



Efecto de las condiciones de cultivo, las características químicas del suelo y el manejo de grano en los atributos sensoriales de café (*Coffea arabica* L.) en taza

Effect of culture conditions, the chemical characteristics of soil and grain handling in the sensory attributes of coffee (*Coffea arabica* L.) in cup

Juan Carlos Suárez Salazar^{1*}, Engelberto Rodríguez Burgos², Ervin Humprey Duran Bautista²

¹ Universidad de la Amazonía, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería Agroecológica. Florencia - Caquetá. Colombia.

² Centro de gestión y desarrollo sostenible surcolombiano Tecnoparque Yamboró. SENA regional Pitalito.

*Autor para correspondencia: juansuarez1@gmail.com

Rec.: 26.07.2014 Acep.:28.10.2014

Resumen

En 54 fincas cultivadas con café (*Coffea arabica* L.) en rangos altitudinales, características de plantación y formas de beneficio del fruto diferentes, en los municipios de Suaza y Timaná (Departamento del Huila), Colombia, se evaluaron la relación entre estas variables de cultivo y manejo con los atributos sensoriales en taza. Para el estudio fueron utilizados el método estadístico Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) y Partial Least Square (PLS) para determinar la relación entre los atributos sensoriales y las características del suelo y de manejo de la plantación. A través del análisis de varianza multivariado mediante la prueba de Hotelling se encontraron diferencias ($P < 0.001$) para pH, Ca, Mg, Na, saturación de bases (SB), Al, P, Zn, así mismo, se observaron diferencias ($P < 0.01$) para K, Mn, M.O y B entre los tipos de suelos. En general, el perfil de las tazas fueron de cuerpo medio, algunas ácidas e intermedias con atributos sensoriales representativos. La calidad de taza Q3 se relacionó con atributos sensoriales como cuerpo, dulzor, balance, sabor, acidez y estos con variables de características de la plantación como densidad de siembra (Ds), edad, altura y elementos químicos con azufre (S). Q2 fue una taza afectada por el tiempo de la fermentación (horas) y por variables químicas como pH, SB, Ca, Mg además variables de manejo como sombra, la cual depende de la altura del sitio en el cual se encuentra el cultivo. Q1, que presentó baja calificación en los atributos sensoriales, se relacionó con variables del suelo como Al y Fe.

Palabras clave: Manejo agronómico, beneficio, estadística multivariada, rangos altitudinales.

Abstract

the Municipalities of Suaza and Timana (Department of Huila, Colombia) 55 lots located were selected with different altitude ranges, and crop management conditions benefit to evaluate the relationship among soil chemical characteristics and sensory attributes driving the cup. The statistical method used was Multiple Correspondence Analysis (MCA) and Partial Least Square (PLS) analysis to determine the relationship among the sensory attributes and variable agronomic management and soil parameters. Through multivariate analysis of variance test using Hotelling significant differences ($P < 0,001$) for pH, Ca, Mg, Na, base saturation (SB), Al, P, Zn were found, also, significant differences ($P < 0,001$) for K, Mn, MO and B were observed among the soil types. The cups were half-length, with some acidic and intermediate representative sensory attributes. Q3 related to sensory attributes as a body, sweetness, balance, flavor, acidity, and these variables with crop management such as plant density (Ds), age, height and chemicals with Sulfur (S). Q2 was affected by management in cup the fermentation process and chemical characteristics such as pH, SB, Ca, Mg as well shadow management variables which depends on the height at which it is growing. Q1 that had low scores on the sensory attributes related to soil characteristics such as Al and Fe.

Keywords: Agronomic management, benefit, multivariate statistics, altitudinal ranges.

Introducción

La calidad de taza de café (*Coffea arabica* L.) es el resultado de los atributos sensoriales que dependen de factores como genotipo, variedad, tipo de suelo, condiciones agroecológicas, prácticas agronómicas, de cosecha y poscosecha, torrefacción, características propias del cultivo, y procesamiento (Fajardo y Sanz, 2003; Griffin, 2001), así como de las características del suelo (Cofenac, 2003). Avelino *et al.* (2002) demostraron los efectos de múltiples factores, entre los cuales se incluyen altitud, precipitación, acidez del suelo, sombra, productividad y los parámetros granulométricos del café tostado y molido.

Actualmente se conocen estudios de la dinámica de la radiación solar en arreglos agroforestales y su interacción con la calidad de café. En este sentido, Bosselmann *et al.* (2009), Vaast *et al.* (2006) y Muschler (2001) realizaron investigaciones para relacionar las características del sombrío con la calidad del grano de café. No obstante, no ha sido posible establecer una relación significativa entre la radiación y las diferentes variables que influyen en los atributos sensoriales de este fruto. Los beneficios de la sombra se explican principalmente por una reducción del estrés hídrico causado por la exposición a la radiación; así mismo, por proporcionar condiciones óptimas para una buena maduración (Vaast *et al.*, 2006; Muschler, 2001). Avelino *et al.* (2005) y Figueroa (2000) hallaron un efecto positivo en la calidad de taza como resultado de la lenta maduración del grano, causada por la reducción de la temperatura ambiental a medida que incrementa la altitud; contrario a lo reportado por Bosselmann *et al.* (2009) quienes encontraron influencia negativa de la sombra en los atributos sensoriales. El objetivo de este estudio fue analizar las relaciones entre las características químicas del suelo, condiciones de manejo del cultivo, altura sobre el nivel del mar y nivel de sombra con los atributos sensoriales relacionados con la calidad de taza (Q) en café (*Coffea arabica* L.).

Materiales y métodos

Para el estudio fueron seleccionadas 54 fincas pertenecientes a la Asociación de Productores Agrícolas en el sur del Departamento del Huila (Colombia) ubicadas entre los municipios de Suaza y Timaná con un área de influencia del estudio de 310 Km² y diferentes rangos altitudinales, características de plantación y beneficio del fruto (Figura 1). Las variables evaluadas in situ y los datos recopilados en entrevistas con los agricultores se incluyen en el Tabla 1. El manejo del suelo se caracterizaba por lo implementación de las tecnologías recomendadas por la Federación Nacional de Cafeteros y consistentes en la apli-

Tabla 1. Variables para describir las condiciones de los lotes de café en fincas del Departamento del sur del Huila, Colombia.

| Tipo de variable | Variable | Unidad | Abrev. o símbolo |
|----------------------------------|--|------------|------------------|
| Calidad de taza | Calificación por análisis sensorial | - | Q |
| Suelo | Potencial de hidrogeno | - | pH |
| | Potasio | Cmol(+)/kg | K |
| | Calcio | | Ca |
| | Magnesio | | Mg |
| | Sodio | | Na |
| | Saturación de bases | % | SB |
| | Aluminio | Cmol(+)/kg | Al |
| | Fosforo | mg/kg | P |
| | Hierro | | Fe |
| | Cobre | | Cu |
| | Manganeso | | Mn |
| | Zinc | | Zn |
| | Materia orgánica | | MO |
| | Nitrógeno | | N |
| Azufre | | S | |
| Boro | | B | |
| Características de la plantación | Variedad | - | Var. |
| | Densidad de plantas de café por hectárea | Plantas/ha | Plan/ha |
| | Cobertura arbórea | % | %CA |
| | Edad del cultivo de café | Años | Edad |
| | Horas de fermentación | Horas | Horas |
| | Altitud | m | Alt. |

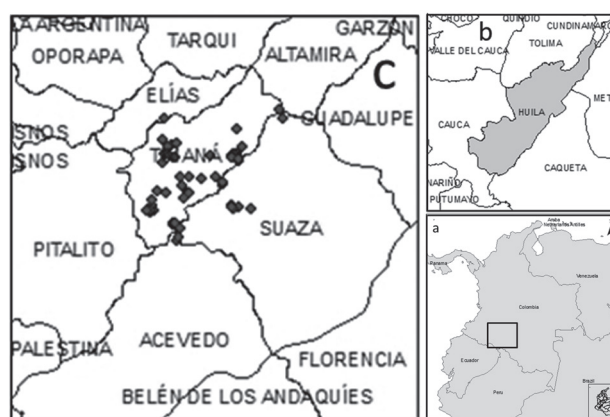


Figura 1. Localización de las fincas en el estudio. Sur del Departamento del Huila, Colombia.

cación de nitrógeno como urea, fosfato diamónico DAP y cloruro de potasio KCl, de acuerdo con el esquema propuesto por Sadeghian y Gonzáles (2012) para cultivos en producción. En cada una de las fincas se seleccionó un lote de café manejado bajo arreglo agroforestal en la cual se tomó una muestra de suelo compuesta hasta 15 cm de

profundidad, así como también un muestra de café cereza siguiendo la metodología propuesta por Banegas (2009) y Lara (2005) para realizar el análisis de atributos de calidad de taza.

Calidad de taza (Q)

Para controlar el efecto del tipo de beneficio, el procesamiento de cada una de las muestras se hizo utilizando la tecnología Becolsub, en la cual el despulpado de la cereza se hace de forma directa con eliminación de mieles vs. el sistema tradicional donde se controlan el tiempo de fermentación y las formas de beneficio.

Las características sensoriales de la infusión se analizaron mediante un panel de captación compuesto por tres profesionales 'Q Grader' del Coffee Quality Institute® en el Laboratorio de Calidad de Café del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Pitalito. Las muestras de los granos de café (250 g) provenientes de cada lote fueron tostadas por 11 minutos a 200 °C hasta alcanzar un estándar de color amarillo rojizo. Cada taza se preparó utilizando 11 g de café molido en 150 ml de agua destilada en ebullición, se utilizó molienda media y tamaño de partícula 500µm. El panel se dispuso en cinco repeticiones y los atributos fueron calificados utilizando una escala de 1 a 10 mediante la metodología propuesta por Specialty Coffee Association of America (Lingle, 2001) para catación. Las variables evaluadas en cada una de las tazas fueron: fragancia, aroma, acidez, sabor, cuerpo, dulzura y preferencia, para obtener la puntuación final y así aceptar y definir la calidad de taza (Q).

Parámetros químicos del suelo

Como parámetros químicos se determinaron: pH_{1,2}, Aluminio intercambiable por diferencia de titulación de la acidez e hidrógeno intercambiable, materia orgánica (MO), Nitrógeno (N) total por Kjeldahl, P asimilable por Bray II. Los nutrientes calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) intercambiables fueron determinados por el método de extracción por lixiviación con acetato de amonio y absorción atómica. El hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y magnesio (Mn) por el método de extracción DTPA y absorción atómica.

Relaciones entre características de la plantación

Estas observaciones se hicieron en una encuesta realizada entre los productores de cada finca para conocer los rendimientos/área (kg/ha) de cada lote seleccionado, la variedad cultivada, la densidad de plantas/ha, la cobertura arbórea, la edad del cafetal; igualmente se observaron actividades

de poscosecha como manejo de grano después de la recolección y horas de fermentación.

Análisis estadístico de datos

Para evaluar la calidad de taza (Q) se realizaron pruebas de estadística descriptiva para los resultados del análisis de suelos y pruebas sensoriales en taza. Igualmente se construyeron tablas de contingencia y se transformaron variables cuantitativas a cualitativas para la realización de Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) utilizando el software libre R versión 2.15. (R Development Core Team, 2012) mediante la plataforma independiente para análisis estadísticos R Commander (Fox, 2005) basado en el paquete FactoMineR (Husson *et al.*, 2012) para el análisis exploratorio multivariado. Para crear cada una de las tipologías por característica se siguió la metodología propuesta por Deheuvels *et al.* (2012), Avelino *et al.* (2009) y Avelino *et al.* (2006). El ACM es una técnica exploratoria que permite representar gráficamente filas y columnas de una tabla de contingencia (Lebart *et al.*, 1984). La técnica de ACM también constituye una herramienta importante para el análisis de datos textuales donde se construyen tablas de contingencia relacionadas con el uso de varios vocablos entre distintos textos de cada variable. El ACM puede ser interpretado como una técnica complementaria y, a veces, suplementaria del uso de modelos log-lineales para el estudio analítico de las relaciones contenidas en tablas de contingencia. Este análisis permite explorar gráficamente estas relaciones (Balzarini *et al.*, 2008). Para identificar diferencias entre tipología de suelo (Su) en cada una de las variables químicas se realizó un análisis de varianza multivariada comprobando las diferencias mediante la prueba de Hotelling. Al final se hizo un análisis de PLS (del inglés Partial Least Squares) para determinar la relación entre la matriz de las variables químicas del suelo y los atributos sensoriales para determinar calidad de taza (Q) en café.

Resultados y discusión

En el análisis de varianza multivariado se detectaron diferencias ($P < 0.001$) para pH, Ca, Mg, Na, SB, Al, P, Zn y para K, Mn, M.O y B entre los tipos de suelos ($P < 0.001$) (Tabla 2). La calidad de taza (Q) mostró diferencias en tres niveles en atributos como acidez, balance, cuerpo y calificación, donde Q1 y Q3 fueron el grupo de menor y mayor calificación, respectivamente (Figura 2).

En la Figura 3 aparecen las relaciones entre los tipos de suelos y la calidad de café, donde se observa una relación entre la tipología suelo muy ácido, con alto nivel de Al, con bajo nivel de Ca, Mg y SB y la calidad de taza Q3. Los suelos

Tabla 2. Coeficiente de correlación ($P < 0.05$) entre características del suelo y atributos sensoriales en taza de café en fincas del sur del Departamento del Huila, Colombia.

| Atributo | Característica | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------|------|------|------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|------|------|
| | pH | MO | N | P | K | Mg | Ca | Al | Na | S | Fe | | | |
| Cuerpo | 0.17 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.20 | 0.18 | 0.01 | 0.03 | 0.15 | | | |
| Acidez | 0.05 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.01 | <u>0.28</u> | <u>0.0444</u> | 0.03 | 0.04 | 0.13 | | | |
| Balance | 0.06 | 0.10 | 0.10 | 0.04 | 0.003 | 0.01 | 0.14 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.04 | | | |
| Sabor | 0.09 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.12 | 0.01 | 0.21 | 0.06 | 0.02 | 0.04 | 0.16 | | | |
| Sabor residual | 0.14 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.20 | 0.13 | 0.06 | 0.03 | 0.12 | | | |
| Fragancia/aroma | 0.25 | 0.04 | 0.04 | 0.22 | <u>0.30</u> | <u>0.0308</u> | 0.14 | 0.18 | <u>0.29</u> | <u>0.0338</u> | <u>0.28</u> | <u>0.0461</u> | 0.03 | 0.16 |
| Dulzor | 0.13 | 0.02 | 0.03 | 0.07 | 0.02 | 0.24 | 0.16 | 0.13 | 0.12 | 0.07 | 0.15 | | | |

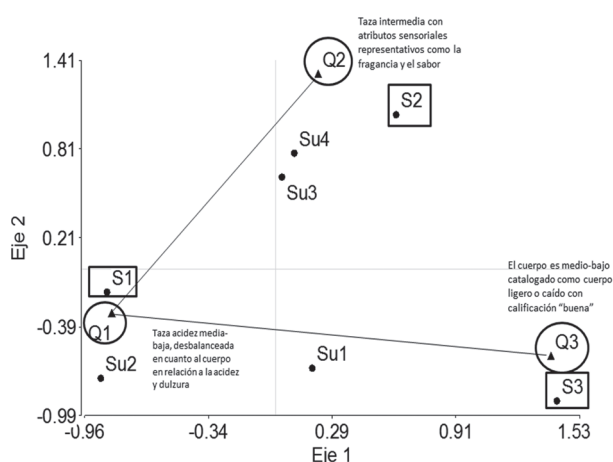


Figura 2. Análisis de correspondencia basada en tablas de contingencia entre atributos sensoriales y calidad de taza de café. Fincas del sur del Departamento del Huila, Colombia.

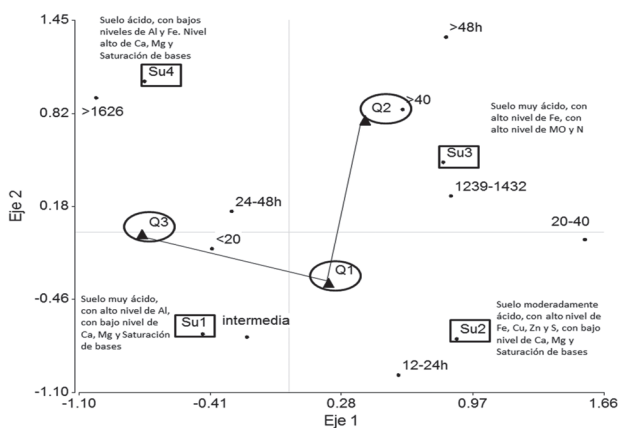


Figura 3. Análisis de correspondencia basada en tablas de contingencia de características de suelos (Su) y calidad de café (Q). Fincas del Departamento del Huila, Colombia.

moderadamente ácidos, con alto nivel de Fe, Cu, Zn y S y bajo nivel de Ca, Mg y SB se relacionaron con calidad Q1. Los suelos muy ácidos, con altos niveles de Fe, MO y N se relacionaron con calidad de taza Q2. Las fincas en el estudio se encuentran a bajas alturas con niveles de cobertura arbórea (%CA) menor que 20%, densidades de siembra entre 4000 y 5200 árboles/ha y tiempos de fer-

mentación de grano entre 24 y 48 horas. Estas condiciones de manejo y cultivo afectan los atributos sensoriales como lo demuestra la relación existente entre Q3 y los lotes que se encuentran a más de 1626 m.s.n.m., con una cobertura de sombra menor que 20% (Figura 3).

A medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar la temperatura disminuye, lo que favorece la prolongación del proceso de maduración del café cereza, lo que, a su vez, favorece el mejor llenado y peso de grano, una mayor producción de éste y una mejor calidad de bebida (Vaast *et al.*, 2005b; Wintgens, 2004). Por otra parte, los mayores niveles de nubosidad durante el día en zonas con mayores altitudes producen una disminución adicional en el aprovechamiento de la radiación, por esta razón es común que los niveles de cobertura arbórea en los arreglos agroforestales de café disminuyen con el incremento en altura sobre el nivel del mar. Las características en la calidad física y organoléptica del café se modifican con el incremento altitudinal, lo que afecta la calidad de taza (Vaast y Bertrand, 2005; Vaast *et al.*, 2005a; Figueroa *et al.*, 2000; Buenaventura y Castaño, 2002; Salazar *et al.*, 2000), por tanto a una mayor altitud se desarrollan atributos positivos como acidez y aroma, lo que define un mejor sabor y calidad de bebida (Vaast *et al.*, 2005a) (Figura 3).

En la Figura 4 se observa la relación entre la calidad de taza Q vs. las características de manejo y procesamiento del grano y la variedad cultivada. El nivel de correspondencia entre la variedad y la calidad de taza Q fue alta ($P < 0.001$). La menor calificación (Q1) ocurrió con las muestras obtenidas de la variedad Castillo, en comparación con las variedades Colombia y Caturra que se relacionaron con Q2 y Q3, que corresponden a atributos sensoriales intermedio y alto, respectivamente. En este sentido Kumar *et al.* (2013) plantean que la variedad Caturra se asocia con tazas de mayor cuerpo, sabor y acidez, que son características encontradas en las tazas Q3. Es posible que esa baja calidad en taza sea afectada durante el proceso de beneficio

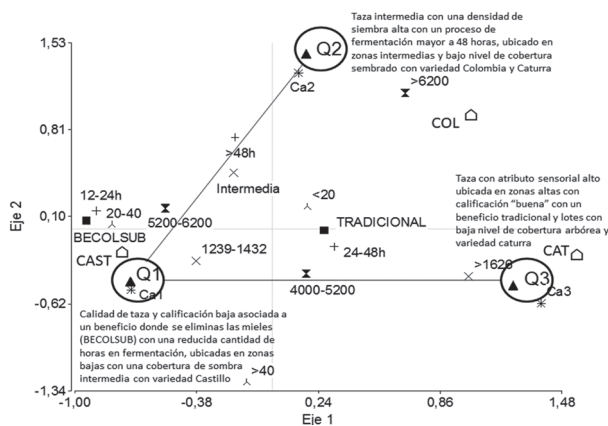


Figura 4. Análisis de correspondencia basada en tablas de contingencia entre calidad de taza Q y características de manejo del cultivo del café. Fincas del sur del Departamento del Huila, Colombia.

por variables como tiempo de la fermentación relacionada con la remoción de mucilago mediante la tecnología Becolsub que elimina el proceso de fermentación y simplifica el proceso de beneficio húmedo del café.

El 75.2% de la variabilidad fue explicada al correlacionar las variables de atributos sensoriales con la matriz de 21 variables relacionadas con la química del suelo, características de la plantación y producción de café, encontrando una relación directa entre la calidad de café Q3 y los atributos sensoriales acidez, cuerpo, sabor residual, sabor y balance. La calidad de taza Q1

se relacionó principalmente con variables de características de la plantación como densidad de siembra (Ds) y cobertura arbórea (%CA) que dependen directamente del rango de altura en la que se encuentra el cultivo, lo cual afecta negativamente los atributos sensoriales del grano (Figura 5).

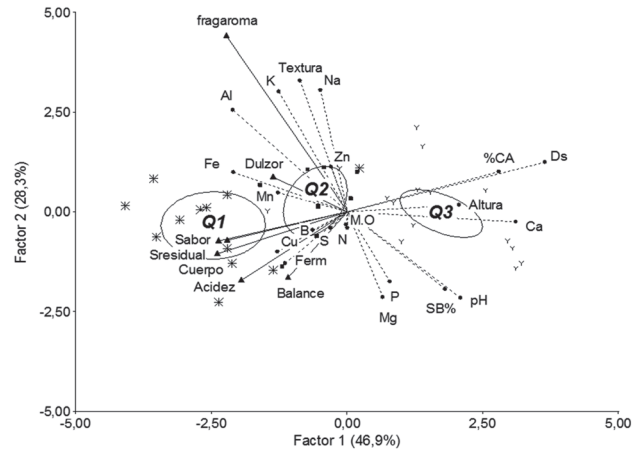


Figura 5. Tri-plot de la correlación entre una matriz de interacción entre variables de atributos sensoriales vs. matriz de 21 variables de manejo del cultivo y producción de café. Q3 a Q1 de café de buena a baja calidad. Fincas del sur del Departamento del Huila, Colombia.

En el Tabla 3 aparecen los coeficientes y los niveles de probabilidad de la relación entre variables predictivas y dependientes en relación con la calidad de la taza Q. Se encontraron relaciones

Tabla 3. Propiedades de los suelos en fincas en el estudio. Sur del Departamento del Huila, Colombia.

| Propiedad | Suelo 1 | Suelo 2 | Suelo 3 | Suelo 4 | P < |
|-----------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------|
| | