorial de las características organolépticas del café producido se diagnosticaron las fallas asociadas a los procesos de beneficio y almacenamiento del café de estas fincas y regiones.

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 (44), 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, de 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 Cenicafé en Pueblo Bello, Santander, Paraguaicito y Naranjal (Tablas 1 y 2).

Estudio en el campo. 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 Sierra 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 del Tolima y Huila. Al final de la investigación, en cada departamento, al coordinador 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 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 (31, 36, 46), 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 (53); 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.

Testigo. En el beneficiadero de Cenicafé se realizó el beneficio de café de procedencia Naranjal con las variedades Colombia y Tabi, mediante el mismo protocolo BPM

Tabla 1. Localización de las fincas participantes en el muestreo para el diagnóstico de la calidad de la bebida de café, proyecto QIN3010.

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		Aipe	La Esmeralda
		Momblán		Campo Alegre	La Primavera
		Palestina		Hobo	San Miguel
		San Gregorio			El Batán
		Sorrento		Estoracal	
	Yarumal	El Recreo			
	Betania	Cajones		Iquirá	Ibirco
		El Tirado		Juancho	San Francisco
		La Italia		Villa María	
	Concordia	Las Ánimas		Neiva	El Triunfo
		Pueblo Rico			Pradera
		Santa Rita			El Mirador
		Yarumal			Guadualito
	Fredonia	Zona Urbana		Pitalito	Alto Naranjo
La Loma		Betania			
Giraldo	La Toscana	Rivera	Los Laureles		
	Murrapal		Buena Vista		
Pueblo Rico	La Sierrita	Santa María	Honda Alta		
	Castalia		Loma Larga		
	Patudal		El Encanto		
Santa Bárbara	El Guayabo	Teruel	San Joaquín		
	Las Mercedes		Santa Helena		
	Los Naranjos		Arrayanes		
	Morro Plancho		La Floresta		
La Paz	Filo Machete	Ibagué	La María		
	La Laguna		Río Iquirá		
Cesar	Cabecera Municipal	Libano	El Cural		
	Pueblo Bello		Perico		
	Costa Rica		Aguador Naranjo		
Quindío	Armenia	La Carolina	Tolima	Campo Alegre	
		Montes grandes		El Delirio	
		El Caimo		La Trinidad	
		El Rhin		Meseta Baja	
		La Patria		Meseta Baja (Alta)	
		La Revancha			
Marmato					

Continúa...

...Continuación

Departamento	Municipio	Vereda	Departamento	Municipio	Vereda		
Quindío	Armenia	Mesopotamia	Tolima	Libano	Pantanillo		
	Buena Vista	Río Verde Bajo		Rovira		Buenos Aires	
	Calarcá	Barcelona				La Luisa	
		La Española					La Palmita
		La Paloma					
	Circasia	La Julia	Los Andes				
		La Pola		Pijao			
	Filandia	Villarazo	Paz Baja				
		El Paraíso		Altamira			
	Montenegro	El Placer	Naranjal				
El Vigilante		El Rosario					
Calle Larga				Manizales			
					Pueblo Tapao	Hoyo Frío	
Quimbaya	El Jazmín		Manizales				
		Santander	Florida Blanca		Vericute	La Java	
Palestina	Cartagena						
		Risaralda	Santana				
Sarciri	Surrumbí						

Tabla 2. Rangos de altitud, unidades de suelo y materiales parentales de los sitios de muestreo, en cada departamento participante en el proyecto QIN3010.

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	
	Libano	Ceniza volcánica	Tolima
San Simón	Ígneo intrusivo		

Continúa...

...Continuación

Rango de altitud	Unidad de suelo	Material parental	Departamento
Entre 1.300 y 1.600 m	Chinchiná	Ceniza volcánica	Antioquia
	Parnaso-200	Ígneo extrusivo	
	Suroeste	Sedimentario	
	Chinchiná	Ceniza volcánica	Caldas
	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
	Libano	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	

para obtener las muestras por fermentación y por Becolsub, y se secaron al sol.

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 luego se repartió en varias muestras para análisis físicos, sensoriales y de contenidos de elementos químicos del café.

Análisis sensorial. Se evaluaron 580 muestras. Se trillaron 500 g de café pergamino, la almendra se clasificó por tamaño en

mallas circulares para café (marca *Seedburo company*, USA) y se retiraron todos los defectos físicos. El tostador Probat a gas se calentó a 210°C. Se tostaron granos de café de tamaño superior a malla 15/64 de pulgada, en grado medio, entre 14% a 17% de pérdida de peso, según la humedad de las muestras, color 45 a 55 Agron. Los granos se molieron en molino de café Probat, granulometría media que correspondió a un rango de 500 a 700 micrómetros (mallas 32 a 24, serie Tyler, USA equivalente a 35 a 25 A.S.T.M.E. Standard, USA).

Se midió la intensidad del aroma del café tostado y molido, el aroma de la bebida, la

acidez, el amargo, el cuerpo, el dulzor y la impresión global, mediante la evaluación sensorial por catadores de Cenicafé, expertos en la perfilación descriptiva y cuantitativa del café y certificados Q-grade por la SCAA.

Se usó la escala descriptiva, cuantitativa, de 9 puntos de Cenicafé (33, 37), donde con 1, 2 y 3 se califican los defectos, rechazos; 4, 5 y 6 corresponde a la calidad media y 7, 8 y 9 califica al café de buena calidad que se clasificó en este estudio como calidad buena superior y calidad especial (Tabla 3). De cada muestra se prepararon 12 tazas, en concentración 11 g de café molido en 150 mL de agua filtrada a punto de hervir. Las muestras de café se presentaron en bandejas distribuidas al azar y en tazas codificadas. Se efectuaron 6.960 análisis sensoriales.

Análisis estadísticos. Esta investigación es de tipo descriptivo cuantitativo. Con las muestras testigo se realizó la prueba chi-cuadrado para establecer la dependencia o no entre los factores y la calidad del café. Se efectuó estadística descriptiva para las variables de caracterización de las fincas y del proceso de beneficio y para las cualidades sensoriales de la bebida, intensidad del aroma- Iaroma, aroma de la bebida-Aroma, acidez, amargo, cuerpo, dulzor

e impresión global-Igglobal. La información se organizó para el análisis 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
- Varietades: 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

Tabla 3. Escala para la calificación y descripción de la calidad de la bebida de café (34, 38).

Calidad especial y superior			Calidad media			Rechazo		
9	8	7	6	5	4	3	2	1
La mejor	Muy buena	Buena	Tolerable	Media	Baja	Rechazo	Rechazo	Rechazo
Tostado, avellana, frutal, dulce, almendra, cítrico, malta, moras, caramelo, vino, clavos, vainilla, herbal, chocolate			Fique	Verde, astringente, banano, césped	Acidez baja	Maíz, pronunciado amargo, madera, cereal, quemado	Fermento, flores, pulpa, sucio, plátano, grasa, áspero, cebolla, húmedo, agrio, coco	Vinagre, picante, tierra, ahumado, cuero, moho, podrido, hediondo, fenol

Se efectuaron los histogramas de frecuencia para estimar la proporción de tazas con calidad superior, especial, buena y los defectos, rechazos según los factores de origen y proceso de las muestras. Además, se realizaron análisis de varianza ANOVA (Duncan 5%) para comparar las medias estimadas de cada variable según los factores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las fincas. Los cultivos correspondieron a variedades Caturra, Colombia, Maragogipe, Tabi, Típica y algunos Catimor, en Antioquia. La edad promedio de los lotes fue de 3,5 años. El tamaño de las fincas varió entre 1,3 a 75,0 ha, con un 25% de fincas pequeñas con área por debajo de 3,1 ha, 35,5% de fincas medianas y un 35% de las fincas con áreas entre 10,1 y 50,0 ha (Figura 1), lo que indica que la muestra de estudio estuvo conformada por un 57% de fincas medianas y grandes y un 43% por sistemas de producción pequeños. El tamaño de los lotes de café varió de 0,08 a 12,0 ha. En el 32% de las fincas se observó sombrío en los cafetales.

En el 98,6% de los lotes se fertilizó con abonos químicos; en el 46% de los lotes

se usaron insecticidas para el control de la broca. Solo en un departamento (Cesar) no se aplicaron insecticidas. La infestación por broca no se evaluó en el 13,8% de los lotes de procedencia de las muestras. En el 3,8% de los lotes no se presentó infestación por broca. El promedio de la infestación por broca en los lotes fue del 1,5% y en las fincas del 2,5%. El 24,5% de los lotes de café estaban ubicados por debajo de los 1.300 m de altitud, 44,4% entre 1.300 y 1600 m y 31,1% por encima de 1.600 m.

Caracterización del proceso de beneficio.

El 70% de las fincas que procesaban el café por fermentación lo hacían con agua. Se hacían mezclas de café de varios días de despulpado en el 46,3% de las fincas, con la mayor frecuencia entre 1 y 2 días (Figura 2). El 92% de los secadores mecánicos de las fincas eran silos en concreto o caja metálica con mallas, el 8% eran guardiolas. El combustible más usado para el secado del café en las fincas era el carbón mineral, seguido del aceite combustible para motores, ACPM (Figura 3). El 20% de los secadores al sol eran heldas, paseras y carros secadores con superficie de madera, otros tenían marquesinas y patios en cemento.

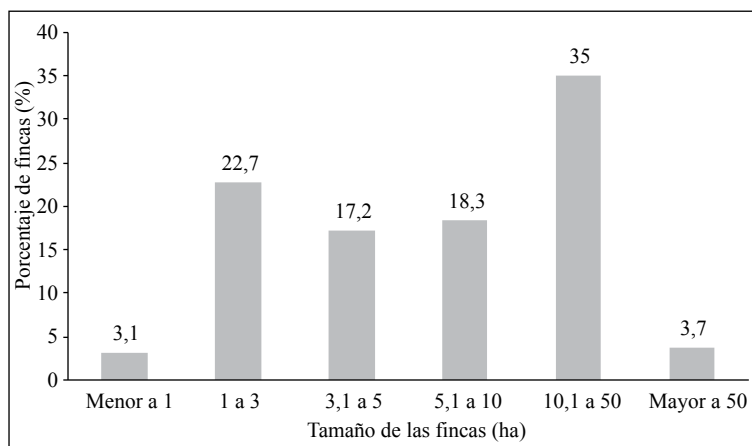


Figura 1. Proporción del tamaño de las fincas donde se realizó el diagnóstico regional de la calidad del café.

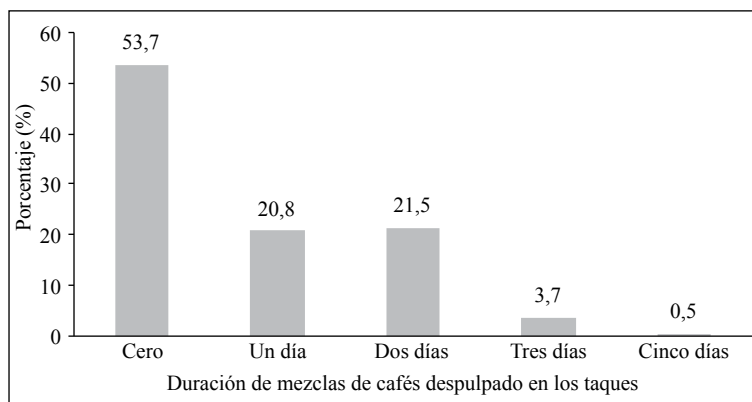


Figura 2. Frecuencia de días en los cuales se hacen mezclas de café despulrado en las fincas.

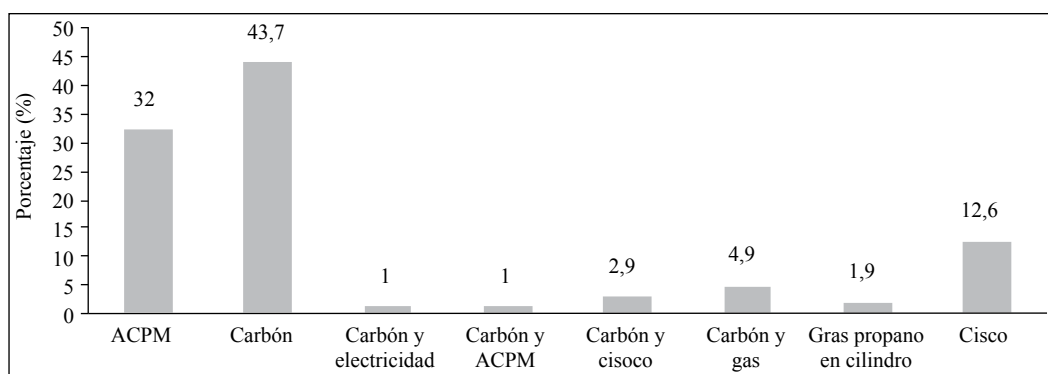


Figura 3. Proporción del tipo de combustible empleado con secadores mecánicos de café en las fincas.

Con la caracterización de las prácticas y materiales de beneficio y secado del café que se efectuaban en estas fincas se evidenciaron fallas de control de procesos, riesgos de contaminación del producto en el secado y deterioro de la calidad en la fermentación y desmucilaginado mecánico, así como deficiencias tecnológicas de equipos apropiados para el procesamiento del café.

Relaciones y dependencia entre factores de estudio. Para la proporción de tazas con defectos calificadas en el rango de rechazo, se encontró dependencia entre la práctica de beneficio usada (proceso finca vs BPM) con el tipo de beneficio (FN vs BEC), según la prueba estadística chi-cuadrado al nivel del 5%. Por el contrario, no hubo dependencia

entre la práctica de beneficio ni con la variedad de café, el departamento, el rango de altitud, la unidad de suelo ni con el material parental.

Se encontró dependencia entre la variedad con el departamento de origen para la acidez, el amargo, el cuerpo, el dulzor, el aroma del café tostado y la impresión global, así como entre la variedad y la unidad del suelo. Se encontraron dependencias entre el departamento y el rango de altitud, entre el departamento y la unidad del suelo y el material parental, también entre el rango de altitud y la unidad de suelo. Estas dependencias se explican porque la mayoría de las unidades de suelo de los muestreos se localizan en regiones específicas en los departamentos.

Calidad del café testigo. Todas las muestras procesadas como testigo con protocolo BPM en condiciones controladas en Cenicafé obtuvieron calificación por encima de 3 en todas las características sensoriales de la calidad del café, ninguna presentó defectos. Se observó que el 96% de las tazas se calificaron y describieron en el rango superior especial, el 4% presentaron sabores astringentes y verdes (Tabla 4). Se observó mayor proporción de tazas de calidad superior y mejor aroma y amargo en las muestras testigo que se procesaron por fermentación que en las obtenidas por Becolsub (Figura 4, Tabla 5).

Calidad del café de las fincas según los factores de origen y proceso. Las muestras de las fincas se diferenciaron de los testigos en las características sensoriales de la bebida

(acidez, amargo, cuerpo, impresión global). El aroma estuvo dentro de los límites de confianza para los testigos BPM (Tablas 5 y 6). El promedio de los aromas de las muestras de las fincas fue de 6, y las calidades del sabor obtuvieron una calificación promedio de 5 (Tabla 6). El 46% de las tazas de café de las fincas obtuvieron calidad sensorial superior, el 28% presentaron defectos en taza y el 26% calidad media por falta de intensidad en las características sensoriales y por sabores astringentes (Figura 5).

Café de calidad superior en las fincas. La proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según los diferentes factores de origen y proceso se presenta en las Figuras 6 a la 23.

Tabla 4. Análisis estadístico de la calidad de muestras de café testigo procesadas por BPM.

Característica sensorial del café	Proporción de tazas con calificación >3 (%)	Proporción de tazas con calificación > 6 (%)	Porcentaje de tazas con calificación 5 (astringente) (%)
Iaroma	100	96	4
Aroma	100	96	4
Acidez	100	96	4
Amargo	100	96	4
Cuerpo	100	96	4
Dulzor	100	96	4
Iglobal	100	96	4

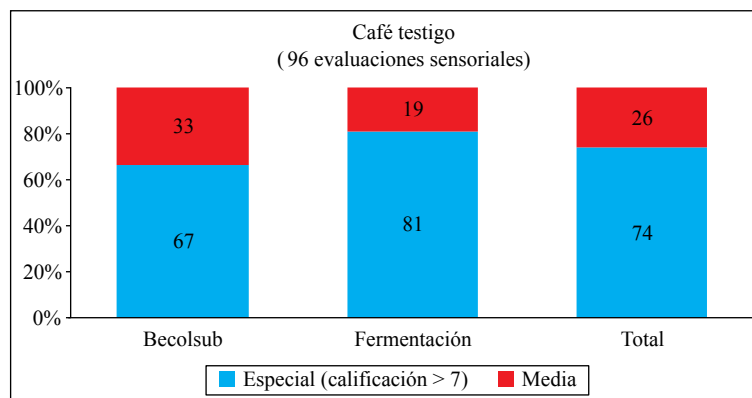


Figura 4. Proporción de tazas de calidad especial y media, para el café testigo.

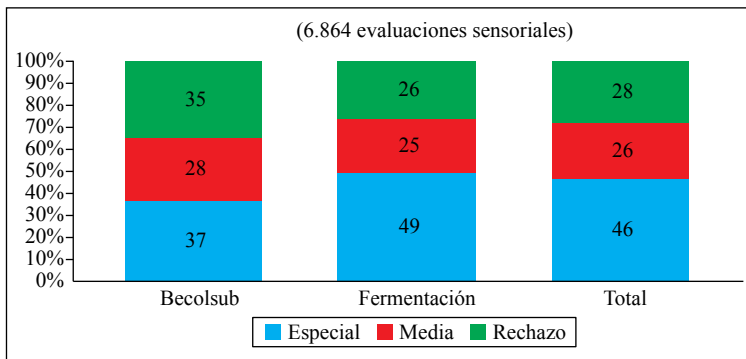


Figura 5. Proporción de tazas de calidad especial, media y rechazo, para el café de las fincas.

Por departamentos. El mayor porcentaje de tazas de calidad especial se registró en Santander con un 74%, seguido de Cesar con 55% y Tolima y Quindío con 50%. Las muestras de Antioquia obtuvieron el menor porcentaje de calidad superior con un 56% y el mayor porcentaje de rechazos con un 44% (Figura 6). En términos estadísticos, en la variable aroma las muestras de Santander y Cesar no se diferenciaron entre sí, mientras que en el amargo y el dulzor las muestras de Santander se diferenciaron de las demás. En la variable cuerpo, las bebidas del café de Santander y Caldas fueron similares, en contraste con las muestras de Cesar, Quindío y Antioquia, que entre sí fueron similares. La buena calidad del café de las muestras de Santander es el resultado de la variedad y del cuidadoso proceso de beneficio efectuado, además hubo bajo riesgo de contaminación química del producto debido a que no aplicaron insecticidas en esos lotes.

Por rango de altitud. No hubo diferencias en el porcentaje de tazas de café de calidad superior, según el rango de altitud del cultivo, ni en la calificación de la impresión global entre los rangos de altitudes. Calificaciones buenas por encima de 6 se alcanzaron en el 45% de las tazas de las muestras provenientes de altitudes por encima de 1.600 m; 45% para las muestras de altitudes entre 1.300 y 1600 m y 52% de las que se cultivaron por debajo

de 1.300 m (Figura 7). En cada departamento y condición de altitud se encontró café de calidad superior con calificaciones de 7, 8 y 9, como café calificado en el rango, 3, 2 y 1 por la presencia de defectos (Figura 8).

En Antioquia, Caldas, Huila y Tolima se encontró mayor proporción de café de calidad superior en el café de los lotes ubicados en el rango por encima de 1.600 m. Por el contrario, en Cesar y Quindío la mayor proporción de café de calidad superior se encontró en el café proveniente de lotes ubicados por debajo de 1.300 m (Figura 9). En conclusión, no hubo correlación entre la altitud y la calidad de la bebida de café.

Por su parte, Cerqueria y Queiroz (8), Chalfoun y Carvalho (9), Duicela *et al.* (12), Esteves y Oliveira (13), Footer (21), Orozco *et al.* (30) y Silva *et al.* (52) tampoco encontraron relaciones o correspondencias positivas o negativas entre la altitud y la calidad de la bebida de café. Silva *et al.* (52), en Brasil concluyeron que la presencia de granos defectuosos ejerce mayor influencia sobre la calidad, que el factor altitud.

Estos resultados demuestran que en todas las regiones cafeteras y rangos de altitud de las zonas cafeteras de Colombia puede producirse café de buena calidad. Las fallas frecuentes en equipos y las malas

Tabla 5. Estadística descriptiva de las muestras de café testigo.

Variable sensorial / Estadística	No observaciones	Mínimo	Máximo	Primer Cuartil	Mediana	Tercer Cuartil	Media	Límite inferior de la media (95%)	Límite superior de la media (95%)
Iaroma	Total	96	2	8	6	7	7	7	7
	Becolsub	48	2	8	6	7	7	6	7
	Fermentación	48	6	8	6	7	7	7	7
Aroma	Total	96	2	8	6	7	7	6	7
	Becolsub	48	2	8	6	7	6	6	7
	Fermentación	48	5	7	7	7	7	7	7
Acidez	Total	96	5	8	6	7	7	7	7
	Becolsub	48	5	8	6	7	7	6	7
	Fermentación	48	5	8	7	7	7	7	7
Amargo	Total	96	3	8	6	7	6	6	7
	Becolsub	48	3	8	6	7	6	6	7
	Fermentación	48	3	8	7	7	7	6	7
Cuerpo	Total	96	5	8	7	7	7	7	7
	Becolsub	48	5	8	7	7	7	7	7
	Fermentación	48	5	8	7	7	7	7	7
Dulzor	Total	96	5	8	7	7	7	7	7
	Becolsub	48	5	8	7	7	7	7	7
	Fermentación	48	5	8	7	7	8	7	7
Iglobal	Total	96	5	8	6	7	7	7	7
	Becolsub	48	5	8	6	7	7	6	7
	Fermentación	48	5	8	7	7	7	7	7

Tabla 6. Estadística descriptiva de las muestras de café de las fincas.

Variable sensorial / Estadística	No observaciones	Mínimo	Máximo	Primer Cuartil	Mediana	Tercer Cuartil	Media	Límite inferior de la media (95%)	Límite superior de la media (95%)
Aroma	6.864	1	9	6	7	7	6	6	6
Aroma	6.864	1	9	5	6	7	6	6	6
Acidez	6.864	1	9	3	6	7	5	5	5
Amargo	6.864	1	9	3	6	7	5	5	5
Cuerpo	6.864	1	9	3	6	7	5	5	6
Dulzor	6.864	1	9	3	6	7	5	5	5
Iglobal	6.864	1	9	3	6	7	5	5	5

prácticas que se realizan en los procesos de poscosecha del café, en todas las zonas, en particular en el beneficio, desmucilaginado, lavado y secado, y las irregularidades en la sanidad del grano por el daño por broca, no permiten siempre la producción de una calidad consistente.

Por material parental. No se encontró relación entre el material parental ni la unidad de suelo con la calidad de la bebida de café. Las muestras de la mejor calidad en taza se registraron en Santander y Cesar que son zonas con suelos de materiales metamórficos y el complejo ígneo - ceniza volcánica. Los resultados de este estudio permiten afirmar que no se atribuyen al suelo las características de

calidad sensorial del café, sino a la variedad y a los cuidados durante el beneficio y el almacenamiento de las muestras de café.

Por unidad de suelo. Se encontró una mayor proporción de muestras con calidad especial en el café proveniente de las unidades Paujil (74%) en Santander, Montenegro en Quindío (56%), Perijá y la Montaña en Cesar (55%), que se diferenció de la proporción de calidad especial del café que se cultivó en la unidad Malabar (6%) en el Quindío y en la unidad Salgar (24%) y Suroeste (35%) en Antioquia. Para el dulce y el amargo el café de Paujil tuvo menores rechazos (11%) al compararlo con el café proveniente de la unidad Chinchiná (37%) (Figuras 10 y 11).

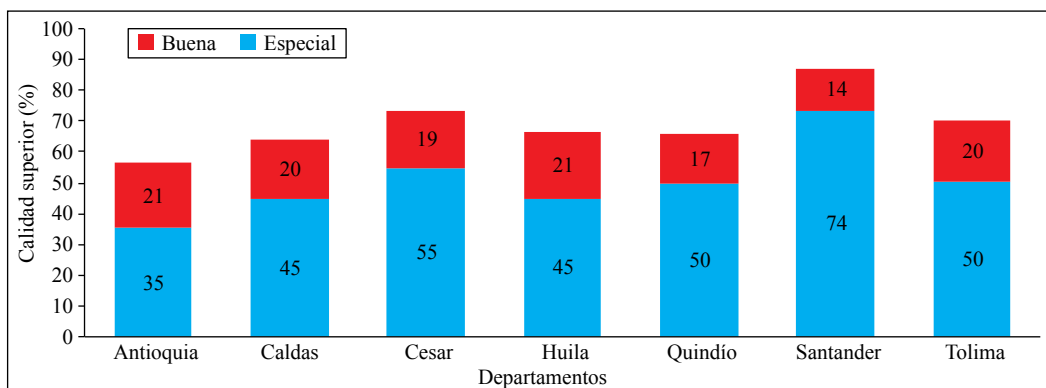


Figura 6. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas en cada departamento.

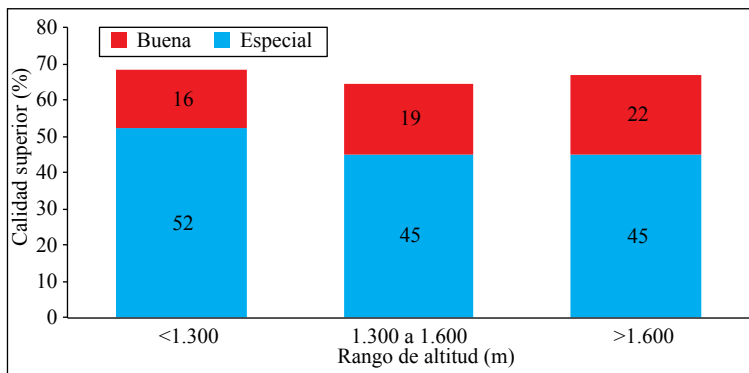


Figura 7. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas en cada rango de altitud.

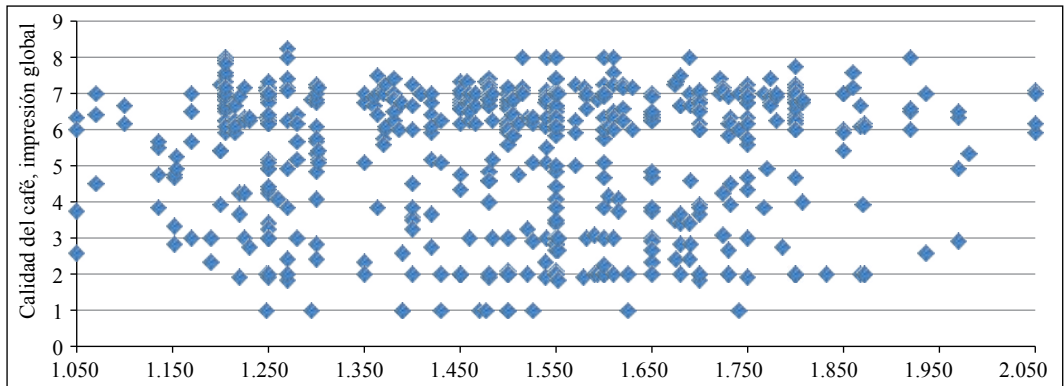


Figura 8. Calificación de la calidad del café de las fincas según la altitud.

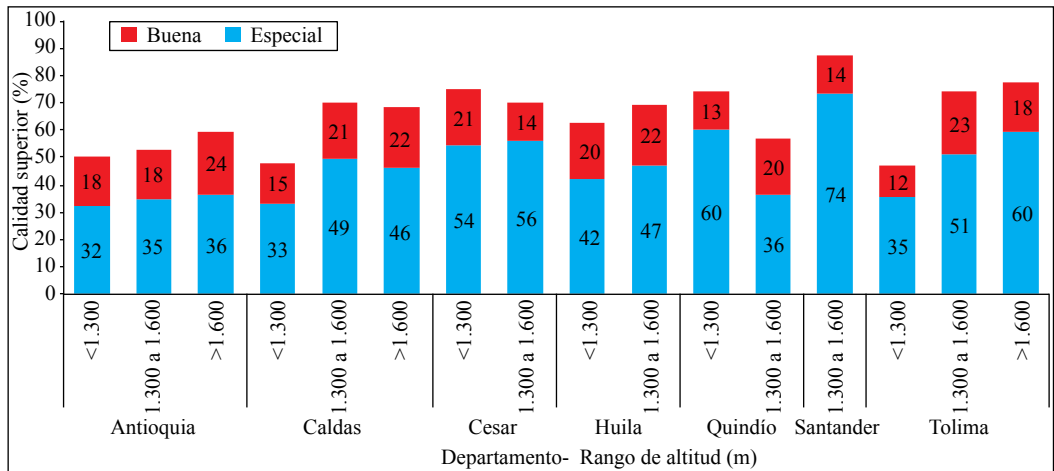


Figura 9. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas en cada departamento, según el rango de altitud.

Las unidades de suelos tienen diferentes contenidos de minerales, características físicas, geológicas y de fertilidad que pueden afectar el manejo del cultivo, el anclaje de la planta y la productividad, pero no se evidenció su influencia en la calidad de la bebida de café. Así mismo, se encontró café de buena calidad en todo tipo de unidades de suelos estudiadas, sin embargo, también rechazos y defectos, los cuales fueron consecuencia de las malas prácticas en el beneficio y secado, como se describe más adelante.

Por variedad. La variedad Tabi presentó el mayor porcentaje de tazas con calificación por encima de 7 (70%), seguido de Típica (61%) y Maragogipe (60%). Tabi también se diferenció de las variedades Caturra, Colombia y Catimor en todas las características organolépticas de la bebida de café en la proporción de tazas de calidad superior. Los mayores rechazos y el menor porcentaje de aceptación se encontraron para la variedad Catimor con un 59% y 41%, respectivamente. En Cesar, Quindío y Santander la variedad

Colombia se calificó en mayor proporción como superior en comparación con Caturra; en Caldas y Huila las diferencias no fueron significativas en la proporción de café de calidad superior para estas variedades, por el contrario en Antioquia se calificó mejor Caturra que Colombia (Figura 12 y 13).

Las diferencias en la proporción de café de buena calidad por variedades encontradas en

estas fincas están influenciadas por la presencia de defectos en el grano y en la bebida, que varió en cada sistema de producción y finca dependiendo de las prácticas de beneficio aplicadas y de la carencia de controles en este proceso.

Puerta (34, 35) demostró que no existen diferencias significativas en la calidad de la bebida de café de las variedades Colombia,

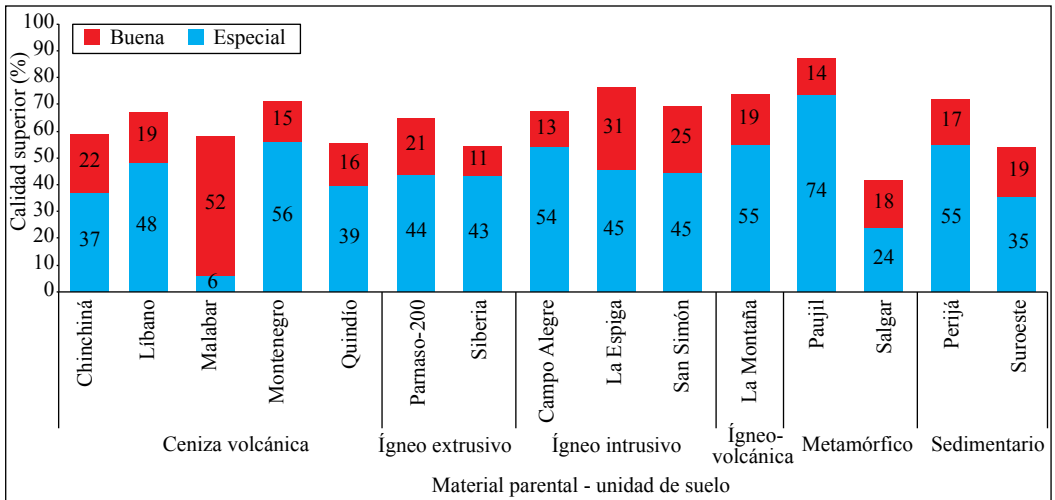


Figura 10. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas en cada material parental, según la unidad de suelo y los departamentos.

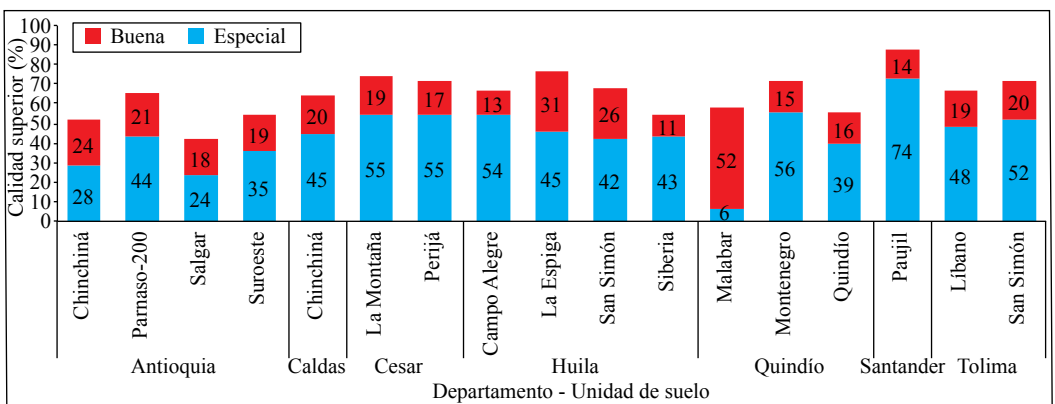


Figura 11. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas en cada departamento, según la unidad de suelo.

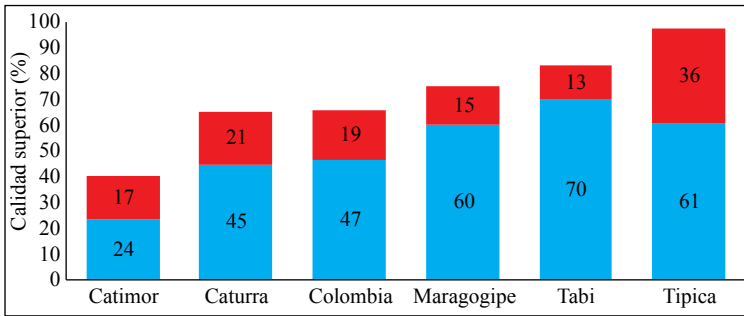


Figura 12. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según la variedad.

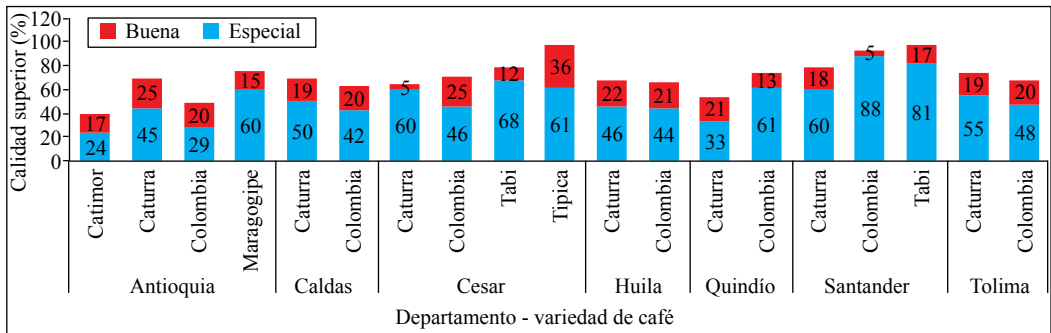


Figura 13. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas en cada departamento, según la variedad.

Caturra, Típica y Borbón, aunque cada una presenta notas de aroma o cuerpo característicos y perceptibles solo por expertos degustadores. Todas estas variedades Arábica presentaron cualidades suaves y buenas en la taza, cuando se beneficiaron en condiciones y procesos controlados desde su recolección hasta su preparación. Puerta (32), reportó que la variedad Tabi de cultivos de la Sierra Nevada (Cesar) se destacó por su buena taza, balance y aroma pronunciado y sabores dulces a chocolate y tostados. Así mismo, Orozco *et al.* (30), no encontraron diferencias entre cultivos de Caturra y Colombia a altitudes entre 1.200 y 1.800 m en el municipio de Pereira (Risaralda).

Por tipo de beneficio. Las muestras procesadas por Becolsub alcanzaron 57% de calidad superior. En tanto que el 68% de las muestras

procesadas por la fermentación natural presentaron tasas de calidad superior (Figura 14). El café de Caldas, Cesar, Huila y Quindío que se procesó por fermentación presentó mayor proporción de café de calidad superior que el café procesado por Becolsub en estos departamentos, por el contrario, el 66% del café de Antioquia procesado por Becolsub se calificó como superior en comparación con 53% obtenido por fermentación en este mismo departamento (Figura 15). Esto demuestra que hay fallas en la operación, capacitación, tecnología y condiciones en que se realizan los procesos de desmucilaginado en las fincas, sobre todo en aquellas que usan Becolsub.

En centrales de beneficio de Venezuela, Barboza (4) determinó que el 52% de las muestras de café presentaron sabores agrios y fermentos, debidos a mal manejo del

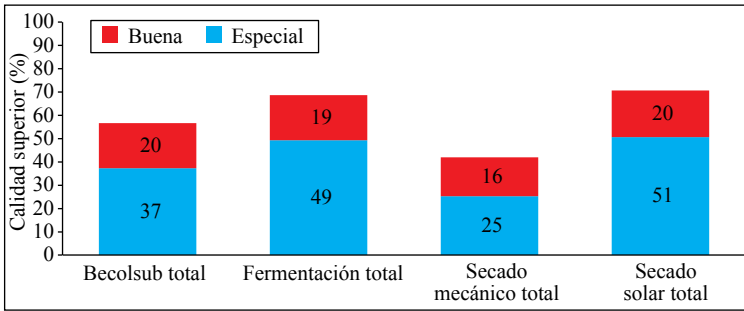


Figura 14. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según el tipo de beneficio y el tipo de secado.

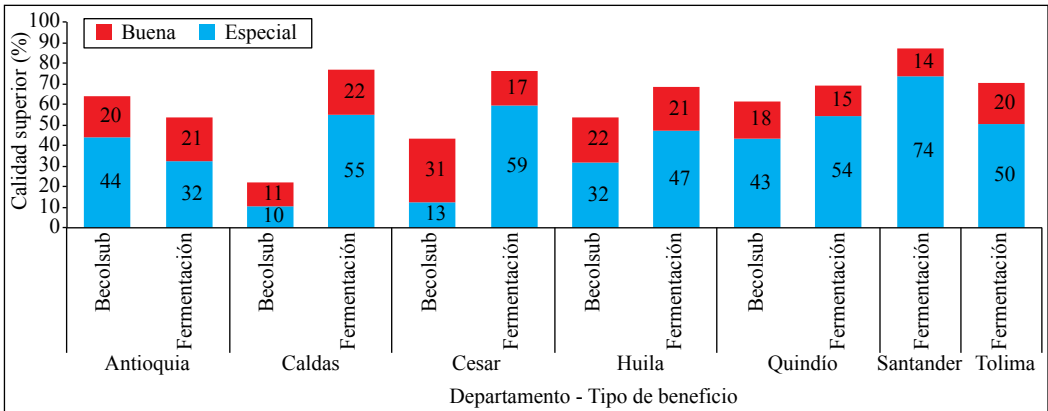


Figura 15. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según el tipo de beneficio en cada departamento.

beneficio, en particular por el uso del equipo “aquapulpa” para la remoción del mucilago. Así mismo, González *et al.* (25), en México encontraron mejor calidad y compuestos volátiles diferentes en el aroma del café beneficiado por fermentación natural que en el obtenido por el método ecológico del desmucilaginado mecánico. Por el contrario, Fajardo y Sanz (15), afirman que no hay diferencias en la calidad del café obtenido por desmucilaginado mecánico Becolsub frente al producido por fermentación.

Por tipo de secado. Al comparar la calidad de la bebida de café según el tipo de secado se observó que las muestras de todos los departamentos y los rangos de altitudes que se secaron al sol obtuvieron mejor calidad, con

un 71% de calidad superior, mientras que las muestras secadas mecánicamente obtuvieron 41% de tazas de calificación superior y 59% de rechazos que correspondieron a sabores ahumados y extraños, por lo cual la calificación promedio para el secado mecánico fue de 4 en las cualidades sensoriales, comparado con el promedio de 6 para las muestras secadas al sol, que se procesaron por BPM o por el método de la finca (Figuras 14, 15, 16 y 17). El café del Tolima secado mecánicamente obtuvo la menor proporción de café de calidad superior (6%) seguido del café de Caldas secado mecánicamente (27%) (Figura 16).

Todos estos problemas de secado se explican porque en las zonas altas se dificulta

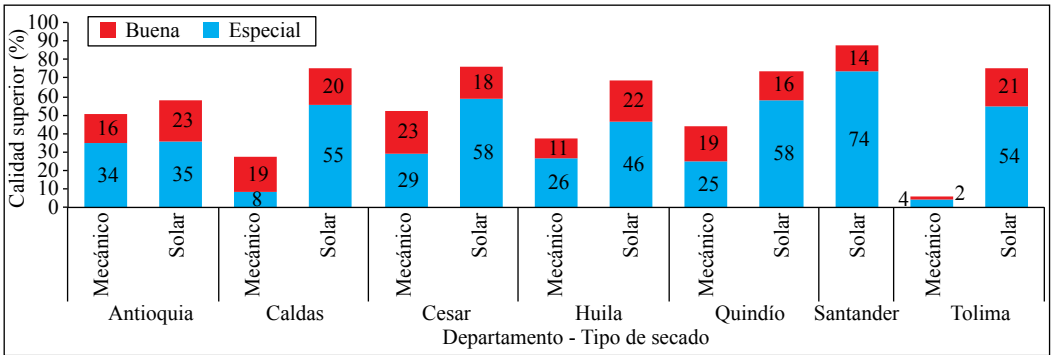


Figura 16. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según el tipo de secado en cada departamento.

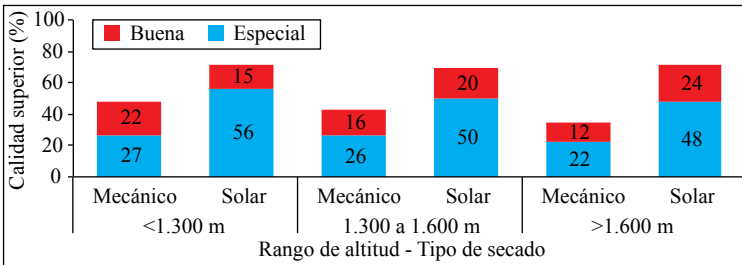


Figura 17. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según el tipo de secado en cada rango de altitud.

el secado al sol por la baja radiación solar, la alta humedad relativa y la nubosidad, mientras que en la zona central cafetera, la época de cosecha, el beneficio y el secado coinciden con la época lluviosa, lo cual hace lento el secado al sol y por lo que se generan varios defectos.

Además, se encontraron fallas en la operación y tipos de combustibles que se usan en los secadores mecánicos del café, principalmente por la frecuente utilización de combustiones directas, la sobrecarga de los secadores, la falta de intercambio periódico del flujo del aire caliente, los sistemas estáticos de secado y la carencia de filtros para el control de partículas provenientes de los combustibles más usados para el secado del café.

En comparación, Herrón (24) presentó un diagnóstico de la calidad en taza de 5.000

fincas en Colombia, de tamaños mayores a 10 ha en café, donde también se presentaron defectos por fallas en el secado y granos con desviaciones en el valor de humedad comercial del café. Rodas (48), mencionó entre las posibles causas del deterioro de la calidad del café de Guatemala la poca atención que se había prestado a las instalaciones de beneficio por su insuficiente capacidad, en tres cosechas sólo un 53% del café presentó buena calidad y una de las causas se atribuyó al secado disperejo y al sobrecalentamiento del grano.

Igualmente, Chamorro (10) identificó deficiencias en los beneficiaderos como el exceso de capacidad instalada, que no era utilizada o era obsoleta. Bailly *et al.* (3), propusieron la corrección de las fallas en el beneficio del café para contrarrestar la disminución de la reputación de la calidad del café proveniente de la región de Xalapa-Coatepec en México.

Por práctica de beneficio. Se encontró diferencia estadística (Duncan al 5%) en la calidad del café según la práctica de beneficio usada (proceso finca vs BPM), tanto para la proporción de tazas con defectos (rechazos, calificación <4) como para la proporción de tazas de buena calidad (calificación > 6, tazas sin defectos), para las variables organolépticas del café aroma, acidez, amargo, cuerpo, dulzor e impresión global de la bebida.

finca obtuvieron calificación por encima de 7, y 36% fueron rechazos con calificación por debajo de 4 (Figura 18). En todos los departamentos el café de proceso BPM obtuvo mayor proporción de tazas de calidad superior que el café obtenido de los procesos que se desarrollaban en las fincas, proceso finca (Figura 19), esta diferencia fue significativa en todos los departamentos, excepto en Antioquia.

El 52% de las tazas BPM obtuvieron calificación superior a 7, y se encontraron rechazos en el 20% de las tazas, mientras que el 41% de tazas de café de proceso

Los defectos hallados en las muestras BPM de las fincas se debieron a la falta de control en el beneficio y el lavado, incluyendo la calidad del agua usada para

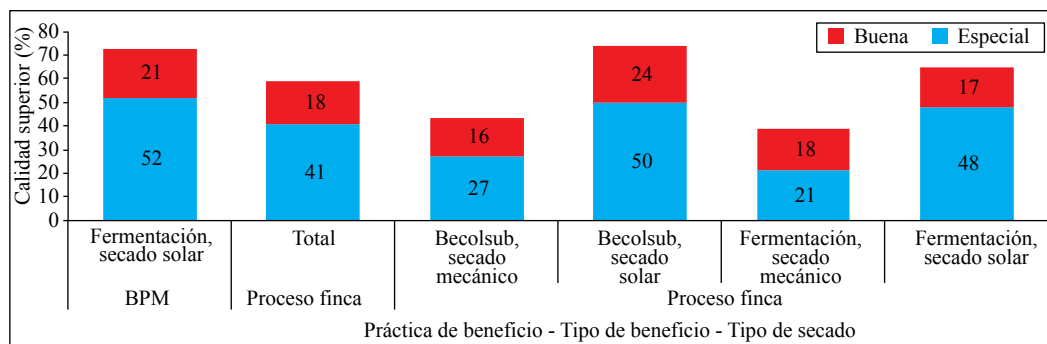


Figura 18. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según la práctica de beneficio, proceso finca y BPM, según el tipo de beneficio y secado en las muestras de proceso finca.

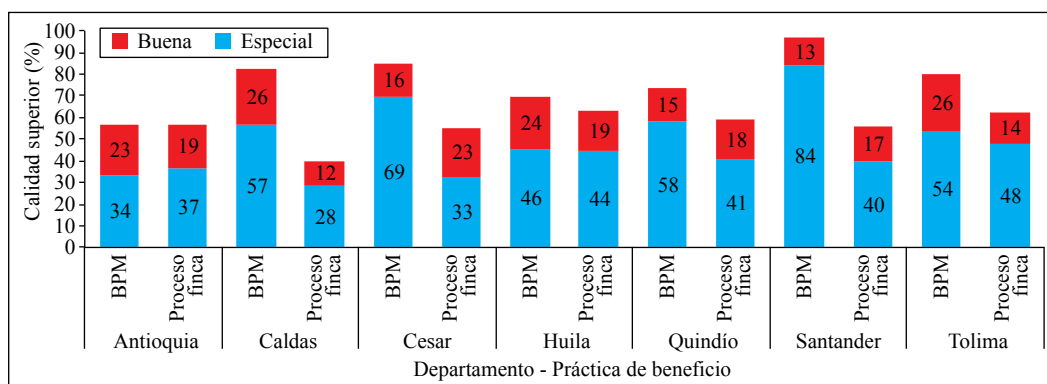


Figura 19. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según la práctica de beneficio en cada departamento.

el lavado y la clasificación del grano que no fue controlada en las fincas participantes en esta investigación, y también por algunas fuentes de contaminación que se identificaron en el almacenamiento en el Cesar, mediante la trazabilidad de las muestras.

De esta forma se observó que con la intervención en el beneficio mediante la aplicación de buenas prácticas (muestras BPM), aunque no se controlaron todas las variables, como la calidad del agua y la calidad del lavado, se obtuvieron diferencias significativas en la mayor proporción de café de calidad superior y menores rechazos para todas las cualidades de la bebida de café, con un incremento del 10% al 15% de diferencia a favor de los procesos BPM con respecto a las muestras del proceso finca.

En comparación, en la investigación sobre el mejoramiento de la calidad del café por medio de la prevención de mohos, Puerta (42) en los años 2001 y 2002 realizó un diagnóstico sanitario y evaluó la calidad del café producido en 59 fincas ubicadas en los municipios de Chinchiná, Palestina y Manizales (Caldas), y en Santa Rosa de Cabal (Risaralda), encontrando que el 67% de las muestras tomadas presentaron los defectos fermento y *stinker* en la bebida. En el 82% de las fincas que usaban la fermentación mezclaban cafés despulpos

por 2 hasta 9 días, y el 41% de aquellas que usaban desmucilagador mecánico lo mezclaban con cafés por 2 hasta 5 días, y solo en la mitad de las fincas se lavaba este café antes de secarlo. El defecto químico-fenol se percibió en el 3,6% de las muestras de café pergamino.

López y Correa (29), caracterizaron agroeconómicamente fincas de las veredas La Violeta, El Alto del Zarzo, Hoyo frío, San Mateo, El Rosario y Alto del Naranja del municipio de Manizales y encontraron que para esa época no había adopción de las buenas prácticas agrícolas en el cultivo y el beneficio del café, que atribuyeron a la falta de conocimiento de los caficultores en estos principios.

Por cosecha. En todos los departamentos, excepto Antioquia se mejoró el porcentaje de tazas de calidad superior y se redujo el porcentaje de rechazos entre la primera y la segunda cosechas evaluadas (Figura 20). Las mejoras en la calidad se observaron en las muestras procesadas por BPM, las cuales pasaron del 46% al 59% de tazas de calidad especial (Figura 21).

Por procedencia del agua. En general, no se encontraron diferencias significativas en la proporción de café de calidad superior, según la procedencia del agua (Figura 22).

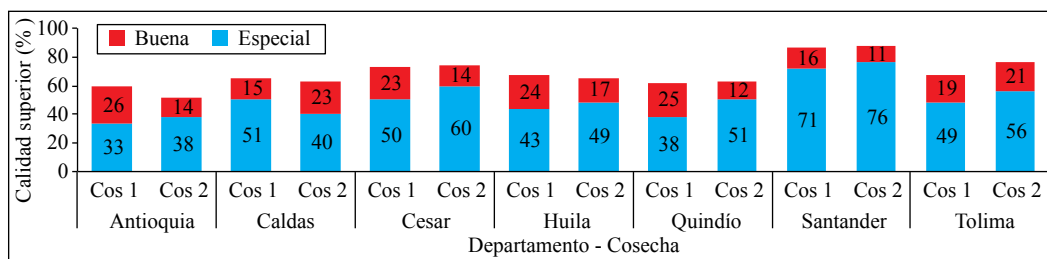


Figura 20. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según la cosecha en cada departamento.

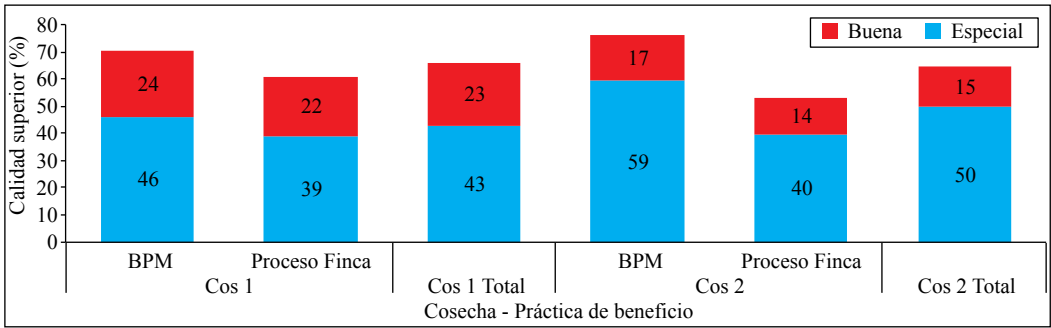


Figura 21. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según la cosecha y la práctica de beneficio.

Solamente las muestras del café procesado con las aguas de acueducto de los departamentos de Cesar y Quindío resultaron mejores en calidad que las muestras de estos mismos departamentos que se beneficiaron con el agua de los nacimientos o manantiales de las fincas (Figura 23).

Descriptor especiales del café de buena calidad. El 93,5% de las tazas de buena calidad de las fincas visitadas presentó cualidades sensoriales suaves y taza balanceada; además, el café se describió como dulce, común en todas las regiones, también presentó notas herbales, tostadas, cítricos, chocolate, caramelo, floral, a especia y frutal (Figura 24).

Defectos en la calidad de la bebida del café según los factores de origen y proceso. El 34% de las tazas preparadas con el café de las fincas presentaron defectos. El defecto fermento se presentó en promedio en el 12,0% de las muestras, y constituyó el 36% de los defectos; los sabores leñosos, sucios y extraños se presentaron en el 11% de las tazas, correspondiendo al 33% de los defectos, los químico-fenol y ahumado se presentaron en el 2,8% de las tazas

y conformaron el 8,3% de los defectos; los sabores astringentes se presentaron en el 5,3% de las muestras, un 17% de los defectos (Tabla 7 y Figura 25).

Igualmente, en los registros de los informes mensuales de Almacafé¹ sobre análisis de la calidad en bodega, del café procedente de las diferentes agencias y cooperativas del país, entre el 2013 y 2014 se encontraron los siguientes valores promedios: 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.

Defecto fermento en taza. Este defecto se encontró en mayor porcentaje en Huila (17,1%) y Antioquia (15,8%), la menor proporción de fermento se registró en las muestras del Cesar (3,3%). Por rango de altitud, el porcentaje de muestras con el defecto fermento en taza resultó superior en las muestras provenientes de altitudes por encima de 1.600 m (16,5% de tazas), seguido de 13,1% para 1.300 a 1.600 m y 4,4% en las muestras de los lotes localizados por debajo de 1.300 m. Esto se atribuye a fallas en el lavado y secado, tanto en los secadores al sol como mecánico.

¹ALMACAFÉ. Informe mensual de taza Diciembre de 2014. [En línea]. Bogotá : Gerencia técnica, 2014.

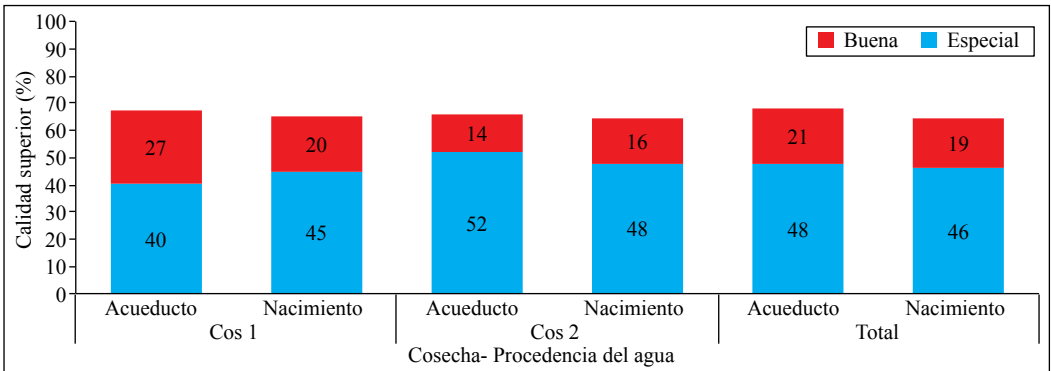


Figura 22. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según la procedencia del agua para el beneficio y la cosecha.

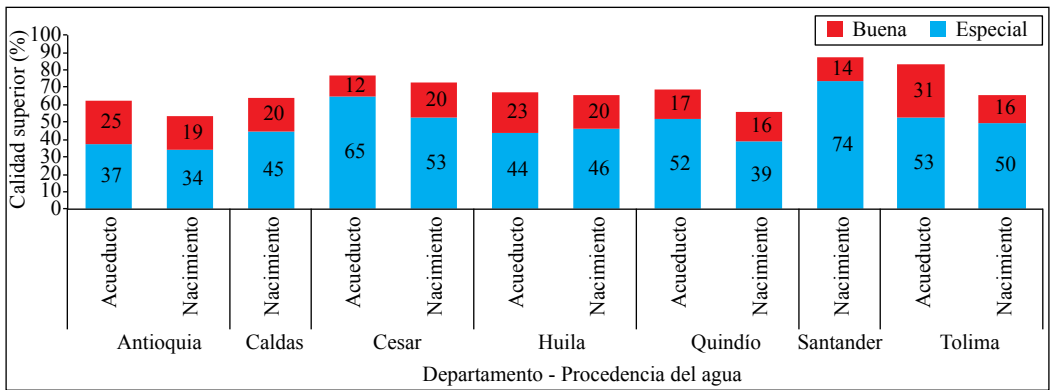


Figura 23. Proporción de café de calidad superior (especial y buena) de las muestras de las fincas, según la procedencia del agua para el beneficio en cada departamento.

Así mismo, los fermentos se encontraron en mayor proporción en la variedad Catimor (19,4%) seguido de Caturra y Colombia, con procedencias de unidades de suelo Siberia, Parnaso-200, la Espiga, Paujil y Chinchiná (Tabla 7).

El 14% de las muestras correspondiente a 8,6% de tazas producidas por BPM presentaron defecto fermento en la bebida, mientras que este fermento se presentó en el 24% de las muestras y 16% de las tazas de café del proceso finca. Así mismo, el defecto fermento en la bebida se presentó con mayor frecuencia

en las muestras de las fincas que procesaron el café por Becolsub (15,3% de tazas con defecto fermento) y por secado mecánico (21,6% de fermentos) (Tabla 7 y Figura 26).

En las muestras BPM procedentes de Santander no se presentaron defectos en la bebida, lo cual demuestra la aplicación cuidadosa del protocolo BPM; además, en los lotes de procedencia de estas muestras no se usaron productos químicos para el control de la broca. En Caldas la proporción de defecto fermento del café Becolsub fue de 36,1% vs 0,6% del café de fermentación;

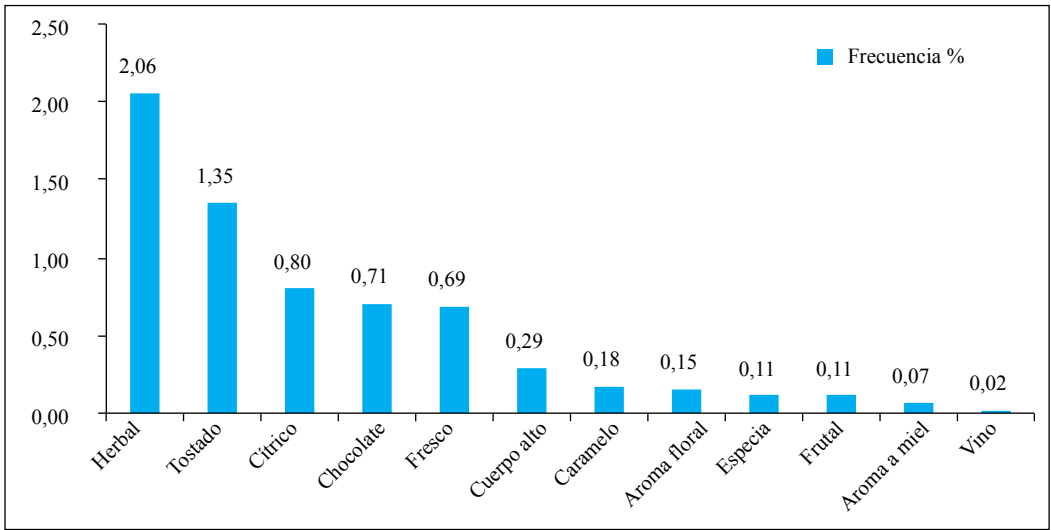


Figura 24. Descriptores especiales del café de buena calidad de las fincas.

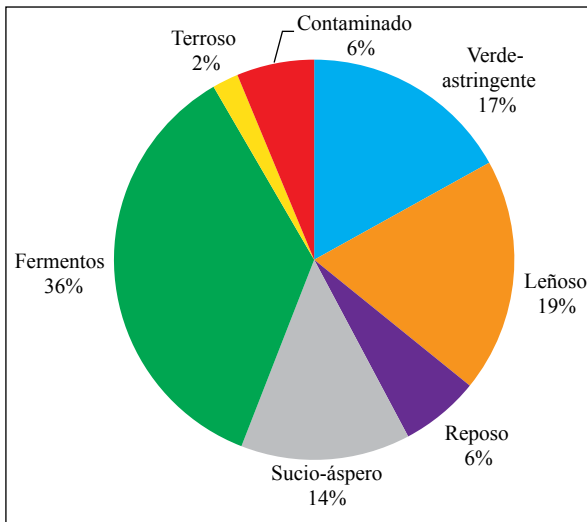


Figura 25. Proporción de los defectos en la bebida de café con calidad rechazo en las muestras de las fincas.

en Cesar se encontraron 12,5% fermentos en el café Becolsub vs 2,3% del café obtenido por fermentación y en Quindío se detectaron 14,3% fermentos en café Becolsub vs. 4,8% en el café obtenido por fermentación.

Por el contrario, en Antioquia los mayores fermentos (17,8%) se encontraron en el café

de fermentación vs desmucilaginado mecánico que presentó 9,8% de fermentos. En Huila las diferencias no fueron significativas entre tipos de beneficio, y en Santander y Tolima no se tomaron muestras en fincas con desmucilaginado mecánico, pero el fermento constituyó el defecto más frecuente en la bebida, con 6,9% en Santander y 8,7% en Tolima (Tabla 8).

Tabla 7. Proporción de tazas con defectos en la calidad del café de las fincas, según los factores de origen y proceso.

Factor de origen y proceso	Defectos del café en taza (%)							Total
	Verde-astringente	Leñoso	Reposo	Sucio-áspero	Fermento	Terroso	Contaminado	
Departamento								
Antioquia	5,5	11,0	2,7	6,4	15,8	0,2	2,2	43,7
Caldas	5,0	6,7	0,0	9,5	8,8	1,0	4,8	35,7
Cesar	4,5	7,4	7,0	1,9	3,3	1,1	1,6	26,7
Huila	3,3	6,3	2,6	2,0	17,1	1,4	0,7	33,6
Quindío	11,3	3,8	0,3	8,0	8,8	0,0	1,8	33,9
Santander	2,5	2,9	0,0	0,5	6,9	0,0	0,0	12,7
Tolima	4,6	4,1	0,3	4,4	8,7	0,3	7,5	29,9
Rango de altitud								
<1.300 m	8,0	5,8	3,2	7,6	4,4	0,2	2,5	31,7
1.300 a 1.600 m	5,7	6,2	1,7	4,7	13,1	1,1	2,9	35,4
>1.600 m	3,8	7,1	2,0	2,1	16,5	0,6	0,7	32,9
Material parental								
Ceniza volcánica	8,9	5,9	0,9	7,8	10,3	0,2	2,2	36,1
Ígneo extrusivo	4,3	5,6	2,5	4,7	21,3	1,5	0,4	40,2
Ígneo intrusivo	3,6	5,0	2,4	1,7	14,3	1,0	2,6	30,6
Ígneo-volcánica	4,8	6,7	9,4	1,8	1,8	1,4	0,4	26,2
Metamórfico	3,2	11,5	0,0	4,8	9,0	0,0	0,0	28,5
Sedimentario	4,9	13,2	0,0	5,3	7,9	0,5	6,3	38,0
Unidad de suelo								
Campo Alegre	4,6	6,3	5,6	3,7	10,0	1,9	0,9	32,9
Chinchiná	4,6	8,7	2,2	7,0	14,8	0,5	3,2	41,1
La Espiga	6,5	0,0	0,0	0,0	17,3	0,0	0,0	23,8
La Montaña	4,8	6,7	9,4	1,8	1,8	1,4	0,4	26,2
Libano	7,0	10,1	0,0	9,2	5,3	0,0	1,3	32,9
Malabar	10,4	29,2	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	41,7
Montenegro	10,5	2,4	0,3	7,2	7,9	0,0	0,4	28,8
Parnaso-200	6,6	3,2	2,9	5,9	15,7	0,0	0,7	35,0
Paujil	5,0	6,0	-	1,0	14,0	0,0	-	26,0
Perijá	3,6	9,4	0,0	2,1	7,8	0,0	5,2	28,1
Quindío	13,3	4,1	0,2	10,4	11,7	0,0	5,0	44,6
Salgar	4,6	27,8	0,0	13,0	13,0	0,0	0,0	58,3

Continúa...

