

RELACIÓN ENTRE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD INTEGRAL DEL GRANO EN SELECCIONES AVANZADAS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*) EN ECUADOR

RELATIONSHIP BETWEEN PRODUCTIVITY AND INTEGRAL BEAN QUALITY IN ADVANCED SELECTIONS OF ROBUSTA COFFEE (*Coffea canephora*) IN ECUADOR

Fanny G. Zambrano-Flores^{1*}, Rey G. Looz-Solorzano¹, Luis F. Plaza-Avellán¹, Ramón E. Jaimez-Arellano^{1,2,3}, Hilton E. Guerrero-Castillo¹, Teresa DJ. Casanova-Mendoza¹, Diana A. López¹, Gladys A. Rodríguez-Zamora¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Tropical Pichilingue. C.P. 24 Mocache, Los Ríos, Ecuador. (fanny.zambrano@iniap.gob.ec). ²Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería Agronómica Manabí, Ecuador. ³Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Instituto Investigaciones Agropecuarias. Mérida, Venezuela.

RESUMEN

La industria internacional del café soluble ha crecido aceleradamente, por lo que la demanda de los granos de café Robusta (*Coffea canephora*), una materia prima esencial para este mercado, ha aumentado 3.58 % de 2001 a 2013. En Ecuador, los esfuerzos en el área de mejoramiento genético permitieron identificar genotipos con rendimientos altos, pero la información de las características físicas, químicas y organolépticas de sus frutos es escasa. El objetivo de este estudio fue agrupar selecciones ecuatorianas de *C. canephora*, mediante variables de producción y características físicas, químicas y organolépticas. Los datos corresponden a tres años de producción de 25 plantas de cinco clones. La unidad experimental fue 1 kg de café oro de cada genotipo. Los resultados mostraron que la tasa de conversión "café cereza - café oro" fue estadísticamente similar entre los individuos. Una característica de interés comercial fue el contenido mayor de sacarosa respecto a fructosa y glucosa en todos los genotipos. Los individuos con producción mayor de café cereza presentaron más defectos físicos en los granos de café oro. El análisis multivariable mostró rendimiento de café cereza, porcentaje de humedad, defectos y porcentaje de cafeína como variables con contribución mayor en la diferenciación. Catorce de los veinticinco individuos evaluados mostraron calidad organoléptica alta, lo que permite considerarlos cafés finos.

Palabras claves: conversión, densidad, calidad organoléptica, solubles.

ABSTRACT

The international industry of instant (or soluble) coffee has had rapid growth and the demand for Robusta (*Coffea canephora*) coffee beans, an essential raw material for this market, has increased 3.58 % from 2001 to 2013. In Ecuador, efforts in genetic improvement led to identification of high-yielding genotypes. Nevertheless, information about physical, chemical and organoleptic characteristics of the fruits is scarce. The objective of this study was to group selections of Ecuadorian *C. canephora* by production variables and physical, chemical and organoleptic characteristics. The data used corresponds to 25 plants from five clones in production for three years. The experimental unit was 1 kg green coffee of each genotype. The results showed that the conversion rate from coffee cherry to green coffee was statistically similar among the individuals. One characteristic of commercial interest was the higher content of sucrose, relative to fructose and glucose in all the genotypes. The individuals with higher production of coffee cherries had more physical defects in the green coffee beans. The multivariate analysis showed that coffee cherry, moisture content, defects and percentage caffeine were the variables that contributed most to differentiation. Fourteen of the 25 individuals evaluated had high organoleptic quality and, therefore, are considered fine coffee.

Key words: conversion, density, organoleptic quality, soluble coffee.

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: marzo, 2017. Aprobado: abril, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en Agrociencia 52: 593-607. 2018.

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea* sp.) se cultiva en 56 países de Asia, África y América (ICO, 2016) y es una de las bebidas de mayor consumo en el mundo (Bicho *et al.*, 2013; Jaramillo-Villanueva y Benítez-García, 2016). De las 100 especies del género Rubiaceae, sólo *Coffea arabica* L. (café arábigo) y *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (café robusta) se cultivan comercialmente. La producción mundial en los cinco años recientes fue 5 y 3.6 millones de t, respectivamente y desde hace unos 10 años, el sector industrial está interesado en evaluar cultivares de *C. canephora* para producir mezclas con *C. arabica* y obtener variaciones en el aroma, fragancia y acidez.

En cada país, los programas de mejoramiento de *C. canephora* han obtenido clones con diferencias en rendimiento y resistencia a enfermedades (Cilas *et al.*, 2003; Cilas *et al.*, 2011). En Ecuador, reportes históricos no oficiales señalan que *C. canephora* se introdujo en 1943 en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (Loor *et al.*, 2015) y se expandió a regiones con climas y suelos variados, desde zonas con precipitación alta, como la Amazonia ecuatoriana, hasta regiones semiáridas, en la provincia de Guayas y Santa Elena. La información acerca del rendimiento de los clones de *C. canephora* en Ecuador es escasa (Plaza *et al.*, 2015) y de las características químicas se encontró sólo un estudio que muestra los cambios de azúcares, oligosacáridos y su transporte durante la maduración de las semillas (Rogers *et al.*, 1999). La calidad de los clones seleccionados por alta producción se desconoce si es aceptable en el mercado, por lo cual es necesario evaluar las características físico-químicas de los materiales de alta producción obtenidos recientemente. El contenido de cafeína influye directamente en la calidad de la bebida, por lo que conviene conocer su variación entre regiones (Babova *et al.*, 2016) y, además, debería conocerse la relación de los contenidos de azúcares entre los clones con su calidad.

Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron agrupar 25 árboles élitos de *C. canephora* de alto rendimiento con base a características físicas, químicas y organolépticas de los granos y la producción y conocer las variables químicas y organolépticas más importantes y su relación con la producción alta.

INTRODUCTION

Coffee (*Coffea* sp.) is cultivated in 56 countries of Asia, Africa and America (ICO, 2016) and is one of the most consumed beverages worldwide (Bicho *et al.*, 2013; Jaramillo-Villanueva and Benítez-García, 2016). Of the 100 species of the genus Rubiaceae, only *Coffea arabica* L. (arabica coffee) and *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (Robusta coffee) are cultivated commercially. World production in the last five years was 5 and 3.6 million t, respectively, and for the last 10 years, the industrial sector is interested in evaluating *C. canephora* cultivars to produce mixtures with *C. arabica* in order to obtain variations in aroma, fragrance and acidity.

In each country, *C. canephora* breeding programs have produced clones with different yields and disease resistance (Cilas *et al.*, 2003; Cilas *et al.*, 2011). In Ecuador, according to unofficial historical reports, *C. canephora* was introduced in 1943 in the Tropical Experimental Station Pichilingue (EETP) of the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (Loor *et al.*, 2015) and spread to regions with different climates and soil types, from regions of high precipitation, such as the Ecuadorian Amazon to semi-arid regions in the provinces of Guayas and Santa Elena. Information regarding *C. canephora* clone yields in Ecuador is scarce (Plaza *et al.*, 2015), and regarding chemical characteristics, we found only one study that shows changes in sugars, oligosaccharides and their transport during seed maturation (Rogers *et al.*, 1999). It is unknown whether the quality of the clones selected for high production is acceptable in the market, and thus, it is necessary to evaluate the physical-chemical characteristics of recently developed high-producing materials. The content of caffeine directly affects the quality of the drink, and it is of interest to determine how it varies among regions (Babova *et al.*, 2016). The relationship of sugar contents among the clones and their quality should also be determined.

