

# Cenicafé

Revista del  
Centro Nacional de Investigaciones de Café



Volumen 65 Número 1

Enero - Junio 2014





**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**

Cecilia Álvarez Correa

**Director del Departamento Nacional de Planeación**

Simón Gaviria Muñoz

**COMITÉ NACIONAL**

Período 1° enero/2015- diciembre 31/2018

Jose Fernando Montoya Ortega

Jose Alirio Barreto Buitrago

Eugenio Velez Uribe

Danilo Reinaldo Vivas Ramos

Crispín Maria Villazon De Armas

Javier Bohorquez Bohorquez

Octavio Oliveros Collazos

Edilberto Rafael Alvarez Pineda

Leonardo Javier Pabón Sanchez

Alfredo Yañez Carvajal

Carlos Alberto Cardona Cardona

Alejandro Corrales Escobar

Jorge Julian Santos Orduña

Luis Javier Trujillo Buitrago

Camilo Restrepo Osorio

**Gerente General**

LUIS GENARO MUÑOZ ORTEGA

**Gerente Administrativo**

LUIS FELIPE ACERO LÓPEZ

**Gerente Financiero**

JULIÁN MEDINA MORA

**Gerente Comercial**

CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ

**Gerente Comunicaciones y Mercadeo**

LUIS FERNANDO SAMPER GARTNER

**Gerente Técnico**

CARLOS ARMANDO URIBE FANDIÑO

**Director Investigación Científica y Tecnológica**

FERNANDO GAST HARDERS

**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 Marzo 2015  
Tel: 57(6)8506550 Fax: 57(6)8504723 A.A.: 2427 Manizales  
E-mail: [cenicafe@cafedecolombia.com](mailto:cenicafe@cafedecolombia.com)  
[www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)

# Cenicafé

Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café

Manizales - Caldas - Colombia

---

VOL. 65

ENERO - JUNIO 2014

No. 1

---

## CONTENIDO

**IDENTIFICACIÓN DE ORIGEN Y CALIBRACIÓN PARA TRES COMPUESTOS QUÍMICOS EN CAFÉ, POR ESPECTROSCOPIA DE INFRAROJO CERCANO.** Andrés Mauricio Villegas Hincapié; Carolina Pérez Henao; Victoria Andrea Arana; Tito Sandoval; Húver Elías Posada Suárez; Ana Garrido Varo; José Guerrero Ginel; Dolores Pérez Marín; Juan García Olmo .....7

**ORIGIN IDENTIFICATION AND CALIBRATION FOR THREE COFFEE CHEMICAL COMPOUNDS BY NEAR INFRARED SPECTROSCOPY**

**INVENTARIO DE LA AVIFAUNA EN TRES ESTACIONES EXPERIMENTALES DE CENICAFÉ, EN LA CORDILLERA CENTRAL DE COLOMBIA.** Gloria María Lentijo Jiménez; Andrés Mauricio López López; Rocío Espinosa Aldana; Jorge Eduardo Botero Echeverri .....17

**BIRD FAUNA ON THREE CENICAFE EXPERIMENTAL STATIONS IN THE CENTRAL MOUNTAINS OF COLOMBIA**

**PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE CAFÉ BAJO ESTRUCTURA ARBÓREA DIVERSA.** Fernando Farfán Valencia; Pedro María Sánchez Arciniegas .....27

**SUSTAINABLE COFFEE PRODUCTION UNDER A DIVERSE TREE STRUCTURE**

**RESPUESTA DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) A FUENTES Y DOSIS DE NITRÓGENO EN LA ETAPA DE ALMÁCIGO.** Sadeghian Khalajabadi, Siavosh; González Osorio Hernán .....34

**COFFEE (*Coffea arabica* L.) RESPONSE TO NITROGEN SOURCES AND DOSIS DURING NURSERY**

**TECNOLOGÍA DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL PARA EL LAVADO DEL CAFÉ EN PROCESO CON FERMENTACIÓN NATURAL.** Carlos Eugenio Oliveros Tascón; Carlos Alberto Tibaduiza Vianchá; Esther Cecilia Montoya Restrepo; Juan Rodrigo Sanz Uribe; Cesar Augusto Ramírez Gómez .....44

**LOW ENVIRONMENTAL IMPACT TECHNOLOGY FOR THE COFFEE WASHING PROCESS USING NATURAL FERMENTATION**

## COMITÉ EDITORIAL

Fernando Gast H.	PhD. Director, Cenicafé
Pablo Benavides M.	PhD. Ing. Agrónomo. Entomología, Cenicafé
Juan Rodrigo Sanz U.	PhD. Ing. Mecánico. Ingeniería Agrícola, Cenicafé
Carmenza E. Góngora B.	PhD. Microbióloga. Entomología, Cenicafé
José Ricardo Acuña S.	PhD. Microbiólogo. Mejoramiento Genético, Cenicafé
Siavosh Sadeghian K.	PhD. Ing. Agrónomo. Suelos, Cenicafé
Sandra Milena Marín L.	MSc. Ing. Agrónomo. Divulgación y Transferencia, Cenicafé

## EDITORES ESPECIALIZADOS DE LA REVISTA 64 (2)

José Ricardo Acuña S	PhD. Cenicafé, Federación Nacional de Cafeteros (FNC)
Carmenza E. Góngora B.	PhD. Cenicafé, FNC
Marco A. Cristancho A.	PhD. Cenicafé, FNC
Juan Carlos Herrera P.	PhD. Cenicafé, FNC
Zulma Nancy Gil P.	PhD. Cenicafé, FNC

# IDENTIFICACIÓN DE ORIGEN Y CALIBRACIÓN PARA TRES COMPUESTOS QUÍMICOS EN CAFÉ, POR ESPECTROSCOPIA DE INFRAROJO CERCANO

Andrés Mauricio Villegas Hincapié\*; Carolina Pérez Henao\*\*, Victoria Andrea Arana\*\*, Tito Sandoval\*\*;  
Húver Elías Posada Suárez\*\*\*; Ana Garrido Varo\*\*\*\*; José Guerrero Ginel\*\*\*\*\*;  
Dolores Pérez Marín\*\*\*\*; Juan García Olmo\*\*\*\*\*

---

**VILLEGAS H., A.M.; PÉREZ H., C.; ARANA, V.A.; SANDOVAL, T.A.; POSADA S., H.E.; GARRIDO V., A.; GUERRERO G., J.E.; PÉREZ M., D.; GARCÍA O., J. Identificación de origen y calibración para tres compuestos químicos en café, por espectroscopia de infrarrojo cercano. Revista Cenicafé 65 (1):7-16. 2014**

La técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) es una herramienta para la identificación de procedencia y la cuantificación de compuestos químicos en productos agrícolas; especialmente en café es una herramienta de autenticación, por ser de fácil utilización, precisa, reproducible, ajustable a las condiciones particulares de los productos y de bajo costo. De un ensayo en evaluación regional de progenies F5 del programa de Mejoramiento Genético de Cenicafé, ubicado en cinco localidades de la zona cafetera colombiana (Caldas, Quindío, Antioquia, Cauca y Cesar), se tomaron muestras de café (verde y tostado) para realizar la evaluación de la técnica NIRS, utilizando un equipo de mesa y un equipo portátil, con el fin de explorar su potencial en la identificación de procedencia y cuantificación de tres compuestos químicos en café verde y tostado. Se estableció la clasificación de cinco localidades basados en la distancia de Mahalanobis, con clasificaciones superiores al 83% en café verde y del 87% en café tostado; el error global de clasificación fue del 3% y 7% para las materias primas café verde y café tostado, respectivamente, usando el equipo portátil y el NIRS de mesa. Las ecuaciones de calibración presentaron mejor ajuste para los compuestos cafeína y trigonelina en café verde, y cafeína con ácidos clorogénicos en café tostado. Los resultados mostraron que la implementación de la técnica NIRS mediante el uso de equipos portátiles ofrece ventajas similares a los equipos de laboratorio en cuanto a robustez y exactitud, tanto para la identificación de orígenes como para la predicción de características químicas asociadas a la calidad.

**Palabras clave:** NIRS, café tostado, café verde, NIRS portátil, NIRS de mesa.

---

## ORIGIN IDENTIFICATION AND CALIBRATION FOR THREE COFFEE CHEMICAL COMPOUNDS BY NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

The technique Near Infrared Spectroscopy (NIRS) is a tool for identifying and quantifying source chemicals in agricultural products. Especially in coffee, it is considered an authentication tool due to its easy use, accuracy, reproducibility, adjustability to particular conditions of the products, and low cost. A regional assessment trial of F5 progenies from the Breeding Program of Cenicafé was done in five locations in the Colombian coffee region (Caldas, Quindio, Antioquia, Cauca and Cesar) by taking coffee samples (green and roasted) in order to evaluate the NIRS technique. An at-line and a handheld NIRS equipment were used to explore its potential in identifying origin and quantification of three chemical compounds in green and roasted coffee. The classification of five origins based on Mahalanobis distance, with ratings above 83% in green coffee and 87% in roasted coffee was established; overall classification error was 3% and 7% for green and roasted coffee, respectively, using the at-line and NIRS handheld. The calibration equations showed better fit for caffeine and trigonelline compounds in green coffee, and caffeine with chlorogenic acids in roasted coffee. The results showed that the implementation of the NIRS technique using at-line and handheld NIRS offers similar advantages to those of laboratory equipment in terms of robustness and accuracy, both for identifying origins and for the prediction of chemical characteristics associated with quality.

**Keywords:** NIRS, green coffee, roasted coffee, NIRS handheld, NIRS at-line.

---

\*Asistente de Investigación, Disciplina de Calidad, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé.

\*\* Investigadores Asociados (hasta el 30 de septiembre de 2012, 30 de junio de 2009 y 31 de enero de 2011, respectivamente), Disciplina de Mejoramiento Genético, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

\*\*\* Líder Nacional de Extensión. Gerencia Técnica, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

\*\*\*\* Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba - España.

\*\*\*\*\* Servicio Central de Apoyo a la Investigación (SCAI) de la Universidad de Córdoba

En la identificación de procedencia en café se han utilizado diferentes métodos analíticos entre ellos isótopos estables (19, 21), cromatografía líquida de alta resolución-HPLC (2), espectroscopia acoplado al plasma (3), espectros de masas (13), espectroscopia Raman (20) y resonancia magnética nuclear (8), o la combinación de diferentes métodos analíticos (5); sin embargo, el uso de estas metodologías demanda recursos en tiempo, reactivos y mano de obra.

La técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) se ha convertido en una herramienta para la cuantificación de compuestos químicos y clasificación de diversos productos agrícolas, entre los que se encuentra el café (9, 10). Además, ésta ha tomado importancia como herramienta de autenticación, en la medida que se ha convertido en una técnica de fácil utilización en la diferenciación entre las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora* (7, 11); de igual manera, ha tenido avances en la aplicación de identificación de procedencias con el desarrollo de modelos cualitativos y cuantitativos aplicados al café (12, 15, 16). Otra utilización de la técnica es la valoración de materias primas en forma rápida, segura, confiable y reproducible, en diferentes puntos de la cadena de comercialización, debido a que actualmente es una necesidad, tanto para asegurar la calidad del producto como la autenticidad (15).

Debido a las necesidades de análisis de productos agrícolas en diferentes estados de presentación y en diferentes puntos de la cadena de comercialización, se han desarrollado equipos portátiles que favorecen la captura espectral directamente en el campo o en el centro de acopio, diferente a los equipos convencionales que son utilizados en el laboratorio (1).

Estos equipos portátiles se caracterizan por ser robustos, precisos, reproducibles y ajustables a las condiciones particulares de los productos agrícolas y, de esta manera, la información espectral obtenida sirve para el posterior desarrollo de modelos de calibración de características físico-químicas que servirán para la evaluación del material en forma intacta en el campo y de forma más rápida (6, 18).

Los compuestos químicos cafeína, trigonelina y ácidos clorogénicos son compuestos que presentan rasgos de herencia cuantitativa (aditivos y heredables), los cuales ofrecen un potencial para realizar estudios de mejoramiento genético en la especie *Coffea arabica*. (16).

Bertrand *et al.* (4), usando la tecnología NIRS para comparar muestras de café procedentes de El Salvador, Costa Rica y Honduras, en un rango altitudinal de 700 a 1.600 m, establecieron el efecto de la altitud para los compuestos cafeína, trigonelina, ácidos clorogénicos, material grasa y sacarosa, encontrando diferencias significativas de los compuestos asociados a la altitud, y por lo tanto, se pudieron discriminar las muestras.

El objetivo de este estudio fue evaluar la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), utilizando un equipo de mesa y un equipo portátil para explorar su potencial en la identificación de procedencia y cuantificación de compuestos químicos en café verde y tostado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Del Programa de Mejoramiento Genético de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia se analizaron 55 muestras de café verde molido y 55 muestras en tostado, provenientes de un ensayo en evaluación



regional, en cinco localidades de la zona cafetera colombiana (Tabla 1); las muestras de cada localidad fueron tomadas en la cosecha principal del año 2006.

Las muestras se obtuvieron de los genotipos que hacían parte de la evaluación regional en cada localidad, las cuales se cosecharon en el pase de cosecha de mayor volumen, tomando frutos totalmente maduros, beneficiados por vía húmeda y secados al sol hasta llegar a un porcentaje de humedad del 10% al 12%, obteniendo una masa de aproximadamente 1 kg por muestra.

Las muestras se trillaron y de éstas se seleccionaron almendras totalmente sanas, las cuales se congelaron a una temperatura de  $-80^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas. Posteriormente, las muestras se molieron en un molino criogénico ultracentrífugo a 12.000 rpm, que permitió un tamaño de partícula menor a 1 mm de diámetro.

Así mismo, de la masa inicial de café verde se obtuvo el café tostado, procedimiento que fue realizado en un equipo PROBAT BRZ2, de capacidad para 250 g, con temperatura de tostión de  $220^{\circ}\text{C}$ , hasta obtener una tosti3n entre el 14% al 16% de pérdida de peso; posteriormente, se realizó una molienda media, con tamaño de partícula entre 500 a 700 micras.

La captura de los espectros en café verde y tostado se realizó en un espectrofotómetro

monocromador Foss NIRSystem 6500 (NIRSystems, Inc., Silver Spring, MD, USA) (Figura 1) utilizando cápsulas circulares de 3,5 cm de diámetro y con ventana de cuarzo. Los datos de reflectancia se guardaron como el logaritmo (1/R) (donde R= reflectancia) cada 2 nm, entre los 1.100 a 2.500 nm del espectro.

Se tomaron espectros con un equipo portátil POLYCHROMIX™ (Phazir 2400, Polychromix, Inc., Wilmington, MA) (Figura 2), con lectura directa sobre la materia prima a analizar. Cada espectro estuvo conformado desde las longitudes de onda de 1.600 a 2.400 nm de longitud de onda, donde cada punto de absorbancia se presentó como punto de datos (data point); de cada muestra se obtuvieron tres espectros en café verde y tres en café tostado.

Las lecturas NIRS se realizaron en las instalaciones de la Servicio Central de Apoyo a la Investigación (SCAI) de la Universidad de Córdoba, España.

Los espectros se analizaron con el programa WINISI III (14), luego se cuantificaron los RMS (Root Means Square) entre espectros, se obtuvo el espectro promedio de cada muestra, en las dos materias primas analizadas.

Con la información espectral se realizó un análisis de Componentes Principales

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de los experimentos donde fueron tomadas las muestras de café.

Código	Departamento	Localidad	Latitud	Longitud	Altitud
1301	Caldas	Naranjal	4° 58'	75° 39'	1.381 m
1302	Quindío	Paraguaicito	4° 24'	75° 44'	1.203 m
1303	Antioquia	El Rosario	5° 58'	75° 42'	1.635 m
1311	Cauca	El Tambo	2° 24'	76° 44'	1.735 m
1312	Cesar	Pueblo Bello	10° 25'	73° 34'	1.134 m



**Figura 1.** Equipo de mesa. Espectrofotómetro monocromador (Foss 6500).



**Figura 2.** Equipo portátil POLYCHROMIX™.

(ACP), posteriormente se realizó un análisis factorial discriminante (AFD) con las dos materias primas, para establecer la distancia de Mahalanobis entre localidades y los porcentajes de clasificación (22, 23).

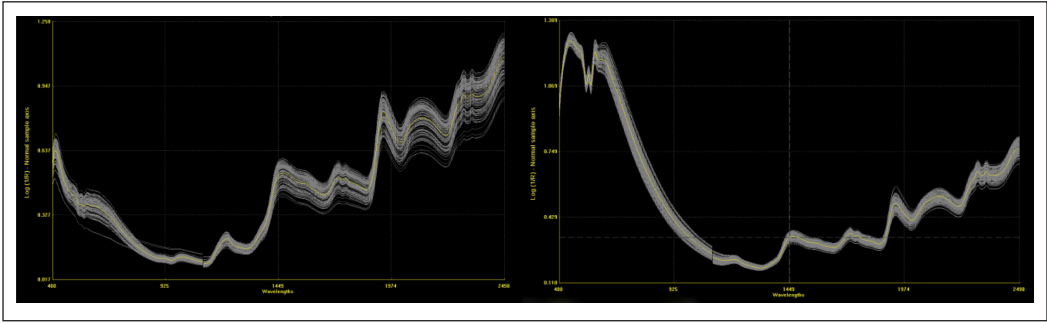
Con los datos de referencia para los compuestos cafeína, trigonelina y ácidos clorogénicos, para cada tipo de café, se construyeron ecuaciones de calibración para los equipos FOSS 6500 (equipo de mesa) y el NIRS portátil, cumpliendo los requerimientos básicos para la selección de una adecuada ecuación de calibración (23, 24), de total de muestras se dejaron diez para la validación.

Las ecuaciones de calibración se desarrollaron usando cuadrados mínimos parciales modificados (MPLS), se probaron

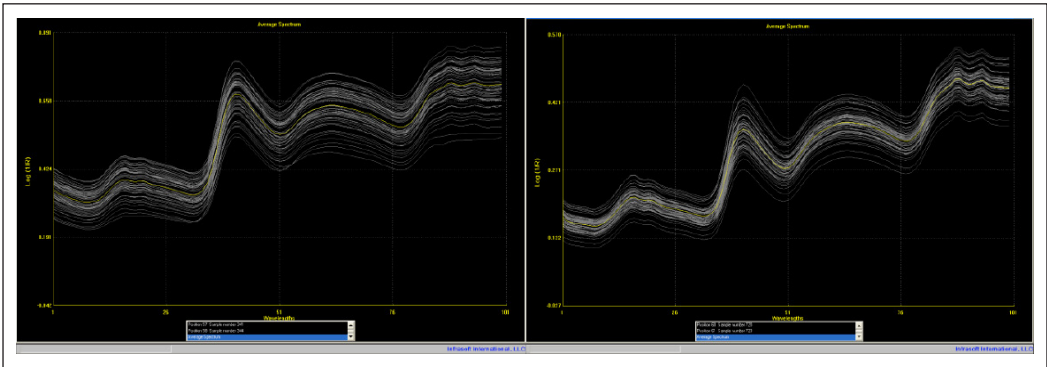
diferentes tratamientos matemáticos del espectro y se utilizó el correctivo de dispersión Variación Normal Estándar (SNV) y Detrend. Se seleccionaron las ecuaciones que presentaron los mejores parámetros estadísticos en calibración y validación interna (SEC, R, SEP R<sup>2</sup>).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 3 se presentan los espectros capturados en el equipo NIRS Foss 6500, para las dos materias primas, y en la Figura 4 los espectros capturados con el equipo portátil. Las diferencias se presentan especialmente asociadas al color en la zona del visible y a la absorbancia en la región NIRS, especialmente debido al proceso industrial al que es sometida la muestra en café tostado y molido.



**Figura 3.** Espectros en café **a.** verde molido y **b.** tostado molido, obtenidos con un equipo de mesa.



**Figura 4.** Espectros en café **a.** verde molido y **b.** tostado molido, obtenidos con un equipo NIRS portátil.

Los valores de RMS en café verde usando el equipo de mesa fueron del orden de 3.537 microabsorbancias ( $\mu\text{abs}$ ) y de 2.375 para el café tostado, y con en el equipo portátil el promedio para café verde fue de 13.492  $\mu\text{abs}$  y en café tostado de 3.313  $\mu\text{abs}$ . El equipo de mesa presentó mejor repetibilidad espectral en café verde y tostado, mientras que el equipo portátil lo fue para café tostado, teniendo como valor de referencia de buena repetibilidad 10.000  $\mu\text{abs}$ .

Los tres primeros PCA obtenidos en las dos materias primas analizadas usando el equipo Foss 6500 explicaron el 87,53% y 85,90%, y con el equipo portátil explicaron el 84,43% y 81,32% de la variación total para el café verde y tostado, respectivamente.

En la Tabla 2 se muestran las distancias de Mahalanobis para cada localidad, cada materia prima y cada equipo utilizado, los resultados mostraron diferencias altamente significativas entre localidades, lo que sugiere una diferenciación de las muestras debida a su información espectral. Las distancias fueron menores cuando se realiza el proceso de tostión en la mayoría de los casos en ambos equipos; es de resaltar que las localidades se encuentran ubicadas en zonas contrastantes de la geografía cafetera colombiana.

En el análisis discriminante para la materia prima café verde usando el equipo NIRS de mesa, se hallaron clasificaciones del 91% en la localidad del experimento 1311 (Cauca) y del 95% para el experimento 1312 (Cesar),

**Tabla 2.** Matriz de distancia de Mahalanobis (H) de muestras procedentes de cinco localidades de la zona cafetera colombiana.

Equipo	Materia prima	Localidad	Localidad			
			1302	1303	1311	1312
Equipo Foss	Verde	1301	31,9	56,8	70,6	36,5
		1302		51,4	34,0	38,4
		1303			40,4	36,0
		1311				39,7
	Tostado	1301	14,4	12,0	46,3	21,4
		1302		19,2	63,1	32,2
		1303			38,0	12,7
		1311				39,6
Equipo portátil	Verde	1301	20,4	31,8	82,1	22,2
		1302		29,3	41,2	25,0
		1303			87,8	13,6
		1311				90,1
	Tostado	1301	18,7	22,1	14,5	16,6
		1302		35,4	23,6	26,3
		1303			35,0	29,3
		1311				22,6

localidades que se encuentran ubicadas al sur y al norte del país; las demás localidades obtuvieron clasificaciones de 100% correctas. El error total de clasificación fue del orden del 3%, siendo las localidades de los experimentos 1311 y 1312 las que presentaron errores del 8% y 5%, respectivamente.

De igual forma, con este mismo equipo para la evaluación de la materia prima café tostado se hallaron clasificaciones del orden del 83% para el experimento 1301 (Caldas), del 90% para la localidad 1303 (Antioquia) y del 91,6% para el experimento 1312 (Cesar); las clasificaciones erróneas en la localidad de Caldas se asociaron a localidades que geográficamente se encuentran muy cercanas a ella, denominadas zona central cafetera (1302 y 1303).

Esta mezcla en las clasificaciones sugiere que la información espectral de estas muestras es similar, probablemente porque el proceso

de torrefacción disminuye las diferencias químicas, encontradas en café verde. De igual forma, las muestras procedentes de la localidad Cesar, experimento 1312, clasificaron espectros en las localidades de Quindío (1302) y Antioquia (1303). Los errores de clasificación para café tostado fueron del orden del 17% para la localidad 1301, 9% en 1303 y del 8% en 1312, hallándose un clasificación total errónea del 7%; errores de clasificación similares a los reportados por Myles *et al.* (18).

La evaluación del café verde con el equipo portátil presentó un porcentaje de clasificación mayor a 87,9% en la localidad 1312 (Cesar) y 97,17% en Antioquia, con errores de clasificación del 12% y 3%, respectivamente, y un error combinado para todas del 3%.

Las evaluaciones del equipo portátil en café tostado mostraron que el porcentaje de clasificación más alto fue para Antioquia

(1303 con 100% de clasificación) y el menor fue para Cesar (1312), con un 88,9%, además de un error combinado para todas las localidades del 5%.

Los errores de clasificación oscilaron entre el 8% y 17% para café verde y tostado con el equipo Foss 6500 y del 12% y 11% con el equipo portátil en las dos materias primas, respectivamente (Tabla 3).

Los resultados de clasificación son relevantes en la medida que permiten clasificar la procedencia de granos de café dentro de la zona cafetera colombiana. Lo anterior es similar a los datos obtenidos en Cenicafe para muestras con igual procedencia y durante los años de cosecha 2005 y 2006.

La estadística descriptiva obtenida de los datos analíticos utilizados en la calibración

**Tabla 3.** Clasificación discriminante en café verde y tostado procedente de cinco localidades de la zona cafetera colombiana y los errores de clasificación (%).

Aparato	Materia prima	Localidad	Localidad					Total
			1301	1302	1303	1311	1312	
Equipo Foss	Verde	1301	100					100
		1302		100				100
		1303			100			100
		1311		8,3		91,7		100
		1312			4,6		95,5	100
		Total	19,3	21,1	21,9	19,3	18,4	100
		Error				0,08	0,05	0,03
	Tostado	1301	83,3	4,17	12,5			100
		1302		100				100
		1303	9,1		90,9			100
		1311				100		100
		1312		4,2	4,2		91,7	100
		Total	18,0	18,9	22,1	21,3	19,7	100
		Error	0,17		0,09		0,08	0,07
Equipo portátil	Verde	1301	100					100
		1302		100				100
		1303			97,1		2,9	100
		1311				100		100
		1312		3,03	9,09		87,9	100
		Total	17,5	20,9	22,3	21,7	18,1	100
		Error			0,03		0,12	0,03
	Tostado	1301	91,7		2,8	2,8	2,8	100
		1302		96,7		3,3		100
		1303			100			100
		1311	2,6			97,4		100
		1312	11,1				88,9	100
		Total	21,79	16,2	20,11	23,46	18,44	100
		Error	0,08	0,03		0,03	0,11	0,05

se presenta en la Tabla 3, los valores se encuentran dentro de los rango reportados para la especie *Coffea arabica* L. (16).

Para cada equipo evaluado se desarrollaron ecuaciones de predicción con los datos de referencia obtenidos en Cenicafé para los compuestos químicos cafeína, trigonelina y ácidos clorogénicos en café verde y tostado.

Para el proceso de calibración, después de realizar diferentes tratamientos matemáticos a los espectros NIRS obtenidos en el equipo portátil, el mejor tratamiento matemático fue 1, 5, 5, 1 (derivada, segmento de onda, suavizado 1, suavizado 2); sin embargo, las ecuaciones para los compuestos ácidos clorogénicos en

café verde y trigonelina en café tostado no presentaron un buen ajuste, debido a los coeficientes de determinación inferiores al 50% usando el equipo portátil (Tabla 5).

Respecto a los tratamientos matemáticos para el grupo de calibración para el equipo NIRS Foss 6500, para materia prima café verde, el compuesto ácidos clorogénicos fue el único que no superó el coeficiente de determinación del 50%.

Los parámetros obtenidos para café verde presentan similitud a los reportados por Davireux *et al.* (9) y Shenk y Westerhaus (23). En café tostado no se cuenta con referencias hasta el momento.

**Tabla 4.** Valores promedio de referencia para los compuestos químicos analizados en dos materias primas de café.

Materia prima	Compuesto	Muestras	Promedio	Rango	Desviación estándar
Café verde	Cafeína	46	1,25	1,03 – 1,52	0,106
	Trigonelina	48	0,91	0,68 – 1,12	0,094
	Ácidos clorogénicos	41	5,23	4,61 – 5,89	0,324
Café tostado	Cafeína	47	1,2	0,98 – 1,41	0,098
	Trigonelina	41	0,6	0,49 – 0,73	0,057
	Ácidos clorogénicos	53	1,6	1,06 – 2,33	0,256

**Tabla 5.** Parámetros estadísticos obtenidos en la calibración para los compuestos químicos de dos materias primas de café para el equipo portátil.

Equipo	Materia prima	Compuesto	SEC	R2	1-VR	SEV	SEV(C)
Portátil	Verde	Cafeína	0,26	0,93	0,80	0,046	0,046
		Trigonelina	0,043	0,79	0,70	0,069	0,074
		A. clorogénicos	0,291	0,19	0,15	1,56	0,787
	Tostado	Cafeína	0,042	0,81	0,58	0,139	0,146
		Trigonelina	0,045	0,38	0,14	0,068	0,055
		A. clorogénico	0,058	0,94	0,91	0,011	0,061
Equipo Foss	Verde	Cafeína	0,035	0,88	0,78	-0,005	0,058
		Trigonelina	0,028	0,89	0,74	0,024	0,025
		A. clorogénico	0,190	0,48	0,17	0,506	0,522
	Tostado	Cafeína	0,011	0,98	0,72	0,071	0,073
		Trigonelina	0,038	0,60	0,18	0,069	0,059
		A. clorogénico	0,057	0,94	0,79	0,000	0,000

SEC: Error estándar de calibración; R2: Coeficiente de determinación; VR: Varianza residual; SEV: Error estándar de validación; SEV(C): Error estándar de validación después de calibración.

Finalmente se puede concluir que:

- Los resultados mostraron que la implementación de la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), mediante el uso de equipos portátiles, ofrece ventajas similares a los equipos de laboratorio en cuanto repetibilidad espectral y exactitud, tanto para café verde y tostado.
- Se estableció la clasificación de cinco localidades en ensayo regional, con materiales del Programa de Mejoramiento Genético, basados en la distancia de Mahalanobis, con clasificaciones superiores al 83% en café verde y del 87% en café tostado.
- El error global de clasificación fue del 3% y 7% para las materias primas café verde y café tostado, respectivamente, usando el equipo portátil y el NIRS de mesa.
- Las ecuaciones de calibración presentaron mejor ajuste para los compuestos cafeína y trigonelina en café verde y cafeína y ácidos clorogénicos, en café tostado.
- El proceso de calibración NIRS debe considerar un número significativo de muestras que representen la mayor variabilidad posible del compuesto objeto de análisis, y que los métodos de determinación por química analítica cumplan los criterios de repetibilidad, exactitud, un bajo error de laboratorio, insumo fundamental para el desarrollo de ecuaciones de predicción NIRS.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan agradecimientos al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación otorgada en marco del

proyecto del Genoma de Café; al Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba (España) por la acogida durante la pasantía realizada. Igualmente, al personal de campo y coordinadores de las Estaciones Experimentales de Naranjal, Paraguicito, El Rosario, El Tambo y Pueblo Bello.

### LITERATURA CITADA

1. AKINAGA, T.; YONEMORI, S.; KAWASAKI, S.; TANABE, T. Evaluation of tomato quality on tree and after harvesting using portable NIR spectroscopy. *Journal of the society of agricultural structures* 114:23-32. 2009.
2. ALVES, R.C.; CASAL, S.; ALVES, M.R.; OLIVEIRA, M.B. Discrimination between arabica and robusta coffee species on the basis of their tocopherol profiles. *Food chemistry* 114(1):295-299. 2009.
3. ANDERSON, K.A.; SMITH, B.W. Chemical profiling to differentiate geographic growing origins of coffee. *Journal of agricultural and food chemistry* 50(7):2068-2075. 2002.
4. 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 elevation in Central America. *Tree physiology* 26(9):1239-1248. 2006.
5. BERTRAND, B.; VILLARREAL, D.; LAFFARGUE, A.; POSADA, H.; LASHERMES, P.; DUSSERT, S. Comparison of the effectiveness of fatty acids, chlorogenic acids, and elements for the chemometric discrimination of coffee (*Coffea arabica* L.) varieties and growing origins. *Journal of agricultural and food chemistry* 56(6):2273-2280. 2008.
6. BLANCO O., R.; ARAZURI G., S.; DIEZMA I., B.; GARCÍA R., F.J. Aplicación de tecnología NIR portátil a la estimación de la concentración de azúcares en uva. Lugo : Congreso nacional y Congreso Ibérico agroingeniería, 2009.
7. BRIANDET, R.; KEMSLEY, E.K.; WILSON, R.H. Approaches to adulteration detection in instant coffees using infrared spectroscopy and chemometrics. *Journal of the science of food and agriculture* 71:359-366. 1996.



8. CHARLTON, A.J.; FARRINGTON, W.H.; BRERETON, P. Application of <sup>1</sup>H NMR and multivariate statistics for screening complex mixtures: Quality control and authenticity of instant coffee. *Journal of agricultural and food chemistry* 50(11):3098-3103. 2002.
9. DAVIREUX, F.; MANEZ, J.C.; DURAND, N.; GUYOT, B. Determination of the content of six major biochemical compounds of green coffee using NIRS. *Proceedings of the international conference: Near infrared spectroscopy*, 2004.
10. DOWNEY, G.; BOUSSION, J. Authentication of coffee beans variety by near-infrared reflectance spectroscopy of dried extract. *Journal of the science of food and agriculture* 71(1):41-49. 1996.
11. ESTEBAN D., I.; GONZÁLEZ S., J.M.; PIZARRO, C. Characterization of arabica and robusta coffee varieties by NIRS. *Analytica chimica acta* 514(1):57-67. 2004.
12. HAIDUC, A.; GANCEL, C.; LELOUP, V. NIR-based determination of differences in green coffee chemical composition due to geographical origin. Montpellier : ASIC, 2006.
13. HUCK, C.W.; GUGGENBICHLER, W.; BONN, G.K. Analysis of caffeine, theobromine and theophylline in coffee by near infrared spectroscopy (NIRS) compared to high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled to mass spectrometry. *Analytica chimica acta* 538(1):195-203. 2005.
14. INFRASOFT INTERNATIONAL LLC. *Isi windows: Near-infrared software WinISI III*. 2002.
15. KEMSLEY E.K.; RUAULT S.; WILSON R. H. (1995). Discrimination between coffee arabica and Coffea canephora variant robusta beans using infrared spectroscopy. *Food Chemistry* , 54, 321 - 326.
16. KY C. -L. LOUARN J., DUSSERT S., GUYOT B., HAMONA S. AND NOIROT M. (2001). Caffeine, trogonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild Coffea arabica L. and C. Canephora P. accessions. *Food chemistry* , 223 - 230.
17. MYLES, ANTHONY J.; ZIMMERMAN, TYLER A.; BROWN, STEVEN D. (2006). Transfer of Multivariate Classification Models between laboratory and process Near Infrared spectrometers for the discrimination of green arabica and robusta coffee beans. *Applied spectroscopy* , 10, 1198 - 1203.
18. PAZ, P., SÁNCHEZ, M. T., PÉREZ-MARÍN, D., GUERRERO, J. E., & GARRIDO-VARO, A. (2009). Evaluating NIR instruments for quantitative and qualitative assessment of intact apple quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* , 89(5), 781-790.
19. PRODOLLIET, J., BAUMGARTNER, M., MARTIN, Y. L., & REMAUD, G. (1997). Determination of the Geographic Origin of Green Coffee by stable isotope techniques. In *COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFE* (Vol. 17, pp. 197-200). ASIC ASSOCIATION SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE.
20. RUBAYIZA, A. B., & MEURENS, M. (2005). Chemical discrimination of arabica and robusta coffees by Fourier transform Raman spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(12), 4654-4659.
21. SERRA, F., GUILLOU, C. G., RENIERO, F., BALLARIN, L., CANTAGALLO, M. I., WIESER, M., & VANHAECKE, F. (2005). Determination of the geographical origin of green coffee by principal component analysis of carbon, nitrogen and boron stable isotope ratios. *Rapid communications in mass spectrometry* , 19(15), 2111-2115.
22. SHENK, J. WESTERHAUS M. (1993). Near Infrared reflectance analysis with single and multiproduct calibrations. *Crop Science* , 33, 582 - 584.
23. SHENK, J.; WESTERHAUS M. (1995). Analysis of agriculture and Food Products by Near Infrared Reflectance Spectroscopy. Monograph. Port Matilda. Infrasoft International.



# INVENTARIO DE LA AVIFAUNA EN TRES ESTACIONES EXPERIMENTALES DE CENICAFÉ, EN LA CORDILLERA CENTRAL DE COLOMBIA

Gloria María Lentijo Jiménez\*; Andrés Mauricio López López\*;  
Rocío Espinosa Aldana\*; Jorge Eduardo Botero Echeverri\*\*

---

LENTIJO J., G. M.; LÓPEZ L., A. M.; ESPINOSA A., R.; BOTERO E., J. E. Inventario de la avifauna en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé, en la cordillera Central de Colombia. *Revista Cenicafé* 65 (1):17-26. 2014

El Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé, cuenta con Estaciones Experimentales en varios departamentos de Colombia, en las que se realizan investigaciones que han permitido generar diversos tipos de tecnologías para mejorar la producción y calidad de café y la calidad de vida de los caficultores. A pesar de la gran diversidad de estudios realizados en las estaciones, la biodiversidad presente en éstas ha sido poco estudiada. Como parte de diferentes estudios de caracterización de la avifauna en regiones cafeteras del país, se realizaron muestreos de las aves presentes en tres Estaciones Experimentales por medio de recorridos libres dentro de cada estación. Se registraron en total 172 especies de aves, de las cuales 17 fueron migratorias boreales, 155 residentes y 3 amenazadas de extinción. El número de especies registradas para cada estación experimental fue de 88, 78 y 140 para la Estación Central Naranjal (Caldas), La Catalina (Risaralda) y Libano (Tolima), respectivamente. En las Estaciones Naranjal y Libano es necesario realizar más muestreos para lograr un inventario más completo y representativo de estas dos regiones cafeteras. En este artículo se presenta una lista de las aves y los hábitats donde fueron registradas, que se espera sirva de base para futuros estudios y planes de manejo de la biodiversidad en estas regiones.

**Palabras clave:** Zona Cafetera Colombiana, Caldas, Risaralda, Tolima.

---

## BIRD FAUNA ON THREE CENICAFE EXPERIMENTAL STATIONS IN THE CENTRAL MOUNTAINS OF COLOMBIA

The National Coffee Research Centre (Cenicafé), has experimental stations in several regions of Colombia, where different research projects have been carried out to develop technologies that improve production and quality of coffee and the well-being of Colombian coffee-farmers. In spite of the vast diversity of studies, little is known about biodiversity inhabiting those stations. As part of several projects that aimed to characterize birds in different coffee-growing regions, we recorded birds in three experimental stations during free walks along pathways. We recorded a total of 181 species: 18 were Neotropical migrants and 161 were resident species. The total number of birds for each station was 88 for Naranjal (Caldas), 78 for La Catalina (Risaralda) and 140 for Libano (Tolima). We present a taxonomic list as a base for future studies and wildlife management plans for these regions.

**Keywords:** Birds, coffee-growing regions, Colombia, Caldas, Risaralda, Tolima.

---

\* Asistente de Investigación, Disciplina de Gestión de Recursos Naturales y Conservación.

\*\* Investigador Científico III, Disciplina de Gestión de Recursos Naturales y Conservación, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

El Programa de Experimentación del Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé comenzó con la adquisición de la Estación Central Naranjal en el año 1945. Actualmente, Cenicafé cuenta con ocho Estaciones Experimentales en diferentes regiones del país, en las que se han llevado a cabo gran cantidad de investigaciones que han permitido generar tecnologías para el bienestar de los caficultores colombianos. Las Estaciones Experimentales presentan gran diversidad en su clima, suelo, relieve, manejo y sistemas de producción de café (4). Esta variedad de condiciones bióticas y abióticas puede favorecer la biodiversidad presente en esas regiones. A pesar de la gran cantidad de investigaciones que se han realizado en las Estaciones Experimentales, son pocos los estudios sobre biodiversidad.

En este artículo se presenta una lista de revisión de las aves registradas en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, Naranjal (Caldas), La Catalina (Risaralda) y Líbano (Tolima), según los estudios realizados por investigadores de la Disciplina Gestión de Recursos Naturales y Conservación de Cenicafé.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las Estaciones Experimentales estudiadas (Tabla 1) se encuentran en la zona clasificada como bosque muy húmedo premontano en el sistema de Holdridge (5). Los inventarios de la avifauna de las tres Estaciones se realizaron como parte de varios estudios y proyectos ornitológicos, que se llevaron a cabo en Cenicafé. Estos inventarios fueron realizados en varias visitas, en diferentes épocas, en un período de 10 años:

Estación Central Naranjal: Julio a agosto de 2000 (14 días) y abril a junio de 2008 (5 días). Total días de muestreo: 19

Estación La Catalina: Diciembre de 2004 (3 días), marzo de 2005 (5 días) y agosto de 2005 (3 días). Total días de muestreo: 11.

Estación Líbano: Marzo (4 días) y julio (5 días) de 2007, mayo de 2008 (1 día), marzo de 2009 (4 días), agosto de 2009 (3 días), febrero de 2010 (3 días) y marzo y abril de 2011 (3 días). Total días de muestreo: 23.

En los distintos estudios ornitológicos se realizaron observaciones de aves en las tres Estaciones Experimentales usando metodologías complementarias de censos en puntos de conteo, censos a lo largo de transectos, capturas con redes de niebla y observaciones *ad libitum* (6). Las observaciones se realizaron en diferentes hábitats y elementos del paisaje como: fragmentos de bosque, café con sombra, café con semisombra, café a libre exposición, cañada arborizada, cerca viva, gradual, rastrojo y potreros.

Para analizar la representatividad del muestreo para las tres localidades se usaron estimadores no paramétricos (ICE y Chao 2) basados en los datos de incidencia de especies (presencia-ausencia) para calcular el porcentaje de especies probables a partir de la frecuencia de las especies observadas. Los estimadores fueron calculados utilizando muestras de 20 registros con EstimateS versión 9.0 (3), según la metodología propuesta por Villareal *et al.* (11).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró la presencia de 181 especies, de 37 familias. En la Estación Central Naranjal se registraron 88 especies, en la Estación Líbano 140 especies y 78 especies en la Estación La Catalina (Tabla 2).

El análisis de representatividad del muestreo mostró que en la Estación Central

**Tabla 1.** Ubicación, área, altitud, temperatura y precipitación de tres Estaciones Experimentales de Cenicafé (2).

Estación Experimental	Departamento	Municipio	Coordenadas geográficas	Área (ha)	Altitud (m)	Temperatura media (°C)	Precipitación anual (mm)
Naranjal	Caldas	Chinchiná Vereda La Quiebra	04° 58' N 75° 39' W	86,4	1.381	20,8	2.656
Líbano	Tolima	Líbano Vereda La Trinidad	04° 54' N 75° 02' W	20,0	1.456	20,0	2.128
La Catalina	Risaralda	Pereira Vereda El Retiro	04° 45' N 75° 44' W	40,5	1.321	21,6	2.062

Naranjal se han registrado entre el 76,5% y el 83,0% de las especies probables para esa región (ICE = 107,45 y CHAO 2 = 116,39); en la Estación Líbano se han registrado entre el 75,3% y 78,0% de las especies probables (ICE = 188,54 y CHAO 2 = 182,07) y en la Estación La Catalina se registraron entre el 86,0% y 89,0% de las especies probables (ICE = 86,66 y CHAO 2 = 89,83). Este análisis indica que la estación con el inventario más representativo es La Catalina, ya que se obtuvo más del 85% de las especies esperadas para la zona. En las Estaciones Naranjal y Líbano es necesario realizar más muestreos para lograr un inventario más completo y representativo de estas dos regiones cafeteras.

Se documentó la presencia de tres especies con algún grado de amenaza: el torito capiblanco (*Capito hypoleucus*), la caminera tolimense (*Leptotila conoveri*) y la reinita cerúlea (*Setophaga cerulea*), una especie migratoria boreal. A continuación se incluyen detalles de los registros.

***Capito hypoleucus.*** Especie catalogada como En Peligro (8), solo se registró en la Estación Experimental Líbano, donde se observó por primera vez en mayo de 2008. A partir de este avistamiento y de la difusión de la importancia de la presencia de esta especie

en la zona, colaboradores de Cenicafé y a su vez miembros del grupo de observadores de aves “Pinzón Pico de Oro”, realizaron registros frecuentes de la especie. Se ha observado en la vegetación riparia de la quebrada La Trina y en árboles y arbustos que hacen parte de cercos vivos. También se ha observado alimentándose de frutos de guayaba (*Psidium guajava*), plátano y bananos maduros (*Musa* sp.) y en árboles dispersos de los cultivos.

***Leptotila conoveri.*** Es una especie de paloma endémica de Colombia, catalogada En Peligro (8). Su distribución comprende la vertiente oriental de la cordillera Central. El libro rojo de aves de Colombia propone como sus límites latitudinales la cabecera del río Magdalena al sur e Ibagué al norte (8). De esta forma, el registro en la Estación Experimental Líbano sería una localidad más septentrional que la distribución allí propuesta. El primer registro en la estación fue una captura en redes que fueron instaladas en el límite entre un cafetal y un parche de bosque secundario y rastrojo. Después de éste, ha sido observada por los miembros del grupo de observadores de aves “Pinzón Pico de Oro”, principalmente en el área boscosa a lo largo de la quebrada La Trina y también en el suelo de las áreas de cultivo de café y frutales que se encuentran en la zona.

***Setophaga cerulea***. Es una especie migratoria boreal, que está catalogada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como especie Vulnerable (10), por la disminución de sus poblaciones, debido a la continua pérdida de su hábitat, tanto en la zona de cría como en su zona de invernada (9). Esta especie ha sido identificada por Cenicafé como una especie prioritaria para la conservación, ya que por ella existe preocupación internacional y presenta una alta afinidad por la zona cafetera colombiana (1). Un macho adulto fue registrado en la Estación Líbano forrajeando en un árbol de guamo (*Inga* sp.) que hace parte del sombrío de café.

Estas tres especies fueron registradas solamente en la Estación Líbano, lo cual indica que allí se encuentran hábitats muy importantes para estas aves y que su protección debe ser considerada como prioritaria dentro de los planes y acciones de conservación de la estación.

Se espera que este listado sirva de línea base para otros estudios y contribuya al conocimiento, monitoreo y conservación de la biodiversidad en estas regiones. Este artículo contribuye con el primer objetivo de la estrategia nacional para la conservación de las aves, que es: “desarrollar un sistema de información para el estudio y seguimiento del estado poblacional de las aves”.

**Tabla 2.** Listado taxonómico de las especies de aves registradas en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé. La nomenclatura y secuencia taxonómica de familias y especies siguen a AOU South American Checklist versión mayo de 2014 (7). Abreviaturas: Hábitat: FB: Fragmento de bosque, CS: Café con sombra, CLE: Café a libre exposición, CSS: Café con semisombra, CA: Cañada arborizada, CV: Cerca viva, OC: otros cultivos como maíz, plantación forestal y cítricos, G: Guadual, R: Rastrojo, P: Potrero, J: Jardín. Localidad: ECN: Estación Central Naranjal, ELC: Estación La Catalina, EL: Estación Líbano. Migratoria boreal (\*).

Taxa	Hábitat	Localidad
<b>Tinamidae</b>		
<i>Crypturellus soui</i>	CS - CLE - CSS - CA - G - R - P	ELC - EL
<b>Odontophoridae</b>		
<i>Colinus cristatus</i>	CLE - CA	ECN - EL
<b>Ardeidae</b>		
<i>Bubulcus ibis</i>	CA - P	ECN - EL
<b>Cathartidae</b>		
<i>Cathartes aura</i>	R - P	ELC - EL
<i>Coragyps atratus</i>	CS - OC - G - P	ECN - ELC - EL
<b>Accipitridae</b>		
<i>Elanus leucurus</i>	P	ECN
<i>Elanoides forficatus</i>		EL
<i>Rupornis magnirostris</i>	FB - CS - CLE - CSS - G - R - P	ECN - ELC - EL
<b>Rallidae</b>		
<i>Aramides cajaneus</i>	P	EL
<b>Charadriidae</b>		
<i>Vanellus chilensis</i>	R - P	ECN - EL
<b>Columbidae</b>		
<i>Columbina talpacoti</i>	CS - CLE - CSS - CA - G - R - P	ECN - ELC - EL

Continúa...

...continuación

<b>Taxa</b>	<b>Hábitat</b>	<b>Localidad</b>
<i>Patagioenas fasciata</i>	CS	EL
<i>Patagioenas cayennensis</i>	FB - CS - CLE - G - R - P	ECN - ELC
<i>Zenaida auriculata</i>	FB - CS - CLE - CA - R - P	ECN - ELC - EL
<i>Leptotila verreauxi</i>	FB - CS - OC - G	ECN - ELC
<i>Leptotila plumbeiceps</i>	FB - OC	ECN - ELC
<i>Leptotila conoveri</i>	R	EL
<b>Cuculidae</b>		
<i>Coccyca pumila</i>	CSS - J	ELC
<i>Piaya cayana</i>	CS - CA - G - R	ELC - EL
<i>Crotophaga ani</i>	FB - CS - CLE - CA - OC - G - P	ECN - ELC - EL
<i>Tapera naevia</i>	FB - CS - CLE - CSS - CA - G - R - P	ECN - ELC - EL
<b>Strigidae</b>		
<i>Megascops choliba</i>	J	EL
<i>Ciccaba virgata</i>	CA - P	EL
<b>Nyctibiidae</b>		
<i>Nyctibius griseus</i>	G	ELC
<b>Caprimulgidae</b>		
<i>Nyctidromus albicollis</i>	CA	EL
<b>Trochilidae</b>		
<i>Eutoxeres aquila</i>	FB - CA - R	EL
<i>Glaucis hirsutus</i>	FB - G	ECN - ELC
<i>Phaethornis striigularis</i>	P	EL
<i>Phaethornis anthophilus</i>	R	EL
<i>Phaethornis guy</i>	FB - CLE - CA - OC - G - R - J	ECN - ELC - EL
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	FB	ECN
<i>Heliomaster longirostris</i>	FB - CLE	ECN
<i>Chaetocercus mulsant</i>	R	EL
<i>Chlorostilbon gibsoni</i>	R	EL
<i>Chlorostilbon mellisugus</i>	CLE - CSS - OC - G - R	ECN - ELC
<i>Chalybura buffonii</i>	FB - CLE - CA - R - J	ECN - EL
<i>Amazilia tzacatl</i>	FB - CS - CLE - CSS - CA - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Amazilia saucerrottei</i>	FB - CS - CLE - G	ECN - ELC
<i>Amazilia cyanifrons</i>	G - R	ECN - EL
<b>Momotidae</b>		
<i>Momotus aequatorialis</i>	FB - CLE - CA - OC - G - R	ECN - ELC - EL
<b>Bucconidae</b>		
<i>Malacoptila mystacalis</i>	CS - CA - G	ECN - EL
<b>Capitonidae</b>		
<i>Capito hypoleucus</i>	FB - CA - CV	EL
<i>Ramphastidae</i>		

Continúa...

...continuación

<b>Taxa</b>	<b>Hábitat</b>	<b>Localidad</b>
<i>Aulacorhynchus haematopygus</i>	CA	EL
<b>Picidae</b>		
<i>Picumnus olivaceus</i>	CS - CA - R	EL
<i>Melanerpes formicivorus</i>	FB - CS - CLE - CA - OC - G - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Melanerpes rubricapillus</i>	CS - CLE - CA - R - P	ECN - EL
<i>Veniliornis kirkii</i>	CA - P	EL
<i>Colaptes punctigula</i>	FB - CS - CLE - CSS - CA	ECN - ELC - EL
<i>Dryocopus lineatus</i>	FB - CLE - G - R	ECN - ELC
<b>Falconidae</b>		
<i>Milvago chimachima</i>	P	ECN
<i>Brotogeris jugularis</i>	P - J	EL
<i>Pionus menstruus</i>	FB - CS - CLE - CSS - G - R	ECN - ELC
<b>Psittacidae</b>		
<i>Forpus conspicillatus</i>	CS - CLE - CSS - CA - G - R - P	ECN - ELC - EL
<b>Thamnophilidae</b>		
<i>Taraba major</i>	CA - G	ELC - EL
<i>Thamnophilus multistriatus</i>	FB - CS - CLE - CSS - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Thamnophilus punctatus</i>	CA	EL
<i>Dysithamnus mentalis</i>	G - R	ELC
<i>Dysithamnus mentalis</i>	G - R	ELC
<i>Epinecrophylla fulviventris</i>	FB	ECN
<i>Cercomacra parkeri</i>	FB - G	ECN - ELC
<i>Cercomacra nigricans</i>	OC - R	ECN - ELC
<b>Grallariidae</b>		
<i>Grallaria guatemalensis</i>	CSS - G - R	ELC
<b>Furnariidae</b>		
<i>Dendrocincla fuliginosa</i>	CA	EL
<i>Xiphorhynchus susurrans</i>	G	ELC
<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	FB - CLE - G	ECN
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	FB - CS - CLE - CA - G - J	ECN - ELC - EL
<i>Lepidocolaptes lacrymiger</i>	P	EL
<i>Xenops minutus</i>	P - R	EL
<i>Lochmias nematura</i>	CA	EL
<i>Clibanornis rubiginosus</i>	CA	EL
<i>Cranioleuca erythroptera</i>	CLE	ELC
<i>Synallaxis brachyura</i>	FB - CS - CLE - CSS - OC - G - R - P	ECN - ELC - EL
<i>Synallaxis albescens</i>	CS - CLE - CSS - CA - OC - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<b>Tyrannidae</b>		
<i>Elaenia flavogaster</i>	FB - CS - CLE - CA - CV - OC - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Elaenia frantzii</i>		EL

Continúa...

...continuación

<b>Taxa</b>	<b>Hábitat</b>	<b>Localidad</b>
<i>Camptostoma obsoletum</i>	FB - CS - CLE - CA	ECN - EL
<i>Phaeomyias murina</i>	FB - CLE - G - R	ECN - ELC - EL
<i>Zimmerius chrysops</i>	FB - CS - CLE - CSS - CA - OC - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Phylloscartes ophthalmicus</i>	CA	EL
<i>Mionectes olivaceus</i>	FB	EL
<i>Mionectes oleagineus</i>	FB - CLE - G - R	ECN - EL
<i>Leptopogon superciliaris</i>	G	ECN
<i>Lophotriccus pileatus</i>	FB - CA - G	ELC - EL
<i>Poecilotriccus sylvia</i>	FB - G - R	ECN - ELC
<i>Todirostrum cinereum</i>	FB - CS - CLE - CSS - CA - CV - OC - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Myiophobus fasciatus</i>	CLE - P	ECN - EL
<i>Empidonax migratorio*</i>	G - R - J	ELC
<i>Contopus migratorio*</i>	CA - G - R	ELC - EL
<i>Sayornis nigricans</i>	CA	EL
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	CLE - CSS - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Machetornis rixosa</i>	CLE - P	EL
<i>Legatus leucophaeus</i>	FB - CS - CA - R - P	EL
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	FB - CS - CLE - CSS - CA - CV - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Pitangus sulphuratus</i>	FB - CLE - CSS - CA - G - R - P	ECN - ELC - EL
<i>Myiodynastes maculatus</i>	FB - CLE - CA	ECN - EL
<i>Megarynchus pitangua</i>	CA	EL
<i>Tyrannus melancholicus</i>	CS - CLE - CSS - CA - G - P - J	ECN - ELC - EL
<b>Tyrannus savana</b>		EL
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	G	ECN - ELC
<b>Tityridae</b>		
<i>Pachyramphus rufus</i>	J	ELC
<i>Pachyramphus polychopterus</i>	CA	EL
<b>Vireonidae</b>		
<i>Cyclarhis gujanensis</i>		EL
<b>Vireo olivaceus chivi</b>	FB - CS - CSS - G - J	ECN - ELC
<i>Vireo olivaceus olivaceus*</i>	FB - G	ECN
<i>Hylophilus semibrunneus</i>	FB	EL
<i>Hylophilus flavipes</i>	R - P	EL
<b>Hirundinidae</b>		
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	P	EL
<i>Orochelidon murina</i>		EL
<i>Atticora tibialis</i>	FB	EL
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	FB - CS - CLE - CSS - CA - R - P - J	ECN - ELC - EL
<b>Troglodytidae</b>		
<i>Microcerculus marginatus</i>	FB - CLE - CA - OC - G - R - P	ECN - EL

Continúa...

...continuación

<b>Taxa</b>	<b>Hábitat</b>	<b>Localidad</b>
<i>Troglodytes aedon</i>	FB - CS - CLE - CA - CV - OC - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	CA - P	EL
<i>Pheugopedius mystacalis</i>	FB - CA - OC	ECN - EL
<i>Pheugopedius sclateri</i>	FB - CA	ECN - EL
<i>Cantorchilus nigricapillus</i>	FB - CA	EL
<i>Henicorhina leucosticta</i>	FB - G	ECN - ELC
<i>Henicorhina leucophrys</i>	R	EL
<b>Poliophtilidae</b>		
<i>Poliophtila plumbea</i>	CLE - CSS - G - J	ECN - ELC
<b>Turdidae</b>		
<i>Myadestes ralloides</i>	R	EL
<i>Catharus minimus*</i>	CA	EL
<i>Catharus ustulatus*</i>	CLE - CA - R	EL
<i>Turdus leucomelas</i>	FB - CA - R	EL
<i>Turdus grayi</i>	FB	ECN - EL
<i>Turdus ignobilis</i>	FB - CLE - CSS - CA - CV - OC - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<b>Mimidae</b>		
<i>Mimus gilvus</i>	CLE - P	EL
<b>Thraupidae</b>		
<i>Eucometis penicillata</i>	R	EL
<i>Tachyphonus rufus</i>		ECN
<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	CLE - CA - R - P - J	ECN - EL
<i>Ramphocelus flammigerus</i>	FB - CS - CLE - CA - R - P - J	EL
<i>Thraupis episcopus</i>	FB - CLE - CSS - CA - OC - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Thraupis palmarum</i>	FB - CS - CLE - CA - R - P	ECN - ELC - EL
<i>Tangara vitriolina</i>	FB - CS - CLE - CA - OC - G - R - P	ECN - ELC - EL
<i>Tangara cyanicollis</i>	FB - CS - CA - R	EL
<i>Tangara gyrola</i>	FB - CS - CA - R - J	ELC - EL
<i>Chlorophanes spiza</i>	J	EL
<i>Sicalis flaveola</i>	FB - CS - CLE - CA - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Volatinia jacarina</i>	CS - CLE - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Sporophila minuta</i>	CLE - R	ECN - EL
<i>Sporophila intermedia</i>	CLE	EL
<i>Sporophila nigricollis</i>	FB - CS - CLE - CSS - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Sporophila schistacea</i>	CS - CLE - CSS - G - R - J	ECN - ELC - EL
<i>Coereba flaveola</i>	FB - CS - CLE - CA - CV - OC - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Tiaris olivaceus</i>	FB - CS - CLE - CSS - OC - G - R - P	ECN - ELC - EL
<i>Tiaris obscurus</i>	R	EL
<b>Incertae</b>		
<i>Rhodinocichla rosea</i>	CS - CLE - P	EL

Continúa...



...continuación

<b>Taxa</b>	<b>Hábitat</b>	<b>Localidad</b>
<i>Saltator maximus</i>	CS - P	EL
<i>Saltator atripennis</i>	CS - CA	EL
<i>Saltator coerulescens</i>	CA - P	EL
<i>Saltator striatipectus</i>	FB - CS - CLE - CSS - CA - OC - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<b>Emberizidae</b>		
<i>Zonotrichia capensis</i>	FB - CLE - P	ECN - EL
<i>Arremonops conirostris</i>	CLE	ECN
<i>Arremon brunneinucha</i>	FB	ECN
<i>Arremon torquatus</i>	CA	EL
<b>Cardinalidae</b>		
<i>Piranga flava</i>		EL
<i>Piranga rubra</i> *	CS - CLE - CA - R	ELC - EL
<i>Pheucticus ludovicianus</i> *	CA - R	ELC - EL
<i>Cyanocopsa cyanoides</i>	FB	EL
<i>Cyanocopsa brissonii</i>	R	ELC
<i>Parkesia noveboracensis</i> *	R	EL
<i>Mniotilta varia</i> *	R	ELC
<b>Parulidae</b>		
<i>Leiothlypis peregrina</i> *	R	EL
<i>Geothlypis philadelphia</i> *	CLE - CA - G - R - J	ELC - EL
<i>Setophaga ruticilla</i> *	G - R	ELC
<i>Setophaga cerulea</i> *	CS	EL
<i>Setophaga pitiayumi</i>	<b>FB</b>	<b>ECN</b>
<i>Setophaga fusca</i> *	CS - CA - G	ELC - EL
<i>Setophaga petechia</i> *	R - P	ELC - EL
<i>Setophaga striata</i> *	R	EL
<i>Myiothlypis fulvicauda</i>	FB - CS - CA - G	ECN - EL
<i>Basileuterus rufifrons</i>	FB - CS - CA - R	EL
<i>Basileuterus culicivorus</i>	FB - G	ECN
<i>Cardellina canadensis</i> *	CA - R	EL
<b>Icteridae</b>		
<i>Icterus chrysater</i>	P	EL
<i>Icterus galbula</i>	CA	EL
<i>Molothrus bonariensis</i>	FB - CLE - CA - G - R - P	ECN - ELC - EL
<b>Fringillidae</b>		
<i>Sporagra crassirostris</i>	P	EL
<i>Astragalinus psaltria</i>	CLE - CA - G - R - P - J	ECN - ELC - EL
<i>Euphonia concinna</i>	R	EL
<i>Euphonia laniirostris</i>	FB - CS - CLE - CA - OC - G - R - P	ECN - EL
<i>Euphonia cyanocephala</i>		ECN

## AGRADECIMIENTOS

Estos resultados hacen parte de los proyectos “Aves en cafetales con sombrío” financiado por National Fish and Wildlife Foundation y “Censos participativos de aves en zonas cafeteras de Colombia” financiado por el Servicio Forestal de Estados Unidos y The Nature Conservancy. Los autores agradecen a los investigadores asociados que participaron en estos dos proyectos: Juan Carlos Verhelst, Cristina Aristizábal, Daniel Arbeláez y Néstor Gustavo Franco. Igualmente a las comunidades cafeteras que participaron del proyecto realizando los censos en las estaciones, especialmente al Grupo de Observadores de aves Pinzón Pico de Oro por contribuir con datos para esta publicación y a la Disciplina de Experimentación por facilitar la investigación en cada una de las estaciones, especialmente al ingeniero Jorge Camilo Torres.

## LITERATURA CITADA

1. BOTERO, J.E.; LENTIJO, G.M.; LÓPEZ, A.M.; ARBELÁEZ, D.; GÓMEZ, J.P.; DURÁN, S.M.; SÁNCHEZ, L.M. Assessing the value of shade coffee for bird conservation in the colombian andes at a local, regional, and national level. En: Partners in flight conference: Tundra to Tropics. Connecting birds, habitats and people. (4: Febrero 13–16, 2008: Texas). McAllen : Partners in flight, 2008.
2. CENICAFÉ. Plataforma agroclimática. [En línea]. Chinchiná : Cenicafé, 2014. Disponible en internet: <http://www.agroclima.cenicafe.org> Consultado el 11 de septiembre de 2014.
3. COLWELL, R.K. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. [En línea]. Connecticut : University of Connecticut, 2013. Disponible en internet: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/> Consultado el 20 de febrero 20 de 2013.
4. ECHEVERRIL, M.J. Las subestaciones experimentales y su manejo técnico. Chinchiná : Cenicafé, 1995. Seminario Abril 21.
5. ESPINAL, L.S.; MONTENEGRO, E. Formaciones vegetales de Colombia: Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá: Instituto geográfico Agustín Codazzi, 1963. 201 p.
6. RALPH, C.J.; GEUPEL, G.R.; PYLE, P.; MARTIN, T.E.; DESANTE, D.F.; MILÁ, B. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Albany : Department of agriculture, 1996. 44 p.
7. REMSEN, J.V., JR.; CADENA, C.D.; JARAMILLO, A.; NORES, M.; PACHECO, J.F.; PÉREZ E., J.; ROBBINS, M.B.; STILES, F.G.; STOTZ, D.F.; ZIMMER, K.J. A classification of the bird species of south America. [En línea]. Louisiana : American ornithologists' union, 2014. Disponible en internet: <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html> Consultado el 26 mayo 2014.
8. RENJIFO, L.M.; FRANCO M., A.M.; AMAYA E., J.D.; KATTAN, G.H.; LÓPEZ L., B. Libro rojo de aves de Colombia: Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá : Instituto de recursos biológicos Alexander von Humboldt : Ministerio del medio ambiente. 562 p.
9. SÁNCHEZ C., L.M.; ESPINOSA, R.; BOTERO, J.E.; LÓPEZ, A.M.; FRANCO, N.G. La Reinita Cerúlea: Una especie que depende del café y del carbón. Chinchiná : Cenicafé, 2008. 4 p. (Biocarta No. 13).
10. UICN. Listas rojas. [En línea]. Unión mundial para la conservación de la naturaleza, 2012. Disponible en internet: <http://www.iucnredlist.org/details/106009120/0> Consultado en septiembre 20 de 2012.
11. VILLAREAL, H.; ÁLVAREZ, M.; CÓRDOBA, S. ; ESCOBAR, F.; FAGUA, G.; GAST, F.; MENDOZA, H.; OSPINA, M.; UMAÑA, A.M. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá : Instituto de investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2006. 236 p.

# PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE CAFÉ BAJO ESTRUCTURA ARBÓREA DIVERSA

Fernando Farfán Valencia\*; Pedro María Sánchez Arciniegas\*\*

---

**FARFÁN V., F.; SÁNCHEZ A., P., M. Producción sostenible de café bajo estructura arbórea diversa. Revista Cenicafé 65 (1):27-33. 2014**

En la finca El Roble, ubicada en el municipio Mesa de los Santos, departamento de Santander, se evaluó la producción de café en sistemas agroforestales al implementarse prácticas para la producción orgánica. Los sistemas evaluados fueron: 1. Café con sombrío de guamo más carbonero y 2. Café con sombrío de guayacán más nogal, ambos sistemas con y sin aplicación de fertilizante orgánico. Los resultados indican que en los dos sistemas la producción de café es igual si se fertiliza el café. Además, independiente del sistema de sombrío utilizado se observó un incremento de la producción en 28,0% al comparar fertilización orgánica con el sistema sin fertilización. También se registraron producciones iguales al cultivar el café independientemente del tipo de sombrío, sin aplicación de fertilizante orgánico. Se estableció que pueden obtenerse ingresos del 27% en promedio, si se establece un plan de fertilización adecuado para el café.

**Palabras clave:** Sistema agroforestal, fertilización orgánica, guamo, carbonero, guayacán, nogal.

---

## SUSTAINABLE COFFEE PRODUCTION UNDER A DIVERSE TREE STRUCTURE

In El Roble farm, located in the municipality of Mesa de los Santos, Santander, coffee production in agroforestry systems was assessed when practices for organic production were implemented. The systems evaluated were: 1. Coffee with shade of guamo and carbonero trees and 2. Coffee with shade of guayacán and walnut trees, both systems with and without organic fertilizer. The results indicate that coffee production is the same in both systems whether or not coffee is fertilized. Furthermore, regardless of the shade system used, there was production raise in 28.0% when compared to organic fertilizer with the system without fertilization. Equal yields were also recorded for coffee growth regardless of the shade, without the use of organic fertilizer. It is possible to get incomes of 27% on average if a proper fertilization coffee plan is established.

**Keywords:** Agroforestry, organic fertilization, guamo, carbonero, guayacán, walnut tree.

---

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

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

En los ecosistemas se ejerce presión sobre el suelo debido a diversos factores: explosión demográfica, tala y quema del bosque, siembra de monocultivos y cultivos transitorios, y en topografía quebrada, eliminación de la biodiversidad y la materia orgánica, a través de prácticas agronómicas no adecuadas, entre otros, lo cual conduce a la degradación del mismo, con la respectiva disminución del rendimiento de los cultivos y a la invasión de arvenses difíciles de controlar. Una de las alternativas para frenar estos procesos y, adicionalmente, hacer frente a las variaciones que en el clima puedan presentarse a futuro es la explotación del suelo mediante sistemas agroforestales o agroforestería.

La agroforestería es un sistema de manejo sostenible de los cultivos y del suelo, mediante el cual se busca aumentar los rendimientos en forma continua, combinando especies arbóreas con cultivos de valor económico, en una forma simultánea o secuencial en la misma unidad de terreno (5, 17, 20), con aplicación de prácticas de manejo compatibles con las prácticas culturales de la población local (5).

La combinación de árboles y cultivos es una asociación entre entes diferentes, que coexisten y comúnmente difieren en rendimientos económicos. En el caso del café en sistemas agroforestales, es de los árboles de los cuales se espera la menor utilidad. Por lo tanto, la introducción de éstos en los cultivos no debe causar pérdidas en la productividad, por máspreciado que sea su servicio ambiental (23). Por lo tanto, la tarea es conocer, identificar e integrar la forestería y la agricultura a las tecnologías forestales y agronómicas, apoyándose en el conocimiento de tradiciones sociales rurales y las destrezas en las relaciones humanas.

Los sistemas agroforestales diversos contribuyen a la reducción de los procesos erosivos y pérdidas de agua; aportan gran cantidad de nutrientes y materia orgánica brindando sostenibilidad a los sistemas. Con una cobertura arbórea del 20% es suficiente para incrementar y mantener la actividad biológica y la fertilidad del suelo (8). La deposición de biomasa verde, la cobertura de hojas y los fertilizantes orgánicos, mejoran el estado nutricional del suelo. Algunos parámetros del suelo como el carbono orgánico, la actividad microbiana, la respiración, la mineralización y la calidad del suelo, muestran mayores valores en los cultivos bajo sistema agroforestal, en comparación con el monocultivo; así mismo, la aplicación de mulch en sistemas agroforestales compensa las pérdidas de C y promueve una mayor disponibilidad de N, sistemas en los que la sombra logra mantener una alta producción sostenible y rentable de café (19, 22).

Mediante las podas se reactivan los ciclos biogeoquímicos, lo que contribuye a la conservación del carbono del suelo, a la reducción de la degradación y la promoción de la sostenibilidad, pero los rendimientos agrícolas pueden reducirse a niveles no satisfactorios por la competencia de los árboles por el espacio y otros recursos (18). Adicionalmente, los sistemas agroforestales con café son un gran ejemplo de cómo los árboles de sombra pueden beneficiar el cultivo, regulando el equilibrio del agua; aunque los árboles consumen agua, la cantidad consumida no pone en peligro la disponibilidad de agua para el cultivo, pues el mayor aporte de los árboles es reducir la tasa evaporativa del suelo y la transpiración del cultivo (11).

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (6), dentro de las estrategias conducentes a recuperar, estabilizar y aumentar

la producción y la productividad de los cafetales, con sostenibilidad y calidad, plantea la implementación de densidades de siembra y arreglos del cultivo en función del sombrero y del potencial de crecimiento y producción, y la implementación de sistemas de manejo del sistema agroforestal con café. Los resultados de este estudio sirven de soporte para el diseño y establecimiento de sistemas de producción de café con la inclusión de especies arbóreas; siempre que los modelos agroforestales implementados tengan como propósito la conservación del suelo y el agua, y el aumento y mantenimiento de la producción, para garantizar la sostenibilidad de la caficultura colombiana. Con estos propósitos, Cenicafé evaluó la respuesta del café en términos de producción cuando se cultiva en sistemas agroforestales diversos o estratificados, y en ausencia y presencia de la fertilización orgánica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El estudio se desarrolló en la Finca El Roble, ubicada en el municipio Mesa de los Santos, departamento de Santander. En la Tabla 1 se presenta la ubicación geográfica y las características de clima y suelos de la zona de estudio.

### Componentes del Sistema Agroforestal (SAF).

El componente arbóreo estuvo constituido por dos especies leguminosas, *Inga edulis* (guamo santafereño) y *Albizia carbonaria* (carbonero), y dos especies arbóreas maderables *Cordia alliodora* (nogal cafetero) y *Tabebuia rosea* (guayacán). Como componente agrícola se utilizó café variedad Colombia.

**Tratamientos.** Los tratamientos, cuatro en total, estuvieron constituidos por la combinación de los niveles de sombra café con guamo y carbonero, café con guayacán y nogal (Factor A), y dos niveles de fertilización (Factor B), los cuales se describen y enumeran en la Tabla 2.

En ninguno de los tratamientos se hizo intervención de tipo químico como: aplicaciones de fertilizantes, herbicidas, fungicidas o insecticidas; solamente se consideraron los aportes de los abonos orgánicos, basados en los principios de la producción orgánica.

**Diseño experimental.** Se empleó un diseño de bloques al azar, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas, con cuatro replicaciones, con el Factor A (el

**Tabla 1.** Características de clima y suelos, Finca El Roble-Santander.

Localización geográfica		Características de suelos	
Latitud	2° 24' Norte	pH	5,3
Longitud	76° 44' Oeste	Materia orgánica (%)	22,8
Altitud (m)	1.735	Nitrógeno (%)	0,75
Características climáticas		Fósforo (mg.kg <sup>-1</sup> )	2,0
Temperatura media (°C)	19,7	Potasio (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0,17
Temperatura máxima (°C)	27,1	Calcio (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	1,6
Temperatura mínima (°C)	13,1	Magnesio (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0,4
Precipitación (mm)	2.003	Ecotopo	218A
Brillo solar (horas año)	1.819	Unidad cartográfica	Unidad Timbio
Humedad relativa (%)	80,0	Grupo taxonómico	Typic Melanudands
		Material parental	Cenizas volcánicas

**Tabla 2.** Descripción de los tratamientos.

Nº	Tratamiento	Descripción
1	A1B0	Café con sombrío de guamo + carbonero, sin fertilización
2	A1B1	Café con sombrío de guamo + carbonero, con fertilización
3	A2B0	Café con sombrío de guayacán + nogal, sin fertilización
4	A2B1	Café con sombrío de guayacán + nogal con fertilización

nivel sombrío) como parcelas principales y el Factor B (aplicación de fertilizante orgánico) como las subparcelas.

**Establecimiento.** El estudio inició en 2003 con el establecimiento simultáneo del componente arbóreo y del café. Durante los tres primeros años y hasta cuando el sombrío estuvo desempeñando su función, el café estuvo bajo sombrío transitorio de *Tephrosia candida* (tefrosia). El café se estableció a 1,25 x 1,25 m (6.400 plantas/ha) y el sombrío a 7,5 x 7,5 m (178 árboles/ha). El área de cada parcela fue de 2.025 m<sup>2</sup>, con un área total de 3,3 ha, aproximadamente.

**Fertilización.** El biofertilizante aplicado fue una mezcla de 70,0% de pollinaza, más 30,0% de pulpa de café y otros residuos (cascarilla de arroz, estiércol vacuno, etc.); la dosis aplicada fue de 4,0 kg por planta al año, fraccionando la mitad de la dosis en el primer semestre del año y la otra mitad en el segundo. Las concentraciones de nutrientes determinados para este material orgánico fueron de: 2,1% de N; 63,1% de M.O.; 2,2% de P; 3,0% de K; 5,8% de Ca; 0,91% de Mg y pH de 8,7.

### Variable evaluada

**Respuesta del café en producción.** Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la producción de café se realizaron recolecciones mensuales de café cereza por parcela, los registros se transformaron a kilogramos de café pergamino seco por hectárea, aplicando

un factor de conversión de 5:1 (5,0 kg de café cereza para obtener 1,0 kg de café pergamino seco).

**Análisis de la información.** Se realizó análisis de varianza para cada sistema de cultivo estudiado y por año de producción, bajo el modelo para el diseño experimental utilizado y una prueba de Tukey al 5% para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Respuesta en producción del café.** En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos en cinco cosechas (2005 a 2009).

Los análisis estadísticos realizados a la producción de café registrada entre los años 2005 y 2009, bajo cada condición de sombrío y nivel de fertilización, indican que no hubo diferencias significativas cuando se cultiva café con sombrío de las dos especies leguminosas y las dos forestales, con fertilización orgánica. Tampoco se evidenciaron diferencias al comparar los dos sistemas de sombrío sin fertilización. En el año 2007 las máximas producciones se obtuvieron en los sistemas de producción que además de tener sombrío, se fertilizaron. Las mejores producciones se obtuvieron con el cultivo de café independiente del tipo de sombrío evaluado y con fertilización.

Al comparar el promedio de la producción de cinco cosechas de café (2005 a 2009),

**Tabla 3.** Promedio de la producción (kg.ha<sup>-1</sup>) de cinco cosechas de café (2005-2009). Finca El Roble-Santander.

Años	Producción (kg.ha <sup>-1</sup> de c.p.s.) en cada sistema			
	Café con sombrío de guamo y carbonero		Café con sombrío de guayacán y nogal	
	Sin fertilización	Con fertilización	Sin fertilización	Con fertilización
2005	950 b	1.373 a	905 b	1.374 a
2006	2.443 b	3.175 ab	2.824 ab	3.265 a
2007	2.985 b	4.824 a	1.821 b	4.641 a
2008	3.018 a	3.270 a	2.631 a	2.589 a
2009	2.861 a	2.386 a	2.193 a	1.900 a
Media	2.451 ab	3.005 a	2.075 b	2.754 ab
c. v.	0,32	0,38	0,33	0,41

Letras no comunes indican diferencias estadísticas, según prueba de Tukey al 5%.

se observó que cuando se cultiva café con sombrío de guamo y carbonero o guayacán más nogal y con aplicación de fertilizante orgánico, se produce en promedio 28,0% más, si el café se fertiliza con abonos orgánicos. Al cultivar café independientemente del tipo de sombrío, sea guamo más carbonero o guayacán más nogal, la producción es igual si se fertiliza el café. También se registraron producciones iguales al cultivar el café con cualquiera de los dos tipos de sombrío y no se aplicaron fertilizantes orgánicos.

La fertilización orgánica en sistemas agroforestales con café, promueve la dinámica poblacional de micorrizas (12), aumenta los niveles de N, P, K y Mg, con la cual se incrementa y mantiene la producción de café, pero disminuye los niveles de Ca, elemento que puede convertirse en limitante para la producción (3, 10). Porras (16), observó que la biomasa microbiana y carbono orgánico correlacionaron con suelos bajo sistemas agroforestales; la población de lombrices tuvo correlación con suelos en sistemas de producción orgánica; y la densidad aparente y el contenido de potasio correlacionaron con los suelos bajo producciones convencionales.

Otros parámetros de la calidad del suelo como C orgánico total, respiración del suelo

y la tasa de mineralización de nutrientes también contribuyen al mejoramiento de la calidad en la producción del café, al compararse con los monocultivos (14, 22). El mejoramiento de potencial productivo puede lograrse con el uso adecuado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos y al aprovechamiento de los subproductos del cultivo, así como con el asocio de árboles, planes de reducción de procesos erosivos, entre otros, pues se regula el pH del suelo, la CIC, los cationes intercambiables, el C orgánico total y la mineralización neta (1, 13).

**Los beneficios de la fertilización.** En los sistemas tradicionales de explotación del café no se utilizan abonos químicos o éstos se aplican en dosis muy bajas y las prácticas culturales se limitan principalmente a las desyerbas y a las podas, entre otras (7). Desde los inicios del desarrollo de la caficultura orgánica en Colombia, se consideró que estos sistemas de producción serían los verdaderos sistemas de producción con prácticas orgánicas, en los cuales los programas de fertilización se basaban en el aporte de material vegetal y la transferencia de nutrientes realizados por los componentes arbóreos y el café, desconociendo la importancia de complementar los programas con aplicaciones adicionales de materiales orgánicos.



De acuerdo a los resultados, se infiere que la limitación o eliminación de la práctica de fertilización en sistemas de producción de café en sistemas agroforestales y con técnicas orgánicas, puede traer efectos detrimentales para el cultivo. En el sistema café más guamo y carbonero, con fertilizaciones orgánicas de 4,0 kg/planta al año del abono orgánico anteriormente descrito, se alcanzaron producciones de 3.005 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s., en promedio, con 554 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s. más que cuando no se realiza la fertilización; es decir, si se fertiliza el café se obtiene un incremento del 22,0% al compararse con el café sin fertilización.

En el sistema café más guayacán y nogal, con fertilización orgánica y las mismas dosis del abono orgánico, se alcanzaron producciones de 2.754 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s., en promedio, con 679 kg.ha<sup>-1</sup> de c.p.s. más que cuando no se fertilizó. Estos resultados sugieren que en este sistema de producción se obtiene un incremento del 32,0% si se fertiliza el café al compararse con el café sin fertilización. Cabe anotar que solo se hace referencia a la bondad económica de la fertilización, sin que en el análisis se haya hecho alusión a las bondades y efectos sobre la calidad del suelo y la sostenibilidad ambiental que tienen la fertilización orgánica.

La fertilización con residuos orgánicos se traduce en una reducción significativa por lixiviación e infiltración de macro, micronutrientes y materia orgánica del suelo en sistemas agroforestales, por el contrario, aumentan sus tenores especialmente de P en las capas profundas del suelo y se reducen las aplicaciones de enmiendas; es decir, el componente arbóreo y orgánico son los principales mecanismos de regulación de pérdidas de nutrientes, contribuyendo a amortiguar el empleo y gestión de fertilizantes especialmente los inorgánicos (2, 9, 21).

No obstante, se encuentran resultados en los cuales Payán *et al.* (15) indican que los macroorganismos del suelo y la materia orgánica del suelo solo representan fracciones muy pequeñas por la fertilización con residuos orgánicos, así como la biomasa microbiana y las lombrices de tierra, por lo tanto, la fertilización orgánica y sus dosis tienen poco beneficio agronómico en los cultivos de café.

Para mayor expresión del potencial de los productos orgánicos los sistemas agroforestales deben ser diseñados de tal manera que se incremente la fertilidad del suelo; pues de esta manera se reducen los riesgos por déficit o exceso hídricos, se mantienen los niveles de nutrientes y se reducen la presión de plagas y enfermedades (4).

#### LITERATURA CITADA

1. ALFARO V., M.A. Matéria orgânica e indicadores biológicos da qualidade do solo na cultura do café sob manejo agroflorestal e orgânico: Seropédica. Rio de Janeiro : Universidade federal rural do Rio de Janeiro, 2004. 186 p. Tese Doutorado em agronomia, área de concentração em ciência do solo.
2. ALISSON DA S., X.F.; SENNA DE O., T.; VAZ A., F.; MENDONÇA, E. Phosphorus fractionation in a sandy soil under organic agriculture in northeastern Brazil. *Geoderma* 151:417-423. 2009.
3. CASTRO T., B.S.; DIETSCH C., T.; URENA A., N.; VINDAS A., L.; CHANDLER C., M. Analysis of management and site factors to improve the sustainability of smallholder coffee production in Tarrazú, Costa Rica. *Agriculture, ecosystems and environment* 155:172-181. 2012.
4. DE PONTI, T.; RIJK, B.; VAN ITTERSUM, M.K. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural systems* 108:1-9. 2012.
5. DURÁN V., Y. Sistemas agroforestales. [En línea]. Bogotá : UNAD, 2004. 56 p. Disponible en internet: <http://www.unad.edu.co/pages/cursos/agrarias.htm>. Consultado en noviembre de 2005.
6. FNC. Documento estratégico sostenibilidad de la caficultura colombiana: Diagnóstico climático



- alternativas de adaptación para la caficultura. Manizales : FNC, 2011. 36 p.
7. JUNGUITO B., R.; PIZANO S., D. Producción de café en Colombia. Bogotá : FEDESARROLLO, 1991. 320 p.
  8. KABIR, A.; HEMATZAD E., Y.; BARAN I., H. Agroforestry and its role in soil conservation and erosion protection multifunctional grasslands in a changing world 2:231. 2008.
  9. KAPKIYAI, J.J.; KARANJA, N.K.; QURESHI, J.N.; SMITHSON, P.C.; WOOMER, P.L. Soil organic matter and nutrient dynamics in a Kenyan nitisol under long-term fertilizer and organic input management. Soil biology and biochemistry 31:1773-1782. 1999.
  10. LEBLANC, H.A.; NYGREN, P.; MCGRAW, R.L. Green mulch decomposition and nitrogen release from leaves of two *Inga* spp. in an organic alley-cropping practice in the humid tropics. Soil biology and biochemistry 38:349-358. 2006.
  11. LIN, B.B. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. Agricultural and forest meteorology 150:510-518. 2010.
  12. MULETAA, B.D.; ASSEFAA, F.; NEMOMISSAA, S.; GRANHALL, U. Composition of coffee shade tree species and density of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores in Bonga natural coffee forest, southwestern Ethiopia. Forest ecology and management 241(1/3):145-154. 2007.
  13. MURAGE, E.W.; NARANJA, N.K.; SMITHSON, P.C.; WOOMER, P.L. Diagnostic indicators of soil quality in productive and non-productive smallholders' fields of Kenya's central highlands. Agriculture, ecosystems and environment 79:1-8. 2000.
  14. NONATO DE S., H.; GOEDEA R., G.M. DE; BRUSSAARD A., L.; CARDOSO B., I.M.; DUARTE B., E.M.G.; FERNANDES B., R.B.A.; LUCAS, C.; GOMES, L.C.; PULLEMAN, M.M. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic rainforest biome. Agriculture, ecosystems and environment 146:179-196. 2012.
  15. PAYAN, F.; JONES, D.J.; BEER, J. Dynamics of size-density fractions of soil organic matter following the addition of tree litter to organic coffee farms. Geoderma 141:15-22. 2007.
  16. PORRASV., C.M. Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el corredor biológico Turrialba-Jiménez, Costa Rica. Turrialba : CATIE, 2006. 150 p.
  17. SÁNCHEZ L., J.A. La agroforestería y el desarrollo sostenible. San Pedro Sula : FHIA, 2003. 19 p.
  18. SCHROEDER, P. Organic matter cycling by tropical agroforestry systems: A review. Journal of tropical forest science 7(3):462-474. 1995.
  19. SHEIKH, M.H.R.; ALI, M.O.; KHAN, M.S.; HANNAN, A.; RAHMAN., M.T. Sustainable crop production retaining soil fertility and environment through agroforestry system. International journal of sustainable crop production 2(6):1-5. 2007.
  20. TORQUEBIAU, E. Conceptos de agroforestería: Una introducción. Chapingo : Universidad autónoma de Chapingo, 1993. 89 p.
  21. TULLYA, K.L.; LAWRENCE, D.; SCANLON, T.M. More trees less loss: Nitrogen leaching losses decrease with increasing biomass in coffee agroforest. Agriculture, ecosystems and environment 161:137-144. 2012.
  22. YOUKHANA, A.; IDOL, T. Tree pruning mulch increases soil C and N in a shaded coffee agroecosystem in Hawaii. Soil biology and biochemistry 41:2527-2534. 2009.
  23. WADSWORTH, F.H. Agriculture handbook. Washington : Department of agriculture, 1997. 563 p.

# RESPUESTA DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) A FUENTES Y DOSIS DE NITRÓGENO EN LA ETAPA DE ALMÁCIGO

Siavosh Sadeghian Khalajabadi\*; Hernán González Osorio\*

---

SADEGHIAN K, S.; GONZÁLEZ O, H. Respuesta del café (*Coffea arabica* L.) a fuentes y dosis de nitrógeno en la etapa de almácigo. *Revista Cenicafé* 65 (1):34-43. 2014

Pese a los requerimientos de nitrógeno (N) en las diferentes etapa del desarrollo del café (*Coffea arabica* L.), la respuesta a su aplicación ha sido negativa durante la fase de almácigo en Colombia, probablemente como resultado de las altas dosis suministradas en forma de urea. Con el fin aportar mayores criterios para el manejo de N en esta etapa del cultivo, se evaluó el efecto de cuatro dosis (0,25; 0,50; 0,75 y 1,00 g de N/planta) y ocho fuentes de N (urea, sulfato de amonio-SAM, nitrato de amonio, nitrato de potasio, Calcinit, Nitrorbor, Nitromag y Sulfammo) en el crecimiento y la absorción de nutrientes para dos unidades cartográficas de suelos del departamento de Antioquia (Salgar y Venecia). El N se aplicó cuando el almácigo tenía dos meses de edad, junto con 2 g/planta de  $P_2O_5$  en forma de superfosfato triple-SFT. Adicionalmente, se evaluaron otros tratamientos: i) testigo sin N, ii) testigo absoluto, iii) 2 g /planta de  $P_2O_5$ , como DAP, iv) mezcla de suelo:lombrinaza en proporción 3 a 1 y, v) 2 g/planta de  $P_2O_5$ , como DAP + mezcla de suelo:lombrinaza. La respuesta al N, medido como materia seca de las plantas, varió según la unidad de suelo, pues mientras que en Salgar sólo hubo efecto de fuentes, en Venecia se presentó efecto de fuentes y dosis. En las dos unidades el mayor promedio fue para SAM y el menor para nitrato de potasio. En la unidad Venecia, el óptimo biológico se obtuvo con 0,54 g/planta de N, sin que la magnitud del incremento fuese alta (16,5%). El uso de lombrinaza afectó negativamente el crecimiento de las plantas desarrolladas en el suelo de la unidad Salgar, mientras que para la unidad Venecia ocurrió lo contrario; en cuanto al uso de fósforo, su aplicación se tradujo en mayor peso de las plantas cuando se suministró como DAP. Las anteriores diferencias se asociaron con la salinidad y la acidez del suelo. La concentración de N en la planta no se incrementó con su aplicación.

**Palabras clave:** Nutrientes, lombrinaza, acidez, salinidad.

---

## COFFEE (*Coffea arabica* L.) RESPONSE TO NITROGEN SOURCES AND DOSIS DURING NURSERY

Nitrogen (N) is highly required by coffee (*Coffea arabica* L.) in the different crop stages, but in Colombia the response to this nutrient has been negative during the nursery stage likely as a result of high doses applied as urea. In order to provide more criteria for N management at this stage, the effect of four doses (0.25, 0.50, 0.75 and 1.00 g of N / plant) and eight N sources (urea, ammonium sulfate-AS, ammonium nitrate, potassium nitrate, Calcinit, Nitrorbor, Nitromag and Sulfammo) on growth and nutrient uptake was assessed in two soil mapping units of Antioquia (Salgar and Venecia). When the seedlings were two months old, N was applied along with 2 g of  $P_2O_5$  / plant as triple superphosphate. Additionally, other treatments were evaluated: i) absolute control without N and P, ii) control without N, iii) 2 g of  $P_2O_5$  / plant, as DAP, iv) mixture of soil: earthworm manure in a 3 to 1 ratio, and v) mixture of soil:earthworm manure + 2 g of  $P_2O_5$  / plant, as DAP. The plant response to N in terms of dry weight depended on the soil unit; there was only effect of sources in Salgar, and effect of sources and doses in Venecia. In both soils the highest average was obtained for AS and the lowest for potassium nitrate. In Venecia, the biological optimum was obtained with 0.54 g of N / plant with a low increase of magnitude (16.5%). The plant growth was negatively affected by the manure in Salgar, but the opposite occurred in Venecia. By applying phosphorus as DAP the dry weight was increased. These differences were associated with soil salinity and acidity. The plant N concentration was not affected by the N application.

**Keywords:** Nutrients, earthworm manure, acidity, salinity.

---

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

Parte importante del éxito en el desarrollo de los cafetales depende de la calidad del material que se lleva al campo. A su vez, el vigor de las plantas objeto de la siembra depende de las prácticas que se realicen para obtenerlas, entre las cuales tienen especial importancia aquellas relacionadas con la nutrición.

Se ha demostrado que durante la etapa de almácigo, el desarrollo de las plantas se ve favorecido por el uso de abonos orgánicos como pulpa de café (9), lombrinaza de pulpa de café (11, 13), gallinaza (3, 14), estiércol vacuno (16), pollinaza (3) y cenichaza (15).

La respuesta al fósforo (P) también ha sido favorable en la mayoría de las ocasiones (4, 7, 12); siendo la fuente más común el DAP, cuyos efectos trascienden del aporte de N y P a la acidificación del medio por la nitrificación del amonio y la subsiguiente reducción del efecto nocivo de abonos orgánicos parcialmente descompuestos (3).

Respecto al potasio (K), con su aplicación no se han logrado mejorar los parámetros relacionados con el vigor (13), e incluso, éstos se han afectado de manera negativa (7, 10).

Pese a la alta demanda relativa de nitrógeno (N) en las diferentes fases del desarrollo del cultivo, los resultados de las investigaciones desarrolladas en Colombia indican que durante la etapa del almácigo el suministro de N afecta negativamente el crecimiento de las plantas cuando se aplica en forma de urea (7, 12), probablemente en consecuencia de las dosis empleadas (más de 1 g/planta). Para remediar la anterior situación se sugiere suministrar cantidades más bajas (2) o realizar fraccionamiento (8).

Mediante el desarrollo de esta investigación se buscó aportar mayores criterios para el

manejo de la nutrición nitrogenada de café durante la etapa de almácigo en lo que a dosis y fuentes se refiere.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental de la investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental El Rosario del Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé, ubicada en el municipio de Venecia (Antioquia) en el Ecotopo 203A, con las coordenadas geográficas 05° 58' latitud Norte, 75° 42' longitud Oeste y a una altitud de 1.635 m. Durante el transcurso del trabajo –febrero a septiembre de 2011– las variables climáticas fueron: precipitación de 2.929 mm, temperatura promedio 20°C, brillo solar 120 h.año<sup>-1</sup> y humedad relativa 81%.

Bajo el diseño de bloques completos al azar y empleando ocho repeticiones, se evaluó la respuesta de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo a cuatro dosis de N (0,25, 0,50, 0,75 y 1,00 g/planta), suministradas a través de urea (46% de N), SAM (21% de N y 24% de S), nitrato de amonio (26% de N), nitrato de potasio (13% de N y 45% de K<sub>2</sub>O), Calcinit (15,5% de N y 26,3% de CaO), Nitabor (15% de N, 26% de CaO y 0,3% de B), Nitromag (21% de N, 11% de CaO y 7,5% de MgO) y Sulfammo 26 (26% de N, 7% de CaO, 3,5% de MgO, 9% de S y 0,3% de B). El N se aplicó cuando las plántulas tenían 2 meses de transplante, junto con 2 g/planta de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en forma de Superfosfato triple-SFT (45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 19% de CaO). Además de los 32 tratamientos descritos (cuatro dosis x ocho fuentes), se contó con un testigo sin N, pero con aporte de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como SFT, un testigo absoluto (sin fertilización química ni orgánica) y tres alternativas de fertilización comúnmente empleadas durante esta etapa: i) 2 g/planta de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados a través

de DAP (18% de N y 46% de  $P_2O_5$ ), ii) mezcla de suelo y lombrinaza en proporción 3 a 1, y iii) mezcla de suelo y lombrinaza en proporción 3:1 más 2 g/planta de  $P_2O_5$  suministrado vía DAP.

Se emplearon suelos de las unidades cartográficas Salgar y Venecia, obtenidos en los municipios de Fredonia y Venecia (Antioquia), respectivamente. Para ello, se recolectó aproximadamente 1 m<sup>3</sup> de suelo, extraído de los primeros 25 cm del horizonte A, de un cafetal representativo de la región. Las propiedades de los suelos (Tabla 1) se determinaron mediante las siguientes metodologías descritas por Carrillo (5): pH potenciométrico en relación suelo:agua 1:1 (p/p); C orgánico Walkley Black-colorimétrica; N semi-miro Kjeldahl, P extracción con Bray II y lectura por colorimetría; Ca, Mg, K extracción con  $NH_4OAc$  1N-pH 7,0 y lectura por Espectroscopia de Absorción Atómica-EAA; Al extracción con KCl 1N y lectura por EAA; S extracción con fosfato de calcio monohidratado 0,008M y lectura por colorimetría turbidimetría; Fe, Mn, Zn, Cu extracción con EDTA 0,01M en  $NH_4OAc$  1N-pH 7,0 y lectura por EAA; B extracción con agua caliente y lectura por colorimetría; CIC extracción con  $NH_4OAc$  1N-pH 7,0 y lectura por colorimetría; textura por bouyucos.

Se utilizó café Variedad Castillo® El Rosario, cuyas semillas fueron sembradas en arena de río desinfectada. Después de 2,5 meses las plántulas se transplantaron en bolsas plásticas negras de 17 cm x 23 cm, que contenían suelo de cada unidad cartográfica. Para los tratamientos con lombrinaza la mezcla del abono orgánico y suelo se realizó 5 días antes del transplante.

Después de 6 meses de la siembra en las bolsas se extrajeron las plantas, se lavaron

**Tabla 1.** Propiedades de los suelos empleados en el estudio.

Propiedad	Unidad cartográfica de suelo	
	Salgar	Venecia
pH	4,8	5,0
N (%)	0,47	0,50
Materia orgánica (%)	12,2	13,0
P (mg.kg <sup>-1</sup> )	12,0	3,0
S (mg.kg <sup>-1</sup> )	29,8	0,30
Ca (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	1,03	1,86
Mg (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0,37	0,61
K (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0,38	0,21
Na (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	0,02	0,02
Al (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	2,3	5,1
CIC (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	23,0	31,0
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	191,0	171
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	10,0	6,0
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	2,2	2,9
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	4,0	0,8
B (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,35	0,23
Ar (%)	34,0	36,0
L (%)	19,0	19,0
A (%)	47,0	45,0
Clasificación textural	F.Ar.A.	F.Ar.

las raíces y se secaron en horno a 70°C, durante 48 h, tiempo después del cual se pesaron y se determinó la concentración de nutrientes mediante la metodología descrita por Carrillo *et al.* (6). Se extrajo una porción del suelo de cada tratamiento y repetición con el fin de obtener una muestra compuesta y determinar el pH y la conductividad eléctrica.

Para cada unidad cartográfica de suelo se realizó un análisis de varianza ( $p \leq 0,05$ ). Se utilizó la prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para comparar los promedios entre fuentes y la prueba Dunnett ( $p \leq 0,05$ ) para comparar el testigo sin N con respecto al promedio de las fuentes. Cuando se presentó efecto de las dosis se realizó análisis de regresión.

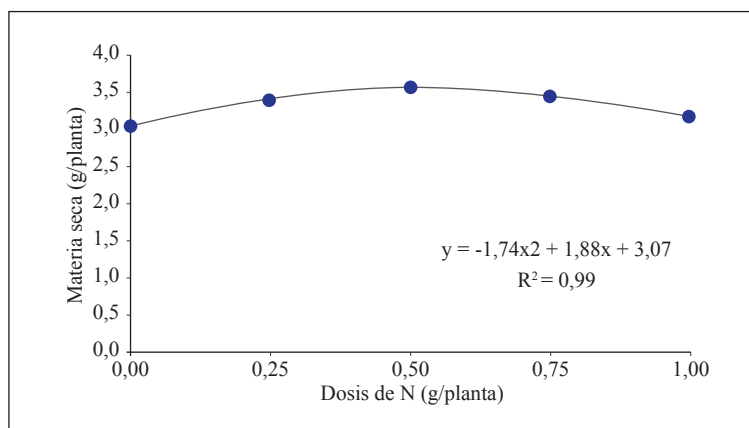
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efecto de los tratamientos en la materia seca de las plantas.** Para el suelo de la unidad cartográfica Salgar solo hubo efecto de las fuentes de N; en este sentido, el promedio más alto se obtuvo al aplicar SAM, el cual se diferenció estadísticamente de nitrato de amonio, Nitrabor, urea, nitrato de potasio y Sulfammo 26 (Tabla 2). En cuanto al testigo sin N, su promedio fue menor frente al SAM e igual con respecto a las demás fuentes ( $p \leq 0,01$ ).

Para el suelo de la unidad Venecia, el análisis de varianza indicó respuesta a dosis y fuentes, más no hubo interacción entre ellas. El promedio del peso de las plantas que recibieron aporte de N vía SAM, nitrato de amonio, Nitromag y urea fue mayor que el registrado para nitrato de potasio, siendo estadísticamente iguales el promedio de esta última fuente y los valores de Calcinit, Nitrabor y Sulfammo 26 (Tabla 2). El comportamiento de la respuesta a las dosis suministradas de N se ajustó a un modelo cuadrático (Figura 1), cuyo punto de inflexión (0,54 g/planta de N), señala la dosis requerida para alcanzar la biomasa máxima (óptimo biológico).

Los resultados expuestos difieren de los obtenidos por Giraldo y Rubiano (7) y Salazar (13), quienes hallaron un efecto negativo de N en el crecimiento de café en la etapa de almácigo; en contraste, éstos concuerdan con el reporte de Arizaleta *et al.* (2), autores que sugieren aplicar entre 0,48 y 0,60 g/planta de N como dosis adecuada. Pese a lo anterior, el efecto de los tratamientos de N en este estudio puede considerarse de baja magnitud, ya que para las dos unidades de suelo el máximo incremento en materia seca obtenido con respecto al testigo correspondió a 29%, el cual se obtuvo al aplicar SAM. De modo similar, el aumento obtenido mediante el suministro de 0,54 g/planta de N en el suelo de Venecia, sólo representó 16,5%. Esta baja respuesta se debe a la fertilidad natural de N en el suelo para satisfacer los requerimientos de las plantas; comportamiento que también fue observado por Arizaleta y Pire (1).

Cabe resaltar que durante la etapa de almácigo es posible lograr incrementos relativamente altos en el crecimiento de las plantas a través de una adecuada nutrición. Por ejemplo, Salamanca y Sadeghian (11) reportan aumentos entre 180% y 1.500% en la materia seca de las plantas, mediante el empleo de lombrinaza de pulpa de café.



**Figura 1.** Materia seca de las plantas de café, desarrolladas en el suelo de la unidad Venecia, en respuesta a dosis de nitrógeno (N). Valores promedio correspondientes a las siete fuentes fertilizantes empleadas.

**Tabla 2.** Valores promedio de la materia seca de las plantas de café, para dos unidades cartográficas de suelos del departamento de Antioquia, en respuesta a dosis y fuentes de nitrógeno (N).

Fuente de N	Dosis de N	Materia seca (g/planta)	
	(g/planta)	Unidad Salgar	Unidad Venecia
Testigo*	0,00	4,30	3,06
	0,25	4,98	2,96
	0,50	4,01	3,45
	0,75	3,94	2,88
	1,00	5,49	3,92
Calcinit	Promedio	4,64 AB	3,31 AB
	0,25	4,33	3,48
	0,50	3,90	3,16
	0,75	4,78	2,94
	1,00	4,54	3,03
Nitrorbor	Promedio	4,40 B	3,15 AB
	0,25	4,52	3,06
	0,50	4,31	2,62
	0,75	3,05	2,76
	1,00	3,25	1,84
Nitrato de potasio	Promedio	3,80 B	2,57 B
	0,25	4,82	3,75
	0,50	4,44	4,24
	0,75	5,00	4,31
	1,00	4,93	2,95
Nitromag	Promedio	4,80 AB	3,78 A
	0,25	4,92	3,34
	0,50	4,47	4,02
	0,75	4,33	4,24
	1,00	4,23	3,79
Nitrato de amonio	Promedio	4,46 B	3,83 A
	0,25	5,31	4,32
	0,50	5,53	3,93
	0,75	5,55	4,18
	1,00	5,76	3,41
SAM	Promedio	5,53** A	3,95 A
	0,25	4,26	3,43
	0,50	4,30	4,17
	0,75	3,94	3,75
	1,00	4,56	3,38
Urea	Promedio	4,24 B	3,67 A

Continúa...

...continuación

Fuente de N	Dosis de N	Materia seca (g/planta)	
	(g/planta)	Unidad Salgar	Unidad Venecia
Sulfammo	0,25	4,58	3,24
	0,50	4,68	3,21
	0,75	4,25	2,90
	1,00	4,05	3,47
	Promedio	4,38 B	3,20 AB

\* Testigo con aportes de SFT y sin lombrinaza.

\*\* Indica diferencia significativa con respecto al testigo, según prueba Dunnett ( $p \leq 0,05$ ).

Letras distintas indican diferencias significativas entre los promedios de las fuentes de N en cada unidad de suelo, según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

El efecto detrimental de nitrato de potasio puede atribuirse, en parte, a la mayor salinidad generada por esta fuente (índice de salinidad=105). Sadeghian (10) encontró que durante la etapa de almácigo de café un exceso en la cantidad de fertilizantes como los sulfatos de magnesio y potasio puede incrementar la conductividad eléctrica, con efectos nocivos en el crecimiento de las plantas. El nivel crítico hallado en el anterior estudio fue de  $1,1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ , valor que resulta menor al obtenido para el nitrato de potasio (entre  $1,1$  y  $1,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ). Otra posible causa sería una mayor disponibilidad de algunos elementos, en especial micronutrientes, en consecuencia del incremento de la acidez generada por los tratamientos; por ejemplo, entre las fuentes de N, el SAM fue la fuente que más reducción en el pH generó en las dos unidades de suelo, mientras que el nitrato de K ocasionó un efecto contrario (Tabla 3). Cabe resaltar que la anterior justificación no tendría soporte, si se considera el pH óptimo para café ( $5,0$  a  $5,5$ ).

La incorporación de la lombrinaza al suelo de la unidad Venecia contribuyó significativamente al crecimiento de las plantas (Tabla 4), resultado que no se logró mejorar con la aplicación adicional de fósforo.

Cuando no se utilizó este abono orgánico, el efecto de la aplicación de SFT fue bajo y no se detectó estadísticamente, en tanto que el suministro de DAP dio como resultado un mayor peso de las plantas ( $p \leq 0,05$ ); sin embargo, el promedio obtenido por éste fue menor que los tratamientos con lombrinaza.

En contraste a lo anterior, el empleo de la lombrinaza en el suelo de la unidad Salgar se tradujo en una reducción del crecimiento de las plantas, en tanto que la aplicación de DAP contribuyó significativamente a la obtención de plantas de más peso. El efecto negativo de la lombrinaza estaría relacionado, posiblemente, con el aumento del pH en el sustrato, pues con la incorporación de la lombrinaza el pH de la mezcla se elevó a  $6,3$  (Tabla 3), valor que se considera alto para el cultivo del café, según Valencia (17). La respuesta de las plantas al suministro de DAP, especialmente cuando éstas se desarrollaron sin el abono orgánico, se puede relacionar al aporte conjunto de fósforo ( $2 \text{ g/planta de P}_2\text{O}_5$ ) y N ( $0,78 \text{ g/planta de N}$ ). Ahora bien, se debe anotar que el promedio obtenido con este fertilizante ( $6,11 \text{ g/planta}$ ) fue mayor a los demás tratamientos de N, lo cual sugiere un efecto particular de este fertilizante, por ejemplo, su acidez residual

(Tabla 3) y la posible disponibilidad de elementos menores. Adicionalmente, Avila *et al.* (3) sugieren que la acidez residual generada por la aplicación de DAP reduce el efecto nocivo de una lombrinaza parcialmente descompuesta, pues disminuye la actividad de las bacterias que descomponen este abono orgánico. En cuanto al fósforo su efecto no resultó significativo, pues al aplicar SFT el promedio obtenido fue comparable frente al testigo sin fósforo.

**Efecto de los tratamientos en la absorción de nutrientes.** La concentración de N en la planta no se afectó con los tratamientos y fue similar en las dos unidades del suelo (Figura

2A). Esto corrobora que la cantidad de N disponible en el suelo fue lo suficientemente alta y sustenta la poca respuesta a su aplicación. Es necesario aclarar que los valores obtenidos de N en este estudio, en promedio 1,7%, corresponden a las concentraciones detectadas en toda la planta (tallos, hojas y raíces) y, por lo tanto, difieren de otros reportes en los cuales se presenta información acerca de los niveles del elemento a nivel foliar. Los tenores de P en la unidad Salgar fueron más altos, en consecuencia de su contenido en el suelo, pero los tratamientos de N no los afectaron (Figura 2B). La concentración de K se incrementó al aplicar nitrato de K (Figura 2C), mientras que el empleo de otras

**Table 3.** Valores promedio del pH del suelo para las unidades Salgar y Venecia, en respuesta a lombrinaza y fuentes de fósforo (P) y nitrógeno (N).

Lombrinaza	Fuente de P	Fuente de N	Unidad Salgar	Unidad Venecia	
Sin	SFT	Testigo	4,95	4,66	
		Calcinit	4,92	4,76	
		Nitrabor	4,95	4,79	
		Nitrato de K	5,08	4,84	
		Nitromag	5,08	4,79	
		Nitron	4,79	4,62	
		Urea	4,81	4,63	
		SAM	4,66	4,57	
		DAP	DAP	4,47	4,56
		Sin P	Testigo absoluto	4,86	4,70
Con	DAP	DAP	4,90	4,63	
	SFT	–	5,69	5,13	
	Sin P	–	6,29	5,13	

**Table 4.** Materia seca de las plantas (g) en respuesta a fósforo y lombrinaza.

Tratamiento de fósforo	Unidad Salgar		Unidad Venecia	
	Sin lombrinaza	Con lombrinaza	Sin lombrinaza	Con lombrinaza
Testigo*	3,48 B bc	0,98 B d	2,17 B b	7,55 A a
SFT**	4,30 B b	2,30 A cd	3,06 B b	7,88 A a
DAP	6,11 A a	3,03 A bc	4,59 A b	7,79 A a

\* Sin aportes de N ni P. \*\* sin aportes de N. Letras en mayúsculas distintas indican para cada unidad de suelo y nivel de lombrinaza (sin y con) diferencias entre los tres tratamientos, según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Letras en minúscula distintas indican para cada unidad de suelo) diferencias entre los seis tratamientos, según prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



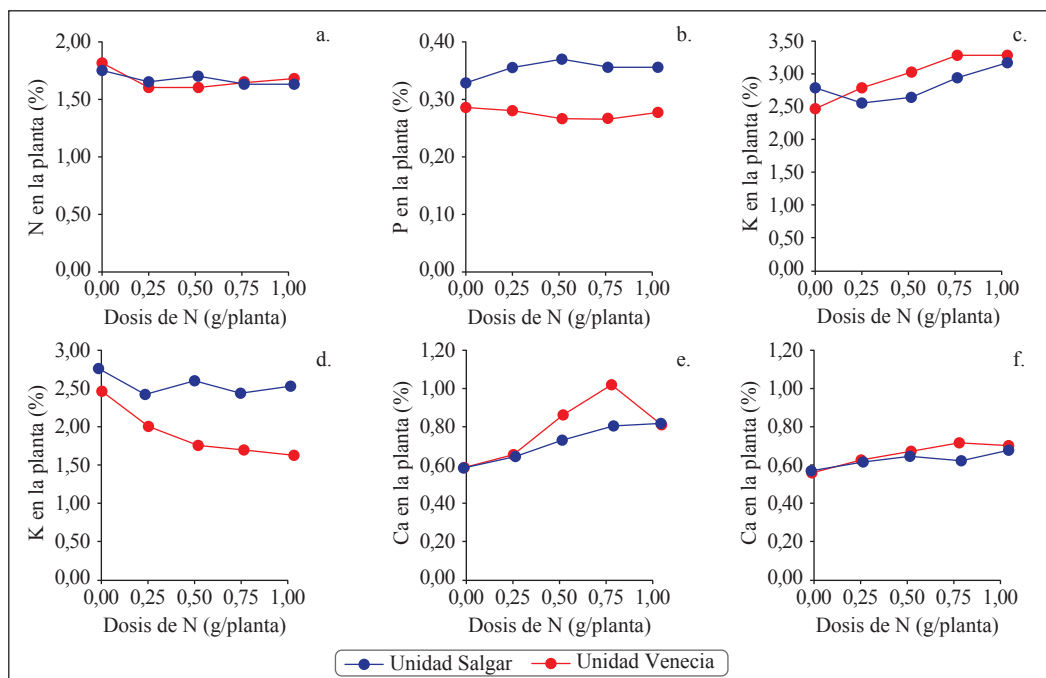
fuentes de N ocasionó un efecto contrario, el cual resultó más notorio para el suelo de la unidad Venecia (Figura 2D). La reducción en referencia estaría relacionada con la competencia que ejercen en el suelo iones como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  provenientes de las diferentes fuentes empleadas, además de  $\text{H}^+$ , resultante de la acidificación del amonio. Mediante la aplicación de fertilizantes a base de Ca, es decir, Nitabor y Calcinit, se elevaron las concentraciones de Ca en la planta (Figura 2E), consecuencia que también se presentó al emplear las demás fuentes, siendo el alcance menor (Figura 2F).

En la unidad Venecia, el tratamiento con el mayor promedio de la materia seca (7,88 g/planta), es decir, con lombrinaza y fertilización con SFT, extrajo las siguientes

cantidades de nutrientes por planta: 157,60 mg de N, 29,94 mg de P, 211,18 mg de K, 35,46 mg de Ca, 20,49 mg de Mg, 22,11 mg de Fe, 1,23 mg de Mn, 0,32 mg de Zn, 0,15 mg de Cu y 0,13 mg de B. En el suelo de Salgar, la extracción obtenida en el tratamiento con la materia seca más alto (sin lombrinaza y fertilización con DAP), fue la siguiente: 72,66 mg de N, 20,15 mg de P, 137,99 mg de K, 34,19 mg de Ca, 15,87 mg de Mg, 7,67 mg de Fe, 0,91 mg de Mn, 0,24 mg de Zn, 0,17 mg de Cu y 0,16 mg de B.

Los resultados obtenidos permiten concluir que:

- La respuesta de café a nitrógeno en la etapa de almácigo fue de poca magnitud,



**Figura 2.** Concentración de nutrientes en respuesta a las dosis de nitrógeno (N). **a.** y **b.** Las dosis de N corresponden al promedio de todas las fuentes; **c.** Nitrato de potasio; **d.** Todas las fuentes menos el nitrato de potasio; **e.** Nitabor y Calcinit; **f.** Todas las fuentes a excepción de Nitabor y Calcinit.

posiblemente en virtud a los altos contenidos de la materia orgánica, y varió según el tipo de suelo y la fuente empleada.

- Los cambios en la acidez y la salinidad que generaron los fertilizantes nitrogenados fueron factores determinantes en el crecimiento de las plantas.
- La concentración de potasio en la planta se vio afectada negativamente por la aplicación de nitrógeno, en tanto que el calcio tendió a incrementarse.
- La fertilización con DAP ocasionó un mayor incremento en la materia seca de las plantas con respecto a SFT, especialmente cuando no se utilizó lombrinaza.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de YARA Colombia para el desarrollo de la investigación, en especial a los ingenieros José Carlos Zapata, Amparo Medina y Alejandro Buitrago; así mismo, la participación de la señora Beatriz Mejía (Disciplina de Suelos de Cenicafé) y los ingenieros Jorge Andrés Zapata y Jhon Wilson Mejía (Funcionarios de Cenicafé durante la investigación).

### LITERATURA CITADA

1. ARIZALETA P., M.; PIRE, R. Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *Agrociencia* 42:47-55. 2008.
2. ARIZALETA P., M.; PIRE, R.; PARES, J. Efecto de la fertilización con N-P-K sobre el contenido foliar y el crecimiento del cafeto *Coffea arabica* L. en la etapa de vivero, en la población de Villanueva, estado Lara, Venezuela. *Café cacao* 3(2):57-61. 2002.
3. ÁVILA R., W.E.; SADEGHIAN K., S.; SÁNCHEZ A., P.M.; CASTRO F., H.E. Respuesta del café al fósforo y abonos orgánicos en la etapa de almácigo. *Cenicafé* 61(4):358-369. 2010.
4. DÍAZ M., C. Efecto del enclamiento sobre el crecimiento de las plantas de café en la etapa de almácigo. *Manizales* : Universidad de Caldas, 2006. 246 p.
5. CARRILLO P., I.F. Manual de laboratorio de suelos. Chinchiná : Cenicafé, 1985. 111 p.
6. CARRILLO P., I.F.; MEJÍA M., B.; FRANCO A., H.F. Manual de laboratorio para análisis foliares. Chinchiná : Cenicafé, 1994. 52 p.
7. GIRALDO V., J.; RUBIANO C., G. Respuesta de plántulas de café *Coffea arabica* L. variedad Caturra, a la fertilización con N-P-K y su relación con la incidencia de mancha de hierro *Cercospora coffeicola*. *Manizales* : Universidad de Caldas. Facultad de agronomía, 1974. 60 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
8. HIDALGO U., G. Niveles y épocas de aplicación de nitrógeno en almácigo de café. p. 25-30. En: SIMPOSIO Latinoamericano sobre cafcultura. (5 : Octubre 20-22 1982 : San Salvador). San Salvador : IICA : PROMECAFE, 1982.
9. MESTRE M., A. Utilización de la pulpa en almácigos de café. Chinchiná : Cenicafé, 1973. 2 p. (Avances Técnicos No. 28).
10. SADEGHIAN K., S. Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo. Medellín : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias agropecuarias, 2012. 157 p. Tesis Doctor en Ciencias agrarias.
11. SALAMANCA J., A.; SADEGHIAN K., S. Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. *Cenicafé* 59(2):91-102, 2008.
12. SALAZAR A., J.N. Respuesta de plántulas de café a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. *Cenicafé* 28(2):61-66. 1977.
13. SALAZAR A., J.N. La pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para almácigos de café. Chinchiná : Cenicafé, 1992. 2 p. (Avances Técnicos No. 178).
14. SALAZAR A., J.N.; MESTRE M., A. Utilización de la gallinaza como abono en almácigos de café. Chinchiná : Cenicafé, 1990. 2 p. (Avances Técnicos No. 148).

15. SALAZAR A., J.N.; MESTRE M., A. Uso de la cenichaza como sustrato en almácigos de café. *Cenicafé* 44(1):20-28. 1993.
16. SALAZAR A., J.N.; MONTESINO S., J.T. Uso del estiércol de ganado como sustrato en almácigos de café. Chinchiná : Cenicafé, 1994. 4 p. (Avances Técnicos No. 207).
17. VALENCIA A., G. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Bogotá : Agroinsumos del café, 1999. 94 p.

# TECNOLOGÍA DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL PARA EL LAVADO DEL CAFÉ EN PROCESO CON FERMENTACIÓN NATURAL

Carlos Eugenio Oliveros Tascón\*; Carlos Alberto Tibaduiza Vianchá\*; Esther Cecilia Montoya Restrepo\*\*;  
Juan Rodrigo Sanz Uribe\*; César Augusto Ramírez Gómez\*

---

**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**

Se evaluó un lavador para café en proceso con fermentación natural, utilizado en la tecnología ECOMILL®. Los tratamientos consistieron en tres flujos de café lavado (2.500, 3.000 y 3.500 kg.h<sup>-1</sup>) y tres volúmenes específicos de agua (0,3, 0,4 y 0,5 L.kg<sup>-1</sup> de cps) evaluados bajo un diseño experimental completamente aleatorio en arreglo factorial 3x3. La unidad experimental consistió en 100 kg de café Variedad Castillo® con 16 h de proceso de fermentación natural y para cada tratamiento se tuvieron cinco unidades experimentales. Se observó que la remoción de mucílago es afectada por el volumen específico de agua y la interacción flujo de café lavado x volumen específico de agua. La potencia para operar el equipo es afectada por el flujo de café lavado y el volumen específico de agua empleados. El daño mecánico causado a los granos no es afectado ni por los factores por separado ni por su interacción. El mejor aprovechamiento del equipo y del agua utilizada se obtiene con flujo de café lavado de 3.500 kg.h<sup>-1</sup> y volumen específico de agua de 0,4 L.kg<sup>-1</sup> de cps. Las aguas residuales del lavado del café pueden mezclarse con la pulpa o pueden secarse en equipos solares de bajo costo, permitiendo el control del 100% de la contaminación generada en el proceso.

**Palabras clave:** Maquinaria agrícola, beneficio ecológico, remoción de mucílago.

---

## LOW ENVIRONMENTAL IMPACT TECHNOLOGY FOR THE COFFEE WASHING PROCESS USING NATURAL FERMENTATION

A equipment for washing coffee under natural fermentation process used in ECOMILL® technology was evaluated. Treatments consisted of three washed coffee flow rates (2,500, 3,000 and 3,500 kg.h<sup>-1</sup>) and three specific volumes of water (0.3, 0.4 and 0.5 cps L.kg<sup>-1</sup>) evaluated under a completely randomized design in factorial arrangement 3x3. The experimental unit (e.u.) consisted of 100kg of pulped coffee of the variety Castillo® after 16 h under natural fermentation process and for each treatment five e.u. were taken. It was observed that mucilage removal is affected by the specific volume of water and the interaction coffee flow rate x specific volume of water. The power to operate the equipment is affected by the washed coffee flow and the specific volume of water used. Mechanical damage caused to the beans is not affected by either an individually factor or by their interaction. The better utilization of equipment and water used is obtained with washed coffee flow of 3,500 kg.h<sup>-1</sup> and specific volume of water of 0.4 cps L.kg<sup>-1</sup>. Wastewater from coffee washing can be mixed with the pulp or dried on a low-cost solar equipment allowing total control of the pollution generated by the wet process.

**Keywords:** Equipment, agricultural machinery, ecological process, detachment of mucilage.

---

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

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

El fruto del cafeto está constituido por dos estructuras que son retiradas en el proceso de beneficio húmedo. El epicarpio o pulpa, de color rojo o amarillo cuando está maduro, según la variedad, y el mesocarpio o mucílago. La primera, en café variedad Colombia, en el intermedio de la cosecha, representa el 43,58% de la masa del fruto fresco (10). El mesocarpio, en cambio, representa entre el 14% y 20% de la masa, con un espesor de 0,5 a 2,0 mm (16). De acuerdo con Braham *et al.* (1978), citados por González (7), en la especie *C. arabica* el mucílago está constituido principalmente por agua (84,2%, base húmeda), sustancias péclicas totales (5,2% b.h.), carbohidratos totales (7,9% b.h.), azúcares reductores (4,7% b.h.) y azúcares no reductores (3,2%). El mucílago del café despulpado se compone de dos o tres capas de células con paredes delgadas, pegadas en su base al endocarpio o pergamino (1). El pH del mucílago varía con el grado de madurez alcanzado por el fruto, con valores de 5,6 a 5,7 (21).

El mucílago se retira de los granos una vez se haya degradado por medio de la fermentación natural o con aplicación de enzimas pectinolíticas (12, 13, 14, 15, 17, 22), y por medios mecánicos (8, 9, 15). Cuando se utiliza la fermentación natural se deja el café despulpado en tanques durante 12 hasta 18 h para permitir la degradación del mucílago por efecto de la actividad de microorganismos y enzimas propias del grano (12, 16). Cuando se utilizan enzimas pectinolíticas el café puede lavarse luego de 1 a 3 h de la aplicación del producto (13). Por medios mecánicos el mucílago se desprende agitando la masa de café despulpado, con un rotor que genera esfuerzos cortantes, que actúan en la superficie de los granos y colisiones entre éstos (11, 16).

En Colombia y en otros países productores de café suaves lavados se utilizan las siguientes tecnologías para lavar café en proceso con fermentación natural:

**Agitación manual en el tanque.** El menor volumen específico de agua (4,17 L.kg<sup>-1</sup> de cps) se logra utilizando un tanque con bordes redondeados y una paleta, denominado tanque tina (24). Se emplean cuatro enjuagues, cubriendo totalmente la masa con agua limpia en cada uno y retirando los granos que flotan, de inferior calidad. Si se disponen adecuadamente estas mieles y se despulpa el café sin utilizar agua se logra controlar el 85% de la contaminación potencial. En Cenicafé se ha observado rendimiento de 270 kg.h<sup>-1</sup> de café lavado y aguas residuales de lavado con carga de contaminación de 25.946 ppm.

Sanz *et al.* (18) desarrollaron una paleta para agitar la masa de café durante el lavado del café en el tanque, con la cual se logra reducir la energía utilizada en 41,6% y 29,0% en el primer y segundo enjuagues, respectivamente, con relación a la paleta diseñada por Zambrano (24).

**Canal de correteo.** Dispositivo hidráulico, generalmente de sección transversal rectangular, empleado para lavar, limpiar y clasificar el café (16). El café se deposita inicialmente en un tramo del canal, se cubre con una lámina de agua de 2 a 3 cm y se agita con una paleta; al agitar la masa de café y al agua se generan fuertes corrientes que arrastran los granos de mayor densidad en el fondo del canal y los de menor densidad y gran parte de la pulpa en la superficie. El agua utilizada generalmente no se recircula y el volumen específico es alto (>20 L.kg<sup>-1</sup> de cps). En el canal de correteo se logran lavar y clasificar 1.500 kg.h<sup>-1</sup> de café, en promedio, utilizando de 20 a 25 m<sup>3</sup> de agua

(28 a 35 L.kg<sup>-1</sup> cps) con aguas residuales con carga de 3.940 ppm de DQO.

**Con motobomba sumergible.** Se lava el café pasándolo de un tanque a otro, generalmente cuatro veces, utilizando una motobomba sumergible, con relación café/agua de 2/3 en masa. El agua se recircula solamente en el tercer enjuague. Se estima un volumen específico de 9 L.kg<sup>-1</sup> de cps y carga contaminante de 12.692 ppm de DQO por kilogramo de café seco. Como ventajas de esta tecnología de lavado se tiene alta capacidad, que se requiere en beneficiaderos grandes y en centrales de beneficio, remoción de mucílago no desprendido durante el proceso de fermentación y posibilidad de transportar el café a los secadores utilizando la bomba sumergible. Como desventajas, el costo de la bomba, el relativo alto consumo específico de agua y el costo de la planta para el tratamiento de las aguas utilizadas (16).