...continuación

Factor de origen y proceso	Defectos del café en taza (%)							
	Verde-astringente	Leñoso	Reposo	Sucio-áspero	Fermentos	Terroso	Contaminado	Total
Unidad de suelo								
San Simón	3,0	5,2	1,8	1,4	15,1	0,9	3,3	30,7
Siberia	2,0	8,1	2,0	3,4	27,0	2,9	0,0	45,3
Suroeste	5,8	16,3	0,0	7,9	7,9	0,8	7,1	45,8
Variedad								
Catimor	5,6	20,8	0,0	13,9	19,4	0,0	0,0	59,7
Caturra	7,8	5,5	2,5	3,4	13,5	0,5	1,3	34,5
Colombia	4,4	6,9	1,8	5,5	11,8	1,0	2,8	34,2
Maragogipe	12,5	4,2	0,0	2,1	0,0	0,0	6,3	25,0
Tabi	4,0	4,4	4,8	1,6	2,4	0,0	0,0	17,1
Típica	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	2,8
Práctica de beneficio								
BPM	6,0	4,8	2,3	3,6	8,6	0,1	1,9	27,2
Proceso Finca	5,4	8,2	1,9	5,8	16,1	1,4	2,4	41,3
Tipo de beneficio								
Becolsub	8,2	6,9	1,0	6,8	15,3	2,7	2,5	43,4
Fermentación	5,1	6,2	2,4	4,1	11,2	0,2	2,0	31,3
Tipo de secado								
Mecánico	8,5	9,6	1,4	10,1	21,6	2,4	4,4	58,0
Solar	5,2	5,8	2,3	3,6	10,3	0,4	1,7	29,2
Procedencia del agua								
Acueducto	7,0	4,9	2,3	5,0	9,7	0,8	1,9	31,7
Nacimiento	4,7	7,4	2,1	4,3	13,8	0,6	2,2	35,2
Cosecha								
Cos1	7,5	6,1	1,3	3,5	11,8	1,0	2,8	33,9
Cos2	3,3	7,1	3,6	6,6	13,1	0,4	1,2	35,2
Total	5,7	6,4	2,2	4,6	12,0	0,7	2,1	33,7

Por tipo de secado, el fermento se encontró en mayor proporción en las muestras de café secadas mecánicamente vs al sol, en los departamentos de Caldas (26%) vs (3,7%); Huila (28%) vs (16,3%); Quindío (22,7%) vs 3,9%; y Tolima (66,7%) vs 3,7% (Tabla 9).

Defecto contaminado. La proporción de sabores contaminados (químico-fenol y ahumado) resultó mayor en las muestras de café secadas mecánicamente, en Tolima (25%), Quindío (5,7%) y Huila (2,4%). El

café con sabor ahumado se presentó en mayor proporción en las muestras de Quindío y el fenol en el café de Tolima y Antioquia. La mayor proporción de tazas con sabor a químico-fenol se encontraron en el café proveniente de Tolima, seguido de Caldas, y en Cesar.

El sabor ahumado se presentó en mayor proporción en las muestras de café de proceso finca proveniente del Quindío, lo cual puede deberse a residuos en el grano

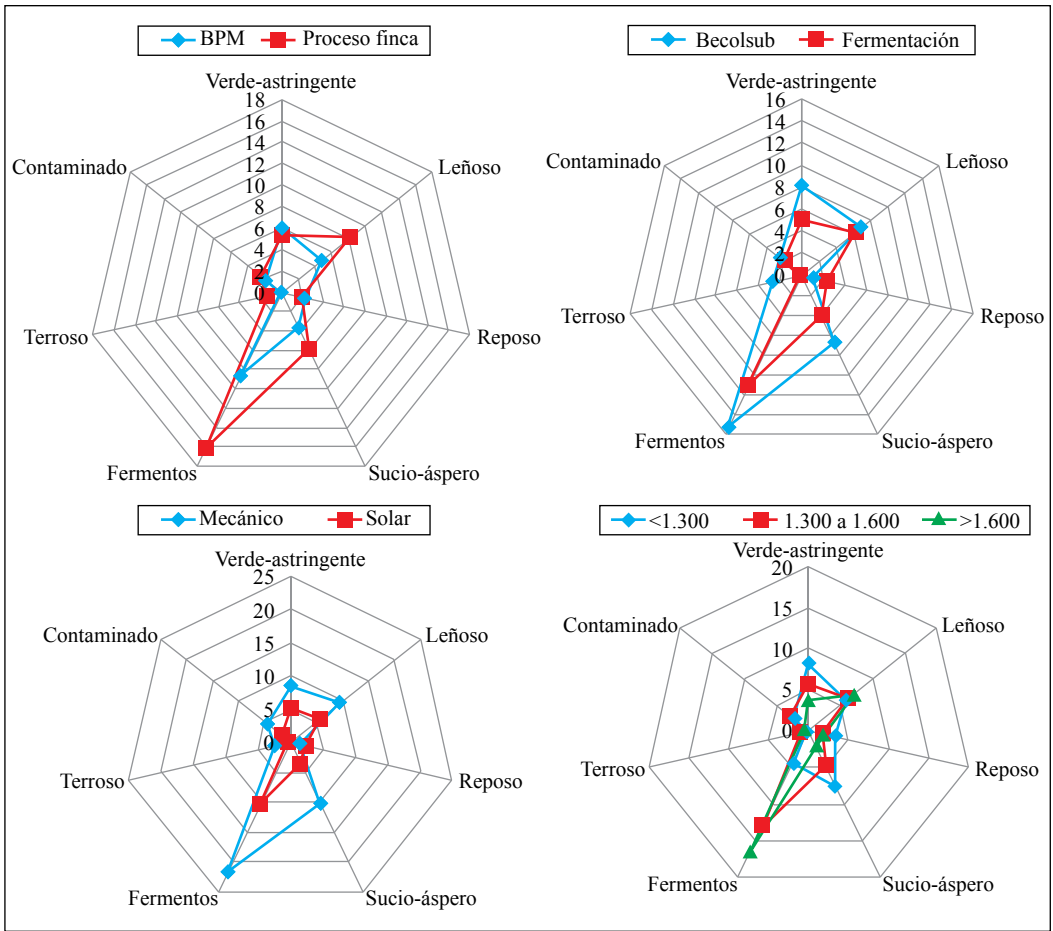


Figura 26. Perfil de los defectos del café en taza en las muestras de las fincas, según práctica de beneficio, tipo de beneficio, tipo de secado y rango de altitud.

del carbón usado como combustible en los secadores mecánicos. También se detectaron fallas por contaminaciones químicas en el almacenamiento, caso verificado con la trazabilidad en Cesar y también por otras fuentes de contaminación en el campo y proceso, como en Antioquia, donde también se presentaron defectos fenol en la bebida (Tablas 7, 8 y 9).

Defectos astringente, leñoso y sucio. Los sabores astringentes se encontraron en mayor proporción en la variedad Maragogipe seguido

de Caturra y Catimor. También la variedad Catimor presentó los mayores porcentajes de sabores extraños, sucios y leñosos. Estos sabores astringentes se encontraron en mayor proporción en el café del Quindío en altitudes menores a 1.300 m, en los suelos de las unidades Quindío, Malabar y Montenegro, en el café obtenido por Becolsub, secado mecánicamente, procesado con agua de acueducto y en la primera cosecha evaluada. La proporción del defecto leñoso fue mayor en el café de Antioquia obtenido por desmucilaginado mecánico (11,2%) y por secado mecánico (14,9%) y el sucio áspero

Tabla 8. Proporción de tazas con defectos en la calidad del café de las fincas de los departamentos, según el tipo de beneficio por Becolsub (Bec) o fermentación (FN).

Desviaciones y defectos de la calidad del café	Departamento – Tipo de Beneficio													
	Antioquia		Caldas		Cesar		Huila		Quindío		Santander		Tolima	
	Bec	FN	Bec	FN	Bec	FN	Bec	FN	Bec	FN	Bec	FN	Bec	FN
Verde-astringente (%)	6,5	5,1	6,3	4,6	9,7	3,9	2,4	3,5	11,7	11,0	2,5	4,6		
Leñoso (%)	11,2	10,9	8,3	6,2	18,1	6,3	9,0	6,0	2,6	4,7	2,9	4,1		
Reposo (%)	0,0	3,6	0,0	0,0	12,5	6,4	1,4	2,8	0,2	0,4	0,0	0,3		
Sucio-áspero (%)	6,9	6,3	18,8	6,8	4,2	1,6	4,5	1,7	6,3	9,3	0,5	4,4		
Fermento (%)	9,8	17,8	36,5	0,6	12,5	2,3	16,3	17,3	14,3	4,8	6,9	8,7		
Terroso (%)	0,0	0,2	4,2	0,0	0,0	1,2	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3		
Contaminado (químico-fenol y ahumado) (%)	1,4	2,5	4,2	4,9	0,0	1,8	1,4	0,6	3,5	0,5	0,0	7,5		
Total	35,9	46,3	78,1	23,1	56,9	23,5	46,2	31,8	38,5	30,6	12,7	29,9		

Tabla 9. Proporción de tazas con defectos en la calidad del café de las fincas de los departamentos, según el tipo de secado mecánico (Mec.) o solar.

Desviaciones y defectos de la calidad del café	Departamento – Tipo de secado													
	Antioquia		Caldas		Cesar		Huila		Quindío		Santander		Tolima	
	Mec.	Solar	Mec.	Solar	Mec.	Solar	Mec.	Solar	Mec.	Solar	Solar	Mec.	Solar	
Verde-astringente (%)	6,2	5,3	5,2	4,9	9,4	3,8	1,2	3,5	15,1	10,0	2,5	0,0	5,0	
Leñoso (%)	14,9	9,7	14,6	4,3	20,8	5,5	10,1	6,0	2,3	4,3	2,9	2,1	4,3	
Reposo (%)	0,0	3,6	0,0	0,0	9,4	6,7	2,4	2,6	0,5	0,2	0,0	0,0	0,4	
Sucio-áspero (%)	12,7	4,3	18,8	6,8	6,3	1,2	7,1	1,6	9,7	7,4	0,5	0,0	4,8	
Fermento (%)	13,4	16,5	26,0	3,7	2,1	3,5	28,0	16,3	22,7	3,9	6,9	66,7	3,7	
Terroso (%)	0,7	0,0	4,2	0,0	0,0	1,2	11,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	
Contaminado (químico-fenol y ahumado) (%)	1,8	2,3	4,2	4,9	0,0	1,8	2,4	0,6	5,7	0,4	0,0	25,0	6,0	
Total	49,6	41,7	72,9	24,7	47,9	23,6	63,1	31,3	56,1	26,2	12,7	93,7	24,5	

en el café de Caldas obtenido por Becolsub y secado mecánico (18,8%), (Tabla 7, 8, y 9 y Figura 23).

Defecto reposo. Se encontró en mayor proporción en los departamentos de Cesar (7%), Antioquia (2,7%) y Huila (2,6%), en las zonas de las unidades La Montaña, Parnaso-200 y Campo Alegre, que se atribuyen a fallas en el almacenamiento del grano en la finca (Tabla 7).

Defecto terroso. Este defecto se encontró en mayor proporción en el café de proceso finca por Becolsub y secado mecánico del Huila (11,1%) localizados en la unidad Siberia (Tabla 8 y 9).

En resumen, los defectos encontrados en el café producido en estas fincas se originaron por varias causas como: contaminaciones del fruto con productos químicos aplicados en el cultivo o en contacto con el grano en el almacenamiento, por inadecuadas prácticas en el beneficio (Becolsub, fermentación y lavado), por retrasos en el beneficio y por un inadecuado secado. En consecuencia, estos defectos no se atribuyen al origen geográfico, ni a los suelos, ni a la altitud del cultivo, sino a las condiciones y prácticas agronómicas y de beneficio efectuados en esos sitios.

Puede concluirse que:

- Este diagnóstico permitió identificar las fallas más frecuentes en el proceso del café en fincas de Colombia. Con estos resultados pueden establecerse estrategias puntuales en las regiones y planes de mejora en el beneficio en las fincas, con el fin de asegurar la calidad, potencializar los sabores especiales, disminuir los defectos y las pérdidas económicas y contribuir a los programas de cafés especiales regionales.
- Para incrementar la producción de café con sabores especiales y consistentes en las regiones, es necesario realizar varias mejoras: diagnosticar las fallas asociadas a los procesos de beneficio y secado del café; diseñar y establecer programas de capacitación; modificar la infraestructura, equipamiento de beneficio, mejorar la calidad del agua suministrada a las fincas, y optimizar y controlar los procesos poscosecha del café en las fincas y en el almacenamiento.
- En todas las regiones, departamentos, municipios, veredas, fincas, rangos de altitud y unidades de suelo se encontraron tazas de café de buena calidad, por lo tanto, se concluye que en estas zonas cafeteras de Colombia puede incrementarse la producción de café de calidad superior y especial. Para asegurar esta calidad no es suficiente con tener una buena variedad y cultivarla en zonas altas que favorecen la sanidad del grano, es necesario realizar las buenas prácticas en el beneficio, secado y almacenamiento del café.
- La mejor calidad de café se encuentra en las fincas que procesan el café por BPM, mediante la fermentación y el secado al sol.
- El defecto en la bebida más frecuente en el café de las fincas es el fermento (*stinker*), ocasionado por falta de control en el beneficio en las etapas de desmucilaginado por Becolsub, en la fermentación, el lavado y el secado.
- Otros defectos frecuentes en la taza del café de las fincas son los leñosos y extraños atribuibles a la presencia de los granos brocados y los contaminados químico- fenol y ahumados originados por el uso inadecuado de productos en el manejo fitosanitario, pero ante todo por las

combustiones directas, las emisiones no controladas de los secadores mecánicos y también por la falta de higiene del lugar donde se almacenan los granos de café.

- El seguimiento de la trazabilidad del origen de procedencia (finca, lote, departamento, altitud, unidad de suelo) y del proceso (prácticas y condiciones de recolección, desmucilaginado Becolsub, fermentación, lavado, secado y almacenamiento) permite determinar los defectos de la calidad del café más frecuentes en cada zona cafetera de Colombia. De esta forma se facilita la fijación de mejoras puntuales y adecuadas en cada región, con el fin de asegurar y conservar la calidad del café desde cada finca.
- Se demostró que la aplicación de Buenas Prácticas en el beneficio del café mejora significativamente la calidad del café pergamino obtenido, en comparación con el café obtenido por métodos variados y no controlados que se usan frecuentemente en las diferentes fincas.
- Los defectos hallados en las muestras BPM de las fincas se debieron a la falta de control en el lavado, específicamente por la calidad del agua usada para el lavado y la clasificación del grano que no fue controlada en las fincas participantes en esta investigación, y también por algunas contaminaciones que se identificaron en el almacenamiento en el Cesar.
- La variedad Tabi presentó muy buenas características físicas y de sabor y se destacó de las otras variedades.
- Para los cafetales ubicados en altitudes por debajo de 1.300 m se observaron mayores defectos sucios, extraños, leñosos en la bebida, debidos a la mayor proporción de grano brocado, es importante reforzar las estrategias de manejo y conservación de la calidad del café en estas zonas cafeteras.
- Por el contrario, en el café de las zonas de mayor altitud, se presentaron mayores fermentos, debido a fallas en el desmucilaginado mecánico, la fermentación, el lavado y fallas en infraestructura y operativas del secado.
- Por las menores temperaturas a altitudes mayores a 1.600 m se tienen mejores condiciones para la producción de café sano, y además pueden hacerse de forma natural fermentaciones controladas a bajas temperaturas, sin embargo, es necesario mejorar la capacidad y tecnología de los secadores y evitar combustiones directas, para asegurar la calidad del café de estas regiones.
- Es necesario mejorar y modernizar el equipamiento para el beneficio del café en las fincas de Colombia, de tal forma que los procesos se hagan de forma eficiente, rentable y se mantenga la calidad del café.
- Se requiere reforzar las capacitaciones en los conceptos y la operación y uso de los equipos Becolsub y de los secadores mecánicos en las fincas en todos los departamentos, debido a que se presentaron mayores defectos en el café producido con estas tecnologías.
- La aplicación sistemática de las buenas prácticas agrícolas asegurará una buena calidad del café, mejorando la competitividad y la rentabilidad de las regiones cafeteras.
- Para aprovechar el potencial de calidad especial que tiene el café de Colombia de cada región es necesario mejorar los programas de implementación de las

Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la finca y también de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en el transporte y almacenamiento del café, y además, establecer medidas sistemáticas y eficaces para controlar los puntos críticos para la calidad y la inocuidad del café, en particular el manejo de la broca, el beneficio y el secado del café.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio de Extensión Rural y a los caficultores participantes de los departamentos de Antioquia, Quindío, Tolima y Huila. A Álvaro Jaramillo Robledo y Flor Pulido por su colaboración en la localización de las fincas. A María Mercedes Botero Buitrago, Hernando García Osorio y Ana María Osorio Betancourt por su colaboración en las evaluaciones sensoriales del café y la digitación de la información; a Germán Hernando Ruiz Gallo de la Cooperativa de Anserma.

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

1. ALVARADO A., G.; PUERTA Q., G.I. La variedad Colombia y sus características de calidad física y en taza. Chinchiná : Cenicafé, 2002. 4 p. (Avances Técnicos No. 303).
2. AVELINO, J.; BARBOZA, B.; ARAYA, J.C.; FONSECA, C.; DAVRIEUX, F.; GUYOT, B.; CILAS, C. Effects of slope exposure, altitude and

yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa Maria de Dota. Journal of the science of food and agriculture 85(11):1869-1876. 2005.

3. BAILLY, H.; SALLEE, B.; GARCÍA G., S. El mejoramiento de la calidad del café en la zona Xalapa-Coatepec (México): Diagnóstico de cosecha y despulpe. *Café cacao thé* 36(1):55-66. 1992.
4. BARBOZA H., C.A. Procesamiento del café en centrales de beneficio ubicados en el estado Táchira: Diagnóstico y evaluación sensorial. *Agronomía tropical* 49(4):391-412. 1999.
5. BERTRAND, B.; VAAST, P.; ALPIZAR, E.; ETIENNE, H.; DAVRIEUX, F.; CHARMETANT, P. Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in central America. *Tree physiology* 26(9):1239-1248. 2006.
6. BUENAVENTURA S., C.E.; CASTAÑO C., J.J. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotopo 206B en Colombia. *Cenicafé* 53(2):119-131. 2002.
7. CABRERAS., C.A.; ACEVEDO F., A.; LACERRAE., J.A.; CABALLERO B., D.; DIAZ D., B.; CEDEÑO C., R. Algunos índices físicos del *Coffea arabica* a diferentes alturas del Escambray años 1986 y 1987. *Centro agrícola* 18(1):81-96. 1991.
8. CERQUEIRA, E.S.A.; QUEIROZ, D.M., DE. Análise da variabilidade da produtividade e da qualidade na cafeicultura familiar de montanha. *Revista brasileira de armazenamento* 36(2):119-132. 2011.
9. CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.D., DE. Influencia da altitude e da ocorrência de chuvas durante os períodos de colheita e secagem sobre a qualidade do café procedente de diferentes municípios da região sul do estado de Minas Gerais. *Revista brasileira de armazenamento* 25(2):32-36. 2001.
10. CHAMORROT, G.E. Evaluación técnica y económica del beneficio para detectar fallas como causales de la posible presencia de defectos en el café colombiano. Manizales : Fundación Universitaria de Manizales, 1991.
11. DUARTE C., A.F. Determinación de los factores que inciden sobre el perfil de taza en sistemas de producción de café "Alto del naranjo" de Villamaría y Manizales. Manizales : Universidad de Caldas, 2006. 120 p.

12. 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.
13. ESTEVES, A.B.; OLIVEIRA, J.S. Contribution à l'étude des caractéristiques des cafés d'Angola. Café cacao thé 17(1):46-52. 1973.
14. EVANGELISTAM., R.E.; MEJÍAF., K.L.; ALVARADO D., D.J.; IMBERNON, J.; GIL, S.L.; HERNÁNDEZ, M.A. Identificación de territorios de café *Coffea arabica* de calidad en El Salvador. Boletín de Promecafé 107:7-13. 2005.
15. FAJARDO P., I.F.; SANZ U., J.R. Evaluación de la calidad física del café en los procesos de beneficio húmedo tradicional y ecológico (BECOLSUB). Cenicafé 54(4):286-296. 2003.
16. FAO. Datos agroclimatológicos para América Latina y el Caribe. Roma : FAO, 1985. p.v.
17. FIGUEROA S., P.; JIMÉNEZ G., O.H.; LÓPEZ 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.
18. FNC. La calidad del café va en su beneficio: Identifique los defectos del café. Bogotá : FNC : ALMACAFÉ, 2006. 16 p.
19. 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
20. 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 2015.
21. FOOTER H., E. Factors affecting cup quality in growing and processing coffee fruit in Latin America. Coffee and tea industries and the flavor field 86(1):38-42. 1963.
22. GONZÁLEZ R., O.; SUÁREZ Q., M.L.; BAREL, M.; GUYOT, B.; BOULANGER, R.; GUIRAUD, J.P.; SCHORR G., S. Importance of water in the wet post-harvest process on the quality of mexican coffee. p. 450-460. En: COLLOQUE Scientifique international sur le café (21 : Septiembre 11-15 2006 : Montpellier). Paris : ASIC, 2006.
23. GUYOT, B.; GUEULE, D.; MANEZ, J.C.; PERRIOT, J.J.; GIRON, J.; VILLAIN, L. Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés Arabica. Plantations, recherche, développement 3(4):272-280. 1996.
24. HERRÓN O., A. Diagnóstico de la taza de café colombiano. Chinchiná : Cenicafé, 2001. 1 p.
25. IRCC. Rapport d'activité: 1976. Paris : IRCC, 1977. 96 p.
26. JARAMILLO R., A. Clima andino y el café en Colombia. Chinchiná : Cenicafé, 2005. 192 p.
27. LARAE., L.D. Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café *Coffea arabica* L. var. Caturra producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua. Turrialba : CATIE, 2005. 106 p.
28. LÓPEZ G., C.I.; BAUTISTA R., E.; MORENO G., E.; DENTAN, E. Factors related to the formation of overfermented coffee beans during the wet processing method and storage of coffee. p. 373-384. En: COLLOQUE Scientifique international sur le café (13 : Aout 21-25 1989 : Paipa). Paris : ASIC, 1989.
29. LÓPEZ M., F.J.; CORREA D., L.H. Caracterización agroeconómica de la adopción de buenas prácticas agrícolas BPA en el cultivo de café en el municipio de Manizales Caldas Colombia. Agronomía 14(2):85-104. 2006.
30. OROZCO C., N.; GUACAS S., A.; BACCA, T. Caracterización de fincas cafeteras por calidad de la bebida y algunas condiciones ambientales y agronómicas. Revista de ciencias agrícolas 28(2):9-17. 2011.
31. PUERTA Q., G.I. Buenas prácticas agrícolas para el café. Chinchiná : Cenicafé, 2006. 12 p. (Avances Técnicos No. 349)
32. PUERTA Q., G.I. Calidad del café procedente de la sierra nevada de Santa Marta. p. 12-42. En: Informe anual de actividades de investigación: Disciplina química industrial. Chinchiná : Cenicafé, 2000. 133 p.
33. PUERTA Q., G.I. Calidad del café. p. 81-110. En: CENICAFÉ. Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Chinchiná : FNC : CENICAFE, 2013. 3 vols.

34. 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.
35. PUERTA Q., G.I. Calidad en taza de las variedades de coffee Arabica L. cultivadas en Colombia. *Cenicafé* 49(4):65-78. 1998.
36. 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).
37. PUERTA Q., G.I. Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café verde *Coffea arabica* procesado por vía húmeda. *Cenicafé* 47(4):231-234. 1996.
38. PUERTA Q., G.I. Especificaciones de origen y buena calidad del café de Colombia. Chinchiná : *Cenicafé*, 2003. 8 p. (Avances Técnicos No. 316)
39. PUERTA Q., G.I. Factores procesos y controles en la fermentación del café. Chinchiná : *Cenicafé*, 2012. 12 p. (Avances Técnicos No. 422)
40. PUERTA Q., G.I. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café. *Cenicafé* 50(1):78-88. 1999.
41. PUERTA Q., G.I. La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. Chinchiná : *Cenicafé*, 2006. 8 p. (Avances Técnicos No. 352)
42. PUERTA Q., G.I. 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 : *Cenicafé*, 2002. 103 p.
43. 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)
44. PUERTA Q., G.I. Registro de la trazabilidad del café en la finca. Chinchiná : *Cenicafé*, 2007. 8 p. (Avances Técnicos No. 355)
45. PUERTA Q., G.I. Rendimientos y calidad de *Coffea arabica* L. según el desarrollo del fruto y la remoción del mucilago. *Cenicafé* 61(1):67-89. 2010.
46. 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)
47. PUERTA Q., G.I.; ECHEVERRY M., J.G. Fermentaciones controladas de café: Tecnología para agregar valor a la calidad. Chinchiná : *Cenicafé*, 2015. 12 p. (Avances Técnicos No. 454).
48. RODAS R., C.A. Algunas consideraciones sobre el deterioro de la calidad del café de Guatemala. *Revista cafetalera* 233:4-30. 1983.
49. RODRÍGUEZ R., A.A. Caracterización fisicoquímica y sensorial del café del departamento de Caldas. Chinchiná : *Cenicafé*, 1992. 1 p.
50. ROMERO, J.M.; ESCARRAMAN, A.; ALMONTE, I. Determinación de atributos de calidad del café en zonas productoras de la República Dominicana. *Boletín de Promecafé* 104:16. 2005.
51. 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.
52. SILVA, R.F. DA; PEREIRA, R.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.
53. ZAMBRANO F., D.A. Fermente y lave su café en el tanque tina. Chinchiná : *Cenicafé*, 1993. 8 p. (Avances Técnicos No. 197).

DENSIDAD DE SIEMBRA DE *Coffea arabica* VARIEDAD TABI EN SISTEMAS AGROFORESTALES, EN TRES ZONAS CAFETERAS DE COLOMBIA

Fernando Farfán Valencia*; José Raúl Rendón Sáenz**; Hernán Darío Menza Franco**

FARFÁN V., F.; RENDÓN S., J.R.; MENZA F. H.D. Densidad de siembra de *Coffea arabica* variedad Tabi en sistemas agroforestales, en tres zonas cafeteras de Colombia. Revista Cenicafé 67 (2): 52-57. 2016

En tres regiones de la zona cafetera colombiana, en la Estación Experimental Pueblo Bello en Pueblo Bello-Cesar, en la Estación Experimental Naranjal en Chinchiná-Caldas, y en la Estación Experimental El Tambo en El Tambo-Cauca, se evaluó el efecto de la densidad de siembra sobre la producción de café variedad Tabi, resistente a la roya del café. El café fue cultivado en un sistema agroforestal, cuyo componente arbóreo fue diverso, establecido con 70 árboles/ha. Los análisis de varianza indicaron que en la zona norte (Estación Pueblo Bello), la máxima producción fue de 2.132 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco; en la zona centro (Estación Naranjal) la producción fue de 883 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco; y para la zona sur la mayor producción fue de 7.461 kg.ha⁻¹, en cinco cosechas de café. La densidad de siembra con la que se obtiene la máxima producción para la variedad Tabi, se determinó mediante funciones cuadráticas del orden $y = ax^2 + bx + c$, en las tres localidades. De acuerdo a las funciones de ajuste, la densidad de siembra del café con la que se obtiene la máxima producción es de 5.000 plantas/ha en las tres zonas del estudio.

Palabras clave: Sistemas de producción, Caldas, Cauca, Cesar.

PLANTING DENSITY OF *Coffea arabica* TABI VARIETY IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN THREE COFFEE ZONES OF COLOMBIA

In three regions of the Colombian coffee zone: the Pueblo Bello Experimental Station in Pueblo Bello-Cesar, the Naranjal Experimental Station in Chinchiná-Caldas, and the El Tambo Experimental Station in El Tambo-Cauca, the effect of planting density on coffee production of the Tabi variety, resistant to leaf rust, was evaluated. The coffee was grown in an agroforestry system, whose canopy component was diverse, established with 70 trees / ha. The variance analyses indicated that in the north (Pueblo Bello Experimental Station), the highest production area of dry parchment coffee was 2,132 kg.ha⁻¹; in the central area (Naranjal Experimental Station) the production was 883 kg ha⁻¹; and in the south area, it was 7,461 kg.ha⁻¹ in five coffee crops. The planting density with the highest production for the Tabi variety was determined by quadratic functions of the form $y = ax^2 + bx + c$ in all three locations. According to the adjustment functions, the coffee sowing density with which the highest production was obtained is 5,000 plants / ha in the three study areas.

Keywords: Production systems, Caldas, Cauca, Cesar.

* Investigador Científico II e Investigador Científico I, respectivamente. Disciplina de Fitotecnia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

**Asistente de Investigación. Disciplina de Experimentación, Estación Experimental El Tambo. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

El principal objetivo de toda actividad agrícola es obtener la máxima producción posible por unidad de área, es decir, lograr acercar la producción real a la potencial y que sea económicamente rentable. La producción potencial depende básicamente de la cantidad o disponibilidad de radiación solar incidente y del potencial fotosintético, que a su vez está determinado por la proporción de luz que es interceptada por los órganos verdes de la planta, y la eficiencia de la planta para la conversión fotosintética de la luz interceptada en biomasa (10).

En sistemas agroforestales con café la cantidad y calidad de radiación solar disponible para el cultivo depende, entre otros, de la densidad de siembra de los árboles de sombrío, de las especies arbóreas seleccionadas, de la arquitectura de los árboles, y estrictamente, del manejo de los árboles, para mantener los niveles de sombra dentro del rango adecuado para la localidad, según la nubosidad (4). El potencial fotosintético está determinado por la nutrición del cultivo y su estado fitosanitario, por la edad del cultivo, el manejo de arvenses, por la variedad seleccionada, la estructura del dosel, las prácticas de manejo del cultivo y la densidad de siembra (6).

La densidad de siembra del café está determinada por las características físicas y químicas del suelo donde se establece el cultivo, las características del clima, los ciclos de renovación, la variedad seleccionada, la distribución espacial y fundamentalmente por los recursos económicos que posea el caficultor para manejar bajas o altas densidades de siembra (1, 6).

Son diversos los estudios realizados en Colombia para obtener la densidad de siembra del café, con la cual se acerque a la producción potencial; Valencia (12) obtuvo que esta producción puede alcanzarse con

10.000 plantas/ha con café variedad Caturra; resultados similares fueron obtenidos por Uribe y Mestre (11), en las condiciones de la zona cafetera central de Colombia. En sistemas agroforestales, Farfán y Mestre (3), para la zona cafetera Norte de Colombia afirman que la producción potencial puede lograrse al establecer 8.500 plantas/ha. El estudio tuvo como objetivo la evaluación de la densidad de siembra para obtener la máxima producción de café para la variedad Tabi, resistente a la roya del café, en tres regiones de la zona cafetera colombiana.

Hacia la década de los años 70, Cenicafe inició un programa para desarrollar variedades de porte alto con resistencia a la roya del café. Para cumplir con este propósito se efectuaron cruzamientos entre el Híbrido de Timor, resistente a la roya, y plantas de las variedades Típica y Borbón, a partir de los cuales se desarrolló la variedad Tabi, de porte alto y con resistencia a la roya del café (8). Estas variedades son preferidas por caficultores de zonas con algunas limitaciones climáticas como altas temperaturas, bajas precipitaciones y alta radiación solar, entre otras, en sistemas agroforestales (2).

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio. Los estudios se realizaron en las Estaciones Experimentales Pueblo Bello en Pueblo Bello, Cesar, en la Estación El Tambo en El Tambo, Cauca, y en la Estación Naranjal en Chinchiná, Caldas. En la Tabla 1 se presentan las características de clima y suelos de las zonas de estudio.

Componentes del Sistema Agroforestal (SAF).

El componente arbóreo fue diferente para las localidades: en Pueblo Bello y Naranjal se sembró *Inga edulis* (guamo santafereño), y en El Tambo *I. edulis* + *Albizia carbonaria* (carbonero gigante); el sombrío se estableció

Tabla 1. Características de clima y suelos de las zonas de estudio.

Características	Localidades		
	Pueblo Bello	Naranjal	El Tambo
Ubicación geográfica			
Latitud Norte	10° 25'	4° 58'	2° 24'
Longitud Oeste	73° 34'	75° 39'	76° 44'
Altitud (m)	1.100	1.400	1.735
Características de clima			
Temperatura (°C)	21,2	21,7	18,4
Precipitación (mm)	2.050	2.987	2003
Brillo solar (horas año)	2.380	1.497	1819
Humedad relativa (%)	74,0	80,0	80
Características de suelos			
pH	5,1	5,2	5,3
Materia orgánica (%)	7,1	13,3	22,8
Nitrógeno (%)	0,29	0,51	0,75
Fósforo (ppm)	2,0	3,0	2,0
Potasio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	1,2	0,98	0,17
Calcio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	7,0	4,3	1,6
Magnesio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	2,1	1,9	0,4
Ecotopo	402A	206A	218A
Unidad cartográfica	Asoc. El Palmor	Consociación Chinchiná	Unidad Timbío
Grupo taxonómico	Dystropepts	Hapludands	Typic Melanudands
Material parental	Diabasa	Cenizas volcánicas	Cenizas volcánicas

a 12,0 x 12,0 m (70 árboles/ha) en todas las localidades. Como componente agrícola se evaluó la variedad de café Tabi, de porte alto, resistentes a la roya del café.

Tratamientos. Los tratamientos estuvieron compuestos por cinco densidades de siembra, como se describe en la Tabla 2.

Diseño experimental. El efecto de la densidad de siembra del café bajo sombrío, se evaluó bajo el diseño experimental bloques completos al azar, con cuatro bloques. El factor de bloqueo fue la pendiente del terreno.

Parcela experimental. En cada bloque, cada tratamiento tuvo una parcela con el área y número de plantas efectivas (Tabla 2).

Establecimiento. El estudio se inició en el año 2008 en la Estación Experimental Pueblo Bello; en el año 2005 en la Estación Naranjal y en el año 2009 en la Estación El Tambo. En las tres localidades se encontraba establecido el sombrío permanente.

Fertilización. Se basó en un plan de fertilización con fuentes de N, P y K, de acuerdo con los resultados de los análisis de suelos obtenidos para cada localidad.

Mantenimiento del componente arbóreo. Se realizaron podas periódicas a los árboles de sombrío para mantener un porcentaje de sombra de acuerdo a cada localidad, así: 42% en la Estación Pueblo Bello, 30% en la Estación Naranjal, y 33% en la Estación El Tambo (4).

Tabla 2. Tratamientos, área de la parcela efectiva y número de plantas efectivas de acuerdo con la densidad de siembra del café.

Variedad de café	Densidad siembra (plantas/ha)	Distancias de siembra (m)	Área parcela efectiva (m ²)	Número de plantas efectivas
Tabi	1.667	2,0 x 3,0	360	77
	2.500	2,0 x 2,0	400	121
	3.333	2,0 x 1,5	420	165
	4.167	2,0 x 1,2	432	209
	5.000	2,0 x 1,0	220	220

Variabes evaluadas. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la producción de café se realizaron recolecciones periódicas de café cereza por parcela (kg), durante cinco cosechas, en cada localidad, los registros fueron transformados a kilogramos de café pergamino seco por hectárea, aplicando un factor de conversión 5:1 (5,0 kg de café cereza para obtener 1,0 kg de café pergamino seco).

Análisis de la información. Se realizaron análisis de varianza para cada sistema de cultivo estudiado, y pruebas de comparación Tukey al 5,0% bajo el modelo para el diseño experimental utilizado. Para determinar la densidad de siembra con la cual se obtuviera la máxima producción del café en un sistema agroforestal, se efectuaron análisis de correlaciones, para hallar la función de ajuste que en mayor grado explicara esta correlación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta en producción de café variedad Tabi. La comparación del promedio de la producción registrada, de cinco cosechas de café, en la Estación Experimental Pueblo Bello indicó que no hay diferencias con densidades de siembra del café de 1.667, 2.500, 3.333 y 4.167 plantas/ha. El mismo análisis arrojó que la mayor producción (8.947 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco), se registró con el establecimiento de 5.000 plantas/ha (Tabla 3).

En la Estación Naranjal las producciones más bajas se registraron con densidades entre 1.600 y 4.200 plantas/ha (diferencias no estadísticas); la máxima producción de 4.415 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco se obtuvo con densidades de siembra de 5.000 plantas/ha (Tabla 3). Dadas las características de clima en la zona cafetera central-norte de Colombia es recomendable el establecimiento de sistemas de producción con café al sol, pues con 1.500 h de brillo solar al año y bajo sombra, la producción puede verse reducida entre un 35% y un 40% (4, 5).

En la Estación El Tambo, las producciones más bajas se registraron con las menores densidad de siembra y la mayor producción (7.461 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco) se registró con la máxima densidad de siembra evaluada (5.000 plantas/ha) (Tabla 3).

Densidad de siembra máxima. Las densidades de siembra con las que se obtiene la máxima producción para la variedad de café Tabi en sistemas agroforestales, en las tres localidades bajo estudio, fueron determinadas mediante funciones cuadráticas del orden $y = ax^2 + bx + c$, de acuerdo a las funciones de ajuste, a las condiciones de clima y suelo de las localidades, al plan de manejo agronómico, al porcentaje de sombrío y a los períodos evaluados. La densidad de siembra del café con la cual

Tabla 3. Promedio de la producción de café variedad Tabi (kg.ha⁻¹ de café pergamino seco), en tres localidades de la zona cafetera colombiana.

Densidades de siembra (plantas/ha)	Localidades					
	Pueblo Bello	C. V.	Naranjal	C. V.	El Tambo	C. V.
1.667	1.671 c	0,35	654 b	0,21	4.337 d	0,20
2.500	1.703 c	0,45	680 b	0,07	5.170 c	0,28
3.333	1.971 b	0,41	676 b	0,17	6.039 b	0,12
4.167	1.744 c	0,38	697 b	0,08	5.959 b	0,42
5.000	2.132 a	0,44	883 a	0,15	7.461 a	0,17

se obtienen las mayores producciones es de 5.000 plantas/ha, en todas las localidades (Figura 1).

Los resultados son contrastantes con las recomendaciones dadas por Arcila *et al.* (1), quienes afirman que las variedades de porte alto y bajo sombrío, deben establecerse con máximo 2.500 plantas/ha. Moreno (8), en la Estación Experimental Pueblo Bello, obtuvo producciones de 2.112 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco, con plantaciones establecidas con 3.600 plantas/ha, sin especificación sobre la estructura del componente arbóreo. En estudios realizados en la Estación Pueblo Bello y

en sistemas agroforestales, Farfán y Baute (5), encontraron que los promedios de la producción fueron mayores en cafetales establecidos a altas densidades de siembra y que mediante el ajuste de una función cuadrática, la densidad de siembra con la que se obtiene la máxima producción (2.800 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco), fue con 8.000 plantas/ha.

Sakai *et al.* (9), evaluaron la respuesta en producción de café variedad Catuai ante la variación de las densidades de siembra entre 3.100 y 12.500 plantas/ha, y encontraron que no hubo diferencias en producción entre las bajas y entre las

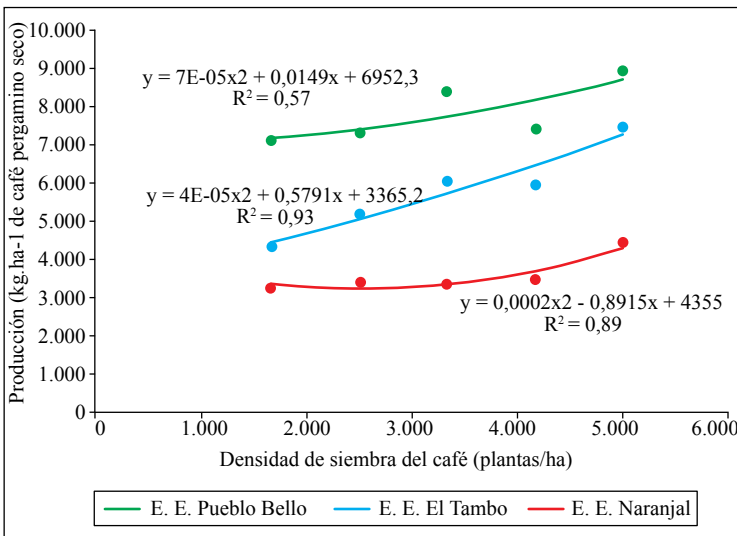


Figura 1. Producción de café variedad Tabi en sistemas agroforestales, en respuesta a la densidad de siembra.

altas densidades de siembra. Un polinomio cuadrado fue la función que explicó la densidad de siembra (10.000 plantas/ha) con la que obtiene la máxima producción (2.769 kg de café pergamino seco). Martins y Furlani (7), para la misma variedad de café, evaluaron la respuesta en producción a la densidad de siembra (2.500, 5.000, 7.519 y 10.000 plantas/ha), y obtuvieron que la producción acumulada de dos cosechas se incrementó linealmente ($y = 0,8094x + 3.353$; $R^2=0,87$) con la densidad de la plantación de árboles de café, pues la mayor producción se registró con el establecimiento de 3.600 plantas/ha.

De los resultados obtenidos puede concluirse que:

- La variedad Tabi es una alternativa para cultivos de café en sistemas agroforestales, en regiones donde por limitaciones de clima no es posible el establecimiento de sistemas de producción a libre exposición solar.
- En las zonas cafeteras Centro-Norte, no es recomendable el establecimiento de café bajo sombrío.
- Para las zonas cafeteras Norte y Sur, puede establecerse la variedad Tabi en sistemas agroforestales, a densidades de siembra de 5.000 plantas/ha.

BIBLIOGRAFIA

1. ARCILA P, J.; FARFÁN V., F.; MORENO B., A.M.; SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., En. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 2007.309 p.
2. CASTILLO Z., J. Algunos materiales de interés agronómico seleccionados por la Disciplina de Mejoramiento Genético de Cenicafé. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1989. 1 p. (Seminario Octubre 27, 1989).
3. FARFÁN V., F.; MESTRE M., A. Respuesta del café cultivado en un sistema agroforestal a la aplicación de fertilizantes. *Cenicafé* 55(2):161-174. 2004.
4. FARFÁN V., F.; JARAMILLO R., A. Sombrío para el cultivo del café según la nubosidad de la región. *Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 379*:1-8. 2009
5. FARFÁN V., F.; BAUTE B., J. E. Efecto del arreglo espacial del café y del sombrío sobre la producción de café. *Cenicafé*. 60(4):313-323. 2009.
6. LOBELL D. B.; CASSMAN., K. G.; FIEL., C. B. Crop Yield Gaps: Their Importance, Magnitudes, and Causes. *Annual Review of Environment and Resources*. 34:179-204. 2009.
7. MARTINS, E. P.; FURLANI., E. Yield performance and leaf nutrient levels of coffee cultivars under different plant densities. *Scientia Agricola*. 67(6):1-5. 2010.
8. MORENO R., L.G. Tabi: variedad de café de porte alto con resistencia a la roya. *Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 300*:1-8. 2002.
9. SAKAI, E.; BARBOSA., E. A.; SILVEIRA., J.; PIRES., R. *Coffea arabica* (cv. Catuai) production and bean size under different population arrangements and soil water availability. *Engenharia Agrícola*. 33(1):145-156. 2013.
10. SCURLOCK, J., LONG, S., HALL, D., COOMBS, J. Introducción a las técnicas en fotosíntesis y bioproduktividad. En técnicas en Fotosíntesis y Bioproduktividad (eds. Coombs, J., Hall, D. Long, S. y J. Scurlock). Editorial Futura. México. 2a edición. 1987. 258 p.
11. URIBE H., A.; MESTRE M., A. Efecto de la densidad de población y su sistema de manejo sobre la producción de café. *Cenicafé (Colombia)*. 31(1):29-51. 1980.
12. VALENCIA A., G. Relación entre el índice de área foliar y la productividad del café. *Cenicafé (Colombia)* 24(4):79-89. 1973.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ

Esther Cecilia Montoya Restrepo*; Álvaro Jaramillo Robledo**

MONTOYA R., E.C.; JARAMILLO R., A. Efecto de la temperatura en la producción de café. Revista Cenicafé 67(2): 58-65. 2016

Para entender la complejidad de las relaciones suelo, agua, planta y atmósfera, en cultivos perennes como el café se recurre a modelos mecanísticos, con los cuales se identifica el efecto de variables exógenas como la temperatura, en la producción. Es por ello que, con el propósito de determinar el porcentaje de disminución de la producción de café cereza por efecto de la temperatura, se obtuvo la producción de café en diferentes escenarios de condición de El Niño, La Niña y periodos normales, para diferentes localidades. La variable para identificar el efecto de la temperatura fueron las unidades térmicas acumuladas, llegando a establecer a través de una regresión lineal simple, que por cada 100 unidades térmicas que se tengan por defecto o exceso de las requeridas, la producción se disminuye en un 2,6%.

Palabras clave: Unidades térmicas acumuladas, ENOS, modelación.

TEMPERATURE EFFECT ON COFFEE YIELD

In order to understand the complexity of relations among soil, water, plant and atmosphere in perennial crops such as coffee, mechanistic models that identify the effect of exogenous variables such as temperature in production are used. Therefore, with the aim of determining the decrease percentage of cherry coffee production due to the effect of temperature, coffee production in different scenarios affected by El Niño, La Niña and normal periods for different localities was obtained. The variable to identify the effect of temperature was the accumulated thermal units, which allowed identifying, through a simple linear regression, that for every 100 thermal deficit or excess units required, production decreased by 2.6%.

Keywords: Accumulated thermal units, ENOS, modeling.

* Investigador Científico III. Disciplina de Biometría, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé.

** Investigador Asociado. Disciplina de Agroclimatología, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

Los organismos para su crecimiento y desarrollo requieren una cantidad constante de energía, que puede expresarse como la temperatura acumulada necesaria para completar una determinada fase de su desarrollo fenológico, denominada **tiempo fisiológico** (6).

La acumulación de calor también se conoce como **unidades de calor o tiempo térmico**, en la cual se introduce una relación cuantificable entre la tasa de desarrollo de los cultivos y la temperatura (1, 8), la que ha sido de amplio uso en la planificación agrícola (2). La unidad térmica corresponde a la diferencia entre la temperatura del día y la temperatura base del cultivo, en el caso del café ésta es de 10°C, por lo tanto, el acumulado de ellas en un período dado, son las unidades térmicas acumuladas.

Entre las aplicaciones agronómicas del tiempo térmico pueden citarse, la programación de las fechas de siembra o ciclos de cultivo, la estimación de las fechas de cosecha, la determinación del desarrollo vegetal esperado en diferentes localidades, la estimación de los coeficientes de consumo de agua y los pronósticos de aparición de plagas y enfermedades. Si se tienen los registros y las tablas de fenología es posible estimar los rendimientos.

Para la mayoría de las plantas tropicales el límite inferior de crecimiento fisiológico se ha definido en 10,0°C y el límite superior en 35,0°C, extremos en los cuales sería nulo el desarrollo y crecimiento. Para el cultivo del café, con un rango térmico de adaptación entre 10,0 y 32,0°C, se requieren alrededor de 3.250°C acumulados para que se complete su desarrollo entre la siembra y la primera floración, y se necesitan aproximadamente 2.500°C

acumulados entre la primera floración y la cosecha, para un total de unos 5.750°C para el ciclo completo entre la siembra y la cosecha (4).

Lima y Silva (5), en Brasil, estimaron para *Coffea arabica* L. valores extremos entre 12,9 y 32,4°C desde el trasplante hasta la primera floración, mientras que Pezzopane *et al.* (7), encontraron un valor de 10,2°C desde la floración hasta la cosecha, basados en varios ciclos de cosecha para la variedad Mundo Novo.

Uno de los componentes que contribuye a la variabilidad climática en la región Tropical y en el mundo son los eventos de El Niño-La Niña-Oscilación del Sur-ENOS. Al revisar el comportamiento histórico de El Niño (3) se han presentado eventos de alta intensidad en los años 1982/1983, 1997/1998 y 2015/2016 (Figura 1), este último muy fuerte y de incidencia en la producción de café, en muchas áreas de la zona cafetera de Colombia, por haber sido precedido de condiciones de baja precipitación en el 2014.

Tanto los eventos de La Niña como de El Niño han incidido en la disminución de la producción de café, bien sea por falta de energía acumulada, expresada como unidades térmicas que inciden en la disminución del crecimiento y en la diferenciación floral del café, o por el exceso de ellas, que estarían reflejando una mayor temperatura o indirectamente unas condiciones más secas, las cuales inciden en el llenado del fruto, que en ambos casos se traduce en disminución de la producción.

La siguiente investigación se hizo con el propósito de determinar el porcentaje de reducción de la producción debida a la disminución o aumento de la temperatura por efecto del ENOS.

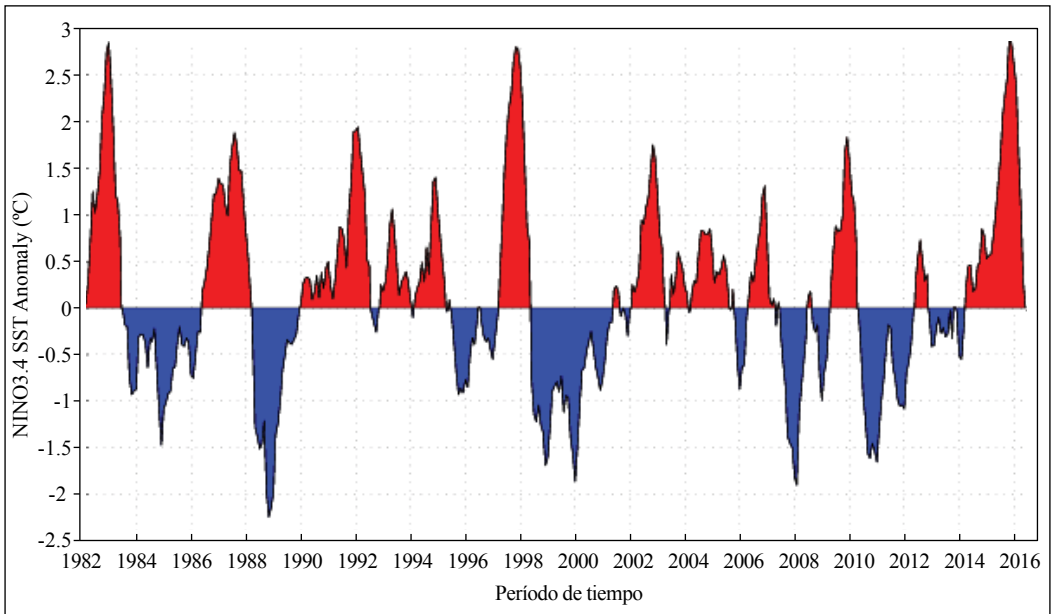


Figura 1. Índice Oceánico de El Niño (ONI).1982 al 2016 (<http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/current/>)(3).

METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo se generaron ocho escenarios de temperatura: 1. El Niño moderado; 2. El Niño débil; 3. El Niño fuerte; 4. La Niña fuerte; 5. La Niña moderada; 6. El Niño moderado y La Niña fuerte; 7. La Niña y Normal; 8. Normal. Con cada escenario se construyeron períodos de cinco ciclos y cada ciclo correspondió a cinco años calendario.

Por ejemplo, para el caso de El Niño débil: el primer ciclo, el primer año del escenario es El Niño débil y cada uno de los otros cuatro años es el normal; para el segundo ciclo, el primer año es normal, el segundo año es El Niño débil, y cada uno de los otros tres años restantes es normal; en -el tercer ciclo, el primer y el segundo año son normales, el tercero es El Niño

débil y los años restantes son normales, y así sucesivamente. Mientras que en el último ciclo los cuatro primeros años son normales y el quinto año es El Niño débil. Uno de los ciclos, tuvo los cinco años con el escenario normal; es decir, en total se generaron 40 períodos, los cuales se conformaron con la información de temperatura y número de horas de brillo solar de 14 Estaciones Climáticas de Cenicafé, descritas en la Tabla 1.

Para cada Estación y período se simuló la producción potencial para café Variedad Castillo® (6), con una densidad de 5.000 plantas por hectárea, teniendo en cuenta la latitud, la temperatura media diaria y el número de horas de brillo solar diario, generando 2.485 registros de producción, en kilogramos de café cereza por hectárea al año.

Tabla 1. Promedios y error estándar para temperatura diaria y número de horas de brillo solar acumulado por mes, en cada localidad y escenario ENSO.

Estación climática	La Niña fuerte			La Niña moderada			La Niña normal			Normal						
	Temperatura (°C)	Brillo solar (h)	Error	Temperatura (°C)	Brillo solar (h)	Error	Temperatura (°C)	Brillo solar (h)	Error	Temperatura (°C)	Brillo solar (h)	Error				
	Promedio	Promedio	Error	Promedio	Promedio	Error	Promedio	Promedio	Error	Promedio	Promedio	Error				
Blonay (Nte de Santander)	20,0	0,1	103,9	10,1	20,0	0,1	119,2	8,3	20,0	0,1	110,9	6,9	20,1	0,1	100,0	8,9
Cenicafé (Caldas)	21,0	0,1	123,3	6,4	20,7	0,1	127,2	6,4	20,7	0,1	126,5	5,4	21,6	0,1	127,7	5,8
El Cedral (Risaralda)	15,1	0,0	62,8	5,8	14,8	0,0	64,0	5,0	14,9	0,1	66,7	5,6	15,4	0,0	70,1	6,7
El Rosario (Antioquia)	19,8	0,1	149,5	11,6	19,7	0,1	148,7	8,6	19,8	0,1	148,4	7,6	20,6	0,1	158,4	10,8
Francisco Romero (Nte de Santander)	21,8	0,1	111,1	13,1	21,8	0,1	128,2	9,7	21,9	0,1	120,3	8,2	21,7	0,1	108,9	13,0
Granja Luker (Caldas)	22,8	0,1	150,0	5,8	22,6	0,0	152,0	6,9	22,7	0,1	152,0	5,1	22,9	0,1	160,6	5,7
Jorge Villamil (Huila)	19,9	0,1	99,2	9,2	19,6	0,1	87,8	4,2	19,6	0,1	87,8	4,7	20,1	0,1	86,3	5,0
La Bella (Quindío)	20,5	0,1	102,1	7,1	20,0	0,1	101,8	6,7	19,9	0,1	99,8	6,1	20,4	0,1	108,3	7,7
La Catalina (Risaralda)	21,4	0,1	126,0	7,3	21,0	0,1	121,0	6,0	21,1	0,1	122,4	6,5	21,8	0,1	127,8	7,9
Manuel Mejía (Cauca)	18,7	0,1	131,6	8,6	18,3	0,1	119,5	8,6	18,4	0,1	124,0	9,1	18,6	0,1	134,3	8,1
Naranjal (Caldas)	20,6	0,1	128,9	6,9	20,7	0,1	128,4	5,9	20,8	0,1	126,9	5,8	21,6	0,1	127,4	6,5
Ospina Pérez (Nariño)	19,2	0,1	131,1	7,5	19,2	0,1	119,0	8,4	19,3	0,1	126,5	9,3	19,8	0,1	119,0	8,3
Paraguaito (Quindío)	21,8	0,1	128,0	6,7	21,2	0,1	119,0	6,7	21,2	0,1	116,8	6,1	22,3	0,1	130,3	6,9
Pueblo Bello (Cesar)	20,6	0,1	177,0	11,4	20,7	0,1	187,2	8,8	20,6	0,1	181,7	9,1	21,1	0,1	188,4	9,4

Continúa...

...continuación.

Estación climática	El Niño débil		El Niño fuerte		El Niño moderado		El Niño moderado y La Niña fuerte									
	Temperatura (°C)	Brillo solar (h)	Temperatura (°C)	Brillo solar (h)	Temperatura (°C)	Brillo solar (h)	Temperatura (°C)	Brillo solar (h)								
	Promedio	Error	Promedio	Error	Promedio	Error	Promedio	Error								
Blonay (Nte de Santander)	20,2	0,1	121,2	8,7	21,3	0,1	129,7	10,4	20,8	0,1	124,3	6,9	20,9	0,1	116,1	10,0
Cenicafé (Caldas)	21,8	0,1	146,9	10,7	22,3	0,1	139,8	12,8	21,6	0,1	150,1	7,7	21,5	0,1	119,6	11,6
El Central (Risaralda)	15,4	0,1	84,2	7,7	16,1	0,1	87,6	11,9	15,3	0,1	89,7	6,4	15,5	0,1	60,0	7,5
El Rosario (Antioquia)	20,9	0,1	177,5	12,6	21,6	0,1	172,6	15,2	21,0	0,1	175,2	11,7	20,3	0,1	144,3	13,8
Francisco Romero (Nte de Santander)	22,4	0,1	130,0	8,2	23,0	0,1	138,6	8,9	22,3	0,1	129,5	9,5	22,9	0,1	132,3	7,4
Granja Luker (Caldas)	23,2	0,1	169,1	9,0	23,8	0,1	161,1	11,6	23,5	0,1	178,7	7,4	23,2	0,1	146,7	10,5
Jorge Villamil (Huila)	20,2	0,1	99,8		20,8	0,1	97,6	6,2	20,2	0,1	104,2	6,9	20,6	0,1	93,3	9,4
La Bella (Quindío)	20,6	0,1	123,0	7,2	21,5	0,1	130,9	13,2	20,6	0,1	129,0	7,7	20,8	0,1	100,8	10,0
La Catalina (Risaralda)	21,8	0,1	97,2	17,8	22,2	0,1	149,6	13,8	22,0	0,1	141,6	7,8	21,7	0,1	121,9	11,9
Manuel Mejía (Cauca)	18,9	0,1	150,3	6,6	20,1	0,1	155,1	12,7	18,9	0,1	154,4	5,9	18,7	0,1	121,6	10,9
Naranjal (Caldas)	21,6	0,1	146,9	9,9	22,2	0,1	151,5	13,2	21,6	0,1	144,6	7,6	21,2	0,1	126,9	12,2
Ospina Pérez (Nariño)	19,6	0,1	137,1	6,6	21,0	0,1	146,2	10,8	19,8	0,1	149,0	7,6	19,6	0,1	121,4	9,2
Paraguacito (Quindío)	22,2	0,1	140,9	7,1	22,9	0,1	149,2	13,5	22,0	0,1	142,4	8,3	22,1	0,1	122,7	10,2
Pueblo Bello (Cesar)	21,1	0,1	187,1	10,4	21,8	0,1	198,3	13,0	21,4	0,1	190,0	10,3	21,2	0,1	168,9	14,5

Se tuvo como referencia el escenario normal y se determinó la diferencia relativa de la disminución de la producción de los demás escenarios (ΔP), con su respectiva diferencia en unidades térmicas (ΔUT), y con esta información se estableció la relación estadística entre ΔP y ΔUT , a través de un modelo de regresión lineal simple.

Teniendo en cuenta que la unidad térmica se define como la diferencia entre la temperatura media del día y la temperatura base para el cultivo (10°C), en seis Estaciones identificadas por latitud y altitud, se determinó la distribución estadística para la variable unidades térmicas acumuladas por año, desde enero a diciembre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, en cada una de las Estaciones climáticas y para cada escenario ENOS, se presenta el promedio diario de temperatura y número de horas de brillo solar, con su respectivo error estándar. Se observa que, para una misma Estación climática, hay cambio en la temperatura media diaria y en el acumulado mensual de horas de brillo solar, de acuerdo con el escenario ENOS. La temperatura óptima para el cultivo del café está entre 18 y 21°C , por lo tanto, los cultivos de café en zonas que estén por debajo de esta temperatura requieren de mayor tiempo cronológico para alcanzar la producción potencial, mientras que en cultivos en zonas por encima de esta temperatura puede verse afectado el llenado de frutos.

La relación entre la disminución de la producción y la diferencia de unidades térmicas acumuladas, se describe en la Ecuación <1>, con un coeficiente de

regresión estimado en $0,02645$, diferente de cero estadísticamente, según prueba de t al 5% y un coeficiente de determinación del 98% .

$$\Delta P = 0,02645 \times \Delta UT <1>$$

Este resultado significa que por cada diferencia de 100 unidades térmicas (por exceso o por defecto), la producción se disminuye en un $2,6\%$, con una explicación de la diferencia de las unidades térmicas acumuladas del 98% , sobre el porcentaje de disminución de la producción en café cereza, por efecto del clima.

La variable unidades térmicas acumuladas por año cronológico tiene una distribución normal, según la prueba de Shapiro Wilk al 5% , por lo tanto, puede determinarse la probabilidad de ocurrencia de ella, con la estimación del promedio y la desviación estándar (Tabla 2).

En la Figura 2, se ilustra la producción histórica de café verde y el promedio, a partir del año 1999 hasta el 2015 , con la correspondiente identificación semestral de condiciones ENOS. Las mayores reducciones con respecto al promedio de producción se presentaron en los años 1999 al 2001 y del 2009 al 2012 , las cuales pueden explicarse por las menores unidades térmicas anuales debidas al evento La Niña, presentado en los años 2010 , 2011 y primer semestre de 2012 .

AGRADECIMIENTOS

A Rubén Darío Medina por la revisión y contribución en la elaboración del artículo; a los doctores Álvaro Gaitán, Carlos Oliveros y Pablo Benavides por los aportes al documento.

Tabla 2. Promedio y desviación estándar para la variable unidades térmicas acumuladas por año (enero a diciembre), en seis estaciones climáticas de Cenicafé.