Therefore, the objectives of this study were to group 25 elite high-yielding *C. canephora* trees by physical, chemical and organoleptic characteristics of the coffee beans and production and to determine the most important chemical and organoleptic variables and their relationship with high production.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio y material evaluado

Este estudio se realizó en el Banco de Germoplasma de Café Robusta de la EETP, Provincia de Los Ríos, Ecuador (1° 4' 33" S, 79° 29' 15" O, altitud 80 m y temperatura y humedad relativa promedio de 24 °C y 82 %). Los individuos del estudio fueron 25 árboles élite, seleccionados en un estudio previo por sus características agronómicas de interés comercial, como altura de planta, total de ramas productivas, longitud de ramas productivas, total y distancia entre nudos (Plaza *et al.*, 2015).

Datos de producción y determinación de propiedades físicas y químicas

Durante el periodo de cosecha (abril a octubre) del 2012 se recolectaron cada 15 d los frutos de café cereza de los 25 árboles. En cada cosecha, los frutos recibieron el beneficio postcosecha por la vía seca, exponiéndolos a la luz solar dentro de una marquesina. Los frutos se distribuyeron en capas de 3 a 5 cm de espesor, se removieron tres veces al día, hasta que la humedad fue 10 a 12 % ("café bola seca") y luego se trillaron.

Variables físicas y químicas

En cada muestra se determinó humedad, densidad y tamaño de granos. Los defectos físicos se evaluaron según la norma INEN-ISO 10470:2012 (INEN, 2012). La pérdida de masa real e impacto sensorial se determinaron para estimar el valor de defectos. Los sólidos solubles (SS) se evaluaron en 10 g de café molido en 200 mL de agua, lo cual se colocó en un calentador-agitador por 15 min hasta ebullición, y se centrifugó con 15 mL del extracto líquido por 10 min. Una muestra de 10 mL del sobrenadante se secó por 3 h en una estufa, se mantuvo en un desecador por 5 a 10 min, se pesó y obtuvo el rendimiento de café soluble "extracto seco". Los porcentajes de cafeína, glucosa, fructosa y sacarosa se determinaron por HPLC.

Variables organolépticas

En un tostador de cilindro se tostaron 100 g de café oro entre 180 a 220 °C por 8 a 12 min, hasta obtener un color café marrón oscuro. Luego los granos se redujeron a partículas pequeñas (500 µm) con un molino eléctrico.

Un panel para catar se conformó con técnicos del INIAP y la compañía Solubles Instantáneos S.A. (SICA). Por cada muestra se prepararon cinco tazas con 8.25 g de café tostado y molido en 150 mL de agua en ebullición. Los catadores calificaron los

MATERIALES Y MÉTODOS

Study site and evaluated material

This study was conducted at the Robusta coffee germplasm bank of the EETP, Los Ríos Province, Ecuador (1° 4' 33" S, 79° 29' 15" W, altitude 80 m; average temperature 24 °C and relative humidity 82 %). The subjects of the study were 25 elite trees, selected in a study for their agronomic characteristics of commercial interest, such as plant height, total number of productive branches, length of productive branches, total number and distance between nodes (Plaza *et al.*, 2015).

Production data and determination of physical and chemical properties

During the harvest period (April to October) 2012, coffee cherries were collected every 15 d from the 25 trees. After each collection, the fruits were dry-processed, exposed to sunlight in a glass canopy. The fruits were distributed in layers 3 to 5 cm thick, turned three times a day until moisture was 10 to 12 % ("café bola seca") and hulled.

Physical and chemical variables

In each sample, moisture, density and grain size were determined. Physical defects were evaluated according to the norm INEN-ISO 10470:2012 (INEN, 2012). Real loss of mass and sensorial impact were determined to estimate the value of the defects. Soluble solids (SS) were evaluated in 10 g ground coffee in 200 mL of water, which was placed in a heater-shaker for 15 min until boiling and the liquid extract was centrifuged 10 min. A sample of 10 mL of the supernatant was dried 3 h in an oven, it was kept in a desiccator for 5 to 10 min, weighed, and yield of soluble "dry extract" coffee was obtained. Percentages of caffeine, glucose, fructose and sucrose were determined by HPLC.

Organoleptic variables

In a cylindrical roaster, 100 g green coffee was roasted at 180 to 220 °C for 8 to 12 min until it turned dark brown. The coffee beans were then reduced to small particles (500 µm) with an electric mill.

A tasting panel of technical workers of INIAP and of the firm Solubles Instantáneos S.A. (SICA) was formed. With each sample, five cups of coffee were prepared with 8.25 g roasted ground coffee in 150 mL boiling water. The tasters scored the sensorial parameters: fragrance-aroma, taste, aftertaste, salt-

parámetros sensoriales: fragancia-aroma, gusto, regusto, equilibrio sal-acidez, equilibrio amargo-dulce, sensación en la boca, uniformidad, equilibrio, limpieza y valor general en la escala 1 a 10, donde 1 fue el valor menor.

Estadística

Los análisis de componentes principales (ACP) y agrupamiento se realizaron con las variables de producción, físicas, químicas y organolépticas y se usó el software Infostat versión 12.0 (Di Rienzo *et al.*, 2014). El análisis de agrupamiento se basó en la distancia Euclidiana y con el método de jerarquía de aglomerados se obtuvo un dendrograma de similitud.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

Los individuos con promedio mayor de rendimiento entre 2010 y 2012 fueron COF004-p9, COF004-p15, COF003-p7 y el COF003-p18 (Cuadro 1) y nueve individuos generaron promedios anuales de café cereza menores a 10 kg por planta. Rendimientos mayores a este último valor son el criterio para seleccionar clones de alta productividad en Ecuador (Enríquez *et al.*, 2014). Los errores estándar altos indican variabilidad alta de la producción debida al patrón bianual (alta y producción anual alternada baja) en los primeros años de producción de café (Cilas *et al.*, 2011). Los cultivares de *C. canephora* de productividad alta en un lugar pueden modificarla en otros (Montagnon *et al.*, 2000). Pero en otras especies alogamas, como *Theobroma cacao*, antes de la entrega a productores es imprescindible evaluar el comportamiento de las variables productivas de las regiones, en función de las condiciones de suelo y las variaciones climáticas de al menos cuatro años.

Variables físicas de los granos de café

La densidad de los granos fue de 742 (individuo NP2024-p7) a 801 g L⁻¹ (individuo NP3018-p19) y un coeficiente de variación entre individuos de 1.97 (Cuadro 1). Todos los individuos se caracterizaron como de "alta densidad" (> 650 g L⁻¹) (Duicela *et al.*, 2004). La conversión de café cereza a café oro fue similar entre los individuos (R²=0.21) (Cuadro 1), con un promedio de 4.61 (Figura 1), lo cual indica que los cultivares con rendimiento alto también

acidity balance, bitter-sweet balance, sensation in mouth, uniformity, balance, purity, and general score on a scale of 1 to 10; 1 was the lowest score.

Statistics

The principal components (PCA) and cluster analyses were performed with the production, physical, chemical and organoleptic variables using the software Infostat version 12.0 (Di Rienzo *et al.*, 2014). Cluster analysis was based on Euclidian distance and, with the cluster hierarchy method, a similarity dendrogram was obtained.

RESULTS AND DISCUSSION

Yield

The individuals with the highest average yields between 2010 and 2012 were COF004-p9, COF004-p15, COF003-p7 and COF003-p18 (Table 1), and nine individuals produced annual averages of coffee cherries of less than 10 kg per plant. Yield above this value is a criterion for selecting high-producing clones in Ecuador (Enríquez *et al.*, 2014). The high standard errors indicate wide production variability due to the biannual pattern (high alternating with low annual production) in the first years of production (Cilas *et al.*, 2011). Production of *C. canephora* cultivars can be high in one place and different in others (Montagnon *et al.*, 2000). Also, in allogamous species, such as *Theobroma cacao*, it is essential to evaluate productive variables in each specific region in function of soil conditions and climatic variables of at least four years.

Physical variables of coffee beans

Density of the coffee beans was 742 (individual NP2024-p7) to 801 g L⁻¹ (individual NP3018-p19) and the coefficient of variation among individuals was 1.97 (Table 1). All the individuals were characterized as "high density" (>650 g L⁻¹) (Duicela *et al.*, 2004). The conversion rate from coffee cherry to green coffee was similar among the individuals (R²=0.21) (Table 1), with an average of 4.61 (Figure 1), indicating that high-yielding cultivars also produce a larger quantity of green coffee (Figure 2). Individual COF003-p8 had the lowest conversion rate (4.11), a valuable commercial characteristic. Bean size varied from

Cuadro 1. Promedio de rendimiento, densidad (D), porcentaje de humedad (%H), tamaño promedio del grano (TPG), conversión de café cereza/café oro (C c/o), sólidos solubles (SS) Defectos (Def) de 25 individuos de *Coffea canephora*. EET-Pichilingue, en 2012.

Table 1. Average yield, density (D), percentage moisture (%H), average bean size (TPG), conversion coffee cherry/green coffee (C c/o), soluble solids (SS), Defects (Def) of 25 *Coffea canephora* individuals. EET-Pichilingue, 2012.

Individuo	Promedio (kg) café cereza - año [†]	D (g L ⁻¹)	H (%)	TPG (mm)	C c/o	SS	Def [‡]
COF001-p2	10.60 ± 5.79	792.00	10.85	7.25	4.76	25.02	1.86
COF001-p10	11.42 ± 5.28	750.00	10.38	5.69	4.32	22.95	2.15
COF003-p2	6.97 ± 4.95	765.50	10.60	5.68	4.62	25.71	1.98
COF003-p5	6.59 ± 4.76	766.60	10.60	5.63	4.58	24.89	1.48
COF003-p7	13.80 ± 4.48	750.63	11.09	7.25	4.40	24.21	19.30
COF003-p8	11.59 ± 3.30	758.62	11.90	5.84	4.11	25.51	3.36
COF003-p18	13.37 ± 5.80	765.82	10.85	5.67	4.41	25.82	11.49
COF003-p19	10.64 ± 5.87	761.83	10.85	5.66	4.70	24.70	4.49
COF004-p7	10.55 ± 5.02	768.93	10.72	5.62	4.73	25.15	2.65
COF004-p9	13.09 ± 4.93	767.00	11.30	5.69	4.51	26.29	2.77
COF004-p15	13.90 ± 5.88	757.27	11.09	7.44	4.22	23.09	10.29
COF005-p6	10.18 ± 6.70	754.80	10.85	6.58	4.57	25.37	3.77
COF005-p15	11.10 ± 6.78	752.60	10.38	6.34	4.89	26.25	5.09
COF005-p16	12.20 ± 8.12	750.00	10.85	6.47	4.87	26.63	6.70
COF005-p17	8.67 ± 5.66	755.00	10.38	6.53	4.53	25.89	4.73
COF005-p19	9.73 ± 6.16	748.10	10.38	6.46	5.02	24.71	9.02
NP3018-p8	11.01 ± 5.61	796.61	11.30	5.71	4.83	25.28	1.63
NP3018-p19	10.17 ± 5.73	801.14	11.63	5.65	4.52	26.66	1.50
NP2024-p7	9.78 ± 6.09	742.54	10.60	6.46	4.61	24.64	7.80
NP2024-p10	9.64 ± 5.80	755.00	10.00	6.40	4.61	25.05	5.50
NP2024-p15	10.32 ± 5.59	750.18	10.38	6.39	4.87	24.86	3.74
NP2024-p17	11.84 ± 8.45	773.60	10.60	6.42	4.74	25.91	5.54
NP2044-p6	8.15 ± 5.97	757.85	10.60	5.95	4.79	22.43	3.70
NP2044-p16	9.35 ± 5.68	751.01	11.09	6.05	4.58	24.39	4.19
NP2044-p17	7.95 ± 6.22	765.20	10.85	6.12	4.44	25.95	3.94
Promedio	10.50 ± 5.66	762.31	10.8	6.20	4.61	25.09	5.15
Desviación	1.95 ± 0.52	15.04	0.43	0.55	0.22	1.09	4.00
CV	18.56 ± 32.09	1.97	3.96	8.80	4.75	4.34	77.79

[†]Valores según la norma INEN-ISO 10470: 2012. p: número de la planta seleccionada en cada clon del banco de germoplasma. [‡]Periodo de cosecha 2010-2012. Los promedios son de tres años ± error estándar ♦ [‡]Values according to INEN-ISO 10470: 2012. p: number of the selected plant of each clone of the germplasm bank. [‡]Harvest period 2010-2012. Averages are of three years ± standard error.

muestran mayor cantidad de café oro (Figura 2). El individuo COF003-p8 tuvo la tasa de conversión menor (4.11) y esta característica comercial es valiosa. El tamaño de grano varió entre 5.62 y 7.44 mm y 11 individuos presentaron de 5 a 6 mm, y otros 11 entre 6 y 7 mm. Tres individuos (COF001-p2, COF003-p7 y COF004-p15) presentaron los valores requeridos por la industria, superiores a 7 mm (Jiménez y Soto, 1995). En nuestro estudio, los individuos con tamaño mayor de grano no presentaron

5.62 to 7.44 mm, and 11 individuals had beans 5 to 6 mm, while another 11 had 6 and 7 mm beans. Three individuals (COF001-p2, COF003-p7 and COF004-p15) had values above 7 mm required by the industry (Jiménez and Soto, 1995). In our study, the individual with large beans did not have a lower conversion rate from coffee cherry to green coffee, indicating that there is no direct relationship.

Average SS was 25.09 % (Table 1), and individual NP3018-p19 had the highest percentage (26.66 %),

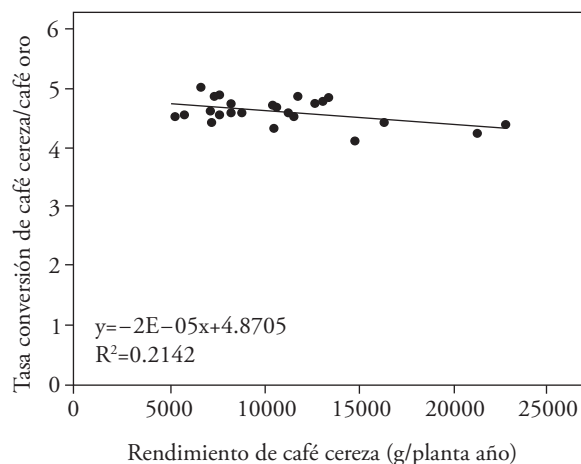


Figura 1. Relación entre el rendimiento de café cereza y la tasa de conversión de café cereza a café oro en individuos de *C. canephora*. Cada valor es el promedio de conversión. EET-Pichilingue, 2012.

Figure 1. Relationship between coffee cherry yield and conversion rate of coffee cherry to Green coffee in *C. canephora* individuals. Each value is the conversion average. EET-Pichilingue, 2012.

tasa menor de conversión de café cereza a oro, lo cual indicó que no hay una relación directa.

Los SS promedio representaron 25.09 % (Cuadro 1) y el individuo NP3018-p19 tuvo el valor mayor (26.66 %) y estos valores fueron mayores a los reportados por Castaño *et al.* (2000). De acuerdo con la norma INEN-ISO 10470:2012, los individuos COF003-p5, COF003-p2, COF001-p2, COF001-p10, COF004-p7, COF004-p9, NP3018-p8 y NP3018-p9 presentaron defectos físicos con un valor menor a 3, y mostraron pocos daños causados por insectos, deformidades o materia extraña (piedras, palos, terrones). Esta característica se considera intrínseca a cada individuo y podría usarse para seleccionarlos como poco afectados por la broca del café (*Hypothenemus hampei*), y se consideran de mejor calidad porque presentan pocos granos perforados.

Características químicas

El porcentaje de cafeína varió de 1.65 a 2.21 % (Cuadro 2) y son valores similares a los obtenidos por Koshiro *et al.* (2006) en *C. canephora*. Las concentraciones de cafeína en esta especie (1.9 %) son mayores que en *C. arabica* (1 %). Los valores de nuestro estudio coincidieron con lo reportado por (Mazzafera

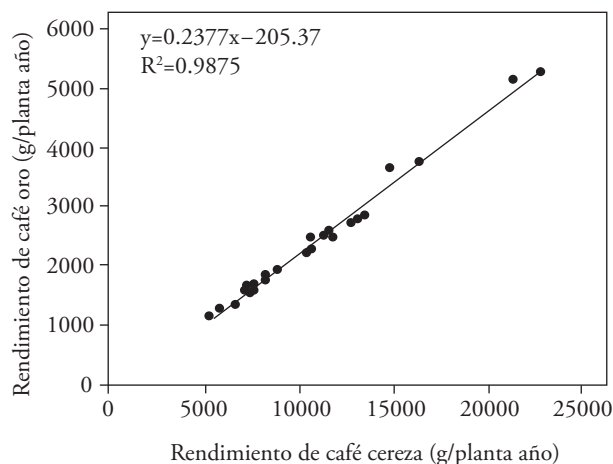


Figura 2. Relación entre café cereza y café oro de 25 individuos de *C. canephora*. EET-Pichilingue, 2012.

Figure 2. Relationship between coffee cherry and Green coffee of 25 *C. canephora* individuals. EET-Pichilingue, 2012.

and these values were higher than those reported by Castaño *et al.* (2000). According to norm INEN-ISO 10470:2012, individuals COF003-p5, COF003-p2, COF001-p2, COF001-p10, COF004-p7, COF004-p9, NP3018-p8 and NP3018-p9 had physical defects with a score of less than 3, showing little insect damage, deformities or extraneous material (stones, sticks, clods). The small amount of insect damage is considered intrinsic to each individual and could be used to select them as resistant to the coffee borer (*Hypothenemus hampei*). Moreover, these genotypes are of better quality because they have few perforated beans.

Chemical characteristics

Percentage of caffeine varied from 1.65 to 2.21 % (Table 2), which are similar to those obtained by Koshiro *et al.* (2006) in *C. canephora*. Caffeine concentrations of this species (1.9 %) are higher than in *C. arabica* (1 %). The values found in our study coincide with Mazzafera *et al.* (1991), whose study, however, did not show a direct relationship between percentage of caffeine and organoleptic score. Individuals COF001-p2, COF003-p2, COF003-p5, COF003-p19, COF004-p7, COF004-p9, NP2044-p6, and NP2044-p17 were outstanding for their higher values of caffeine.

Cuadro 2. Porcentajes de las variables químicas de los granos de café *C. canephora*. EET-Pichilingue, 2012.

Table 2. Chemical variables (%) in *C. canephora*. EET-Pichilingue, 2012.

Individuo	Cafeína	Carbohidratos (%)		
		Glucosa	Fructosa	Sacarosa
COF001-p2	2.01	0.30	0.13	5.10
COF001-p10	1.98	0.44	0.08	3.90
COF003-p2	2.18	0.33	0.09	4.26
COF003-p5	2.08	0.18	0.14	4.46
COF003-p7	1.96	0.34	0.11	4.76
COF003-p8	1.96	0.20	0.12	3.52
COF003-p18	1.98	0.17	0.08	3.18
COF003-p19	2.08	0.26	0.09	4.18
COF004-p7	2.21	0.40	0.15	4.22
COF004-p9	2.12	0.40	0.10	3.53
COF004-p15	1.88	0.23	0.10	4.76
COF005-p6	1.83	0.20	0.19	4.74
COF005-p15	1.79	0.21	0.14	4.48
COF005-p16	1.89	0.40	0.13	5.05
COF005-p17	1.79	0.30	0.13	4.88
COF005-p19	1.65	0.30	0.15	4.58
NP3018-p8	1.88	0.34	0.16	4.77
NP3018-p19	1.92	0.29	0.12	4.54
NP2024-p7	1.78	0.37	0.17	5.02
NP2024-p10	1.81	0.28	0.15	4.10
NP2024-p15	1.79	0.29	0.15	3.83
NP2024-p17	1.84	0.38	0.12	4.95
NP2044-p6	2.05	0.16	0.15	4.68
NP2044-p16	1.95	0.23	0.12	4.72
NP2044-p17	2.04	0.16	0.11	5.10
Promedio	1.93	0.29	0.13	4.43
Desviación	0.14	0.08	0.03	0.53
Coef. Var.	7.15	28.94	22.17	12.02

et al., 1991), pero no mostraron relación directa entre el porcentaje de cafeína y la calificación organoléptica. Los individuos COF001-p2, COF003-p2, COF003-p5, COF003-p19, COF004-p7, COF004-p9, NP2044-p6, NP2044-p17 destacaron por sus valores mayores de cafeína.

Los porcentajes de sacarosa fueron varias veces más altos (4.43 % promedio) que los de glucosa y fructosa (0.29 y 0.13 %) (Cuadro 2), lo cual coincidió con lo documentado en *C. canephora* (Rogers *et al.* 1999) y al menos en el contenido de sacarosa en *C. canephora* de Hawái (Koshiro *et al.*, 2006), pues los valores de fructosa y glucosa fueron mayores que para sacarosa.

Los porcentajes de azúcares en los granos entre clones o cultivares en *C. canephora* cambian con el lu-

The percentages of sucrose were several times higher (4.43 % average) than those of glucose and fructose (0.29 and 0.13 %) (Table 2), coinciding with that documented in *C. canephora* (Rogers *et al.*, 1999) and with the content of sucrose in *C. canephora* from Hawaii (Koshiro *et al.*, 2006), although values for fructose and glucose were higher than for sucrose.

Percentages of sugars in *C. canephora* clone coffee beans changes with provenance and parent material. In our study, all the *C. canephora* individuals were from the Ecuadorian Amazon region and show trends similar to other regions of Ecuador, which have been documented by Rogers *et al.* (1999), who confirmed that Ecuadorian *C. canephora* has higher concentrations of sucrose than of fructose and glucose. The values for sucrose in our study were

gar de origen y material parental. En nuestro estudio, todos los individuos provenían de la región amazónica del Ecuador y muestran tendencias similares a los cultivares de *C. canephora*, de otras regiones de Ecuador, documentadas por Rogers *et al.* (1999). Esto confirmó que *C. canephora* ecuatoriana tiene concentraciones mayores de sacarosa respecto a fructosa y glucosa. Los valores de sacarosa en nuestro estudio fueron menores que en *C. arabica*, reportados por Rogers *et al.* (1999), lo cual tiene un efecto negativo en la calidad de tasa que tiene *C. canephora* (Koshiro *et al.*, 2006). Pero los individuos COF001-p2 y NP2044-p17 mostraron las concentraciones mayores de sacarosa, por lo cual su calidad fue alta.

Evaluación organoléptica

Catorce individuos tuvieron calificaciones superiores a 80 puntos (Cuadro 3) y, de acuerdo con las normas ICO (2010), se deben considerar cafés finos. Los individuos COF005-p6 y COF003-p18 obtuvieron los puntajes totales mayores y en todas las características el promedio fue igual o superior a 8 (Figura 3). Además, ambos individuos destacaron por su rendimiento alto y el tipo de diagrama de estos dos individuos fue el resultado de las evaluaciones del panel de catadores.

La correlación entre el rendimiento de café cereza y defectos en café oro fue significativa y positiva (0.55). Entre las variables químicas y sensoriales las correlaciones no fueron altas y las más altas fueron entre las variables sensoriales (Cuadro 4). Esto demostró evaluaciones similares de la calidad por los miembros del panel.

Identificación de grupos basado en análisis multivariante

El ACP permitió explicar la variabilidad de los individuos en los caracteres físicos, químicos y organolépticos. El 99 % de la variación se explicó con 11 componentes principales (CP), y CP1 y CP2 explicaron 23 y 20 % (Cuadro 5). El ACP mostró que las variables con la contribución mayor en la discriminación de los individuos en CP1 fueron: porcentaje de humedad, tamaño promedio de grano, porcentaje de cafeína, porcentaje de fructosa y porcentaje de sacarosa; en el CP2 fueron rendimiento de café cereza, conversión café cereza/oro, tamaño de granos y defectos.

lower than those of *C. arabica* reported by Rogers *et al.* (1999). Lower sucrose content has a negative effect on cup quality of *C. canephora* (Koshiro *et al.*, 2006). However, individuals COF001-p1 and NP2044-p17 had higher concentrations of sucrose and, thus they were of high quality.

Organoleptic evaluation

Fourteen individuals had scores above 80 points (Table 3) and, according to ICO (2010) norms, they are fine coffees. Individuals COF005-p6 and COF003-p18 obtained higher total scores, and all of the characteristics had averages equal to higher than 8 (Figure 3). Moreover, both individuals were outstanding for their high yield. The type of diagram of these individuals was the result of the evaluations of the panel of tasters.

The correlation between coffee cherry yield and defects in green coffee was significant and positive (0.55). Between chemical and sensorial variables, the correlations were not high; the highest correlations were between sensorial variables (Table 4), which showed similar quality evaluations by the members of the panel.

Identification of groups based on multi-variate analysis

The principal components analysis explained variability in physical, chemical and organoleptic traits. Eleven principal components (PC) explained 99 % of the variation. PC1 and PC2 explained 23 and 20 % of the total variation (Table 5). The PCA showed that the variables that most contributed to discrimination of the individuals in PC1 were percentage of moisture, average bean size, percentage of caffeine, percentage of fructose and percentage of sucrose. In PC2 the important variables were coffee cherry yield, conversion coffee cherry/green coffee, bean size and defects.

The dual graph of principal components shows separation of individuals with high yield, abundant defects and larger beans (positive quadrant of PC2) separated from those placed in the positive quadrant of PC1 and PC2, which included those with high production and few defects (Figure 4).

The cluster analysis revealed five groups (Figure 5). In the first group (G1) were COF004-p15 and COF003-p7, with higher yield, high percentage of

Cuadro 3. Características organolépticas de granos de café robusta de 25 individuos de *C. canephora*. Escala de 1 (menor valor) a 9. EET- Pichilingue, 2012.
Table 3. Organoleptic characteristics of Robusta coffee beans from 25 *C. canephora* individuals. Scale from 1 (lowest value) to 9. EET-Pichilingue, 2012.

Individuo	Fragancia/ Aroma	Gusto	Regusto	Equilibrio Sal/acidéz	Equilibrio Amargo/dulce	Sensación en la boca	Uniformidad	Equilibrio	Limpieza	General	Puntuación total
COF001-p2	8.08	6.17	5.83	6.25	5.50	6.62	8.00	6.17	6.67	5.75	65.03
COF001-p10	7.67	7.75	7.58	8.08	8.42	8.08	10.00	8.08	10.00	7.75	83.42
COF003-p2	8.17	8.42	8.25	8.33	8.33	8.33	10.00	8.75	10.00	8.42	87.00
COF003-p5	8.33	8.42	8.17	8.25	8.75	8.42	10.00	8.50	10.00	8.50	87.33
COF003-p7	8.08	7.75	7.25	7.08	6.33	7.33	8.00	7.17	8.00	7.17	74.17
COF003-p8	8.00	7.25	6.33	6.67	6.67	7.00	10.00	6.83	7.50	7.00	73.25
COF003-p18	8.33	8.50	8.42	8.25	8.50	8.75	10.00	8.50	10.00	8.42	87.67
COF003-p19	8.33	8.42	8.42	8.25	8.17	8.58	10.00	8.50	10.00	8.50	87.17
COF004-p7	8.33	8.08	8.00	7.83	7.83	8.33	10.00	7.83	10.00	7.92	84.17
COF004-p9	7.75	8.33	7.67	7.50	7.33	8.00	10.00	7.67	10.00	7.67	81.92
COF004-p15	7.83	7.75	7.08	7.25	7.17	7.25	10.00	7.25	10.00	7.25	78.83
COF005-p6	8.58	8.75	8.50	8.25	7.83	8.50	10.00	8.67	10.00	9.08	88.17
COF005-p15	7.00	7.83	7.58	7.83	7.67	7.58	8.00	7.50	8.00	7.42	76.42
COF005-p16	7.58	8.00	7.50	7.42	7.50	8.17	9.33	7.83	8.00	8.00	79.33
COF005-p17	8.08	8.08	7.42	6.92	6.83	7.25	10.00	7.33	10.00	7.08	79.00
COF005-p19	8.25	8.08	7.83	7.58	7.83	8.17	10.00	8.08	10.00	8.17	84.00
NP3018-p8	7.75	7.50	7.17	7.00	7.33	7.42	10.00	7.50	10.00	7.25	78.92
NP3018-p19	8.25	8.17	7.83	7.92	7.92	7.83	10.00	7.83	10.00	7.67	83.42
NP2024-p7	8.33	8.58	8.08	8.17	8.50	8.25	10.00	8.50	10.00	8.67	87.08
NP2024-p10	8.08	8.33	7.83	7.67	7.67	7.83	10.00	8.08	10.00	7.92	83.42
NP2024-p15	8.50	8.67	8.50	8.50	8.17	8.33	10.00	8.50	10.00	8.33	87.50
NP2024-p17	8.25	8.50	8.50	8.17	8.33	8.67	10.00	8.42	10.00	8.58	87.42
NP2044-p6	7.17	7.42	6.75	7.08	6.42	7.00	8.00	7.17	8.00	6.42	71.42
NP2044-p16	6.75	6.92	6.50	6.50	6.50	7.00	8.00	7.00	8.00	6.33	69.50
NP2044-p17	7.58	7.33	6.92	6.58	7.17	6.67	8.00	7.17	8.00	6.08	71.50
Promedio	7.96	7.96	7.60	7.57	7.55	7.81	9.49	7.79	9.29	7.65	80.68
Desviación	0.47	0.61	0.73	0.66	0.82	0.65	0.87	0.67	1.09	0.87	6.70
Coef. Var.	5.86	7.67	9.62	8.76	10.87	8.34	9.13	8.64	11.76	11.40	8.31

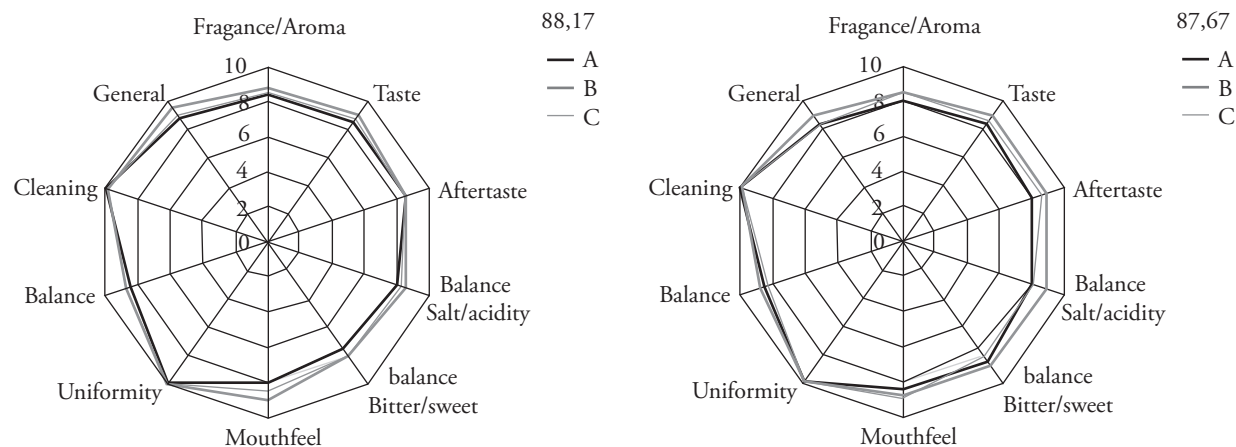


Figura 3. Diagramas de perfiles de calidad de taza de los dos individuos con puntaje total mayor en la calificación organoléptica. EET-Pichilingue (2012). (Brenda, esta referencia no está en Literatura Citada; pedirla al autor e incluirla en L. Citada).
Figure 3. Diagrams of cup quality profiles of two individuals with the highest total scores in the organoleptic evaluation. EET-Pichilingue (2012).

El gráfico dual de componentes principales muestra la separación de los individuos con rendimientos altos, defectos abundantes y tamaño mayor de granos (cuadrante positivo de CP2), de los ubicados en el cuadrante positivo de CP1 y CP2, que incluyó aquellos con producción alta y valores bajos de defectos (Figura 4).

El análisis de agrupamiento de los individuos mostró cinco grupos (Figura 5). En el primer grupo (G1) estuvieron COF004-p15 y COF003-p7, con rendimiento mayor, porcentaje alto de defectos y tamaño de granos mayores a 7 mm. En el segundo grupo (G2) estuvo COF003-p8, con rendimiento alto y cantidad baja de defectos. El tercer grupo (G3) lo integraron NP2044-p17, NP2044-p6, NP2044-p16 y COF001-p2, que presentan calificaciones organolépticas bajas. En el cuarto grupo (G4) estuvo COF003p-18, con calificación organoléptica y rendimiento de café oro altos. En el quinto grupo (G5) hubo 17 individuos con tamaño intermedio de grano y cantidad baja de defectos. La separación de los individuos permitió formar grupos con características similares para orientar la selección de materiales para su uso en la industria. El primer grupo tuvo los dos individuos con la producción mayor, pero también con la cantidad mayor de defectos. La última variable debería evaluarse para diferenciar los defectos causados por insectos y diferenciarlos de las causas mecánicas.

defects and bean size larger than 7mm. The second group (G2) was COF003-p8 with high yield and few defects. The third group (G3) included NP2044-p17, NP2044-p6, NP2044-p16 and COF001-p2, which had low organoleptic scores. The fourth group (G4) was COF003p-18 with high organoleptic score and high green coffee yield. There were 17 individuals in group (G5) with medium size beans and few defects. Grouping the individuals with similar characteristics can contribute to selection of materials for industrial use. The first group had the two highest-yielding individuals, but they also had the largest quantity of defects. This last variable should be evaluated to differentiate defects caused by insects from those caused mechanically.

Implications for selection programs

The results of this study give added value to previous selections, which were based exclusively on yield. The data on quality identified two individuals that will contribute to improving quality and yield of *C. canephora* in Ecuador. Studies that combine productivity and quality should be conducted and validated in other regions.

CONCLUSIONS

Productive, physical, chemical and organoleptic variables are appropriate for selecting high-yielding

Cuadro 4. Correlación entre las variables físicas, químicas y organolépticas de 25 individuos de café robusta (*Coffea canephora*) ecuatoriano. EET-Pichilingue, 2012.
Table 4. Correlation of physical, chemical and organoleptic variables of 25 individuals of Ecuadorian Robusta (*Coffea canephora*). EET-Pichilingue, 2012.

	R-cc	D g/l	%H	TPG	C C/O	SS	Def	%C	%G	%F	%S	F/A	Gu	R	E S/A	E A/D	SB	U	E	L	G
R-cc	1																				
D g/l	-0.02	1																			
%H	0.36	0.45	1																		
TPG	0.33	-0.24	-0.15	1																	
C C/O	-0.27	0.05	-0.47	-2.90E-04	1																
SS	0.01	0.33	0.21	-0.21	0.16	1															
Def	0.55	-0.43	-0.03	0.55	-0.18	-0.19	1														
%C	-0.14	0.31	0.28	-0.48	-0.27	-0.05	-0.29	1													
%G	0.30	0.03	-0.10	2.10E-03	0.18	0.09	-0.01	0.02	1												
%F	-0.31	-0.07	-0.21	0.19	0.49	0.02	-0.16	-0.46	-0.08	1											
%S	-0.26	0.08	-0.12	0.53	0.32	-0.04	0.06	-0.26	0.05	0.39	1										
F/A	-0.03	-0.12	-0.3	-0.34	0.11	0.17	-0.03	-0.10	0.24	0.05	-0.35	1									
Gu	0.01	0.14	0.07	0.03	-0.04	0.18	0.08	-0.05	0.16	0.14	-0.19	0.67	1								
R	-0.01	-0.26	-0.32	-0.25	0.10	0.24	0.11	-0.16	0.16	0.11	-0.30	0.94	0.58	1							
E S/A	-0.04	-0.16	-0.39	-0.30	0.22	0.24	0.05	-0.10	0.18	0.06	-0.28	0.96	0.60	0.95	1						
E A/D	-0.04	-0.16	-0.38	-0.33	0.18	0.09	-0.04	-0.04	0.18	0.02	-0.36	0.93	0.54	0.88	0.94	1					
SB	-0.13	-0.13	-0.33	-0.48	0.10	0.17	-0.12	-0.05	0.16	-0.04	-0.32	0.92	0.45	0.82	0.88	0.91	1				
U	0.07	-0.14	-0.30	-0.35	0.24	0.21	0.02	-0.02	0.30	0.01	-0.36	0.94	0.59	0.86	0.93	0.92	0.87	1			
E	0.08	0.06	-0.01	-0.33	-0.13	0.16	-0.19	-0.11	0.32	0.01	-0.42	0.81	0.67	0.68	0.63	0.60	0.67	0.67	1		
L	-0.16	-0.21	-0.39	-0.37	0.19	0.14	-0.03	-0.07	0.16	0.06	-0.28	0.96	0.55	0.91	0.96	0.94	0.92	0.93	0.65	1	
G	-0.04	0.01	-0.26	-0.32	0.02	0.02	-0.08	-0.11	0.27	0.02	-0.29	0.88	0.55	0.80	0.79	0.72	0.76	0.72	0.83	0.77	1

R-cc: rendimiento de café cereza, Dg/l: densidad, %H: humedad, TPG(mm): tamaño promedio del grano, C c/o: conversión café cereza/oro, Def: defectos, SS: sólidos solubles, %C: cafeína, %G: glucosa, %F: fructosa, %S: sacarosa y C-org: calificación organoléptica, F/A: fragancia/aroma, Gu: gusto, R: regusto, E S/A: equilibrio sal/acidez, E A/D: equilibrio amargo/dulce, SB: sensación en la boca, U: uniformidad, E: equilibrio, L: limpieza y G: general ♦ R-cc: coffee cherry yield, Dg/l: density, %H: moisture, TPG(mm): average bean size, C c/o: conversion coffee cherry/green coffee, Def: defects, SS: soluble solids, %C: caffeine, %G: glucose, %F: fructose, %S: sucrose and C-org: organoleptic score: F/A: fragrance/aroma, Gu: taste, R: aftertaste, E S/A: salt/acidity balance, E A/D: bitter/sweet balance, SB: sensation in mouth, U: uniformity, E: balance, L: purity and G: general.

Cuadro 5. Proporción de la varianza individual y acumulada en 12 componentes principales para variables físicas, químicas y organolépticas de individuos de *C. canephora*. EET-Pichilingue, 2012.Table 5. Proportion of individual and accumulated variance in 12 principal components for physical, chemical and organoleptic variables of *C. canephora* individuals. EET-Pichilingue, 2012.

Lambda	Valor	Proporción	Prop. Acum	Valores propios de las variables											
				R-ce	Dg/l	%H	TPG	C c/o	SS	Def	%C	%G	%F	%S	C-org
1	2.76	0.23	0.23	0.03	0.3	0.34	-0.43	-0.28	0.14	-0.25	0.44	-0.01	-0.35	-0.36	0.04
2	2.40	0.20	0.43	0.50	-0.18	0.22	0.31	-0.41	-0.18	0.48	-0.03	2.90E-03	-0.32	-0.11	-0.16
3	1.75	0.15	0.58	0.09	-0.38	-0.38	-0.23	0.04	-0.03	0.12	-0.07	0.25	-0.12	-0.44	0.59
4	1.49	0.12	0.70	0.41	0.34	0.21	0.09	0.23	0.53	0.05	-0.21	0.49	0.08	0.08	0.18
5	1.02	0.08	0.79	-0.01	0.06	-0.23	0.07	0.15	-0.40	-0.09	0.41	0.64	-0.27	0.27	-0.17
6	0.65	0.05	0.84	-0.22	-0.07	-0.34	0.10	0.11	0.58	0.26	0.15	-0.18	-0.55	0.18	-0.10
7	0.53	0.04	0.88	0.33	0.12	-0.11	-0.11	0.67	-0.13	0.09	0.04	-0.23	-0.04	-0.42	-0.38
8	0.47	0.04	0.92	0.01	0.60	-0.10	0.12	0.07	-0.30	0.30	0.12	-0.30	-0.08	0.16	0.53
9	0.41	0.03	0.96	-0.05	-0.31	0.33	-0.21	0.21	0.09	0.48	0.54	0.01	0.37	0.18	0.10
10	0.27	0.02	0.98	0.15	0.06	-0.32	0.53	-0.19	0.22	-0.18	0.48	-0.05	0.38	-0.30	0.01
11	0.16	0.01	0.99	-0.34	0.36	-0.24	-0.22	-0.27	0.04	0.50	-0.13	0.27	0.25	-0.27	-0.31
12	0.10	0.01	1.00	0.53	0.02	-0.43	-0.50	-0.26	0.06	-0.05	0.05	-0.16	0.16	0.39	-0.11

R-ce: rendimiento de café cereza, Dg/l: densidad, %H: humedad, TPG(mm): tamaño promedio del grano, C c/o: conversión café cereza/oro, Def: defectos, SS: sólidos solubles, %C: cafeína, %G: glucosa, %F: fructosa, %S: sacarosa y C-org: calificación organoléptica ♦ R-ce: coffee cherry yield, Dg/l: density, %H: moisture, TPG(mm): average bean size, C c/o: conversion coffee cherry/green coffee, Def: defects, SS: soluble solids, %C: caffeine, %G: glucose, %F: fructose, %S: sucrose and C-org: organoleptic score.

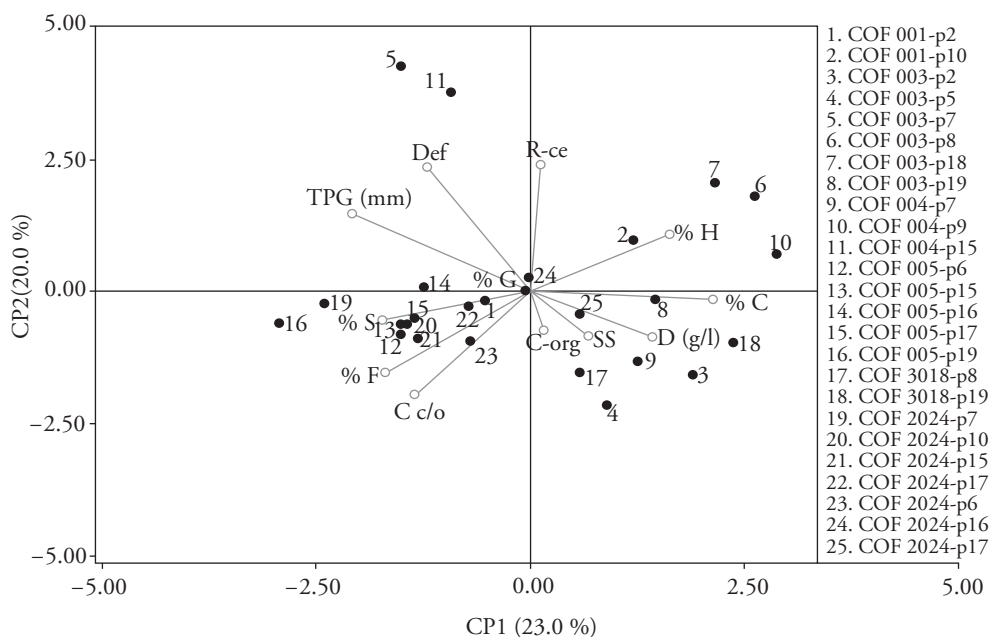


Figura 4. Análisis de componentes principales de variables físicas, químicas y sensoriales de 25 genotipos de *Coffea canephora*. EET-Pichilingue, 2012.

Figure 4. Principal components analysis of physical, chemical and sensorial variables of 25 *Coffea canephora* genotypes. EET-Pichilingue, 2012.

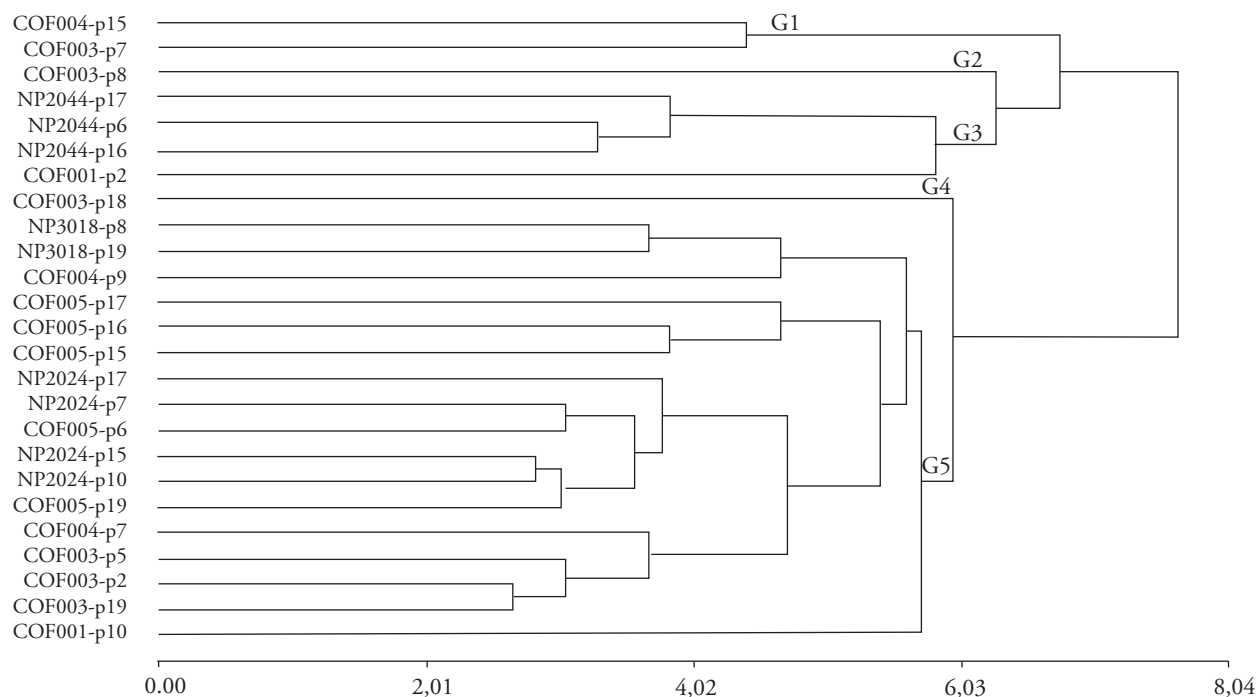


Figura 5. Análisis de conglomerado de 25 individuos de café robusta (*Coffea canephora*) ecuatorianos, basado en la distancia Euclidiana de las características físicas, químicas y organolépticas. EET-Pichilingue, 2012.

Figure 5. Cluster analysis of 25 Ecuadorian Robusta coffee (*Coffea canephora*) individuals based on Euclidian distance of physical, chemical and organoleptic characteristics. EET-Pichilingue, 2012.

Implicaciones en los programas de selección

Los resultados de este estudio dan valor agregado a las selecciones previas, basadas exclusivamente en el rendimiento. Los datos de calidad permitieron identificar a dos individuos que contribuirán a mejorar la calidad y el rendimiento del cultivo de *C. canephora* en Ecuador. Los estudios que combinen productividad y calidad deben realizarse y validarse en otras regiones.

CONCLUSIONES

La evaluación de variables productivas, físicas, químicas y organolépticas son adecuadas para seleccionar clones con rendimiento alto. Los individuos con producción alta de café cereza también muestran cantidades mayores de café oro, porque las tasas de conversión son similares entre ellos.

Los granos de *C. canephora* ecuatorianos muestran tendencia a contener más sacarosa que fructosa y glucosa, una característica que permite distinguirla de los granos de otras regiones. El mayor porcentaje de sacarosa influye en la mejor calidad respecto a otros materiales de *C. canephora* de otros países. De los individuos estudiados, 56 % son de muy buena calidad y deben considerarse cafés finos para la industria.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT): por su apoyo financiero en el marco del proyecto PIC-12-INIAP-010.

A la empresa Solubles Instantáneos Compañía Anónima (SICA).

LITERATURA CITADA

- Babova, O., A. Occhipinti, and M. Maffei, 2016. Chemical partitioning and antioxidant capacity of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*) of different geographical origin. *Rev. Phytochem.* 123: 33-39.
- Bicho, N., F. Lidon, J. Ramalho, and A. Leitao, 2013. Quality assessment of Arabica and Robusta green and roasted coffees - A review. *Emirates J. Food* 25: 945-950.
- Castaño, C., J. Quintero, y R. Vargas, 2000. Caracterización del rendimiento de extracción y del contenido de sólidos solubles de la bebida de café. *Cenicafé* 51: 185-195.
- Cilas, C., P. Bouharmont, and A. Bar-Hen, 2003. Yield stability in *Coffea canephora* from diallel mating designs monitored for 14 years. *Heredity* 91: 528-532.
- clones. Individuals that have high production of coffee cherry also produce larger quantities of green coffee because the conversion rates are similar among them.
- Ecuadorian *Coffea canephora* coffee beans tend to contain more sucrose than fructose and glucose, a characteristic that distinguishes them from beans from other regions. A higher percentage of sucrose has an influence in better quality, relative to other *C. canephora* materials from other countries. Of the individuals studied, 56 % are of good quality and should be considered fine coffee for the industry.
- End of the English version—
- *—
- Cilas, C., C. Montagnon, and A. Bar-Hen, 2011. Yield stability in clones of *Coffea canephora* in the short and medium term: longitudinal data analyses and measures of stability over time. *Tree Genet. Genomes* 7:421-429.
- Di Rienzo, J., F. Casanoves, M. Balzarini, L. González, M. Tablada, and C. Robledo-. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar> (Consulta: abril 2016).
- Duicela, L., R. Corral, D. Farfán, L. Cedeño, R. Palma, J. Sánchez, y J. Villacís, 2004. Caracterización física y organoléptica de cafés arábigos en los principales agro-ecosistemas del Ecuador. 1ra. (Ed.), COFENAC-ULTRAMARES, EL CAFÉ, NESTLE, PROMSA. Manta - Manabí - Ecuador. pp: 155-181.
- Enríquez, G., L. Duicela, y W. Chilán, 2014. Germoplasma de café Robusta In: Guía técnica para la producción y postcosecha de café Robusta. 1ra. (Ed.), COFENAC. Manta, Ecuador. pp: 27-42.
- ICO (Organización Internacional del Café). 2010. Protocolo de calidad de café robusta. Londres, Inglaterra. <http://dev.ico.org/documents/pscb-123-e-robusta.pdf> (Consulta: diciembre 2012).
- ICO (Organización Internacional del Café). 2016. Historical Data on the Global Coffee Trade. http://www.ico.org/new_historical.asp (Consulta: junio 2016).
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). 2012. Norma Técnica del Ecuador INEN-ISO 10470:2012. Café verde. Tabla de referencia de defectos: Clasificación y requisitos. 1ra. ed. COFENAC. Quito, Ecuador. pp: 1-11.
- Jaramillo-Villanueva, J. L., y E. Benítez-García. 2016. Transmisión de precios en el mercado mexicano e internacional de café (*Coffea arabica* L.): un análisis de cointegración. *Agrociencia* 50: 931-944.
- Jiménez, R., y C. Soto, 1995. Secuencia de operaciones en la preparación de café oro y su influencia en el desempeño de los clasificadores electrónicos. *Agron. Costarricense* 19:7-13.
- Koshiro, Y., X. Zheng, M. Wang, C. Nagai, and H. Ashihara, 2006. Changes in content and biosynthetic activity

- of caffeine and trigonelline during growth and ripening of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* fruits. *Plant Sci.* 171: 242-250.
- Loor, R., L. Plaza, H. Guerrero, y F. Zambrano, 2015. Desarrollo de una variedad policlonal de café robusta (*Coffea canephora* P.) para Quevedo y otras zonas agroclimáticas similares de la costa ecuatoriana. Boletín técnico N° 167. 1ra. (Ed.), INIAP. Quevedo-Ecuador.
- Mazzafera, P., A. Crozier, and A. Magalhães, 1991. Caffeine metabolism in *Coffea arabica* and other species of coffee. *Phytochemistry* 30: 3913-3916.
- Montagnon, C., C. Cilas, T. Leroy, A. Yapó, and P. Chamertann, 2000. Genotype-location interactions for *Coffea canephora* yield in the Ivory Coast. *Agronomie* 20: 101-109.
- Plaza, L., R. Loor, H. Guerrero, y L. Duicela, 2015. Caracterización fenotípica del germoplasma de *Coffea canephora* Pierre base para su mejoramiento en Ecuador. *Espamciencia* 6:7-13.
- Rogers, W., S. Michaux, M. Bastin, and P. Bucheli, 1999. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. arabica*). *Plant Sci.* 149:115-123.