**Canal semisumergido.** Se utiliza una bomba sumergible para transportar el café hasta un canal con aberturas en el fondo. El principio de funcionamiento es similar al del canal de correteo. Los granos de mayor densidad, generalmente de mejor calidad, que se sedimentan en los primeros tramos del canal, son arrastrados por el flujo de agua y separados a través de las aberturas en el fondo del canal. Los granos de menor densidad y gran parte de la pulpa son arrastrados por las corrientes de agua en la superficie del canal. Con las motobombas sumergibles utilizadas se logran procesar hasta 7.000 kg.h<sup>-1</sup> de cps con volumen específico de agua de 6,4 L.kg<sup>-1</sup> de cps, sin recircular, y aguas residuales, con carga de 17.505 ppm de DQO (16).

**Eyector Venturi.** Dispositivo hidráulico en el cual el lavado se realiza por la agitación producida al alimentar café con mucílago

degradado a una tubería por medio de un eyector Venturi y durante su transporte posterior. Los eyectores hidráulicos operan con presiones entre 2,5 y 4,0 atmósferas, que se obtienen mediante bombas o por cabeza hidráulica por diferencia de nivel. Se recomienda operarlos con una relación de mezcla café con mucílago degradado/agua de 2/5 en volumen. El requerimiento de potencia en las bombas es alto, por lo cual se utilizan poco.

**Lavadores mecánicos de eje horizontal.** Consisten fundamentalmente en un cilindro dentro del cual gira un eje central provisto de paletas que aseguran la agitación y el avance de la masa de café y de la mezcla agua-mucílago hasta la descarga, al tiempo que se efectúa el lavado. Normalmente el eje central gira a unas 40 rpm y la potencia necesaria para moverlo es del orden de 1,5 kW, cuando el cilindro es de 1,80 m de largo y 0,40 m de diámetro. Su capacidad se estima en 1.500 kg.h<sup>-1</sup> de café con mucílago degradado y un volumen específico de 0,76 L.kg<sup>-1</sup> de café pergamino seco.

**Lavadores mecánicos de eje vertical.** Constan de un tanque circular con un eje con paletas dispuesto verticalmente en su centro. El café con mucílago fermentado se agita en este dispositivo hasta dejarlo limpio, permitiendo que el agua utilizada salga continuamente del equipo por rebose y por medio de compuertas localizadas en el fondo. La acción mecánica de la separación del mucílago es energética cuando se trabaja con poca agua y disminuye cuando aumenta la relación de agua/café. El lavador puede operarse inicialmente con poca agua y ésta aumenta al final del proceso. El eje central gira aproximadamente a 18 rpm y la potencia del motor es de 0,75 ó 1,5 kW, según se opere con o sin agua abundante, en un tanque de capacidad de 0,8 m<sup>3</sup>.

Para remover el mucílago por medios mecánicos se han desarrollado diferentes tecnologías, entre las cuales se tiene:

El equipo Raoeng, es el primer equipo desarrollado para remover mecánicamente el mucílago del café, con flujo horizontal de granos, fabricado en Alemania (4, 23). El desmucilaginado se ocasiona por fricción entre los granos, y entre éstos y partes internas de la máquina (11). Inicialmente con el equipo Raoeng se despulpaba y desmucilagínaba café robusta, con elevados consumos de agua y energía.

El equipo Aquapulpa, diseñado a partir del Raoeng, de flujo horizontal de granos, solamente para remover mucílago, fabricado en Inglaterra por Bentall (4). El principio empleado para remover el mucílago es similar al utilizado por el Raoeng.

El equipo Hess, fabricado en Puerto Rico (21), consta de un canal metálico que vibra longitudinalmente y genera fricción entre los granos. En el recorrido de los granos se suministra agua para retirar el mucílago desprendido. Requiere relativa baja potencia y agua por unidad de producto procesado.

El equipo Fukunaga, fabricado por Fukunaga en Hawaii (6), de dos cámaras con agitador tipo paletas, en cada una, con flujo vertical ascendente de granos. Con excepción del equipo Hess, presenta menor consumo específico de agua y menor potencia específica que los modelos anteriores.

Equipo ELMU, desarrollado en El Salvador por Llach (3), consta de una carcasa cilíndrica dispuesta verticalmente, dividida en cuatro cámaras, conectadas por aberturas en el fondo de cada una. En el centro de la carcasa se dispone de un rotor con agitador de varillas con relación diámetro rotor/diámetro carcasa

cercana a 1,0. La superficie interna de la carcasa tiene varillas soldadas para aumentar la fricción y colisiones entre granos y evitar zonas de menor remoción de mucílago. Por efecto del impacto y la fricción entre granos, agitadores y la superficie interna de la carcasa, el café se desmucilagina a medida que fluye de la primera cámara a la cuarta. Se requiere lavado posterior del café. La potencia específica y el agua utilizada son relativamente altos.

Equipo DESLIM (DESmucilagínador, Lavador y LIMpiador), desarrollado en Cenicafé (16). Es de flujo vertical ascendente de granos, se suministra un bajo caudal de agua para disminuir la viscosidad de la suspensión (granos y mucílago de café, agua adicionada y restos de pulpa, principalmente), permitiendo mayor movilidad de los granos, para lograr mayores colisiones entre éstos, mayor tasa de remoción de mucílago y disminuir la potencia requerida para accionar el rotor, que gira a 870 rpm. También se adiciona agua para el lavado de los granos próximos a ser evacuados del equipo. Con la tecnología DESLIM se logra desmucilaginar, lavar y limpiar café con menos de 1 L.kg<sup>-1</sup> de cps. Se diseñaron cinco modelos con capacidades para 100, 300, 600, 1.000 y 2.500 kg.h<sup>-1</sup> de cereza, con los cuales pueden atenderse necesidades de procesamiento desde 600 kg hasta 15.000 kg.día<sup>-1</sup> de café en cereza.

De las tecnologías citadas el menor consumo específico de agua se presenta en el desmucilagínador Hess y la menor potencia específica instalada con el equipo Fukunaga. Con excepción del equipo DESLIM los autores no reportan valores sobre el porcentaje de remoción mucílago, de gran importancia para Colombia por los efectos adversos en la calidad que puede ocasionar el mucílago sin retirar. Para el caso del DESLIM, el promedio de la remoción de



mucílago es superior al 98%, mientras que cuando se utiliza agitador de varillas tipo Fukunaga y la carcasa perforada del DESLIM la remoción de mucílago varía de 79,2% a 82,4%, por lo cual se requiere una práctica correctiva adicional consistente en dejar el café procesado en tanque de fermentación durante al menos 8 h, para lograr remoción superior al 98% (9).

Oliveros *et al.* (11) evaluaron un equipo de flujo vertical de granos en el lavado del café en proceso con fermentación natural, observando remoción de mucílago del 95,1% con consumo específico de agua de 0,32 L.kg<sup>-1</sup> de cps, daño mecánico de 0,51% y potencia específica de 1,01 W.h.kg<sup>-1</sup> de café lavado.

En esta investigación se evaluó un equipo diseñado para lavar café en proceso con fermentación natural. Se evaluó el efecto del flujo de café y del volumen específico de agua en la remoción de mucílago, la potencia empleada y el daño mecánico causado a los granos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** Esta investigación se desarrolló en el Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, localizado en Manizales (Caldas), altitud de 1.310 m, promedios de temperatura y humedad relativa de 21,5°C y 79,5%, respectivamente, y precipitación anual de 2.662 mm.

**Descripción del equipo.** El equipo utilizado para lavar café se presenta en la Figura 1, denominado ECOMILL® 3000. Consta de un tanque cilíndrico fabricado en acero inoxidable con capacidad para 1.000 kg de café despulpado, con fondo cónico, con ángulo de 60° con respecto a la horizontal, para permitir la descarga del café por gravedad. El café se suministra al lavador por medio de un

dosificador con tornillo sinfin de 15,24 cm de diámetro, accionado por una transmisión de potencia que permite variar su velocidad de giro de 20 a 40 rpm, para obtener los flujos de café propuestos en la investigación. El lavador de café, de flujo vertical ascendente de granos y descarga radial de fluidos, se diseñó a partir del desmucilagador DESLIM 2500 desarrollado en Cenicafé (16). El agua utilizada para lavar el café se suministra a través de tres perforaciones localizadas en la carcasa. El lavador se opera con un motor de 2,94 kW (4 HP).

**Metodología.** En esta investigación, de tipo explicativa, se evaluó el porcentaje de remoción de mucílago, daño mecánico ocasionado a los granos por el lavador y potencia para operarlo (variables de respuesta), considerando tres flujos de masa de café



**Figura 1.** Equipo ECOMILL® 3000, utilizado en la evaluación del lavador de café con mucílago degradado por medio de la fermentación natural.



lavado y tres volúmenes específicos de agua (tratamientos), descritos en la Tabla 1, bajo un diseño experimental completamente aleatorio en arreglo factorial 3x3.

La unidad experimental consistió en 100 kg de café Variedad Castillo® con 18 h de proceso de fermentación natural y para cada tratamiento se tuvieron cinco unidades experimentales. Antes de cada ensayo se midió el caudal de agua requerido ajustando las válvulas instaladas en el equipo y registrando el volumen descargado en 30 s. El volumen total de agua utilizada en cada ensayo se midió empleando un contador con escala 0 a 1 m<sup>3</sup> y resolución de 1 L.

La potencia requerida para operar el lavador se obtuvo midiendo el par o “torque” en operación continua (*T*), utilizando un equipo marca Torqsense, referencia RWT 310, con rango de torque o par de 0 a 501 N.m, con frecuencia de lectura de 1.000 s<sup>-1</sup>, y la velocidad de giro del eje del motor (revoluciones por minuto), utilizando un tacómetro marca METEK, modelo 1716, con rango 0 a 10.000 rpm y resolución de 0,1 rpm. La potencia empleada por

el motor (*W*) se obtuvo a partir de la Ecuación <1>:

$$P = \frac{\Pi}{30} TN \quad \text{Ecuación <1>}$$

Donde:

*P* = Potencia, W

*T* = T, torque, N.m

*N* = Velocidad de giro del eje del motor, revoluciones por minuto

En cada unidad experimental se obtuvo la siguiente información: tiempo empleado (minutos); porcentaje de mucílago inicial y final del café, en muestra compuesta de 1 kg tomada antes (después de 16 h de proceso de fermentación) y después de procesarlas en el lavador mecánico, utilizando la enzima pectinolítica Rohapect TPL, pectin-liasa producida a partir de *Aspergillus niger* (13), con concentración de 100 mg de enzima por kilogramo de café despulpado y tiempo de contacto de 3 h (14); torque o par, durante 1 s, cinco veces en cada prueba, requerido para mover el rotor del lavador a la velocidad de giro (870 rpm).

El daño mecánico causado solamente por el lavador se evaluó en muestras extraídas antes y después del proceso, en granos que presentaban daño observable.

Con la información de las variables de respuesta se estimó el promedio y la desviación estándar, por tratamiento, y se aplicó el análisis de varianza, bajo el modelo para el diseño experimental completamente aleatorio en arreglo factorial 3x3, al 5%. Además, se evaluó la tendencia lineal y cuadrática con la variable de respuesta potencia, de acuerdo con el flujo de café lavado y caudal de agua, y prueba de contraste para identificar la mejor combinación de tratamientos, con la variable de respuesta porcentaje de remoción.

**Table 1.** Tratamientos considerados en la evaluación del lavador mecánico, con café procesado con fermentación natural.

Tratamiento	Flujo de café (kg.h <sup>-1</sup> de café lavado)	Consumo específico de agua (L.h <sup>-1</sup> )
1	2.400 – 2.600	0,29 – 0,31
2	2.400 – 2.600	0,39 – 0,41
3	2.400 – 2.600	0,49 – 0,51
4	2.900 – 3.100	0,29 – 0,31
5	2.900 – 3.100	0,39 – 0,41
6	2.900 – 3.100	0,49 – 0,51
7	3.400 – 3.600	0,29 – 0,31
8	3.400 – 3.600	0,39 – 0,41
9	3.400 – 3.600	0,49 – 0,51

Para determinar el contenido de minerales del mucílago seco obtenido en un secador solar, se tomó una muestra compuesta de 1 kg, la cual fue enviada al laboratorio de suelos en Cenicafé (Multilab), para su respectivo análisis de minerales (Tabla 2).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El café con mucílago degradado utilizado en los ensayos presentó en promedio 16,3% de mucílago, con intervalo entre 15,74% y 16,77%, con un coeficiente de confianza del 95%. Este valor, inferior a los promedios para frutos maduros de café Variedad Castillo® de 30,9% presentados por Peñuela *et al.* (12), y de 27,3% de acuerdo con Montilla *et al.* (10), se debe a que durante el proceso de degradación parte del mucílago fluye fuera del tanque, el cual puede representar en promedio 33,4% del mucílago inicial (20). Aunque el café se dejó en el tanque de fermentación durante 18 h, el promedio de degradación de mucílago observado fue 67,0%, con intervalo de 64,6% y 69,5%, con un coeficiente de confianza del 95%.

El análisis de varianza no mostró efecto ni de la interacción ni de los factores por separado en la variable de respuesta porcentaje

de café con daño mecánico, variando los promedios entre 0,15% y 0,65% (Tabla 3). Este resultado es aceptable teniendo en cuenta que es descriptivamente inferior a los reportados por Mejía *et al.* (9), en desmucilaginado mecánico con tecnología DESLIM desarrollada en Cenicafé (16), con valores de 0,8% a 1,1%, y similar al obtenido para el equipo con rotor de varillas, con valores de 0,3% a 0,4%. Como indican Oliveros *et al.* (11), el bajo daño mecánico causado a los granos con esta tecnología se atribuye al menor tiempo de residencia de los granos (11,3 s), con relación a los 33,6 s requeridos en el equipo DESLIM 2500 utilizado para el desmucilaginado mecánico del café (16), y al menor número de agitadores empleados en el rotor (11 en lugar de 25).

El mucílago degradado es retirado de los granos por efecto de los esfuerzos cortantes, generados por el rotor, las colisiones entre los granos y las partes móviles y fijas de la máquina, y por el agua que se adiciona. El mucílago que todavía permanece adherido al pergamino del café se desprende por efecto de los esfuerzos cortantes y colisiones entre granos que se generan a medida que avanzan en el interior del equipo y, posteriormente, es expulsado radialmente a través de las

**Table 2.** Metodologías utilizadas en el análisis del material obtenido de las aguas residuales del lavado del café.

Item	Método empleado
pH	Pasta saturada
Humedad	Estufa a 70°C durante 24 h
Nitrógeno total	Semimicrokjeldahl
K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu	Espectrofotometría de Absorción Atómica
P	Colorimétrico con molibdo vanadato de amonio
Conductividad eléctrica	Conductivimétrico
COox	Walkley Black
Cenizas	Mufla a 475°C durante 4 h

**Table 3.** Promedios y desviación estándar (D.E.) para la variable porcentaje de café con daño mecánico (%), volumen específico de agua (L.kg<sup>-1</sup> de cps) y flujo de café lavado (kg.h<sup>-1</sup>) evaluados.

Volumen específico de agua (L.kg <sup>-1</sup> de cps)	Flujo de café lavado (kg.h <sup>-1</sup> )						Promedio	D.E.
	2.500		3.000		3.500			
	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.		
0,3	0,23	0,04	0,54	0,27	0,65	0,33	0,47	0,17
0,4	0,36	0,13	0,20	0,19	0,15	0,02	0,24	0,11
0,5	0,25	0,12	0,45	0,34	0,40	0,21	0,37	0,10
Promedio	0,28		0,40		0,40			
D.E.	0,07		0,18		0,25			

perforaciones de la carcasa. En general, la mayor cantidad de mucílago es expulsada en los dos tercios inferiores del lavador (Figura 2). En tratamientos con porcentaje de remoción de mucílago superior al 95% los granos de café presentan pergamino con el color que se observa en la Figura 3.

Para la variable porcentaje de remoción de mucílago, el análisis de varianza mostró efecto de la interacción, de tal manera que los mayores valores de remoción de mucílago

se obtuvieron con un volumen específico de agua de 0,5 L.kg<sup>-1</sup> de cps, para flujos de café lavado de 2.500 y 3.000 kg.h<sup>-1</sup>, y con un volumen específico de agua de 0,4 L.kg<sup>-1</sup> de cps para un flujo de café lavado de 3.500 kg.h<sup>-1</sup> (Tabla 4), de acuerdo con la prueba de contraste al 5%. Teniendo en cuenta lo anterior y buscando obtener café de mejor lavado y menor consumo específico de agua, para el mejor aprovechamiento del equipo, se recomienda operarlo con un flujo de 3.500 kg.h<sup>-1</sup> y un volumen específico de 0,4 L.kg<sup>-1</sup> de cps.



**Figura 2.** Estado de la carcasa del equipo durante el lavado del café.



**Figura 3.** Café pergamino obtenido en el lavador mecánico evaluado, **a.** con porcentaje de remoción de mucílago superior al 95% y **b.** en tanque con aplicación de cuatro enjuagues.

Para la variable de respuesta potencia, el análisis de varianza no mostró efecto de la interacción, pero sí de los factores por separado, de tal manera que la prueba de contraste indicó una tendencia lineal negativa con respecto al volumen específico de agua, y una tendencia lineal positiva con respecto al flujo de café lavado (Tabla 5 y Figura 4); es decir, a mayor volumen específico

de agua menor potencia y a mayor flujo de café lavado mayor potencia.

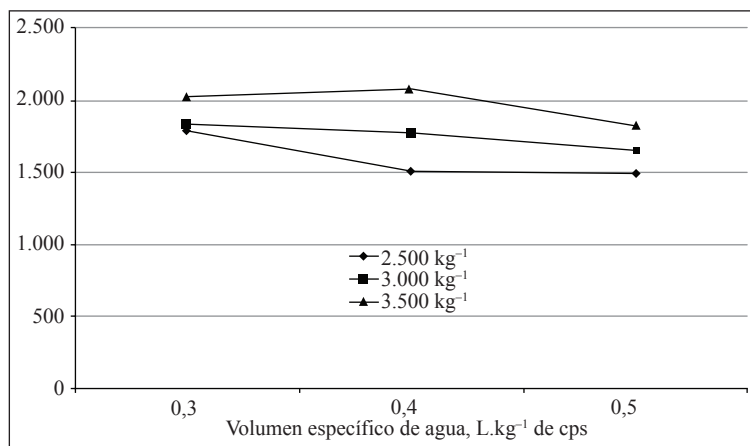
Este resultado se puede atribuir principalmente al aumento de la resistencia, por el incremento del flujo másico ( $\text{kg.s.m}^{-2}$ ), y por la presencia de mayor cantidad de mucílago durante el recorrido de los granos en el interior de la carcasa del equipo.

La potencia específica,  $Pe$  ( $\text{W.h.kg}^{-1}$  de café lavado), es un indicador de la eficiencia energética en el lavado del café. En la Tabla 6 se presentan los valores para los tratamientos evaluados, los cuales variaron entre 0,52 y 0,71  $\text{W.h.kg}^{-1}$  de café lavado, inferiores a los reportados por Oliveros *et al.* (11) para un equipo similar con capacidad para 1.500  $\text{kg.h}^{-1}$  de café lavado, con 0,86 a 1,29  $\text{W.h.kg}^{-1}$  de café lavado. Teniendo en cuenta la potencia específica empleada en el desmucilagador DESLIM 2500, desarrollado en Cenicafé (15), 7  $\text{W.h.kg}^{-1}$  de café lavado, el lavador ECOMILL® 3000 también es más eficiente.

El impacto en el volumen específico de agua ( $VEA$ ) y en la potencia específica ( $Pe$ ) con relación a otras tecnologías utilizadas en Colombia para el lavado del café se presenta en la Tabla 7. La reducción en el  $VEA$  y en la  $Pe$  es notoria en cada una de éstas. Con relación al tanque tina y utilizando la bomba sumergible la reducción en el  $VEA$  es de 88,0% y 91,7%, respectivamente.

**Table 4.** Promedios y desviación estándar (D.E.) para la variable porcentaje de remoción de mucílago (%) para cada caudal de agua ( $\text{L.min}^{-1}$ ) y flujo de café lavado ( $\text{kg.h}^{-1}$ ) evaluados.

Volumen específico de agua ( $\text{L.kg}^{-1}$ de cps)	Flujo de café lavado ( $\text{kg.h}^{-1}$ )					
	2.500		3.000		3.500	
	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.
0,3	89,36	3,56	68,36	9,35	71,58	9,13
0,4	83,52	1,66	78,32	7,33	93,2	3,27
0,5	94,06	1,02	96,5	0,91	89,9	6,23



**Figura 4.** Comportamiento de la variable de respuesta potencia, de acuerdo al volumen específico de agua utilizada.

**Table 5.** Promedios y desviación estándar (D.E.) para la variable potencia (W), para cada caudal de agua (L.min<sup>-1</sup>) y flujo de café lavado (kg.h<sup>-1</sup>) evaluados.

Volumen específico de agua (L.kg <sup>-1</sup> de cps)	Flujo de café lavado (kg.h <sup>-1</sup> )						Promedio	D.E.
	2.500		3.000		3.500			
	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.		
0,3	1.786,00	228,61	1.826,30	194,47	2.018,90	179,36	1.877,07	124,47
0,4	1.502,70	96,87	1.769,10	128,30	2.071,80	248,41	1.781,20	284,74
0,5	1.483,90	177,30	1.643,00	106,32	1.825,10	150,48	1.650,67	170,73
Promedio	1.590,87		1.746,13		1.971,93			
D.E.	169,25		93,78		129,88			

En la *Pe* también se observan importantes reducciones, 42,0% y 90,7%, cuando se lava café con bomba sumergible y utilizando la tecnología para el beneficio ecológico del café BECOLSUB, respectivamente. Con relación al equipo evaluado por Oliveros *et al.* (11) se logra reducción en potencia específica (42,0%) aunque con incremento de 25,0% en el *VEA*. Estos resultados son de gran importancia desde el punto de vista del aprovechamiento eficiente del agua en el lavado del café y la posibilidad de tratar las mieles generadas por medios como la deshidratación solar (19), (Figura 5), que permite obtener un producto, con la composición química presenta en la Tabla 8, que puede ser utilizado como abono orgánico,

evitando el 100% de la contaminación de las fuentes de agua. La reducción en potencia específica contribuye al aprovechamiento eficiente de la energía eléctrica utilizada en el lavado del café.

**Tabla 6.** Potencia específica (W.h.kg<sup>-1</sup> de café lavado) requerida para el lavado del café

Volumen específico de agua (L.kg <sup>-1</sup> de cps)	Flujo de café lavado (kg.h <sup>-1</sup> )		
	2.500	3.000	3.500
0,3	0,71	0,61	0,58
0,4	0,60	0,59	0,59
0,5	0,59	0,55	0,52
Promedio	0,64	0,58	0,56
D.E.	0,07	0,03	0,04

**Table 7.** Volumen específico de agua y potencia específica para tecnologías utilizadas en el lavado del café.

Tecnología	Volumen específico de agua		Potencia específica	
	L.kg <sup>-1</sup> de cps	Reducción con ECOMILL® 3000 (%)	W.h.kg <sup>-1</sup> de café lavado	Reducción con ECOMILL® 3000 (%)
Lavado en tanque tina con agitación manual	4,17	88,0	-	-
Lavado en tanque con bomba sumergible de 2 HP	6,0	91,7	1,00	42,0
BECOLSUB 2500	1,0	50,0	6,22	90,7
ECOMILL® 1500	0,4	-25,0	1,00	42,0
ECOMILL® 3000	0,5	-	0,58	-

**Tabla 8.** Caracterización del mucílago seco del café Variedad Castillo®, realizada en el laboratorio de Cenicafé (Multilab).

Variable	Valor
Humedad (%)	6,6
pH	4,9
Densidad real (g.mL <sup>-1</sup> )	0,65
Conductividad eléctrica (mS.cm <sup>-1</sup> )	6,68
Cenizas (%)	8,7
Pérdidas por volatilización (%)	91,3
Retención de agua* (%)	186,8
Ntotal (%)	2,55
C.O.ox (%)	33,1
P (%)	0,29
K (%)	4,52
Ca (%)	1,02
Mg (%)	0,33
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	971
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	89
Zn (mg.k <sup>-1</sup> )	142
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	46

Nota: Resultados expresados en base seca; \* la retención de agua en base húmeda.

Se puede concluir que:

- La tecnología evaluada para el lavado del café permite remover mucílago degradado por fermentación natural con menor volumen específico de agua y menor potencia

específica que las tecnologías utilizadas actualmente. Con relación al lavado en el tanque con bomba sumergible el volumen específico de agua y la potencia específica se reducen en 91,7% y 42,0%, respectivamente.

- En los rangos de flujo de café lavado y volumen específico de agua considerados en esta investigación, la remoción de mucílago es afectada por el volumen específico de agua y la interacción flujo de café lavado x volumen específico de agua. La potencia para operar el equipo es afectada por el flujo de café lavado y el volumen específico utilizados. El daño mecánico causado a los granos no es afectado por el flujo de café lavado ni por la interacción flujo de café lavado x volumen específico de agua utilizado, variando entre 0,15% a 0,65%.
- La potencia para operar el lavador varió entre 1.483,9 y 2.071,8 W. La potencia específica,  $Pe$  (W.h.kg<sup>-1</sup> de café lavado), varió entre 0,52 y 0,71 W.h.kg<sup>-1</sup> de café lavado, valores inferiores a los reportados por Oliveros *et al.* (11) para un equipo similar con capacidad para 1.500 kg.h<sup>-1</sup> de café lavado, 0,86 a 1,29 W.h.kg<sup>-1</sup> de café lavado. Adicionalmente, es notoriamente





**Figura 5.** Secado solar de mieles resultantes del lavado del café. **a.** Vista interna del secador y **b.** mieles deshidratadas.

inferior a la observada en la tecnología para desmucilaginar mecánico DESLIM 2500,  $7 \text{ W.h.kg}^{-1}$  de café lavado. Considerando los valores de potencia específica anteriores y valores de energía eléctrica de \$ 400 kWh, al utilizar la nueva tecnología se podría obtener un ahorro de \$ 464.000 por tonelada de café seco obtenido en la finca.

- El mejor aprovechamiento del equipo y del agua utilizada se obtiene con flujo de café lavado de  $3.500 \text{ kg.h}^{-1}$  y volumen específico de agua de  $0,4 \text{ L.kg}^{-1}$  de cps.
- Con la tecnología evaluada se controla hasta el 100% la contaminación causada por las aguas residuales de lavado, utilizando secadores solares de bajo costo o mezclándolas con la pulpa del café, valor superior al observado con Becolsub (90%).

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Cenicafé, Colciencias y a la empresa JM. Estrada S.A. por el apoyo recibido para realizar esta investigación.

### LITERATURA CITADA

1. AVALLONE, S.; GUYOT, B.; MICHEAUX-FERRIERE, N. Cell wall polysaccharides of coffee bean mucilage. Histological characterization during fermentation. *In: Colloque Scientifique International sur le café*, 18. Helsinki (Finlandia), Agosto 2-6, p 463-470. 1999.
2. CLARKE, R.J.; MACRAE, R. *Coffee Vol. 2. Technology*. Londres (Inglaterra). Elsevier Applied Science, 321p, 1987.
3. CLEVES S., R. *Tecnología en beneficiado de café*. 2a edición. San José Costa Rica, Cléves y Faith, 223p. 1998.
4. COSTE, R. *Coffee: The plant and the product*. Londres (Inglaterra). MacMillan Press, 328p, 1993.
5. ELIAS, L. G. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. *In: Braham, J. E. and Bressani, R. Pulpa de café. Composición, Tecnología y Utilización*. INCAP. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. CIID. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. 1978. 152 p.
6. FUKUNAGA E. T. A New mechanical coffee demucilaging machine. Hawaii, Agricultural Experiment Station, 1957. 18 p. (Bulletin No. 115).
7. GONZÁLEZ, E. Temas selectos sobre el aprovechamiento de los residuos del beneficiado húmedo del café. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México, D.F. 1982. (Informe técnico para optar el título de Ingeniero Bioquímico). 132 p.

8. MENCHU E., J.F. Manual práctico de beneficios de café. Guatemala, Asociación Nacional de Café. Subgerencia de Asuntos Agrícolas, 1973. 96 p. (Boletín No 13).
9. MEJÍA G., C.A.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; MORENO C., E.L.; RODRÍGUEZ H., L.A. Evaluación del desempeño técnico y ambiental de un desmucilagador de café con rotor de varillas. *Cenicafé* 58(2): 122 - 133. 2007.
10. MONTILLA P., J.; ARCILA P., J.; ARISTIZÁBAL L., M.; MONTOYA R., E.C.; PUERTA Q., G.I.; OLIVEROS T., C.E.; CADENA G., G. Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. *Cenicafé* 59(2): 120-142. 2008.
11. OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; MONTOYA R., E.C.; RAMÍREZ G., C.A. Equipo para el lavado ecológico del café con mucilago degradado con fermentación natural. *Revista de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes*. Enero–Junio de 2011. Vol. 33, p 61-67.
12. PEÑUELA M., A.E; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R. Remoción del mucilago de café a través de fermentación natural. *Cenicafé* 61(2): 159 – 173. 2010.
13. PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P.; RODRÍGUEZ V., N.; OLIVEROS T., C.E. Evaluación de una enzima pectinolítica para el desmucilagado del café. *Cenicafé*. 61(3): 241-251. 2010.
14. PEÑUELA M., A.E.; PABÓN U., J.P.; OLIVEROS T., C.E. Enzimas: un alternativa para remover rápida y eficazmente el mucilago del café. 2011, 8p. (Avances Técnicos N° 406).
15. PUERTA Q., G.I. Efecto de enzimas pectinolíticas en la remoción del mucilago de *Coffea arabica* L. Según el desarrollo del fruto. Chinchiná, *Cenicafé*, 60(4): 291:312. 2009.
16. ROA, M. G; OLIVEROS, T. C.E.; ÁLVAREZ G. J.; RAMÍREZ, G. C.A. ÁLVAREZ, H.J.R.; DÁVILA, A.M.T.; ZAMBRANO, F. D.A.; PUERTA, Q. G.I.; I.; RODRÍGUEZ V., N. Beneficio ecológico del café. Chinchiná (Colombia), *Cenicafé*, 1999.
17. ROLZ, C.; MENCHUE, J.F.; ESPINOZA, A.; GARCÍA P., A. Coffee fermentation studies. *In: Colloque Scientifique International sur le café*, 5, Lisboa (Portugal), Junio 14-19, p 259 – 269. 1971.
18. SANZ U., J.R.; LÓPEZ P., U.; MEJÍA G., C.A.; RAMÍREZ G., C.A. Paleta plástica para lavar café con menores esfuerzo. 2007, 4p. (Avances Técnicos N° 361).
19. RAMÍREZ, G. C.A., Disminución del impacto ambiental en la tecnología Belcosub mediante la evaporación de lixiviados. Tesis: Maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente; Universidad de Manizales. Facultad de ingeniería, 92 p..2011.
20. TIBADUIZA, V. C.A. Evaluación de alternativas para el de manejo de mieles del proceso de beneficio de café con el equipo ECOLAV. *In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ*. *Cenicafé*. Informe anual de actividades de la disciplina de Ingeniería Agrícola 20010 – 2011. Chinchiná, *Cenicafé*, 2011. 17p. Informe anual de actividades.
21. SIVETZ, M.; FOOT, H. E. Coffee processing technology. Westport (Estados Unidos) The AVI publishing Company, 598p, 1963.
22. WILBAUX, R. Coffee processing. Roma, FAO, 1963. 232 p. (Boletín no oficial de trabajo N° 20).
23. WINTGENS, J.N. Coffee: Growing, processing, sustainable production. A guidebook for Growers, Processors. Traders and Researchers. Wienheim (Alemania), Wiley-VCH Verlag, 975p, 2004.
24. ZAMBRANO F, D. A; ISAZA H., J. D. Lavado del café en los tanques de fermentación. *Revista Cenicafé* (Colombia) 45(3):106-118. 1994.



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

**DIRECCIÓN**

Fernando Gast H., Biólogo Ph.D.  
Ángela Liliana Zapata R., Administradora de Empresas M.Sc.

**PROGRAMA PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD**

Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo Ph.D

**PROGRAMA CAFICULTURA Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA**

Néstor Miguel Riaño H., Ing. Agrónomo Ph.D.

**DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN**

**Calidad**

Gloria Inés Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.  
Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga \*\*  
Andrés Mauricio Villegas H., Ing. Agrónomo M.Sc.\*\*  
Mariana Santos Rivera, Medica Veterinaria Zootecnista  
Gustavo Echeverri M

**Gestión de Recursos Naturales y Conservación**

Nelson Rodríguez V., Ing. Químico Ph.D.  
Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico  
Rocío Espinosa A., Médico Veterinario y Zootecnista  
Claudia Rocío Gómez P., Tec. Química  
Juan Carlos López N., Microbiólogo \*\*  
Andrés Mauricio López L., Médico Veterinario y Zootecnista  
José Rafael Rodríguez N., Lic. Biología y Química Esp.  
Laura Vanessa Quintero Yepes, Ing. Química \*\*  
Sergio Gómez Rios, Aprendiz Universitario  
Daniela Guzmán Cortés, Aprendiz Sena

**Fisiología vegetal**

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo Ph.D.  
Aristóteles Ortiz, Químico, M.Sc  
Jenny Lorena Aguirre M., Ing. de Alimentos  
Claudia Yoana Carmona G., Ing. Agrónomo  
Luz Fanny Echeverry G., Química  
Marta Bibiana Escobar P., Tec. Químico  
Lizardo Norbey Ibarra R., Ing. Agrónomo  
Mauricio Serna O., Ing. Electrónico  
Carlos Andrés Unigarro M., Ing. Agrónomo M.Sc.  
Humberto Iván Ríos., Ingeniero Ambiental Esp.  
Yulieth Paola Giraldo E. Ing. de Sistemas y Telecom Esp.  
Juan David Hernández Arredondo, Ing. Agrónomo M.Sc.  
Claudia Marcela Mora Agudelo \*\*  
Mario Franco A.  
Braian Alejandro López O.  
Claudia Patricia Valencia V.  
José Robín García C.  
Rocío del Pilar Pineda Sandoval, Ing. de Alimentos

**Suelos**

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo Ph.D.  
Hernán González O., Ing. Agrónomo M.Sc.\*  
Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo M.Sc.\*  
José Horacio Rivera P., Ing. Agrónomo Ph.D.  
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 Angarita, Ing. Agrónomo Esp.  
Arturo Gómez V.

**Fitotecnia**

Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo M.Sc.  
José Raúl Rendón Sáenz, Ing. Agrónomo M.Sc.  
Carlos Augusto Ramírez C., Tec. Técnicas Forestales  
Leidy Tatiana Bermúdez F., Ing. Agrónomo  
Nathalia Díaz Mejía, Ing. Agrónomo  
José Rubiel Castrillón G, Ing. Sistemas y Telecom.

**Mejoramiento Genético**

José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.  
María del Pilar Moncada B., Ing. Agrónomo Ph.D.  
Diana María Molina V., Bacterióloga Ph.D  
Carlos Ernesto Maldonado L., Ing. Agrónomo M.Sc.\*  
Jefferson Medina O., Biólogo\*\*  
Alexa Yadira Morales C., Bióloga  
Ligia Belén Suescún P., Ing. de Prod. Biotecnológica  
Mónica Quintero M., Ing. Biológica \*\*  
Conrado Antonio Quintero D., Administrador Financiero  
Carlos Augusto Vera A., Administrador Financiero  
Jairo Jaramillo O., Tec. en Electrónica  
Andrea Valencia O., Bióloga \*\*  
Hernán Díaz C.  
Cruz Elena Díaz M.  
Omar Villarreal  
Sandra Liliana Largo V.

**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\*  
Aníbal Arcila M., Ing Agrónomo  
Mauricio Jiménez Q., Tec. Administración Agropecuaria  
Lucio Navarro E., Biólogo\*  
Juan Paulo Pimentel S., Tec. Adm. Empresas Agropecuarias  
Juan Carlos Ortiz F.  
Carlos Alberto Quintero A.  
Diana Soraya Rodríguez A., Téc. en Producción de Café  
Claudia Bibiana Tabares B.  
Faber de Los Ríos P.  
Diana Marcela Giraldo V.

### **Agroclimatología**

Carolina Ramírez C., Ing. Agrícola  
Wilmar A. Rendón G., Tec. en Sistemas Informáticos  
Myriam Giraldo M.  
Luis Gonzaga Henao R.  
Fabián Sánchez L.  
Luis Fernando Torres Q.  
Jorge Hernán Marulanda E., Tec. en Electrónica  
Orlando Salazar G.

### **Fitopatología**

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.  
Juan Manuel López Vásquez, Ing. Agrónomo, M.Sc.  
Alejandra María Hoyos G. Ing. Agrónomo  
Carlos Alberto Zuluaga E., Tec. en Mantenimiento en Comp. y Redes  
Carlos Arturo González V.  
Jorge Dicksson Ocampo M.  
Jaroliver Cardona G.  
Juan Carlos López C.

### **Sostenibilidad**

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos M.Sc.  
Gloria Esperanza Aristizábal V., Lic. Bióloga y Química M.Sc.  
María Cristina Chaparro C., Química M.Sc.  
Janeth Alexandra Zuluaga M., Economista Empresarial M.Sc.  
Paola Andrea Espejo G. Antropóloga \*\*  
Mario López L.  
Juan Sebastián Ospina Ramírez, Aprendiz Sena

### **Ingeniería agrícola**

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.  
Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico Ph.D.  
César Augusto Ramírez G., Arquitecto M.Sc.  
Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos M.Sc.\*  
Paula Jimena Ramos G., Ing. Electrónico M.Sc.\*\*  
Ricardo José Grisales M., Tec. en Electrónica  
José Farid López D., Tec. en Administración Agropecuaria  
Javier Arias H.  
Mario Espinosa G.  
Javier Velásquez H.

### **EXPERIMENTACIÓN**

---

Carlos Gonzalo Mejía M., Admr de Empresas Agropecuarias M.Sc.  
Kelly Johana Correa A., Prof. en Adm. de Mercadeo

#### **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\*\*

#### **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

### **Estación Experimental Paraguaito**

Myriam Cañón H., Ing. Agrónomo \*\*  
Daniel Antonio Franco C., Tec. en Gestión Agropecuaria \*\*

### **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., Técnico en Mantenimiento Eléctrico\*\*

#### **Documentación**

Alma Patricia Henao T., Lic. en Lenguas Modernas, Bibliotecóloga, Esp.  
Nancy Elena Pérez M., Contador Público  
Jorge Wilmar Valencia G. Tec. en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información

#### **Economía**

César Alberto Serna G., Contador, M.Sc.

#### **Divulgación y Transferencia**

Sandra Milena Marín L., Ing. Agrónomo 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  
Sebastián Sánchez Agudelo, Aprendiz

### **UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA**

---

Luz Miryam Corredor R., Administradora de Empresas, Contador Público, Esp.  
Rufina Perdomo G.

#### **Gestión Contable y Tributaria**

Martha Elena Vélez H., Contador Público Esp.  
Jesús Danilo González O., Contador Esp.  
María Consuelo González H.  
Adrián Castro Duque, Aprendiz

#### **Gestión de Bienes y Servicios Mantenimiento**

Óscar Fernando Ramírez C., Ing. Mecatrónica\*\*  
Cristian David Sabogal E., Ing Electrónico y Electricista  
Gabriel Hernando Ortiz C., Tec. en Gestión Bancaria y Financiera  
Uriel López P.  
José Asdrúbal Muñoz  
Rogelio Rodríguez G.  
Javier Vanegas V.  
Eduardo Villegas A.  
Fredy Hernán Osorio C.  
Alexander Erazo S. Técnico Electricista  
Cristian Andrés Chica Gómez, Aprendiz Universitario

**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., Tec. Administración de Negocios

Germán Uriel G., Administrador de Empresas, Esp.

Elsa Natalia Quintero C., Profesional en Salud Ocupacional Esp.\*\*

**Planeación Financiera y Presupuesto**

Jesús Alberto Cardona L. Ing. Industrial M.Sc.

Damaris Márquez G., Administradora Financiera\*\*

Federico Giraldo D., Administrador de Empresas

**Gestión de Bienes y Servicios Contratación**

Juan David Alzate Ocampo, Economista, M.Sc.

Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial

Luz Stella Duque C., Tec. en Administración de Negocios

Ángela Jaramillo G., Prof. en Comercio Internacional\*\*

Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público

Yolanda Castaño G.

Gabriel Antonio Melo P.

Juan Pablo Jaramillo B., Técnico en Fotografía

Lina María Giraldo, Tec. Asistente Administrativo\*\*

Oscar Eduardo Morales V., Aprendiz

Yuliana Paola Zambrano C., Aprendiz

**Tecnología de la Información y Comunicaciones**

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico

Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas, Esp.\*\*

Luz Ángela Fernández R., Licenciada en Psicopedagogía

Elkin Marcelo Valencia L., Ingeniero de Sistemas\*\*

Arley Valencia S., Ingeniero Electrónico\*\*

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.

---

\*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<sup>-1</sup>, y no 5 g de peso seco.día<sup>-1</sup>
  - \_ Se aplicaron 25 g.ha<sup>-1</sup> del ingrediente activo, y no 25 g i.a./ha
  - \_ Cada planta recibió 20 g.ha<sup>-1</sup> de agua, y no 20 g H<sub>2</sub>O/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)

### 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. Está 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





**Cenicafé**

*Al servicio de los caficultores colombianos, desde 1938*

[www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)