Estación	Departamento	Municipio	Altitud (m)	Latitud (N)			Latitud (W)			Unidades térmicas acumuladas año		
				Grad	Min	Seg	Grad	Min	Seg	Promedio	Desviación estándar	Prueba de normalidad (p-value)
Cenicafé	Caldas	Chinchiná	1.310	4	59	28	75	35	51	4.043,90	182,89	0,52
El Jazmín	Risaralda	Sta. Rosa de Cabal.	1.635	4	54	43	75	37	27	3.460,20	176,33	0,64
Naranjal	Caldas	Chinchiná	1.381	4	58	19	75	39	8	3.991,50	161,23	0,20
Ospina Pérez	Nariño	Consacá	1.603	1	15	17	77	29	16	3.392,40	183,50	0,99
Pueblo Bello	Cesar	Pueblo Bello	1.134	10	25	18	73	34	29	4.020,20	133,70	0,20
Santágueda	Caldas	Palestina	1.026	5	4	24	75	40	23	4.747,40	184,95	0,33

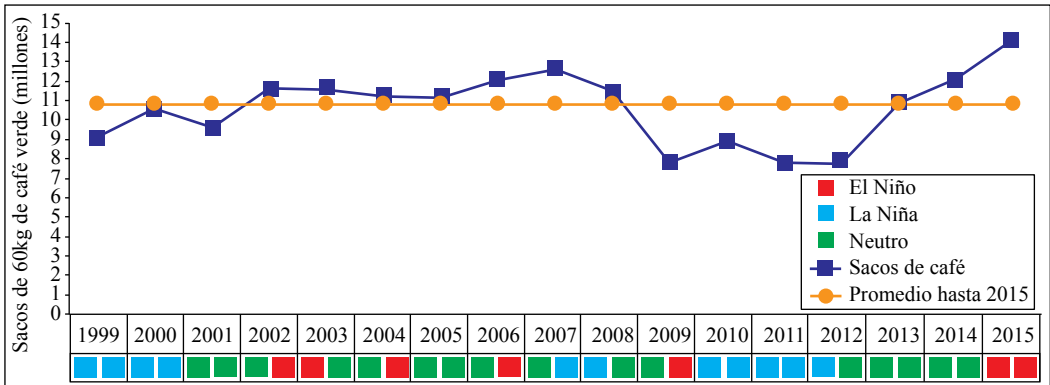


Figura 2. Producción y promedio de sacos de café verde de 60 kg en Colombia, 1999–2015.

LITERATURA CITADA

1. BONHOMME, R. Bases and limits to using "degree. day" units. *European Journal of Agronomy* 13: 1- 10. 2000.
2. CARDINAJ.; HERMSC.P.; HERMSD.A.; FORCELLA F. 2007. Evaluating phenological indicators for predicting giant foxtail (*Setaria faberi*) emergence. *Weed Science*. 55: 455-464. 2007.
3. IRI, International Research Institute for Climate and Society (<http://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/current/>).
4. JARAMILLO R.A.; GUZMÁN M.O. Relación entre la temperatura y el crecimiento en *Coffea arabica* L., variedad caturra. *Cenicafé* 35 (3):57-65. 1984.
5. LIMA E.P.; DA SILVA E.L. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arábica em fase de implantação. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental* 12(3): 266-273. 2008.
6. MONTOYA R., E.C.; ARCILA P., J.; JARAMILLO R. A.; RIAÑO N.; QUIROGA Z. F. Modelo para simular la producción potencial del cultivo del café en Colombia. *Boletín Técnico* No.33. 52 p Cenicafé, 2009.
7. PEZZOPANE, J.R.M., PEDRO, M.J., PAES M.B., FAZUOLI, L.C. Exigência térmica do Café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. *Ciênc. agrotec.* 32 (6): 1781-1786. 2008.
8. SNYDER R.L., SPANO D.; DUCE P. 2013. Weather Station Siting: Effects on Phenological Models in: Mark D. Shwartz (ED): *Phenology: An Integrative Environmental Science* 345 - 361 SPRINGER Verlag GmbH.

EPIDEMIOLOGÍA DE LA MUERTE DESCENDENTE DEL CAFETO (*Phoma* spp) EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ

Hernán Darío Menza Franco*; Manuel José Peláez Peláez**

MENZA F., H.D.; PELÁEZ P., M.J. Epidemiología de la muerte descendente del cafeto (*Phoma* spp) en tres sistemas de producción de café. Revista Cenicafé 67(1): 66-77. 2016

La muerte descendente, ocasionada por especies del género *Phoma*, es una enfermedad limitante para cultivos de café establecidos por encima de los 1.600 m de altitud, en la zona cafetera colombiana del departamento del Cauca, Colombia. Con el propósito de conocer el comportamiento de la muerte descendente y su relación con las variables climáticas, en la Estación Experimental El Tambo de Cenicafé, se estudió la epidemiología de la muerte descendente del cafeto, en tres sistemas de producción establecidos bajo un diseño de bloques completos al azar: 1) Café con sombrío temporal de tefrosia (*Tephrosia candida*) (L.); 2) Café intercalado con frijol y maíz; y 3) Café convencional a libre exposición solar sin control químico. Se evaluó la incidencia y severidad cada quince días, en el año 2012. Se encontró mayor incidencia de la enfermedad en el sistema de producción convencional con relación a los sistemas bajo sombrío temporal con tefrosia y café intercalado con frijol y maíz. Con el sombrío de tefrosia y los cultivos intercalados se presentó una severidad del 6,8% y 8,3%, respectivamente, estadísticamente menor al encontrado en el sistema de producción de café a libre exposición solar (31,1%). En cuanto a las variables climáticas se registró una correlación directa ($r = 0,51$) y significativa ($p < 0,0001$) entre la amplitud térmica y la incidencia de la enfermedad, con mayor incidencia de la enfermedad en los períodos de amplitud térmica superiores a 11,5°C, específicamente en los meses de julio, agosto y septiembre.

Palabras clave: Patosistemas, incidencia, severidad, amplitud térmica, sombríos temporales.

EPIDEMIOLOGY OF COFFEE TREE DIEBACK (*Phoma* spp) IN THREE COFFEE PRODUCTION SYSTEMS

Dieback, caused by species of the *Phoma* genus, is a limiting disease of coffee plantations established over 1600m above sea level in the Colombian coffee region of Cauca, Colombia. In order to understand the behavior of dieback and its relation to climatic variables, the epidemiology of dieback of coffee plants was studied at the Experimental Station El Tambo Cenicafé, in three production systems established under a completely randomized block design: 1) Coffee plantation under the temporary shade of tephrosia (*Tephrosia candida*) (L.); 2) Coffee intercropped with beans and corn; and 3) Conventional coffee crop in full sun exposure without chemical control. Incidence and severity were evaluated every two weeks in 2012. There was higher incidence of the disease in the conventional production system compared to systems under temporary shade tephrosia and coffee intercropped with beans and corn. The shade of tephrosia and intercropping had a severity of 6.8% and 8.3%, respectively; statistically lower than the values found in the coffee production system in full sun exposure (31.1%). Climate variables showed a direct ($r = 0.51$) and significant ($p < 0.0001$) correlation between the thermal amplitude and the incidence of the disease, with more incidence of the disease in periods of temperature range higher than 11.5 ° C, specifically in July, August and September.

Keywords: Pathosystems, incidence, severity, thermal amplitude, temporary shade.

* Asistente de Investigación. Disciplina de Experimentación, Estación Experimental El Tambo, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

** Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

La muerte descendente del cafeto, cuyo agente causal se atribuye a especies del género *Phoma* sp (26), es una enfermedad limitante en zonas altas de la caficultura colombiana en altitudes por encima de los 1.600 m, siendo más restrictiva durante la etapa vegetativa de la planta, sea bajo renovaciones por siembra, renovaciones por zoca o siembras nuevas.

El patógeno afecta tejidos tiernos de hojas en desarrollo y brotes terminales, tanto del tallo principal como de las ramas secundarias. Las plantas afectadas presentan necrosis descendente de los tejidos en desarrollo, la cual avanza hasta tejido lignificado donde se detiene (12, 15). En las hojas jóvenes se observan manchas oscuras, redondeadas, de bordes irregulares que coalescen, y el período infeccioso culmina en una necrosis total. Cuando estas manchas aparecen en los bordes de las hojas más desarrolladas, se produce malformación o encrespamiento, ocasionado por el crecimiento normal de tejido sano alrededor del área afectada (6, 8, 12).

Debido a que este hongo ataca las zonas de crecimiento de la planta de café, se presentan atrasos drásticos en su desarrollo y malformaciones, debido a la continua emisión de brotes, lo cual genera desarreglos de los ciclos de renovación y disminución de la producción en el lote. En almacigos afectados por *Phoma* sp. se han encontrado pérdidas hasta del 80% (14) y bajo condiciones de campo en Guatemala, se reporta una severidad del 28% cuando no se realiza algún tipo de control (6).

Actualmente, el manejo de la enfermedad está supeditado al control químico, mediante la aplicación de fungicidas, que en la mayoría de los casos son de poca efectividad debido a que las condiciones ambientales como temperatura, humedad relativa y precipitación

limitan su efectividad. Además, en lotes con alta incidencia de la enfermedad, las medidas de control son inoportunas e ineficientes, debido al desconocimiento de la epidemia del patógeno (15). De otra parte, el uso indiscriminado de fungicidas como único método de control genera contaminación ambiental y puede ser obstáculo en el desarrollo de programas de cafés especiales y/o caficultura sostenible. En consecuencia, lo deseable es que el control de esta enfermedad se haga de forma preventiva, tratando de buscar estrategias de manejo que proporcionen condiciones adversas al desarrollo del patógeno. Algunos autores mencionan que plantaciones de café con sombrío establecido o con algún tipo de barrera (plátano, maíz, frijol de enredadera, entre otros), son menos afectadas que las plantaciones que se encuentran a plena exposición solar (15), mas no se presentan datos que cuantifiquen dicha aseveración.

En la zona cafetera los sistemas de producción de café intercalado con cultivos transitorios, en sistemas de renovación por siembra o zoca, son una opción de producción que contribuyen a la seguridad alimentaria, a diversificar la producción, a reducir los costos de producción, y generar empleo e ingresos adicionales para los caficultores, mientras avanza el crecimiento vegetativo de las plantas de café, sin que se afecte la producción (19).

Los cultivos como el maíz y/o el frijol no afectan negativamente el crecimiento del café en cuanto a la longitud de las ramas, el número de cruces y la distancia entre los nudos (19), por lo que pueden utilizarse en sistemas de producción intercalados con café. Granada *et al.* (19) afirman que el frijol y el maíz favorecen de alguna forma al café, para que tenga un mayor crecimiento en este tipo de arreglos interespecíficos que en monocultivos. Para disminuir el riesgo

de competencia con el café se recomienda fertilizar cada cultivo según sus requerimientos y con base al análisis de suelos (19).

Otra opción es el establecimiento de tefrosia como sombrío temporal. La tefrosia es un arbusto de 2 a 3 m de altura, cuya primera floración ocurre de 3 a 5 meses después de la siembra, con legumbres de 7,5 a 10,0 cm; su principal función es la de abono verde y de sombra temporal en plantaciones de cacao y café. Es una planta con un ciclo que dura de 2 a 3 años y puede podarse varias veces al año, ya que rebrota vigorosamente (2). En un período de 180 días de descomposición la biomasa seca producida por *T. candida* transfiere al suelo el 78,3% del N, el 84,2% del P, el 97,9% del K, el 50,9% del Ca y el 86,9% del Mg, contenidos en los residuos (20).

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el comportamiento de la muerte descendente del cafeto (*Phoma* sp.) bajo diferentes sistemas de producción durante la etapa vegetativa del cafeto y su relación con algunas variables climáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental El Tambo (El Tambo, Cauca) localizada a 04° 24' de latitud Norte y 75° 44' de longitud Oeste y 1.735 m de altitud, con precipitación promedio histórica de 2.010 mm, temperatura media de 18°C, brillo solar de 1.819 horas y humedad relativa del 80%.

Como material vegetal se utilizó:

- **Café** (*Coffea arabica* L.) Variedad Castillo® regional El Tambo, establecido en septiembre del año 2011, a 1,30 m entre plantas y 1,50 m entre calles, con una densidad de 5.128 plantas/ha.

- **Maíz** (*Zea mays* L.) variedad ICA V-305, sembrado a 40 cm entre sitios en un surco por cada calle, después de 15 días de establecido el café. En cada sitio se depositaron tres semillas, para dejar dos plantas en el raleo, el cual se hizo 10 días después de la emergencia del maíz. Al momento de la siembra se aplicaron 10 g/sitio de la mezcla 4:1 de difosfato de amonio (DAP) y cloruro de potasio (KCl); y después de 30 días se aplicaron 8 g/sitio de la mezcla 3:1 de urea y cloruro de potasio.
- **Frijol** (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad cargamanto rojo, sembrado después de 60 días de la siembra del maíz, al lado de cada planta para facilitar que el frijol se enredara a medida que fuera creciendo. Por cada sitio se sembraron tres semillas de frijol y 10 días después de la emergencia se realizó un raleo para dejar solo dos plantas. La fertilización se basó en la aplicación al momento de la siembra de 10 g/sitio del fertilizante DAP.
- **Tefrosia** (*Tephrosia candida* L.), establecida como sombrío temporal 15 días después de la siembra del café. Se plantaron dos semillas por sitio, cada 30 cm en las calles del café, y posteriormente se hicieron dos raleos, para finalizar con una distancia de 1,0 m entre plantas. Se estableció un ciclo del sombrío temporal durante toda la etapa vegetativa del cultivo de café (18 meses) y la tefrosia no recibió algún tipo de fertilización.

En una renovación por siembra del café se establecieron tres sistemas de producción de café o tratamientos: 1) Café con sombrío temporal de la leguminosa tefrosia; 2) Café intercalado con frijol y maíz; 3) Café convencional a plena exposición solar (Testigo).

En ninguno de los tres sistemas de producción se realizó control químico de la muerte descendente del cafeto. Se realizó el manejo integrado de arvenses y la fertilización de acuerdo a los análisis de suelos, siguiendo las recomendaciones técnicas descritas por Cenicafé (28).

Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completamente al azar, con seis repeticiones o parcelas, cuyo factor de bloqueamiento fue la topografía del terreno. La parcela o unidad experimental estuvo conformada por 70 plantas de café sembradas a una distancia de 1,50 m entre calles y 1,30 m entre plantas. La parcela efectiva contó con 36 plantas de café.

Como variables de respuesta, durante la etapa vegetativa del cafeto, se midieron la incidencia y la severidad de la muerte descendente causada por *Phoma* spp.

De acuerdo a metodología planteada por Agrios (4), para conocer el porcentaje de la incidencia (I) en cada una de las unidades experimentales, se determinó el número de plantas afectadas con síntomas de muerte descendente con relación al total de plantas por parcela, con base en la Ecuación <1>.

$$I = (\text{Número de plantas enfermas} / \text{Número total de plantas}) \times 100 \text{ <1>}$$

El concepto de severidad hace referencia a un porcentaje de área afectada sobre un área evaluada. Teniendo en cuenta que en la etapa vegetativa del cafeto, *Phoma* sp. afecta los puntos de crecimiento hasta secar totalmente la rama, la severidad se determinó como el número de ramas con lesiones necróticas y/o puntos de crecimiento muertos por causa de *Phoma* sp. sobre el total de ramas cuantificadas en cada unidad experimental (UE), basado en la Ecuación <2>.

$$S = (\text{Número de ramas muertas por } Phoma \text{ sp.} / \text{Número total de ramas de la UE}) \times 100 \text{ <2>}$$

A partir de los registros climáticos de la Estación Meteorológica Manuel Mejía, ubicada a 500 m lineales de la plantación de café donde se desarrolló la investigación, se obtuvo la siguiente información:

- Registro del acumulado quincenal de la precipitación.
- Registro del promedio quincenal de la humedad relativa.
- Registro del promedio quincenal de la temperatura.
- Registro del promedio quincenal del brillo solar.

Con esta información se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

- Estimación de promedios y variación de las variables de respuesta en cada uno de los tratamientos.
- Análisis de varianza bajo el modelo de bloques completos al azar. Cuando hubo efecto de los tratamientos se realizó la prueba Tukey al 5%, para comparar el comportamiento de la enfermedad entre los diferentes sistemas de producción.
- Correlaciones de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia de la enfermedad

El análisis de varianza mostró efecto de los sistemas de producción sobre la variable incidencia de la muerte descendente del cafeto en cada una de las fechas evaluadas; por lo

tanto, se aplicó la prueba Tukey al 5% para determinar las diferencias estadísticas en el comportamiento de la enfermedad entre los sistemas de producción.

En la Figura 1 se presenta el comportamiento de la muerte descendente, en términos de incidencia, bajo cada uno de los tres sistemas de producción evaluados. En el primer semestre del año, la incidencia de la enfermedad fue mayor en el sistema de producción de café convencional a libre exposición, siendo diferente estadísticamente a los sistemas de producción con tefrosia y café intercalado con maíz y frijol, en los meses de enero y abril, época en la cual se presentó la mayor incidencia de la enfermedad, con niveles máximos cercanos al 20%. Para el segundo semestre, el sistema de producción de café a libre exposición también presentó una mayor incidencia de la enfermedad y fue diferente estadísticamente a los sistemas de producción de café con tefrosia y con los cultivos intercalados de frijol y maíz, llegando a niveles máximos del 40% en los meses de julio y septiembre. No hubo diferencias en el comportamiento de la enfermedad entre

los sistemas de producción con la especie tefrosia y el sistema de producción frijol relevo maíz intercalado con café.

Estos resultados muestran que los sistemas de producción de café con el establecimiento del sombrío temporal de tefrosia y la siembra de cultivos intercalados como frijol y maíz, reducen significativamente la incidencia de la muerte descendente del cafeto con relación a un sistema de producción de café a libre exposición solar. Esta información ratifica lo reportado por Mouen Bedimo *et al.* (23), quienes plantean que los sistemas de producción bajo sombrío crean un microclima que protege la planta de los patógenos en mayor proporción, con relación a un monocultivo y/o cultivos convencionales. Por otra parte, Avelino *et al.* (3) manifiestan que las plantas bajo sombra atenúan las variaciones en la temperatura.

Salgado y Pfenning (26) mencionan que la muerte descendente se ve favorecida por la ocurrencia de vientos fuertes, corrientes frías y cambios bruscos de temperatura que causan heridas a los tejidos de la planta, por donde entra el patógeno; y que las barreras

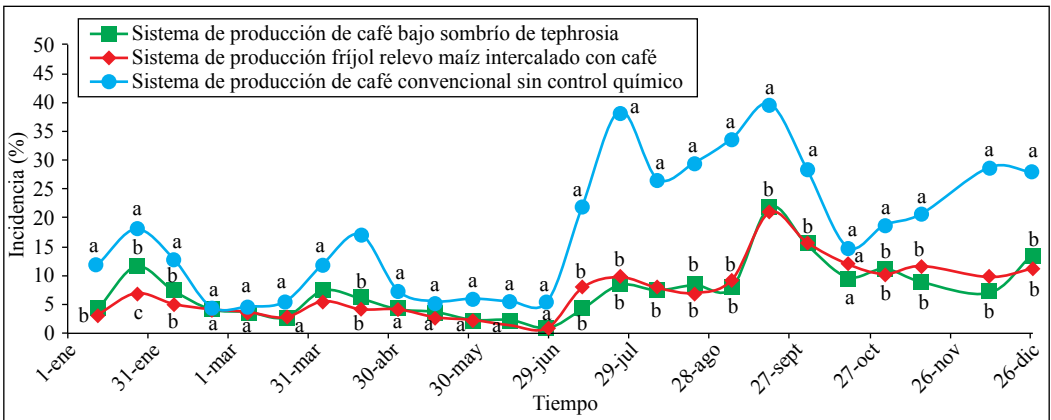


Figura 1. Incidencia de la muerte descendente del cafeto en una plantación de Variedad Castillo® bajo diferentes sistemas de producción. Letras distintas indican diferencias estadísticas en la incidencia entre sistemas de producción (Tukey al 5%).

rompavientos pueden atenuar el ataque de la enfermedad.

El sombrío temporal y los cultivos transitorios cumplen una función de barrera rompe vientos, la cual busca reducir el impacto del viento y la lluvia, que por lo general son los principales agentes dispersores de hongos (24). Las variaciones en los factores climáticos afectan en gran medida el desarrollo de las enfermedades, con variaciones en el tiempo sobre la incidencia y severidad, de acuerdo a las preferencias climáticas del patógeno y la dinámica de desarrollo de los tejidos; sin embargo, esta acción climática depende de las particularidades del sistema de producción y patosistema en el que se producen las infecciones (32).

La menor incidencia de la enfermedad en el patosistema de producción de café intercalado con frijón y maíz se debe al efecto que tienen los policultivos en los sistemas de producción. Altieri y Letourneau (1) mencionan que este tipo de sistemas de producción crean un microclima que favorece el cultivo principal de las condiciones climáticas adversas como bajas temperaturas o alta precipitación, que pueden favorecer la incidencia de enfermedades. De igual manera, Stukenbrock y McDonald (30) concluyen que es importante que los agroecosistemas mantengan estructuras diferentes a los monocultivos,

que permitan prevenir el incremento en la incidencia o la aparición de nuevos patógenos.

Severidad de la enfermedad

El análisis de varianza mostró efecto de los sistemas de producción de café sobre la severidad de la muerte descendente, por lo tanto se aplicó la prueba de Tukey al 5% para determinar las diferencias estadísticas en la severidad de la enfermedad entre los sistemas de producción.

En la Figura 2 se presenta la severidad de la muerte descendente en cada uno de los sistemas de producción de café. En los sistemas de café bajo sombrío de tefrosia e intercalado con frijón y maíz se encontró una severidad de 6,8% y 8,3%, respectivamente, valores estadísticamente menores y diferentes a la severidad encontrada en el patosistema de producción de café convencional a plena exposición solar (31,1%). Con base en lo anterior, puede determinarse que la implementación de sistemas de producción de café bajo el sombrío temporal con tefrosia o con la siembra de cultivos intercalados como frijón y maíz, permite reducir significativamente la severidad de la enfermedad, en términos de menor pérdida de futuras ramas productivas, en comparación con un sistema de producción de café convencional. Esta información coincide con lo reportado por Cook y Bauerle (11) y

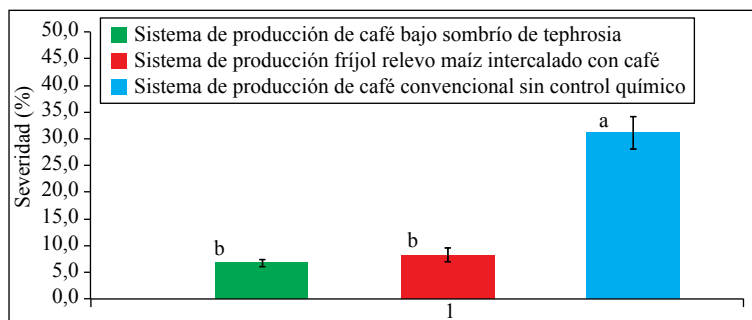


Figura 2. Severidad de la muerte descendente en una plantación de Variedad Castillo® bajo diferentes sistemas de producción. Letras distintas indican diferencias estadísticas en la incidencia de la enfermedad, entre los sistemas de producción, según la prueba de Tukey al 5%.

Schnitzer *et al.* (29), quienes plantean que la incidencia de una enfermedad puede ser más baja cuando el sistema de producción presenta diversidad de especies; por otra parte, Keesing *et al.* (21) mencionan que los sistemas de sombrero o policultivos en un sistema de producción crean un microclima que desfavorece el desarrollo de los patógenos.

Granada *et al.* (19) y Jiménez *et al.* (20) reportan los beneficios de los cultivos intercalados y el sombrero temporal con la especie tefrosia en los sistemas de producción de café, donde también encontraron que no hay efectos negativos en la producción, siempre y cuando se realice el manejo independiente del cultivo transitorio o sombrero temporal.

Relación entre el desarrollo de la enfermedad y las variables climáticas

Precipitación. En la Figura 3 se presenta la incidencia de la muerte descendente del café en el sistema de producción de café convencional a libre exposición y su relación con la precipitación en el año 2012. En los meses de enero a junio y octubre a diciembre

se encontró una correlación directa ($r = 0,5$) y significativa ($p < 0,0001$) entre la precipitación y la incidencia de la enfermedad, indicando que en estos períodos de mayor precipitación se presentó la mayor incidencia de la enfermedad. Esta información coincide con lo reportado por Gil *et al.* (16) quienes manifiestan que el agua es indispensable para la germinación del hongo y para su proceso infectivo. Por otra parte, Castaño (9) y Bucker *et al.* (5) mencionan que la lluvia es uno de los principales diseminadores de esta enfermedad, causando gran cantidad de pequeñas lesiones que facilitan la penetración del hongo. Adicionalmente, Gómez (17) y Bucker *et al.* (5) mencionan que el óptimo de germinación en *Phoma* sp. se consigue con una película de agua alrededor de las conidias, lo cual se consigue con altas o bajas precipitaciones. De otro lado, en los meses julio, agosto y septiembre disminuyó la precipitación pero hubo una mayor incidencia de la enfermedad, lo cual indica que en este período se presentaron otras variables climáticas incidieron directamente en el incremento de la enfermedad a pesar de la escasa o baja precipitación.

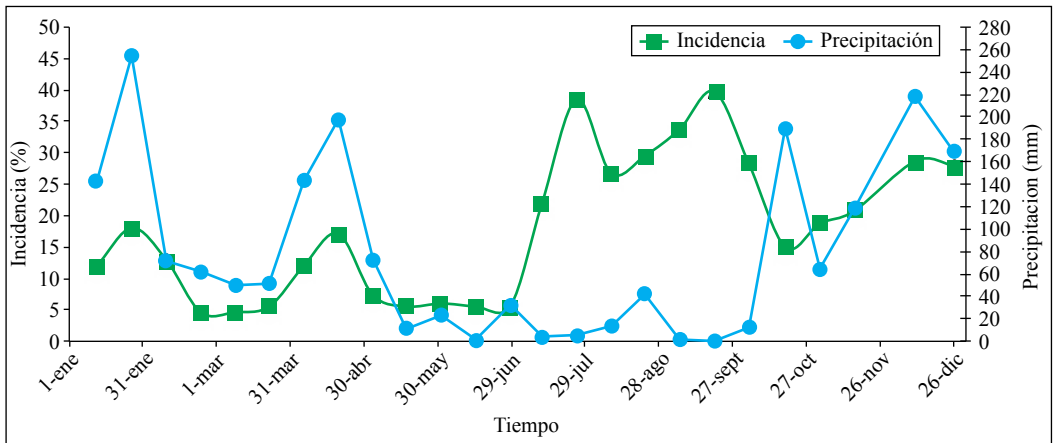


Figura 3. Relación de la precipitación con la incidencia de la muerte descendente del café *Phoma* sp., en el año 2012.

Temperatura. La temperatura media osciló entre 19 y 20°C, siendo éste un rango óptimo para el desarrollo de la enfermedad (16, 17, 18). De igual manera, Salgado *et al.* (27) reportan una temperatura óptima de 20°C para el desarrollo de las conidias; sin embargo, no se encontró una correlación significativa entre la temperatura media y la incidencia de la muerte descendente del café (Figura 4).

Cuando se relacionó la temperatura mínima con la incidencia de la enfermedad se encontró una correlación inversa ($r = -0,54$) y significativa ($<0,0001$), donde en periodos de bajas temperaturas mínimas se presentó la mayor incidencia de la enfermedad (Figura 4). Este resultado valida lo reportado por varios autores, quienes mencionan que a temperaturas mínimas, inferiores a 14°C, se genera un incremento en el desarrollo de la enfermedad (7, 10, 13, 17, 25, 27, 31).

Cuando se relacionó la amplitud térmica con la incidencia de la enfermedad (Figura 5), se encontró una correlación directa ($r = 0,51$) y significativa ($p <0,0001$). Lo

anterior indica un aumento en la incidencia de la enfermedad en los periodos donde se presentó mayor amplitud térmica. En los meses de julio, agosto y septiembre, a pesar de las bajas precipitaciones hubo una mayor incidencia de la enfermedad, la cual se relaciona directamente con el aumento en la amplitud térmica, con valores superiores a 11,5°C.

Humedad relativa. En la Figura 6 se presenta la incidencia de la muerte descendente del café versus el promedio diario de la humedad relativa. Para el primer semestre del año, la humedad relativa fue superior al 80%, hasta mediados del mes de mayo; posteriormente descendió al 75% en el mes de junio y no superó el 70% en los meses de julio, agosto y septiembre, y finalizó el último trimestre del año con valores superiores al 80%.

La enfermedad mostró una mayor incidencia en los meses de julio, agosto y septiembre, en los cuales la humedad relativa no superó el 70%; estos resultados son diferentes a los reportados por Lima *et al.* (22), quienes manifiestan que el desarrollo de la enfermedad

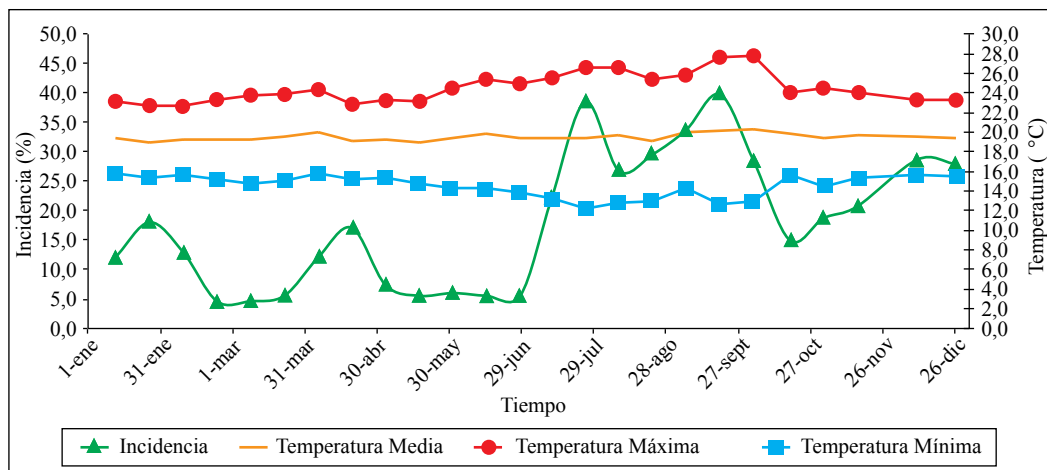


Figura 4. Relación de la temperatura versus la incidencia de la muerte descendente del café.

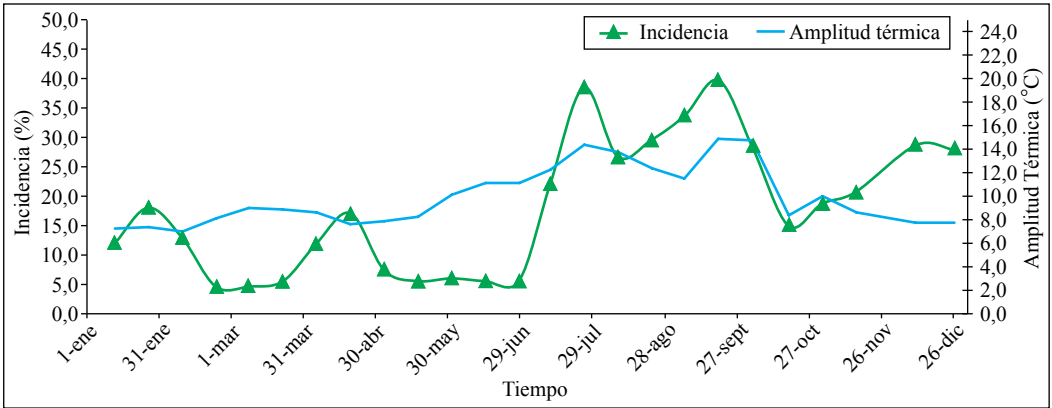


Figura 5. Comportamiento de la muerte descendente y su relación con la amplitud térmica.

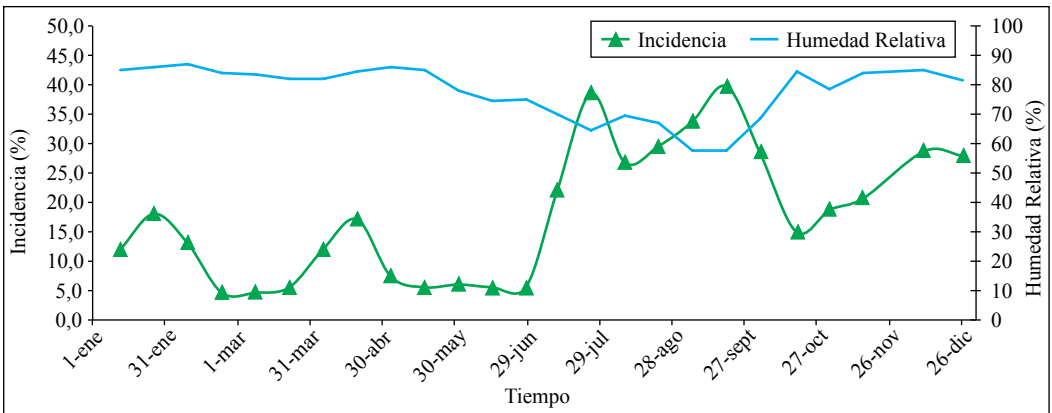


Figura 6. Comportamiento de la humedad relativa versus la incidencia de la muerte descendente del café.

es mayor cuando se registra una humedad relativa superior al 80%.

Brillo solar. En la Figura 7 se ilustra el comportamiento del brillo solar versus la incidencia de la muerte descendente. En el primer semestre del año se encontraron periodos de brillo solar entre 2,7 y 5,0 h luz/día, los cuales son rangos óptimos para el desarrollo de la enfermedad, de acuerdo a lo reportado por Gómez y Bustamante (18) y Gil *et al.* (16), quienes manifiestan que la mayor expresión del hongo se presenta entre 3 y 6 h luz/día. En el segundo semestre se

presentaron en promedio entre 2,7 y 6,0 h de brillo solar por día, los cuales son de igual manera rangos óptimos para el desarrollo de la enfermedad.

Como conclusiones del estudio se ha evidenciado que:

- Los sistemas de producción de café durante la etapa vegetativa, con la implementación del sombrío temporal de tefrosia o la siembra de cultivos intercalados de frijol y maíz, reducen significativamente la incidencia y la severidad de la muerte descendente

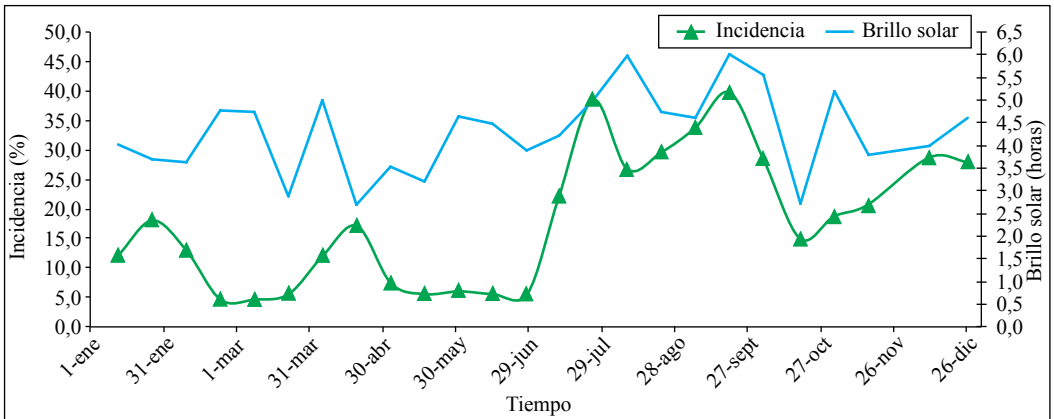


Figura 7. Incidencia de la muerte descendente versus el brillo solar.

del caféto *Phoma* sp., en comparación con un sistema de producción de café a plena exposición solar sin control.

- La precipitación y la temperatura fueron las variables que más se relacionaron con la incidencia de la muerte descendente del caféto.
- El comportamiento de variables como humedad relativa y brillo solar mostraron condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad; sin embargo, no se encontraron correlaciones significativas con el incremento o la reducción de la enfermedad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a los colaboradores de la Estación Experimental El Tambo, Investigadores de Cenicafé y Servicio de Extensión del Comité Departamental de Cafeteros del Cauca.

LITERATURA CITADA

1. ALTIERI, M.A.; LETOURNEAU, D.K. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1: 405-430. 1982.
2. ÁLVAREZ, M.; GARCÍA, M.; TRETO, E. Los abonos verdes: una alternativa natural y económica para la agricultura. *Cultivos tropicales* 16 (3): 9-24. 1995.
3. AVELINO, J.; CABUT, S.; BARBOZA, B.; BARQUERO, M.; ALFARO, R.; ESQUIVEL, C.; DURAND, J.; CILAS, C. Topography and crop management are key factors for the development of American leaf spot epidemics on coffee in Costa Rica. *Phytopathology* 97: 1532 – 1542. 2007.
4. AGRIOS, G.N. *Fitopatología*. 2 edición. México: Limusa, 1996. 838p.
5. BUCKER M., W.; CINTRA, W.J.; AZEVEDO P., L.; BUCKER, W.; MORRA C., S.; AVELINO C., R. Impact of climate change on the *phoma* leaf spot of coffee in Brazil. *Interciencia* 37 (4): 272 - 278. 2012.
6. CÁCERES P., V.R. Evaluación de tres fungicidas en el control del derrite del caféto (*Phoma* sp.) municipio de Pueblo Nuevo Viñas, departamento de Santa Rosa. Universidad de San Carlos de Guatemala: Facultad de Agronomía, 1999. 44 p. (Tesis: Ingeniero agrónomo).
7. CADENA G., G. Muerte Descendente (*Phoma* sp). In: Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé. Chinchiná. Colombia. Informe anual sección de Fitopatología Chinchiná: Cenicafé, 1980. p. 8-20.
8. CALEGARI, A. Leguminosas para adubacao verde de verao no Paraná. Londrina: Instituto agronómico de Paraná, 1995. 117p.

9. CASTAÑO, J.J. Muerte descendente (Die-Back) en cafetos de toda edad en varias regiones del departamento del Cauca 1984. Boletín Informativo (Colombia) N° 73: 12-20p.
10. CHALARCA C., A.; MUÑOZ V., A. Muerte Descendente de los cafetos causada por *Phoma costarricensis* Ech. y *Colletotrichum coffeanum* Noack. y su control. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1974. 63 p. (Tesis: Ingeniero agrónomo).
11. COOK P, S.C.; BAUERLE, T.L. Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review. *Journal of Environmental Management* 106: 85-92. 2012.
12. ESCALONA, A., M.A. Interacción de plantas de café fertilizadas con fósforo e inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares y *Phoma costaricensis* Ehandi. Tecoman: Universidad de Colima, Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias, 2002. 106p.
13. FERNÁNDEZ B., O. Muerte descendente de los brotes del café causada por especies de *Phoma* y *Colletotrichum*. *Cenicafé* 12 (3): 127-140. 1961.
14. FIGUEROAN., G.A. Descripción y control del agente causal de *Phoma*, *Phyllosticta coffeicola*. *Revista cafetera de Guatemala* 253: 19-23. 1985.
15. GIL, V., L.F.; LEGUIZAMÓN C., J.E. La muerte descendente del café (*Phoma* sp.). *Avances Técnicos Cenicafé* 278: 1-4. 2000.
16. GIL V., L.F.; CASTRO C., B.L.; CADENA G., G. Enfermedades del café en Colombia. Medellín, 2003. 224p.
17. GÓMEZ Q., R. Influencia de algunos factores ambientales sobre el agente causal de la muerte descendente del café y sobre la interacción patógeno susceptible. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia – ICA. 1976. 68 p. (Tesis: Maestría en Fitopatología).
18. GÓMEZ Q., R.; BUSTAMANTE A., E. Influencia de la luz y la temperatura en el desarrollo de la muerte descendente del café, causada por *Phoma* sp. *Fitopatología Colombiana* 6: 73-80. 1977.
19. GRANADA D., D.; MORENO B., A.M.; GARCÍA A., J.; MEJÍA M., J.W. Estudio del sistema de producción frijol relevo maíz, intercalado en zocas de café. *Cenicafé* 58(2): 111-121. 2007.
20. JIMÉNEZ S., A.; FARFAN V., F.; MORALES L., C.S. Biomasa seca y contenido de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida*, empleadas como abonos verdes en cafetales. *Cenicafé* 56(2): 93-109. 2005.
21. KEESING, F.; HOLT, R.D.; OSTFELD, R.S. Effects of species diversity on disease risk. *Ecology Letters* 9: 485-498. 2006.
22. LIMA, L.M. DE; POZZA, E.A.; TORRES, H.N. Relacao nitrogenio potássio com mancha de phoma e nutricao de mudas de cafeiro em solucao nutritiva. *Tropical Plant Pathology* 35(4):223-228. 2010.
23. MOUENBEDIMO, J.A.; BIEYSSE, D.; NJIAYOUOM, I.; DEUMENI, J.P.; CILAS, C.; NOTTEGHEM, J.L. Effect of cultural practices on the development of *Arabica coffee* coffee berry disease, caused by *Colletotrichum kahawae*. *Plant Pathology* 119: 391-400. 2007.
24. MOUEN BEDIMO, J.A.; CILAS, C.; NOTTEGHEM, J.L.; BIEYSSE, D. Effect of temperatures and rainfall variations on the development off coffee berry disease caused by *Colletotrichum kahawae*. *Crop protection* 31: 125-131. 2012.
25. RAJENDRAN, C.; AHMED, A.; AND RAO, K.M. Coffee blight – a new disease of coffee in India. *Journal of Coffee Research* 13 (2): 35-39. 1983.
26. SALGADO, M.; PFENNING, L.H. Identificacao e caracterizacao morfológica de espécies de *Phoma* do cafeiro no Brasil. In: SIMPOSIO de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 1. Pocos de Caldas (Brasil), Setembro 26-29, 2000. Resumos expandidos. Pocos de caldas (Brasil), Ministerio da Agricultura e do Abastecimento, 2000. 4p.
27. SALGADO, M.; POZZA, E.A.; BERGER, R.D.; PFENNING, L.H. Influencia da temperatura e do tempo de incubao no crescimento micelial e producao de conidios in vitro de especies de phoma de cafeiro. Trabalho apresentado no Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (3: 2003 : Porto Seguro, BA). Resumos. Brasília: Embrapa Café, 2003.
28. SADEGHIAN, K., S. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Guía práctica. Chichiná: Cenicafé, 2008. 43p. (Boletín Técnico N° 32).
29. SCHNITZER, S.A.; KLIRONOMOS, J.N.; HILLERISLAMBERS, J.; KINKEL, L.L.; REICH, P.B.; XIAO, K. Soil microbes drive the classic plant diversity-productivity pattern. *Ecology* 92 (2): 296-303. 2011.

30. STUKENBROCK, E.H.; MCDONALD, E.H. The origins of plant pathogens in agroecosystems. *Annual Review Phytopathology* 46: 75-100. 2008.
31. VIDAL C., G.M. Estudio sobre el agente causal de la Muerte Descendente en el cafeto *Coffea arabica* L y comportamiento de cuatro variedades comerciales. Bogotá: Universidad Nacional - ICA, 1977. 67p. (Tesis: Maestría en Fitopatología).
32. ZADOCKS, J.C.; SCHEIN, R.D. *Epidemiology and Plant Disease Management*. New York: Oxford University Press, 1979. 427 p.

EVALUACIÓN DE LA ACEPTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE ERGONÓMICO PARA EL CANASTO RECOLECTOR DE CAFÉ-SERCOR

Jhon Félix Trejos Pinzón*; Carlos Gonzalo Mejía Mejía*; Esther Cecilia Montoya-Restrepo**;
Elsa Natalia Quintero***; José Raúl Rendón Sáenz****; Diego Fabián Montoya*

TREJOS P., J.F.; MEJÍA M., C.G.; MONTOYA R., E.C.; QUINTERO C., E.N. Evaluación de la aceptación de un sistema de soporte ergonómico para el canasto recolector de café-Sercor. Revista Cenicafé 67 (2): 78-85. 2016

Debido a la importancia de la salud de las personas, la seguridad en el trabajo y entendiendo la relación entre el bienestar y la calidad de vida, se evaluó la aceptación de un sistema de soporte ergonómico para el canasto recolector (Sercor), en cuatro localidades del eje cafetero. Para ello, se realizaron evaluaciones mediante observaciones y una encuesta, buscando analizar el tiempo que cada uno de los recolectores usó el soporte ergonómico y el concepto de ellos respecto al desempeño y comodidad. La información se obtuvo en cafetales de diferentes edades, establecidos en terrenos con pendientes entre el 5% y el 40%, en los principales pases de cosecha. El 94% de los recolectores fueron hombres y el 6% mujeres; la edad promedio fue de 41 años, con un rango entre 18 y 72 años. En la evaluación de uso del soporte, se registró que en el 87% de los tiempos de muestreo los recolectores lo utilizaron. En cuanto a la comodidad, del 77% al 85% consideraron que el soporte es adecuado para ejecutar los desplazamientos horizontales y verticales, empleados en la recolección de café, y el 73% consideró que facilita la recolección de café del suelo. De igual modo, se determinó que el 72% de los entrevistados estarían dispuestos a comprar el soporte y en promedio pagarían \$12.100. A partir de este estudio se identificaron las bondades del Sercor para mejorar la labor de recolección de café y, por lo tanto, la eficiencia en términos de bienestar del recolector.

Palabras clave: Comodidad, desempeño, ergonómico, recolección.

EVALUATION OF THE ACCEPTANCE OF AN ERGONOMIC SUPPORT SYSTEM FOR THE COFFEE BASKET SERCOR

Because of the importance of the health of people, safety at work and the relationship between welfare and quality of life, the acceptance of an ergonomic support system for the coffee-picking basket (Sercor) was evaluated in four locations of the coffee zone. Evaluations were made by observations and a survey in order to analyze the time that each of the pickers used the ergonomic support and their concept regarding performance and comfort. The information was obtained in coffee plantations of different ages, set in lands with slopes between 5% and 40%, in the main harvest picking. Ninety-four percent (94%) of the pickers were men and 6% women; the average age was 41 years, ranging between 18 and 72 years. The evaluation showed that pickers used the support 87% of the sampled times. As for comfort, from 77% to 85% felt that the support is adequate to perform horizontal and vertical movements of coffee picking, and 73% considered that it facilitates picking coffee from the ground. Likewise, 72% of the pickers would be willing to buy the support and to pay 12,100 COP on average. The benefits of SERCOR to improve the work of coffee picking and, therefore, efficiency in terms of pickers welfare were identified in this study.

Keywords: Comfort, performance, ergonomic, harvest.

* Asistente de Investigación, Disciplina de Experimentación. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

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

*** Especialista en salud organizacional y Esp. En salud pública. Gestión del Talento Humano. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

**** Investigador Científico I, Disciplina de Fitotecnia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

La recolección de café es la práctica más importante en la distribución de labores asociadas al cultivo, por lo tanto, se hace necesario mejorar las condiciones durante el desarrollo, incorporando aspectos de acondicionamiento de equipos de recolección en función de la comodidad y ergonomía en las posiciones adoptadas durante la labor, así como en los movimientos repetitivos, el tiempo y el peso del producto cosechado.

Actualmente, en las fincas cafeteras se viene destacando la implementación de normas de certificación sostenibles, que apuntan entre otros requisitos a la evaluación del desempeño social y su componente de bienestar, es así como el diseño de herramientas que contribuyan al desarrollo de las actividades, aportaría a mejorar la condición de trabajo de los recolectores. Dentro de los principales problemas de salud originados por malas condiciones ergonómicas están las alteraciones músculo-esqueléticas. Se considera que estos trastornos son el grupo de procesos que afectan la espalda y columna vertebral o las extremidades, y son provocados por la lesión de alguna de las partes que forman el aparato locomotor, principalmente las partes blandas como músculos, tendones, nervios y ligamentos (4).

Entre las investigaciones desarrolladas y relacionadas con temas ergonómicos en café, se tienen los resultados de un estudio de la recolección manual del café, en el cual se hizo la descripción y cuantificación de los movimientos en el surco, árbol, ramas y manos de cuatro recolectores, con aptitudes físicas similares (7), y se registraron datos de variables operativas relacionadas con la eficiencia, eficacia, calidad y pérdidas del proceso. Con la anterior información se realizó un análisis ergonómico que permitió establecer un nuevo método, el cual fue evaluado en el campo, mostrando aumentos en

la eficiencia hasta del 36,8% y disminución de las pérdidas de 36,4%. La eficacia y calidad del proceso aumentaron en 1,4% y 18,5%, respectivamente.

Otros desarrollos para agilizar la recolección de café, principalmente el desprendimiento y la recepción de frutos, son las tecnologías Aroandes y Canguaro M. Con estos equipos se busca aumentar el rendimiento en recolección de los operarios, con mejores condiciones en el manejo de la carga y la aplicación del método mejorado para la recolección de café (5).

En Colombia, los cultivos de café se localizan en terrenos con pendientes moderadas a fuertes, y todas las labores se realizan durante tiempos prolongados, en posición erguida, inclinada, de rodillas, con desplazamientos horizontales y verticales, transporte y levantamiento de cargas. A través del tiempo, se han introducido materiales que buscan mejorar y hacer cómodo el trabajo, también se ha modificado el diseño de equipos, haciendo más ergonómicas las herramientas y adecuadas para los cultivos o para reducir la dureza del trabajo (1).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su publicación “Salud y Ambiente en el Desarrollo Sostenible” llama la atención sobre la exposición a factores de riesgo en los lugares de trabajo, destacando los factores de riesgo ergonómicos y de sobrecarga física que afectan al 30% de la fuerza de trabajo en los países desarrollados y del 50% al 70% en los países en desarrollo (6).

El canasto utilizado en la recolección de café en Colombia surgió al tiempo de los inicios de la caficultura del país; a través de los años, se han realizado algunas variaciones en los materiales utilizados en su fabricación y la incorporación de

accesorios que permiten soportar el peso del café cosechado; tal es el caso del sistema de soporte ergonómico para el canasto recolector - Sercor, diseñado por un grupo interdisciplinario de profesionales, formados en el área de la medicina y la ingeniería, quienes lograron adaptar los componentes de un arnés al canasto recolector de café. Este equipo cuenta con los ensayos de tracción a elementos sintéticos. El Sercor es un arnés para soportar el canasto recolector, que tiene una altura de 54 cm, 58 cm de ancho y reatas ajustables a todas las tallas. El Sercor está fabricado con reatas de polipropileno y de nailon de diferentes dimensiones. Tiene accesorios como las hebillas de acetal plástico, otros accesorios en bronce, acero 1070 e hilos de nailon, con una resistencia en peso de hasta 35 kg¹.

El Sercor distribuye la carga del café en puntos estables del cuerpo, evitando que se concentre en la parte inferior de la espalda. Entre los diferentes beneficios para los que fue adaptado el soporte se destacan su comodidad para el recolector, la mayor eficiencia en la recolección, la distribución del peso de la carga por un espacio más amplio del cuerpo, la protección de la salud del recolector, así como la variedad de usos en actividades de fertilización y cosecha de otros productos.

En un estudio preliminar del Sercor, desarrollado por el Comité de Cafeteros de Caldas, en el año 2011, sobre la percepción del impacto en la labor de recolección, se determinó que el 100% de los recolectores de café encontraron alguna ventaja en cuanto a la mejora en la cantidad de café recolectado

y la comodidad. De igual manera, se registró que el 100% de los recolectores estarían dispuestos a utilizar el equipo todo el tiempo: en cosecha y los diferentes repases (re-re). Las encuestas revelaron que el 67% de los operarios considera que el equipo mejora la comodidad al recolectar café².

Desde una perspectiva física y biomecánica, la carga o tensión que se generan en las diferentes articulaciones y en los tejidos blandos podría alcanzar fácilmente cientos de kilogramos; sin embargo, desde un punto de vista fisiológico, a medida que se incrementa el esfuerzo muscular, como consecuencia de cargas elevadas, disminuye la circulación sanguínea en el músculo pudiendo aparecer la fatiga muscular. Cuando las exigencias físicas del trabajo sobrepasan las capacidades de los individuos, aparece la fatiga muscular, entendida como la disminución progresiva de la capacidad de seguir realizando trabajo del mismo nivel (3).

Teniendo en cuenta los beneficios que pueden obtenerse al usar el Sistema de Soporte Ergonómico para el canasto recolector de café, en este estudio se evaluó la aceptación de este dispositivo por parte de los recolectores de café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. En los departamentos del Quindío, Risaralda y Caldas, en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé y una finca particular (Tabla 1), se llevó a cabo la evaluación del dispositivo Sercor durante la labor de recolección de café, en la cosecha del segundo semestre del año 2012.

¹ ESAHI. Confecciones. Beneficios del Sistema de Soporte Ergonómico para Canasto Recolector. <http://www.sercocoesahi.com/BENEFICIOS.html>.

² COMITÉ DE CAFETEROS DE CALDAS. Informe sobre prueba de campo de un sistema de soporte ergonómico para canasto recolector de café (Sercor). 2011.

Tabla 1. Características de los sitios de estudio.

Sitio	Latitud	Longitud	Altura (m)	Precipitación (mm)	Temperatura media (°C)
Estación Experimental Naranjal (Caldas)	4° 59'	75° 36'	1.400	2.560	20,7
Estación Experimental La Catalina (Risaralda)	4° 45'	75° 44'	1.321	2.395	21,7
Estación Experimental Paraguaicito (Quindío)	4° 24'	75° 44'	1.234	1.800	23,1
Finca San Alberto (Quindío)	4° 21'	75° 44'	1.522	2.200	20

Los lotes presentaron pendientes entre el 5% y 10% en las Estaciones Experimentales Naranjal, Paraguaicito y La Catalina, y del 40% en la finca San Alberto. La edad de los cafetales estuvo entre los tres y cinco años para todas las localidades y la evaluación se desarrolló en los pases de recolección o cosecha de mayor concentración de café maduro, durante los meses de septiembre y octubre del año 2012.

Metodología. Esta investigación fue de tipo exploratoria-descriptiva, bajo un diseño no experimental, teniendo como instrumento una encuesta semi-estructurada, para la toma de información, con el fin de evaluar la aceptación del Sercor. El tamaño de muestra para cada localidad se definió de acuerdo con el promedio del número de recolectores presentes en los períodos o semanas de mayor recolección de café, teniendo en cuenta las floraciones registradas en las Estaciones Experimentales (Tabla 2).

Tabla 2. Número de recolectores (muestra) por cada localidad.

Localidad	Número de recolectores
Estación Experimental La Catalina	10
Estación Experimental Naranjal	35
Estación Experimental Paraguaicito	5
Finca San Alberto	10

Para efectuar la supervisión durante la jornada de trabajo y con el fin de registrar el uso del soporte (Sercor) por cada recolector, se determinaron dos tiempos de muestreo: a las 10 a.m. y las 3 p.m. Esta inspección se realizó durante 5 días al final de los cuales, a cada recolector (unidad de muestreo) se le indagó por medio de una encuesta, sobre las ventajas o desventajas de utilizar el soporte ergonómico en la labor de recolección de café.

Por cada recolector se determinó la proporción de tiempos de muestreo en los cuales se estaba utilizando el soporte ergonómico; se estimó la proporción de aquellos recolectores que lo utilizaron el 100% del tiempo y se evaluó si la proporción de recolectores que lo utilizaron el 100% de las veces, era mayor al 80%, según prueba de Z al 5%.

Además, se evaluaron los siguientes aspectos: nivel de aceptación, comodidad del soporte, cantidad de café recolectado, continuidad en el uso, disposición a pagar por adquirir el soporte y características positivas o negativas del soporte.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos sociales de los recolectores

Del total de recolectores entrevistados, el 94% correspondió al género masculino y el 6%

al género femenino; resultados similares se reportaron en un estudio de la caracterización socioeconómica de la mano de obra empleada en la cosecha de café, en cuatro municipios de Caldas (2). El promedio de la edad de los recolectores fue de 41 años, con un rango entre 18 y 72 años. El análisis del grado de escolaridad mostró que el 54% de los recolectores desarrollaron estudios incompletos de básica primaria y el 27% primaria completa; se destacó que un 3% de los entrevistados no cursaron algún tipo de estudio (Figura 1). En cuanto al tiempo de experiencia como recolectores, osciló entre 2 y 50 años, con un promedio de 20 años.

Caracterización del uso del Sercor

En promedio, en el 87% de los tiempos de muestreo se identificó el uso del soporte por parte de los recolectores (unidades de muestreo), con límites entre el 82% y el 92%. Con estos resultados se corroboró la hipótesis planteada, donde más del 80% de los recolectores aceptaron el sistema de soporte ergonómico para el canasto recolector en el desempeño de la labor.

En la Figura 2, se describen para cada sitio y en general, los intervalos de confianza para el porcentaje de los tiempos de muestreo en los que se utilizó el Sercor. En la Estación La Catalina se determinó que en promedio, el 65% de los tiempos evaluados se utilizó el soporte, en Naranjal el 90%, con un mayor número de recolectores; en la Estación Paraguaicito el 100% y en la finca San Alberto el 94%.

Una vez concluyó el período de evaluación, se consultó a los recolectores sobre el nivel de aceptación del soporte, para lo cual se propuso una escala de calificación entre uno y cinco, donde **uno** o “no responden” tuvo una calificación del 5%, para **dos** o “malo” la calificación fue del 7%, para **tres** o “regular” el 17%, y el 71% restante para los valores **cuatro y cinco**, definidos como bueno y excelente, con lo cual se categorizó como una buena aceptación a la utilización del Sercor. El 24% de los encuestados encontraron desventajas en el uso del equipo; se destacan las siguientes respuestas: “el soporte no debe ser de talla única”, “los acoples de los cinturones deben diseñarse con medidas amplias o anchas” y

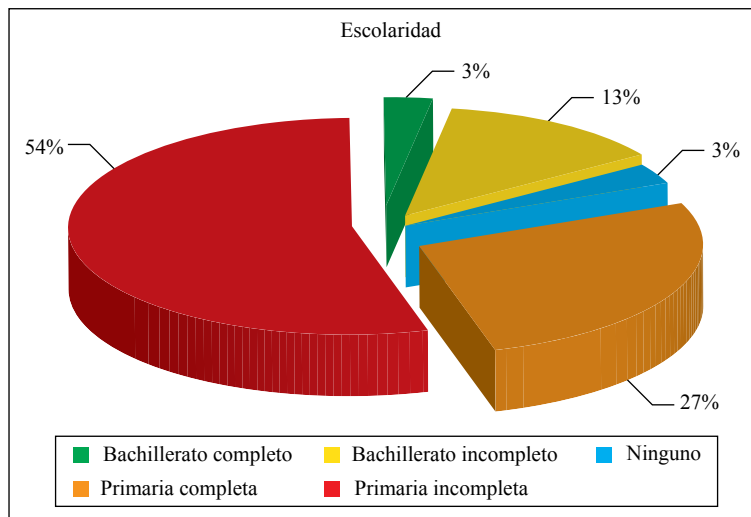


Figura 1. Grado de escolaridad de los recolectores evaluados.

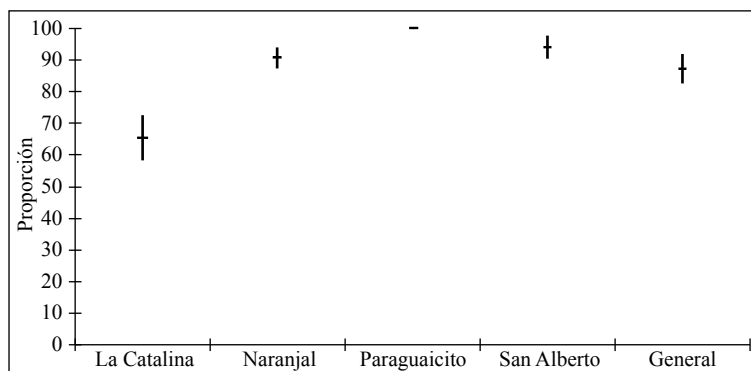


Figura 2. Intervalos para el porcentaje de los tiempos de muestreo en los que se usó el Sercor, con un coeficiente de confianza del 95%, por sitio y en general.

“evitar el uso de material plástico pues éste se calienta con el sol y causa molestias”.

Desempeño del Sercor durante la labor de recolección

Las consultas realizadas se basaron en la observación sobre la resistencia de los materiales y el ajuste del soporte al canasto durante la ejecución de la actividad de recolección. El 60% de los recolectores identificaron que los materiales de fabricación del Sercor presentaban alta resistencia, 88% señalaron que el soporte tenía un buen ajuste al canasto recolector, un 7% dijo que el ajuste era regular, y el 5% restante manifestó que no logró un buen ajuste para el buen desarrollo de la actividad.

La evaluación de la aceptación del Sercor permitió relacionar, que el soporte ergonómico podía usarse en aquellas fincas donde están aplicando normas de certificación o verificación de cafés especiales y su relación con el cumplimiento de los indicadores que tienen estricto cumplimiento en criterios de salud ocupacional y seguridad industrial.

Comodidad del soporte

La comodidad se evaluó con una valoración entre bueno y regular, como son la facilidad

para los desplazamientos horizontales y verticales en lotes con terrenos escarpados o con pendientes pronunciadas y la facilidad al usar el soporte cuando se recoge café del suelo y su ajuste al cuerpo. Los resultados muestran que entre el 77% y el 85% de los recolectores consideraron bueno el soporte al momento de ejecutar los desplazamientos horizontales y verticales, respectivamente, y el 73% indicaron la facilidad cuando hacían uso del soporte para recoger el café del suelo.

Uno de los principales factores en la comodidad se relacionó con el ajuste al cuerpo; es así como el 78% de los recolectores lograron un adecuado ajuste del equipo con su cuerpo, con los siguientes comentarios: *“Adaptación al cuerpo y distribución del peso en el hombro y la cintura”, “los ganchos permiten descargar fácilmente el café del canasto”, “al finalizar la jornada de trabajo no se afecta la cintura por dolor o cansancio”, “cómodo, el peso se reparte y se puede trabajar más tiempo”.*

Cantidad de café recolectado

A pesar de que la mayoría de los recolectores encontraron en el soporte ergonómico muchos aspectos positivos frente a los aditamentos usados comúnmente, no hubo una valoración que demostrara un aumento en la cantidad

de café recolectado en sus calificaciones. La información de la evaluación del equipo se orientó hacia la comodidad, es así como el 66% de los recolectores percibieron que el Sercor no aumentó la cantidad de café y que el rendimiento se percibió igual que al usar otro arnés para el canasto recolector. Algunas de las expresiones de los recolectores asociadas al rendimiento en la cantidad de café cosechado fueron: *“Rapidez al desenganche”, “no causa cansancio a diferencia de la tira o cabuya que se usaba antes”, “se gana tiempo al no tener que amarrar y desamarrar el canasto con la cabuya”, “el ajuste del canasto es mejor y el café no se cae al suelo”, “se labora más tiempo y se cansa menos”*.

Nivel de aceptación del soporte

La prueba de aceptación permitió verificar si el soporte ergonómico para el canasto recolector de café era funcional y se usaba de acuerdo con las características y especificaciones del equipo. En este orden, se constató que el 71% de los entrevistados calificó con buena aceptación el uso del equipo y el 17% indicó una regular aceptación (Figura 3). Uno de los principales factores que influyen en la aceptación y apropiación de las tecnologías

se relaciona con la cultura y costumbre de los pueblos y sus habitantes; es así como en esta investigación se evidenció el arraigo que tienen los recolectores por el uso de los soportes que sostienen el canasto al cuerpo del recolector. Sin embargo, una de las justificaciones para comenzar a dar cambios sustanciales en estos aspectos, es quizás realizar un proceso de educación sobre la importancia del uso de este soporte, y de otro tipo de tecnología que se logre diseñar para mejorar y contribuir al buen desarrollo de las actividades de producción de café.

Continuidad de uso del soporte

Una de las principales limitantes para la aceptación del soporte ergonómico corresponde a la alta migración de los recolectores de una región a otra en busca de mayor oferta de cosechas, además de las diferentes costumbres y posiciones frente al cambio de tecnología. Al indagar acerca de si continuarían usando el Sercor, el 80% de los encuestados respondieron positivamente y afirmaron que lo usarían en todas las épocas de recolección de café y algunos manifestaron la oportunidad de utilizarlo en actividades como fertilización y recolección de frutos en otros cultivos.

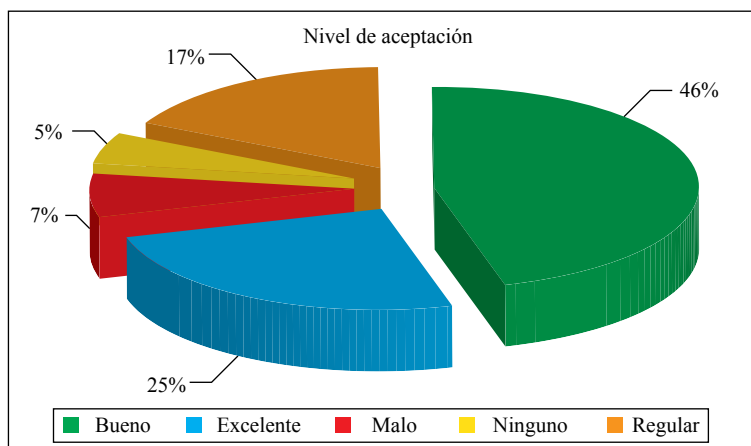


Figura 3. Nivel de aceptación del Sercor por parte de los recolectores.

Disposición a pagar por el Sercor

En términos económicos, se define disposición a pagar como el valor que puede llegar a pagar un consumidor por la adquisición de un bien o artículo. En este estudio se determinó inicialmente si los recolectores estarían dispuestos a comprar el Sercor y si la respuesta era positiva se indicaba el valor en pesos a pagar. Los resultados revelan que el 72% de los entrevistados pagarían \$12.100 en promedio, con un rango de valor entre \$7.000 y \$25.000; mientras que el 28% no estaría dispuesto a comprar el soporte o mantuvieron una posición negativa frente a su compra.

Puede concluirse que, en general, los niveles de aceptación del Sercor en los sitios de evaluación superaron la meta trazada para poder establecer su divulgación y promoción. Así mismo, se evidenciaron altos porcentajes de aprobación al momento de valorar la comodidad y facilidad en los desplazamientos, continuidad en el uso y la disposición a pagar por el Sercor.

La evaluación de la aceptación del Sercor permite relacionar que el soporte ergonómico puede usarse en aquellas fincas donde están aplicando normas de certificación o verificación de cafés especiales, y su relación con el cumplimiento de los indicadores que tienen relación con los criterios de salud ocupacional y seguridad en el trabajo.

Uno de los principales componentes que influyen en la adopción y aceptación de las tecnologías, se relaciona con la cultura y costumbre de los habitantes en las zonas cafeteras; esta condición evidenció en esta investigación el arraigo que tienen los recolectores por el uso de los soportes que sostienen el canasto a su cuerpo. Sin embargo, una de las justificaciones para comenzar a dar cambios sustanciales en

estos aspectos, es quizás realizar un proceso de educación sobre la importancia del uso de este soporte y de otro tipo de tecnología que se logre diseñar para mejorar y contribuir al buen desarrollo de las actividades de producción de café.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Esahi Diseños y Confecciones que elaboró este sistema y especialmente a la señora Esperanza Salgado por el aporte en el diseño y confección del Sercor. Al Servicio de Extensión del municipio de Buenavista (Quindío) por el apoyo en el desarrollo de las encuestas. Al personal de las Estaciones Experimentales Paraguaicito, La Catalina, Naranjal, y la finca San Alberto por contribuir al desarrollo de la investigación.

LITERATURA CITADA

1. CORTÉS M., E.A. Alternativas de mecanización para pequeñas unidades de producción agrícola. p. 21-35. En: Boletín Técnico No. 9.
2. DUQUE O., H. Caracterización socioeconómica de la mano de obra empleada en la cosecha de café en cuatro municipios de Caldas. *Cenicafé* 55(4):302-316. 2004.
3. FIGUEROA V., M.E. Avances tecnológicos aplicados al estudio ergonómico de los puestos de trabajo. *Revista chilena de terapia ocupacional* 3:19-26. 2003.
4. MARTÍN O., A.G. Acercamiento ergonómico a la salud laboral en la agricultura y en las industrias agroalimentarias. *La mutua* 17:129-139. 2007.
5. OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R. Ingeniería y café en Colombia. *Revista de ingeniería Universidad de los Andes* 33:99-114. 2011.
6. TENNASSEE M. Plan regional de salud de los trabajadores. Washington : Organización panamericana de la salud, 2001. 57 p.
7. VÉLEZ Z., J.C.; MONTOYA R., E.C.; OLIVEROS T., C.E. Human factors performance in coffee harvesting in Colombia. *Ergonomics Australia* 16(2):14-24. 2002.

EVALUACIÓN DE UNA ALTERNATIVA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD EN LA COMERCIALIZACIÓN DEL CAFÉ HÚMEDO

Carlos Eugenio Oliveros Tascón*, Jenny Paola Pabón Usaquén*; Esther Cecilia Montoya Restrepo**

OLIVEROS T., C.E.; PABÓN U., J.P.; MONTOYA R., E.C. Evaluación de una alternativa para la conservación de la calidad en la comercialización del café húmedo. Revista Cenicafé 67 (2): 86-95. 2016

Se evaluó el efecto del contenido de humedad y los tiempos para el inicio del proceso de secado del café en la calidad física y sensorial del café Variedad Castillo®, la carga microbiana y en la pérdida de materia seca, bajo el diseño experimental completamente aleatorio, en arreglo factorial 3x4+1 (tres niveles de humedad, cuatro tiempos y un testigo). Como variable de respuesta se tuvo el puntaje total en SCAA (*Specialty Coffee Association of America*) y como variables complementarias, los porcentajes de taza limpia y almendra sana, la pérdida de materia seca, los coliformes totales, aerobios mesófilos, mohos y levaduras. No hubo efecto de los tratamientos en la variable de respuesta ni en las complementarias. En los tratamientos, el promedio del puntaje total en la escala de SCAA fluctuó entre 73,15 y 80,37 puntos, y el testigo presentó un promedio de 73,23 puntos, con límites superior e inferior de 80,53 y 69,93 puntos, respectivamente. Las pérdidas de materia seca en los tratamientos variaron entre 0,21% y 1,31%. En las variables asociadas a la carga microbiana, tampoco hubo efecto de tratamientos; sin embargo, se observó que los menores valores de carga de aerobios mesófilos, coliformes totales y mohos y levaduras, se presentaron con contenido de humedad de 35% (b.h.). La disminución de la humedad del café lavado a niveles de 45%, 40% y 35% permitió su almacenamiento hasta 96 h sin afectar la calidad del café seco obtenido.

Palabras clave: Procesamiento de café, secado, calidad, pérdidas, carga microbiana.

EVALUATION OF AN ALTERNATIVE FOR PRESERVING WET COFFEE QUALITY IN MARKETING

The effect of moisture content and the timing for the start of the drying process on coffee regarding physical and sensory quality of Castillo® Variety coffee, microbial load and dry matter loss were evaluated under a completely randomized factorial design 3x4+1 (three moisture levels, four times, and a control). The total score in SCAA (Specialty Coffee Association of America) was taken as a response variable and the percentages of clean cup and healthy almond, loss of dry matter, total coliforms, aerobic mesophilic bacteria, molds and yeasts were taken as complementary variables. There was no effect of treatments on the response or on the complementary variables. In the treatments, the total score average on the scale of SCAA fluctuated between 73.15 and 80.37 points, and the control had an average of 73.23 points, with upper and lower limits of 80.53 and 69.93 points, respectively. Dry matter losses in treatments ranged between 0.21% and 1.31%. In the variables associated with microbial load, there was no effect of treatments; however, the lowest values of aerobic load, mesophiles, total coliforms, and molds and yeasts occurred with moisture content of 35% (bh). The decrease of washed coffee moisture levels to 45%, 40% and 35% allowed storage up to 96 h without affecting the quality of the dry coffee obtained.

Keywords: Coffee processing, wet coffee trade, drying, quality, losses.

* Investigador Principal y Asistente de investigación, respectivamente. Disciplina de Ingeniería Agrícola. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

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

El reconocimiento de la calidad del café producido en Colombia es el resultado del efecto combinado de factores genéticos, ambientales, culturales, cosecha selectiva y el procesamiento por vía húmeda. Al final del proceso de beneficio húmedo se obtiene el café lavado con humedad media de 53% (base húmeda, b.h.) (13), la cual se reduce hasta niveles del 10% al 12% (b.h.), requerida en la etapa de comercialización, utilizando secadores solares y/o equipos con aire forzado. Dependiendo de las condiciones climáticas y de la tecnología utilizada, el secado solar puede durar de 5 a 15 días (13, 22). En secado mecánico, en equipos de capa estática con temperatura media de aire de secado de 50°C, el proceso se realiza en un tiempo de 18 a 24 h (9, 13, 16, 22).

Por diferentes razones, principalmente económicas y falta de infraestructura, en algunas regiones de Colombia se comercializa café lavado, con demoras en el inicio del proceso de secado, desde 1 día hasta 5 días¹. Esta situación contribuye al deterioro de su calidad física y sensorial, por procesos de fermentación, actividad metabólica de los granos y la presencia de microorganismos (3, 5, 7, 20). Nogueira *et al.* (10), evaluaron el efecto del contenido de humedad y el estado de madurez del café en cereza y despulpado, en la tasa de respiración y la pérdida de materia seca observando que éstas aumentan en forma exponencial a medida que aumenta el contenido de humedad.

El efecto de la demora en el inicio del proceso de secado en la calidad del

café ha sido investigado por diversos autores utilizando variedades de café *Coffea arabica* L. procesado por vía seca, observando deterioro en la calidad física y sensorial a medida que la demora aumenta (1, 11, 18, 19, 20). Peñuela *et al.*², obtuvieron pérdidas de materia seca de 3,65% y 3,34% en café pergamino húmedo almacenado sin agua y bajo agua durante 96 h, respectivamente.

Isquierdo *et al.* (8) evaluaron el efecto en la calidad del café al suspender el proceso de secado en niveles de humedad de 20%, 17% y 14% (b.h.) y finalizarlo hasta 11% (b.h.) después de 5, 15 y 30 días de reposo en tanques de madera, a condiciones ambientales. En los ensayos utilizaron frutos maduros de café, *Coffea arabica* L. variedad Acaíá, procesados por vía seca. Como testigo se tuvo café secado en el patio hasta 11% (b.h.). La calidad de la bebida, medida en la escala de SCAA (23), mejoró a medida que el tiempo de reposo aumentó. No se observó diferencia en la calidad sensorial del café con contenidos de humedad de 17% y 20%, tanto en los tratamientos sometidos a reposo como en el testigo.

Teniendo en cuenta el factor de conversión de café “seco de agua” a pergamino seco citado por Uribe (25), con valor de 0,79, el promedio del contenido de humedad del café “seco de agua” es 40,5% (b.h.). En esta investigación se tuvo como objetivo generar información sobre el efecto de esta práctica en la calidad del café, pérdida de materia seca y carga microbiana.

¹ OLIVEROS T., C.E.; PEÑUELA M., A.E.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A. Encuentro nacional de comercialización de café húmedo. Chinchiná : Cenicafé, 2009. 31 p.

² PEÑUELA M., A.E.; GALLEGO A., P.A.; ARISTIZÁBAL T., I.D.; OLIVEROS T., C.E. Determinación de la pérdida de materia seca de café pergamino húmedo almacenado antes del secado. En: CENICAFÉ. Segundo informe científico del proyecto estudio de técnicas para la conservación del café pergamino húmedo durante la comercialización. Chinchiná : Cenicafé, 2014. 51 p.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. Esta investigación se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), localizado en el municipio de Manizales (Caldas), a una altitud de 1.310 m, con temperatura y humedad relativa media anual de 23°C y 75%, respectivamente. En los ensayos se utilizó café Variedad Castillo® proveniente de la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná), recolectado en el 2013 y el 2014.

Descripción de equipos. El café cereza se procesó de la forma siguiente:

- Clasificación de los frutos utilizando un separador hidráulico para retirar frutos vanos, brocados y secos (12).
- Clasificación manual para retirar frutos de café verdes, pintones y sobremaduros.
- Despulpado sin agua, utilizando una máquina de cilindro horizontal marca Jotagallo® modelo 4 ½.
- Separación de pulpa y frutos sin despulpar, utilizando una zaranda cilíndrica.
- Fermentación natural, con duración de 16 a 18 h, controlada con el Fermaestro™ (17).
- Lavado, utilizando un equipo ECOMILL® modelo 3000 (14).
- Secador mecánico con aire forzado tipo Cenicafé (22).

Metodología. En la Tabla 1 se presentan los tratamientos evaluados. La unidad experimental se conformó a partir del café lavado obtenido en diez lotes, y cada uno de ellos se dividió en trece muestras (tratamientos) de 10 kg, las cuales fueron asignadas aleatoriamente, de acuerdo con el diseño experimental en arreglo

factorial 3x4+1 (Tabla 1). Las humedades intermedias, 45%, 40% y 35%, y las finales del 10% al 12% en base húmeda, fueron obtenidas utilizando un secador de capa estática con aire forzado, con temperatura de aire de 38°C ± 2,0°C, dividido en trece secciones, para igual número de muestras. Los tiempos empleados para secar el café hasta los contenidos de humedad requeridos en los tratamientos y el testigo fueron 8 ± 0,5 h, 12 ± 0,5 h, 16 ± 0,5 h y 48 ± 0,5 h, respectivamente. Para controlar la humedad del café durante el proceso de secado se utilizó el método Gravimet (13).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Factores	
	Humedad (%)	Tiempo de espera antes del secado (h)
1	45	24
2	45	48
3	45	72
4	45	96
5	40	24
6	40	48
7	40	72
8	40	96
9	35	24
10	35	48
11	35	72
12	35	96
Testigo	10 – 12	Secado inmediato

Las muestras de café, empacadas en bolsas de fique, se dejaron sobre estibas de madera el tiempo requerido en cada tratamiento (Tabla 1), en las condiciones ambientales del Beneficiadero Experimental de Cenicafé.

Como variable de respuesta se tuvo el puntaje total en SCAA (23), y como variables complementarias el porcentaje de taza limpia, el porcentaje de almendra sana, las pérdidas de materia seca y la carga microbiana.

Las muestras de café de cada tratamiento y el testigo (secado inmediato), con un contenido de humedad del 10% al 12% (b. h.), se empacaron en bolsas plásticas debidamente rotuladas y se almacenaron durante 20 días, en un cuarto con temperatura controlada de 21,7°C y humedad relativa de 83,5%, en promedio, hasta su envío al panel de catación del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas - Ritual del café, conformado por tres catadores Q-grader, donde se realizó el análisis físico y sensorial de cada una de las muestras.

Para el análisis físico, para cada muestra se cuantificó el porcentaje de brocas, pasillas, granos negros y vinagres y el porcentaje de almendra sana. Para el análisis sensorial se aplicó el método desarrollado por la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA, por sus siglas en inglés) y se registró el porcentaje de taza limpia y el puntaje total obtenido en cada muestra (23).

La pérdida de materia seca durante el almacenamiento se obtuvo aplicando un balance de masa en cada tratamiento, considerando la masa inicial (3.000 g), su contenido de humedad y la masa al finalizar el almacenamiento y el contenido de humedad. Para la determinación de la humedad inicial, intermedia y final del café en cada uno de los tratamientos, se tomó una muestra de 50 g de café, la cual se dividió en 5 sub-muestras de 10 g, se utilizó una balanza analítica marca Mettler® con 0,001 g de resolución, siguiendo el método estándar de la estufa (ISO 6673).

Para determinar la carga microbiana se tomaron diez muestras de café húmedo de 10 g al final de cada tratamiento, de forma aséptica. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de la Disciplina de Recursos Naturales de Cenicafé. Empleando

Placas Petrifilm® y siguiendo los métodos oficiales de análisis AOAC 991.14, 990.12 y AOAC 997.02 (2), se determinó la cantidad de Unidades Formadoras de Colonia UFC/g de coliformes totales, de aerobios mesófilos y de mohos y levaduras, respectivamente.

El análisis de la información, consistió en la estimación del promedio y error estándar para cada tratamiento, tanto con la variable de respuesta como con las variables complementarias; con la variable de respuesta se realizó el análisis de varianza, bajo el modelo para el diseño experimental completamente aleatorio en arreglo factorial 3x4+1, al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La humedad inicial del café utilizado en los ensayos fue de 52,2% (b.h.) en promedio, con valores máximo y mínimo de 52,7% y 51,6%, respectivamente. El promedio de la humedad final de las muestras fue de 11,2% (b.h.), con un valor máximo de 12,1% y mínimo de 10,0%.

El análisis de varianza no mostró efecto ni de la interacción ni de los factores por separado en la variable de respuesta puntaje en la escala de SCAA, variando los promedios entre 73,15 y 80,37 puntos (Tabla 2). Tampoco se observó diferencia con relación al testigo que presentó un promedio de calificación de 73,23 puntos, con un intervalo entre 69,93 y 80,53 puntos, con un coeficiente de confianza del 95%. El puntaje de 80,37, que corresponde en la escala de SCAA a café con calidad especial, se obtuvo con humedad del 40% y tiempos de almacenamiento de 72 y 96 h. El valor de 73,15 puntos se obtuvo con humedad del 40% y tiempo de almacenamiento de 48 h. En el 92,1% de las unidades experimentales, el puntaje promedio obtenido fue superior a 75 puntos en la escala

de SCAA, sin defectos, y en el 73,9% fue superior o igual a 80 puntos, que de acuerdo con la escala de SCAA corresponde a café de muy buena calidad. Los defectos que se presentaron fueron inmaduro en diez de las unidades experimentales (6,6%); seguido de terroso en el 3,3%; fermento y fenol en el 0,7%. El defecto inmaduro es atribuido a la presencia de frutos verdes y pintones en el café procesado (22). El defecto fermento se relaciona con la presencia de frutos verdes y sobremaduros en el café beneficiado y los defectos fenol y terroso a malas prácticas en el secado y almacenamiento (21). Sin embargo, no se observó relación de la cantidad de microorganismos con la presencia de defectos en taza. El café pergamino seco presentó el aspecto que se observa en la Figura 1.



Figura 1. Café pergamino seco obtenido con secado intermedio hasta 35% de humedad y 96 h de almacenamiento a $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

La estimación de los promedios y del error estándar para los tratamientos evaluados, con la variable porcentaje de almendra sana, se presentan en la Tabla 3. El análisis de varianza no mostró efecto ni de la interacción ni de los factores por separado con esta variable, de tal manera que los promedios variaron entre 73,25% y 77,94% (Tabla 3). El testigo presentó en promedio 74,24% de almendra sana, para un intervalo entre 72,67% y 75,8%, con un coeficiente de confianza del 95%. El 49,3% de las muestras presentaron porcentajes de almendra sana mayores o iguales a 75%, valor mínimo establecido en la época de realización de la investigación (años 2013 al 2015) para la bonificación del café por su calidad.

El análisis de varianza no mostró efecto ni de la interacción ni de los factores por separado con la variable porcentaje de taza limpia. Los promedios y el error estándar obtenidos para los tratamientos se presentan en la Tabla 4. Los porcentajes para esta variable variaron entre 76,92% y 100%. En el testigo, el 76,92% de las muestras de café presentaron tazas limpias con un intervalo entre 50,42% y 100%, para un coeficiente de confianza del 95%. En los tratamientos T7 y T8, contenido de humedad de 40% (b.h.) y tiempos de almacenamiento de 72 h y 96 h, el 100% de las tazas fueron limpias. El 90,8% de las unidades experimentales de

Tabla 2. Promedio y error estándar (E.E.) para la variable puntaje total en la escala de SCAA.

Tiempo de almacenamiento (h)	Contenido de humedad (b.h.)						Promedio	E.E.
	45%		40%		35%			
	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.		
24	78,56	2,44	78,38	2,33	76,77	2,29	77,90	1,33
48	73,93	3,33	73,15	3,31	76,38	2,96	74,49	1,81
72	77,44	2,27	80,37	0,59	77,85	2,6	78,53	1,09
96	77,94	2,28	80,37	0,24	78,27	2,13	78,86	1,03
Promedio	76,97		78,07		77,32			
E.E.	1,3		1,07		1,2			

Tabla 3. Promedio y error estándar (E.E.) para la variable porcentaje de almendra sana.

Tiempo de almacenamiento (h)	Contenido de humedad (b.h.)						Promedio	E.E.
	45%		40%		35%			
	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.		
24	75,12	0,91	73,25	1,39	74,85	1,32	74,41	0,70
48	73,93	3,33	74,72	1,35	73,89	1,29	74,18	0,76
72	77,44	2,27	74,04	1,22	74,46	1,12	75,31	0,69
96	77,94	2,28	74,16	1,21	73,69	1,23	75,26	0,69
Promedio	76,11		74,04		74,22			
E.E.	0,61		0,63		0,61			

Tabla 4. Promedio y error estándar (E.E.) para la variable porcentaje de tazas limpias.

Tiempo de almacenamiento (h)	Contenido de humedad (b.h.)						Promedio	E.E.
	45%		40%		35%			
	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.		
24	91,7	8,33	91,7	8,33	91,7	8,33	91,70	4,67
48	76,92	12,16	76,92	12,16	84,6	10,42	79,48	6,55
72	92,3	7,69	100,00	0,00	91,7	8,33	94,67	3,67
96	92,3	7,69	100,00	0,00	92,31	7,69	94,87	3,58
Promedio	88,31		92,16		90,08			
E.E.	4,56		3,8		4,29			

los tratamientos evaluados no presentaron defectos en taza.

El análisis de varianza no mostró efecto ni de la interacción ni de los factores por separado en la variable pérdidas de materia seca. Los promedios y el error estándar obtenidos para esta variable se presentan en la Tabla 5. Los promedios que variaron entre 0,21% y 1,31%, son inferiores a los valores máximos observados por Peñuela *et al.*² en muestras de café almacenadas en seco y bajo agua durante 96 h, con valores de 3,65% y 3,34%, respectivamente.

Los resultados obtenidos con la variable coliformes totales se presentan en la Tabla 6. El análisis de varianza no mostró efecto ni de la interacción ni de los factores por separado en esta variable complementaria. Los promedios obtenidos en los tratamientos

variaron entre $1,2 \times 10^5$ y $1,8 \times 10^6$ UFC/g. Para el café recién lavado se obtuvo una carga de coliformes totales promedio de $5,75 \times 10^4$ UFC/g, con valores máximo y mínimo observados de $1,75 \times 10^5$ UFC/g y $1,5 \times 10^4$ UFC/g, respectivamente. La contaminación del café con coliformes totales es causada por el empleo de aguas contaminadas e inadecuada manipulación por parte de los operarios durante el almacenamiento (24). Los valores de coliformes totales corresponden a los encontrados en un producto percedero en una etapa intermedia, por lo que es necesario aplicar una técnica de conservación para disminuir la carga y obtener rangos admisibles para su consumo.

El promedio y el error estándar (E.E.) para la variable aerobios mesófilos totales (UFC/g) se presentan en la Tabla 7. En el café recién lavado (testigo) se obtuvieron

Tabla 5. Promedio y error estándar (E.E.) para la variable pérdidas de materia seca (%).

Tiempo de almacenamiento (h)	Contenido de humedad (b.h.)						Promedio	E.E.
	45%		40%		35%			
	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.		
24	0,51	0,17	1,22	0,33	0,21	0,06	0,65	0,19
48	0,53	0,19	0,44	0,02	0,37	0,18	0,45	0,13
72	1,31	0,62	0,86	0,44	0,59	0,22	0,92	0,43
96	1,17	0,35	1,27	0,43	0,28	0,07	0,91	0,28
Promedio	0,88		0,95		0,36			
E.E.	0,33		0,31		0,13			

Tabla 6. Promedio y error estándar (E.E.) para la variable coliformes totales (UFC/g).

Tiempo de almacenamiento (h)	Contenido de humedad (b.h.)						Promedio	E.E.
	45%		40%		35%			
	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.		
24	1,2x10 ⁵	6,6x10 ⁴	1,2x10 ⁵	1,0x10 ⁵	1,8x10 ⁶	1,8x10 ⁶	6,7x10 ⁵	6,5x10 ⁵
48	2,3x10 ⁵	2,1x10 ⁵	1,3x10 ⁶	1,2x10 ⁶	9,7x10 ⁵	9,7x10 ⁵	8,4x10 ⁵	8,0x10 ⁵
72	1,4x10 ⁵	7,7x10 ⁴	1,7x10 ⁶	1,7x10 ⁶	1,5x10 ⁶	1,5x10 ⁶	1,1x10 ⁶	1,1x10 ⁶
96	2,6x10 ⁵	1,5x10 ⁵	1,7x10 ⁶	1,7x10 ⁶	1,7x10 ⁶	1,7x10 ⁶	1,2x10 ⁶	1,2x10 ⁶
Promedio	1,9x10 ⁵		1,2x10 ⁶		1,5x10 ⁶			
E.E.	1,3x10 ⁵		1,2x10 ⁶		1,5x10 ⁶			

en promedio 3,24x10⁶ UFC/g de aerobios mesófilos totales, con valores máximo y mínimo observados de 7,8x10⁶ y 7,0x10⁵ UFC/g, respectivamente. El análisis de varianza no mostró efecto ni de la interacción ni de los factores por separado en esta variable complementaria. Los aerobios mesófilos son todos los microorganismos que crecen en temperaturas entre 15°C y 35°C y que tienen una temperatura óptima de crecimiento y proliferación en un ambiente o medio con una temperatura de 37°C, valores considerados altos y en los cuales es necesario aplicar alguna técnica de conservación (6), sin embargo, estos valores fueron menores a los registrados cuando se almacenó café pergamino húmedo sin agua por 96 h y lavándolo cada 24 h, los cuales fueron de 1,36x10⁷ UFC/g (15); es decir, cuando se reduce la humedad del café lavado, al menos un 10%, se logran reducir las unidades formadoras de colonias

por gramo, de aerobios mesófilos cuando se almacena máximo hasta 96 h.

Los mohos y levaduras se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente y se dispersan fácilmente por el aire y por el polvo (24). Son indicadores de malas condiciones de almacenamiento, y además, su presencia presenta un riesgo de seguridad para el producto final; en este caso para el café, el riesgo radica en la producción de metabolitos secundarios tóxicos como las micotoxinas (ocratoxina, por ejemplo), que pueden ser perjudiciales a los consumidores a ciertas concentraciones (4).

Para el café recién lavado se obtuvieron en promedio 1,51x10⁵ UFC/g de mohos y levaduras, con valores máximo y mínimo observados de 4,45x10⁶ y 1,25x10⁵ UFC/g, respectivamente. Los promedios obtenidos

para los tratamientos evaluados variaron entre $1,1 \times 10^6$ y $1,1 \times 10^7$ UFC/g (Tabla 8).

El análisis de varianza no mostró efecto ni de la interacción ni de los factores por separado en esta variable complementaria, lo que indica que se obtiene igual carga de mohos y levaduras en el café recién lavado que cuando el café es almacenando a humedades entre 45% y 35%, durante 96 h, convirtiendo el secado a niveles intermedios en una práctica de fácil aplicación para controlar la inocuidad del café durante esta etapa transitoria, antes de finalizar el secado.

En este estudio puede concluirse que:

- Con la reducción del contenido de humedad del café lavado a valores entre 45% y 35% (base húmeda) se conservó su calidad

física y sensorial cuando se almacenó hasta por 4 días.

- No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo para las variables de respuesta y complementarias consideradas en esta investigación, es decir, que el almacenamiento del café con humedades entre el 45% y 35%, en costal de fique sobre estibas, hasta 96 h, no altera su calidad física, sensorial ni su inocuidad.
- Las calificaciones en SCAA para el café obtenido en los tratamientos variaron entre 73,15 y 80,37 puntos, valores que según la escala SCAA, corresponden a muestras de buena calidad sin presencia de defectos.
- Los valores de pérdida de materia seca en los tratamientos variaron entre 0,21% y 1,31%, inferiores a los reportados en

Tabla 7. Promedio y error estándar (E.E.) para la variable aerobios mesófilos totales (UFC/g).

Tiempo de almacenamiento (h)	Contenido de humedad (b.h.)						Promedio	E.E.
	45%		40%		35%			
	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.		
24	$2,7 \times 10^6$	$9,5 \times 10^5$	$1,1 \times 10^6$	$7,0 \times 10^5$	$9,3 \times 10^4$	$5,6 \times 10^4$	$1,3 \times 10^6$	$5,7 \times 10^5$
48	$2,3 \times 10^6$	$1,7 \times 10^6$	$1,8 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$	$3,4 \times 10^5$	$7,7 \times 10^4$	$1,5 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$
72	$2,5 \times 10^6$	$1,8 \times 10^6$	$2,1 \times 10^6$	$1,7 \times 10^6$	$3,4 \times 10^5$	$2,1 \times 10^4$	$1,6 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$
96	$3,4 \times 10^6$	$1,7 \times 10^6$	$1,9 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$	$2,9 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$1,9 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$
Promedio	$2,7 \times 10^6$		$1,7 \times 10^6$		$2,7 \times 10^5$			
E.E.	$1,5 \times 10^6$		$1,4 \times 10^6$		$7,9 \times 10^4$			

Tabla 8. Media y error estándar (E.E.) para la variable mohos y levaduras (UFC/g).

Tiempo de almacenamiento (h)	Contenido de humedad (b.h.)						Promedio	E.E.
	45%		40%		35%			
	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.		
24	$1,1 \times 10^7$	$3,5 \times 10^6$	$4,2 \times 10^6$	$6,0 \times 10^5$	$3,1 \times 10^6$	$7,9 \times 10^5$	$6,0 \times 10^6$	$1,6 \times 10^6$
48	$1,0 \times 10^7$	$3,4 \times 10^6$	$9,0 \times 10^6$	$5,1 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$	$5,2 \times 10^5$	$6,7 \times 10^6$	$3,0 \times 10^6$
72	$7,9 \times 10^6$	$2,8 \times 10^6$	$7,5 \times 10^6$	$3,9 \times 10^6$	$7,9 \times 10^6$	$4,4 \times 10^6$	$7,8 \times 10^6$	$3,7 \times 10^6$
96	$8,6 \times 10^6$	$4,2 \times 10^6$	$9,2 \times 10^6$	$6,1 \times 10^6$	$7,9 \times 10^6$	$4,5 \times 10^6$	$8,6 \times 10^6$	$4,9 \times 10^6$
Promedio	$9,3 \times 10^6$		$7,5 \times 10^6$		$5,0 \times 10^6$			
E.E.	$3,4 \times 10^6$		$3,9 \times 10^6$		$2,6 \times 10^6$			

trabajos similares; lo que indica que no hay una pérdida significativa de peso del café cuando se compara con otras alternativas de almacenamiento.

- En caso de que no pueda secarse inmediatamente el café hasta el rango exigido en la comercialización (10% -12%), el secado hasta un nivel entre el 40% y el 35% es una alternativa que puede ser considerada, porque no afecta negativamente la calidad ni la inocuidad del producto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Cenicafé, Colciencias y al Laboratorio de Calidad del Comité de Cafeteros de Caldas, por el apoyo recibido para la realización de esta investigación, y al auxiliar Javier Velázquez por su colaboración durante la ejecución de las pruebas.

LITERATURA CITADA

- ANGELICO, C.L. Qualidade do café em diferentes estadios de maturação e submetido a cinco tempos de ensacamento antes de secagem. Lavras : Universidade Federal de Lavras, 2008. 149 p. Tesis: Magister en Ciencia de alimentos.
- AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. Washington : AOAC, 2005.
- AVALLONE, S.; BRILLOUET, J.M.; GUYOT, B.; OLGUIN, E.; GUIRAUD, J. Involvement of pectolytic micro-organisms in coffee fermentation. International journal of food science and technology 37(2):191-198. 2002.
- BATISTA, L.R.; CHALFOUN, S.M.; SILVA, C.F.; CIRILLO, M.; VARGA, E.A.; SCHWAN, R.F. Ochratoxin A in coffee beans (*Coffea arabica* L.) processed by dry and wet methods. Food control 20(9):784-790. 2009.
- BORÉM M., F.; RODRÍGUEZ R., C.H.; TAVARES E. Secagem do café. p. 214-215. En: Pós-coleita do café. Lavras : Universidade Federal de Lavras, 2008. 631 p.
- FAO. Directrices para prevenir la formación de mohos en el café. Roma : FAO, 2005. 251 p.
- FAVARIN L., J.; GNACCARINI A., L.; DUARTE H., M.; CARMIGNANI H., M.; COSTA J., D.; DORADO D., N. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos poscolheita. Pesquisa agropecuaria brasileira 39(2):187-192. 2004.
- ISQUIERDO E., P.; BORÉM M., F.; OLIVEIRA D., P.; SIQUEIRA V., C.; ALVES G., E. Quality of natural coffee subjected to different rest periods during drying process. *Ciência e agrotecnologia* 36(4):439-445. 2012.
- LACERDA F., A.; SILVA J., S. Secagem de café em combinação. Revista brasileira de engenharia agricola e ambiental 10(3):671-678. 2006.
- NOGUEIRA, B.L.; CORREA, P.C.; CAMPOS, S. DE C.; OLIVEIRA, G.H.H.; BAPTESTINI, F.M. Influência do teor de água e do estágio de maturação na taxa respiratória do café. En: VII Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil. Araxá : El simposio, 2011. 5 p.
- OLIVEIRA G., A.; LILELA, E.R.; PEREIRA, R.G.; BORÉM, F.M. Qualidade do café submetido a diferentes tempos de espera antes de iniciar a secagem. En: Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil. Porto Seguro : El simposio, 2003. 5 p.
- OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; MONTOYA R., E.C. Dispositivo hidráulico de bajo impacto ambiental para limpieza y clasificación del café en cereza. *Cenicafé* 60(3):229-238. 2009.
- OLIVEROS T., C.E.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P. Secado solar y secado mecánico del café. p. 49-80. En: CENICAFÉ. Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Chinchiná : FNC : Cenicafé, 2013. 3 vols.
- OLIVEROS T., C.E.; TIBADUIZA V., C.A.; MONTOYA R., E.C.; SANZ U., J.R.; RAMÍREZ G., C.A.; Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café en proceso con fermentación natural. *Cenicafé* 65(1):44-56. 2014.
- PABÓN U., J.P.; PEÑUELA M., A.E. Efecto de la aplicación de agua ozonizada como técnica de conservación del café pergamino húmedo. *Cenicafé* 67(1):27-36. 2016.

16. PARRA C., A.; ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E. SECAFÉ: Modelamiento y simulación matemática en el secado mecánico del café. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental* 12(4):415-427. 2008.
17. PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P.; SANZ U., J.R. Método Fermaestro®: Para determinar la finalización de la fermentación del mucilago del café. *Manizales : Cenicafe*, 2013. 8 p. (Avances Técnicos No. 431).
18. PIMENTA, C.J.; CARVALHO, C.J.; RIBEIRO, V.E. Atividade da polifenoloxidase, lixiviação de potássio, acidez titulável e qualidade de bebida do café (*Coffea arabica* L.), mantido ensacado por diferentes tempos antes da secagem. Brasil : Simpósio de pesquisa dos cafés do brasil, 2000.
19. PIMENTA, C.J.; PEREIRA, C.M. Parâmetros físicoquímicos e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) submetido a diferentes tempos à espera da secagem. Minas Gerais : Simpósio de pesquisa dos cafés do brasil, 2011.
20. PINTO G., F.; SILVA Q., N.; BATISTA L., R.; SOUZA S., E.; AZEVEDO G., B.; SILVA D.M. Fungos associados a graos de café (*Coffea arabica* L.) beneficiados no sudoeste da Bahia. *Summa phytopathologica* 37(3):98-102. 2011.
21. PUERTA Q., G.I. Calidad del café. p. 82-111. En: CENICAFÉ. *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. Chinchiná : FNC : CENICAFE, 2013. 3 vols.
22. ROA M., G.; OLIVEROS T., C.E.; ÁLVAREZ G., J.; RAMÍREZ G., C.A.; SANZ U., J.R.; ÁLVAREZ H., J.R.; DÁVILAA., M.T.; ZAMBRANO F., D.A.; PUERTA Q., G.I.; RODRÍGUEZ V., N. Beneficio ecológico del café. Chinchiná: Cenicafe, 1999. 273 p.
23. SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. SCAA protocols cupping specialty coffee. [En línea]. Disponible en internet: <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>. Consultado en 2014.
24. TORTORA, G.; BERDELL, F.; CASE, C. *Microbiology an introduction*. San Francisco : Pearson education, 2010.
25. URIBE H., A. Constantes físicas y factores de conversión en café. Chinchiná : Cenicafe, 1977. 3 p. (Avances Técnicos No. 65).

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA
GERENCIA TÉCNICA
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
Centro Nacional de Investigaciones de Café
“Pedro Uribe Mejía”

DIRECCIÓN

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.
Ángela Jaramillo G., Prof. en Comercio Internacional Esp.

DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN

Calidad

Gloria Inés Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.
Andrés Mauricio Villegas H., Ing. Agrónomo Ph.D.
Aristóteles Ortiz., Químico M.Sc.
Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga**
Luz Fanny Echeverry G., Química
Jenny Paola Pabón U., Ing. Agrícola M.Sc.
Lady Juliet Vargas G., Ing de Alimentos
Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química
Duván Gallego A., Tecnólogo en Producción Agrícola
Jazmín Vanessa López R., Tecnóloga Química
Alexis Urriago Y., Téc. Producción Agrícola
Paola Andrea Calderón T., Tecnólogo en Producción
Agropecuaria Ecológica
Gustavo Echeverri M.
Celeste Castro A., Aprendiz

Fisiología Vegetal

Claudia Yoana Carmona G., Ing. Agrónomo
Lizardo Norbey Ibarra R., Ing. Agrónomo
Carlos Andrés Unigarro M., Ing. Agrónomo M.Sc.
Jenny Lorena Aguirre M., Ing. de Alimentos
Mauricio Jiménez S., Ing. Agrónomo
Constanza Andrea Isaza M., Química Industrial
Emanuel Felipe Rojas C., Químico
Javier Rojas O., Ing. Agrónomo
Braian Alejandro López O., Ing. Agrónomo
Marta Bibiana Escobar P., Tecnóloga Química
Claudia Marcela Mora A.**
Mario Franco A.
Claudia Patricia Valencia V.
José Robín García C.
Marlio Fernando Abella D.**

Suelos

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo Ph.D.
Hernán González O., Ing. Agrónomo M.Sc.*
Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo M.Sc.*
Luz Adriana Lince S., Ing. Agrónomo, Geóloga**
Alveiro Salamanca J., Ing. Agrónomo Ph.D.
Vanessa Catalina Díaz P., Química
Janeth Escudero A., Microbióloga Industrial y Ambiental
Fabio Alexis Torres A., Ing. Agrónomo Esp.
Andrés Felipe Castro Q., Ing. Agrónomo**
Wadi Andrey Castaño C., Ing. Agrónomo
Víctor Félix Alarcón T., Ing. Agrícola
Claudia Marcela Ospina F., Tecnóloga Química
John Andersson Giraldo F. Tecnólogo en Administración de

Empresas Agropecuarias
Leina Carina Vitobis Alvira, Agrónomo
Rigoberto Ochoa Ipuz, Tecnólogo en Administración de
Empresas Agropecuarias
Arturo Gómez V.
Claudia Patricia Álvarez D., Tecnóloga Química
David Alejandro Nieto L., Téc. Formulación e
Implementación de Proyectos
Sebastián Mejía G., Tecnólogo Químico
Wilder Andrés Gutiérrez A.

Fitotecnia

Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo M.Sc.
Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo Ph.D.
José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo M.Sc.
Leidy Natalia Bermúdez F., Ing. Agrónomo
Nathalia Díaz M., Ing. Agrónomo
Luisa Marcela Cerquera B., Ingeniera Agrícola**
Jorge Alexis Ramos P., Ing. Agrícola**
Stephan Andrés Salazar A., Ing. Agrícola**
Natalia Andrade C., Ing. Agrónomo
Carlos Augusto Ramírez C., Téc. Técnicas Forestales**
Albenis Tovar P., Tecnólogo en Producción Agrícola
Miguel Ángel Erazo R., Tecnólogo en Agricultura de
Precisión
Jonniér Alejandro Hoyos A., Tecnólogo en Gestión
Agropecuaria**
Rubén Darío Ibagón E., Tecnólogo en Gestión Producción
Sostenible del Café

Mejoramiento Genético

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo Ph.D.
José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.
Diana María Molina V., Bacterióloga Ph.D.
Carlos Ernesto Maldonado L., Ing. Agrónomo M.Sc.*
Alexa Yadira Morales C., Bióloga
Juan Carlos Arias S., Ing. Agrónomo M.Sc.
Luisa Fernanda López M., Ing. Agrónomo
Lucía Ángel G., Bióloga
Andrea Valencia O., Bióloga M.Sc.
Conrado Antonio Quintero D., Administrador Financiero
Carlos Augusto Vera A., Administrador Financiero
Jairo Jaramillo O., Téc. Electrónica**
Gilbert Rodríguez Q., Téc. Profesional en Desarrollo de
Producción Pecuaria
Jhon Esteban Quintero A., Téc. Producción de Café
Jhon Jairo Cuellar V., Tecnólogo en Producción Agrícola
Hernán Díaz C.
Cruz Elena Díaz M.
Omar Villarreal
John Sebastián Giraldo V., Aprendiz

Entomología

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo Ph.D.
Carmenza E. Góngora B., Microbióloga Ph.D.

Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo Ph.D.
Luis Miguel Constantino C., Biólogo Entomólogo M.Sc.
Marisol Giraldo J., Ing. Agrónomo M.Sc.*
Flor Edith Acevedo B., Ing. Agrónomo
Lucio Navarro E., Biólogo; Ph.D.
Leidy Johanna Tapias I., Química Industrial M.Sc.
Aníbal Arcila M., Ing. Agrónomo
Ferne López F., Ing. Agrónomo/Contador
Camilo Efrén López D., Ing. Agrónomo**
Adriana Paola Gómez C., Téc. Admón. Producción Limpia de Café
Mauricio Jiménez Q., Agrónomo
Juan Paulo Pimentel S., Téc. Admón. Empresas Agropecuarias
Diana Soraya Rodríguez A., Téc. Producción de Café
Wilmar Osorio C., Tecnólogo en Gestión de Empresas Agropecuarias.
Juan Carlos Ortiz F.
Carlos Alberto Quintero A.
Claudia Bibiana Tabares B.
Fáber de Los Ríos P.
Diana Marcela Giraldo V.
Laura Alexandra Laiton J., Aprendiz Universitario

Agroclimatología

Carolina Jaramillo G., Ing. Agrónoma Ph.D.
Carolina Ramírez C., Ing. Agrícola**
Arley Valencia S., Ing. Electrónico**
Ninibeth Gibelli Sarmiento H., Ing. Agrícola
Mauricio Serna O., Ing. Electrónico
Wilmar A. Rendón G., Téc. Sistemas Informáticos
Jorge Hernán Marulanda E., Tecnólogo en Electrónica
Myriam Giraldo M.
Luis Gonzaga Henao R.
Fabián Sánchez L.
Luis Fernando Torres Q.
Orlando Salazar G.
Mario López L.
Alexander Restrepo Á., Tecnólogo en Electrónica

Fitopatología

Carlos Ariel Ángel C., Ing. Agrónomo Ph.D.
Nancy del Carmen Arciniegas B., Ing. Agrónoma M.Sc.
Juan Manuel López V., Ing. Agrónomo M.Sc.
Carlos Mario Calle, Ing. Agrónomo M.Sc.
Isabel Cristina Ramírez P., Ing. Agrónoma
Carlos Alberto Zuluaga E., Téc. Mantenimiento en Comp. y Redes.
Carlos Arturo González V.
Jorge Dickson Ocampo M.
Jaroliver Cardona G.
Alejandro Gallego, Tecnólogo en Gestión Agropecuaria
Alexander Jaramillo J.
Carlos Alberto Rojas V.
Valentina Mejía L., Aprendiz

Poscosecha

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.
Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico Ph.D.
Nelson Rodríguez V., Ing. Químico Ph.D.
Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico
César Augusto Ramírez G., Arquitecto M.Sc.
Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos M.Sc.*
Paula Jimena Ramos G., Ing. Electrónico M.Sc.**
Juan Carlos López N., Microbiólogo**

Laura Vanessa Quintero Y., Ing. Química**
Carlos Alfonso Tibaduiza V., Ing. Agrícola **
Álvaro Guerrero A., Ing. Electrónico/Electricista **
Viviana Lorena Bohórquez Z., Bióloga
Cristy Mayerly González D., Ing. Ambiental
Andrés Felipe Osorio O., Ing. Químico
Gustavo Adolfo Gómez Z., Biólogo**
Ricardo José Grisales M., Téc. Electrónica
Jorge Alexander Londoño C., Téc. Soldadura por Arco y por Soplete
Mario Espinosa G.
Javier Velásquez H.
Samuel Castañeda
Walter Mauricio Osorio O.
Jairo Enrique Rubiano T., Pasante Maestría
Ana María Jiménez P., Aprendiz

EXPERIMENTACIÓN

Carlos Gonzalo Mejía M., Administrador de Empresas Agropecuarias M.Sc.
Kelly Johana Correa A., Administración de Mercadeo
José Farid López D., Téc. Administración Agropecuaria

Estación Central Naranja

Jhon Félix Trejos P., Ing. Agrónomo**

Estación Experimental El Tambo

Hernán Darío Menza F., Ing. Agrónomo M.Sc.

Estación Experimental El Rosario

Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal M.Sc.

Estación Experimental La Catalina

Diego Fabián Montoya, Agrónomo
Francisco Javier Álzate O.
Vidal de Jesús Largo T.

Estación Experimental Líbano

Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo
Carlos Julio Ramírez Q., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Paraguaito

Myriam Cañón H., Ing. Agrónomo**
Daniel Antonio Franco C., Agrónomo

Estación Experimental Pueblo Bello

José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Santander

Pedro María Sánchez A., Ing. Agrónomo
Melsar Danilo Santamaría B., Ing. de Alimentos

APOYO A LA INVESTIGACIÓN

Biometría

Esther Cecilia Montoya R., Estadístico M.Sc.
Rubén Darío Medina R., Estadístico M.Sc.
Hernando García O., Tecnólogo Agroforestal**

Economía

César Alberto Serna G., Contador, M.Sc.
Juan Carlos Gómez S., Contador, Ing. Agrónomo M.Sc.
Marisol González G., Economista**

Divulgación y Transferencia

Sandra Milena Marín L., Ing. Agrónoma M.Sc.
Carmenza Bacca R., Diseñadora Visual
Jair Montoya T., Administrador de Empresas M.Sc.
Óscar Jaime Loaiza E., Diseñador Visual
Luz Adriana Álvarez M., Diseñadora Visual
Paula Andrea Salgado V., Administrador Financiero
Leidy Lilibiana Arrendondo R., Aprendiz
Durlay Andrea Alzate J., Aprendiz

Tecnología de la Información y Comunicaciones

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico
Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas Esp.**
Alma Patricia Henao T., Lic. en Lenguas Modernas,
Bibliotecóloga, Esp.
Luz Ángela Fernández R., Licenciada en Psicopedagogía
Elkin Marcelo Valencia L., Ing. de Sistemas Esp.
Daniel Orozco J., Ing. Sistemas y Telecom Esp.
Leonardo Adolfo Velásquez N., Ing. de Sistemas y Telecom
Esp.
Kevin Adolfo Hincapié V., Ing. de Sistemas y Telecom Esp.**
Andrés Felipe Ramírez M., Ing. Sistemas y Telecom.**
Humberto Iván Ríos, Ing. Ambiental Esp.
José Rubiel Castrillón G., Ing. Sistemas y Telecom.**
Auberto Quiroga M., Biólogo**
Juan Camilo Espinosa O., Ing. Topográfico**
Jorge Wilmar Valencia G., Tecnólogo en Análisis y Desarrollo
de Sistemas de Información

Unidad de Proyectos

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos M.Sc.
Janeth Alexandra Zuluaga M., Economista Empresarial
M.Sc.
Paola Andrea Espejo G., Antropóloga, Esp.
María Caterín Estrada C., Economista Empresarial
Rocío Espinosa A., Médico Veterinario y Zootecnista**
Andrés Mauricio López L., Médico Veterinario y
Zootecnista**
Josué David Espitia F., Economista

UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Luz Miryam Corredor R., Administradora de Empresas,
Contador Público, Esp.
Rufina Perdomo G.
Nancy Elena Pérez M., Contador

Gestión Contable y Tributaria

Martha Elena Vélez H., Contadora Esp.
Jesús Danilo González O., Contador Esp.
Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público
María Camila Ramírez J., Contadora**
María Consuelo González H.
Carlos Andrés Pineda M., Contador Esp.
Sergio Alejandro González Q., Aprendiz

Gestión de Bienes y Servicios Contratación

Juan David Álzate O., Economista, M.Sc.
Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial
Leidy Tatiana Salas C., Profesional en Negocios
Internacionales
Luz Stella Duque C., Tecnóloga en Administración de
Negocios
Aura Janeth Sánchez P., Tecnóloga en Análisis y Desarrollo
de Sistemas de Información
Yolanda Castaño G.
Gabriel Antonio Melo P.
Juan Pablo Jaramillo B., Téc. Fotografía
Lina María Giraldo, Téc. Asistencia Administrativa**
Diana Marcela Buitrago R., Aprendiz
Steven Giraldo R., Aprendiz

Gestión de Bienes y Servicios Mantenimiento

Óscar Fernando Ramírez C., Ing. Mecatrónica**
Paulo Alejandro Arias C., Ing. Electricista Esp.
Gabriel Hernando Ortiz C., Téc. Gestión Bancaria y
Financiera
Javier Vanegas V. Téc. Electricista
Mauricio Alexander Erazo S., Téc. Electricista
Cristian Andrés Chica G., Ing. Mecatrónica
Uriel López P.
Rogelio Rodríguez G.
Eduardo Villegas A.
Fredy Hernán Osorio C.
Jhon Fredy Rojo G.
Jorge Eduardo Sepúlveda V.
Jorge Antonio Arias A.
Carlos Andrés Hernández G.

Gestión de Tesorería

Luis Fernando Ospina A., Contador Público, Esp.

Gestión del Talento Humano

Érica Mayerly Galvis R., Trabajadora Social M.Sc.
Luz Yaneth Guarín C., Tecnóloga en Administración de
Negocios**
Germán Uriel G., Administrador de Empresas, Esp.
Elsa Natalia Quintero C., Profesional en Salud Ocupacional
Esp.**
Ángela Lilibiana Zapata R., Administradora de Empresas
M.Sc.

Planeación Financiera y Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L., Ing. Industrial M.Sc.
Valentina Sepúlveda C., Ingeniera Industrial Esp.
Damaris Márquez G., Administradora Financiera M.Sc.
Juan Sebastián Gómez C., Contador Esp.
Astrid Yuliana Ortiz R., Administradora de Empresas Esp.
Lina Marcela Patiño G., Tecnóloga en Gestión Administrativa
Omar Esbeider García O., Aprendiz

* Comisión de Estudios

** Adelantando estudios en el país

Instructivo para la elaboración de los artículos de la Revista Cenicafé

TEXTOS

- Digite los textos, no los diagrame
- Cuando cite la palabra Cenicafé, escriba la primera letra en mayúscula y las siguientes en minúsculas
- Los nombres científicos se escriben en letra itálica o cursiva; la primera letra debe ir en mayúscula, ejemplo: *Beauveria bassiana*
- Las palabras *et al.*, *in vitro* y cualquier otra locución latina se escriben en letra itálica o cursiva
- El estilo de escritura debe ser absolutamente impersonal, en tiempo gramatical pasado, evitando la conjugación de verbos en primera o tercera persona del singular o el plural
- Las ecuaciones deben nombrarse y enumerarse mediante el siguiente modelo matemático <>:
 $A = R \times K \times S \times L \times C \times P <1>$
- Si se emplean siglas y abreviaturas poco conocidas, se indicará su significado la primera vez que se mencionen en el texto y en las demás menciones bastará con la sigla o abreviatura
- Evite al máximo el uso de nuevas siglas poco conocidas

TABLAS Y FIGURAS

- Elabore las tablas en el formato de tabla de word o de excel
- No las incluya en el documento como fotos o imágenes
- Las cifras decimales sepárelas con una coma, no con punto
- Las tablas deben titularse en la parte superior y al enunciarla en el texto, la palabra se debe escribir con la primera letra en mayúscula, ejemplo: Tabla 10
- Las tablas deben crearse en blanco y negro
- Como norma general, las figuras deben titularse en la parte inferior, y cuando enuncie la figura en el texto, la palabra se debe escribir con la primera letra en mayúscula, ejemplo: Figura 10
- Las fotografías se deben tomar con el mayor tamaño (número de píxeles) y la mejor calidad (Fine) posibles, ya que esto asegura mejores impresiones de informes, pósteres o publicaciones
- Las fotografías deben nombrarse con el autor y su descripción
- Las tablas y figuras deben presentarse en archivos independientes y con numeración consecutiva (Tabla 1... Tabla n; Figura 1... Figura n, etc.)
- Los textos y tablas deben presentarse en el procesador de palabra Word
- Las tablas y los diagramas de frecuencia (barras y torta) originales deben suministrarse en el archivo del manuscrito y también en su original de Excel
- Otras figuras, como fotografías sobre papel y dibujos, se pueden enviar en originales o escanearlas y remitirlas en el formato digital de compresión JPG, preferiblemente con una resolución de 600 x 600 dpi (mínimo 300 dpi)

ECUACIONES

- Use una sola letra para denotar una variable y emplee subíndices para particularizar
- Para las variables utilice letra itálica
- El producto no se denota con *. Use solamente espacios
- Las matrices y vectores se denotan con letra en negrilla e itálica

SISTEMA DE UNIDADES

- En los productos de investigación a divulgar se utiliza exclusivamente el Sistema Métrico Decimal (SI), además de las unidades específicas de mayor uso por parte de la comunidad científica.
- Los puntos de multiplicación y los números superíndice negativos pueden ser usados solamente con unidades del SI (por ejemplo, $m^3 \cdot s^{-1}$ y no m^3s^{-1} , que podría indicar milisegundos).

- No se debe interrumpir la notación de unidades del SI con símbolos que no corresponden a unidades del sistema internacional ni con palabras diferentes, porque las unidades son expresiones matemáticas. Reordene la frase apropiadamente, por ejemplo así:
 - _ El rendimiento en peso seco fue de 5 g.día⁻¹, y no 5 g de peso seco.día⁻¹
 - _ Se aplicaron 25 g.ha⁻¹ del ingrediente activo, y no 25 g i.a./ha
 - _ Cada planta recibió 20 g.ha⁻¹ de agua, y no 20 g H₂O/ha por planta
- Use la línea oblicua o *slash* (/) para conectar unidades del SI con unidades que no son del SI (por ejemplo: 10 °C/h ó 10 L/materia)
- Nunca use el punto elevado (.) y el *slash* en la misma expresión. Si se hallan mezcladas unidades del SI con unidades que no son del SI, use primero el slash y luego la palabra 'por' en segundo término.
- Nunca utilice dos o más líneas oblicuas o *slashes* (/) o la palabra 'por' más que una vez en la misma frase, pues estos dos términos son equivalentes; por ejemplo en cepilladas/día por planta, redacte la frase así: cada planta fue cepillada dos veces al día. Para unidades totalmente verbales, use un slash, como en 3 flores/planta ó 10 frutos/rama
- Use la misma abreviatura o símbolo para las formas en singular o plural de una unidad determinada (por ejemplo, 1 kg y 25 kg). Deje un espacio entre el valor numérico y el símbolo (por ejemplo, 35 g y no 35g). En una serie de medidas ponga la unidad al final (excepto para el signo de porcentaje) así: entre 14 y 20°C o hileras a 3, 6 y 9 m, pero 14%, 16% y 18%
- En las publicaciones se emplea la coma (,) para separar decimales y el punto (.), para separar miles y millones

BIBLIOGRAFÍA

Antes de enviar las propuestas de publicaciones tenga en cuenta los siguientes modelos para citar las bibliografías, de acuerdo con los criterios determinados por el Comité Editorial de Cenicafé.

Libros, folletos y monografías

- Autor(es) . Título : Subtítulo. No. de edición. Pie de imprenta (Ciudad : Editorial, Fecha). No. total de págs.

Partes o capítulo de un libro

- Autor(es) del capítulo o parte. Título del capítulo o parte : Subtítulo. Paginación de la parte citada. En: Compilador(es) o editor(es) del trabajo general . Título del trabajo general: Subtítulo. No. de edición. Pie de imprenta (Ciudad : Editorial, Fecha). No. total de págs. del libro.

Ponencias

- Autor(es) ponencia, congreso, etc . Título de la ponencia, etc. : Subtítulo. Paginación de la parte citada. En: Título oficial del congreso, simposio, etc . (No. arábigo correspondiente al congreso : fecha y año de realización : ciudad donde se realizó). Pie de imprenta (Ciudad : Editorial, Fecha). No. total de págs.

Trabajos de grado

- Autor(es) del trabajo. Título : Subtítulo. Ciudad : Institución universitaria que otorga el título. Facultad o Escuela, Fecha. No. total de págs. Trabajo de grado: título recibido.

Congresos, Seminarios, Simposios

- Nombre del congreso en mayúscula sostenida la primera palabra : Memorias, Actas, Procedimientos, etc. (No. Arábigo correspondiente al congreso : fecha y año de realización : ciudad donde se realizó). Pie de imprenta (Ciudad : Editorial, Fecha). No. total de págs.

Artículos de revistas

- Autor(es) . Título del artículo : Subtítulo . Título de la revista. Volumen(número):Pág. inicial-pág.final del artículo. Año

Separatas y reimpresos

- Autor(es). Título de la separata : Subtítulo. En: Título de la publicación de la cual se extrae la separata Pie de imprenta (Ciudad : Editorial, Fecha) si es un libro, o, Volumen y/o número si es una revista Año. (separata). No. Total de págs.

Boletines y Publicaciones en serie

- Autor(es) . Título : Subtítulo . Pie de imprenta (Ciudad : Editorial, Fecha). No. total de págs. (Avances Técnicos, Boletín Técnico, Circular, etc. No. 00).

Normas

- Autor(es). Título : Subtítulo. Pie de imprenta (Ciudad : Editorial, Fecha). (NTC 000). No. de págs.

Documentos electrónicos

- Autor(es). Título : Subtítulo. [En línea]. Lugar de publicación : Publicador, fecha. Disponible en internet: <http://www. ...> . Parte de un documento electrónico o registro de base de datos Consultado el ...Fecha de la consulta.

ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO

El artículo postulado para su publicación debe ser original o inédito, y de igual manera no puede estar postulado para su publicación en otras revistas

Título – Máximo 16 palabras

- Que sea breve y preciso
- Que identifique el aporte del estudio, es decir, hágalo interesante pero preciso.
- Si se incluye el nombre común o el binomial (científico) de una especie en el título, utilice uno de los dos pero nunca ambos.
- No prometa más de lo que va a entregar
- Evite el uso de subtítulos
- Evite abreviaturas, paréntesis, fórmulas, caracteres desconocidos
- Nombre del (los) autor (es)
- Se debe incluir la profesión y demás títulos obtenidos
- Si el autor o alguno de los autores ya no se encuentra trabajando en Cenicafe, se debe incluir la fecha de retiro (mes y año)
- Proeveer una versión del título en inglés

Resumen – Máximo 250 palabras

- El resumen debe señalar de manera concisa los objetivos, resultados y conclusiones del estudio.
- No debe contener referencias bibliográficas
- Su contenido se debe entender sin tener que recurrir al texto, tablas y figuras
- Al final del resumen deben incluirse de 3 a 6 palabras claves que describan los tópicos más importantes del trabajo, con el fin de facilitar la inclusión en los índices internacionales; las palabras claves no deben estar incluidas en el título

Abstract - Máximo 250 palabras

- Es la versión del resumen traducida al inglés. Debe ser preparado por el autor y debe incluirse

Introducción - Máximo 1.000 palabras

Debe incluir:

- La naturaleza del problema, de manera concisa
- El estado del problema (revisión de literatura)
- Solo deben citarse las referencias estrictamente pertinentes
- No debe incluir datos, ni conclusiones del trabajo
- El propósito de la investigación

Materiales y métodos - Máximo 1.100 palabras

Debe escribirse de tal manera que un investigador con conocimiento del tema pueda repetirlo, que informe al lector cómo fue realizado el estudio y proporcione suficiente información para interpretarlo y evaluarlo.

Esté seguro de no omitir información que pueda afectar la interpretación de los resultados, es decir:

- Describa las condiciones experimentales, precisa y concisamente
- Los detalles del medio ambiente, especímenes, técnicas, materiales y equipos deben considerarse en esta sección del artículo
- Haga énfasis en hechos que sean nuevos
- No entre en detalle cuando se trate de métodos estandarizados de investigación
- Use citas de literatura si son pertinentes
- Si un método estándar ya publicado ha sido modificado, describa la naturaleza de los cambios
- Describa los métodos en la secuencia que va a describir los resultados
- La primera vez que mencione un nombre científico utilice el binomial con el clasificador, ejemplo: *Coffea arabica* L.; de allí en adelante sólo use el género abreviado y escriba la especie, ejemplo: *C. arabica*

- Siempre use el tiempo pasado
- Defina técnicamente las variables y cómo se obtienen
- Describa el diseño experimental o soporte estadístico, de acuerdo con el tipo de investigación
- Describa el análisis de la información
- Describa los criterios de decisión

Resultados y discusión – Máximo 2.500 palabras

En este capítulo se presentan los análisis y la interpretación de los datos obtenidos en la investigación, discutidos según los resultados anteriores. Como guías deben tenerse en cuenta las siguientes:

- Presente los datos en la secuencia abordada en la metodología
- Use tablas o figuras (ilustraciones y gráficas)
- No repita los datos en distintas formas. O están en figuras o en las tablas o en el texto
- Si el contenido total de la tabla puede ser descrito con claridad en el texto, no la presente. La tabla debe contener, al menos una medida de tendencia central, una medida de dispersión o intervalo de confianza, si requiere la prueba de comparación estadística. Al pie de la tabla indicar la prueba de comparación, con su nivel de significación y la descripción de las abreviaturas utilizadas en ella
- Utilice la figura para ilustrar en forma rápida un resultado complejo
- En el caso de ilustrar promedios, utilice los intervalos de confianza. No incluya en las figuras los datos de promedios ni las letras asociadas a la prueba de comparación
- En una misma figura no incluya dos variables dependientes diferentes. Utilice correctamente el plano cartesiano
- Las descripciones de figuras y tablas deben contener la información suficiente para entender los resultados descritos en ellas, sin tener que acudir al texto
- El mensaje central debe ser suficientemente claro
- Indique la aplicación de los resultados
- Interprete los resultados
- Discuta hechos controversiales con objetividad
- Permítale al lector seguir su línea de pensamiento
- Identifique resultados que abran nuevas posibilidades de estudio
- No se sienta obligado a escribir una explicación positiva para cada faceta del estudio
- Nunca utilice “se necesita hacer más trabajo. . .”
- No haga discusión trivial

Agradecimientos – Máximo 70 palabras

Con esta sección se pretende abrir un espacio lo suficientemente notable para que se tengan en cuenta las personas que con sus aportes colaboraron a guiar o desarrollar las investigaciones o a redactar y revisar el manuscrito que se somete a consideración, y que de no existir una sección como ésta, el autor en ocasiones se ve forzado a considerarlas como coautoras del artículo. Además, debe incluir la fuente de financiación de la investigación que originó el artículo, como el código de la misma

Literatura citada

- Se deben colocar en esta Sección sólo las referencias citadas
- No más de 50 citas bibliográficas
- La literatura se debe organizar en estricto orden alfabético y se debe enumerar siguiendo un orden ascendente Las referencias deben citarse en el texto utilizando el número correspondiente al orden alfabético

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Revisión de textos y corrección de estilo: Sandra Milena Marín López Ing. Agr. MSc.

Diseño y diagramación: Óscar Jaime Loaiza E.

Fotografías: Archivo Cenicafé

Impresión:

1.200 ejemplares

Para canjes con esta publicacion dirigirse a:
Centro de Documentación
Centro Nacional de Investigaciones de Café
Cenicafé
Manizales - Caldas - Colombia



Cenicafé

Al servicio de los caficultores colombianos, desde 1938

www.cenicafe.org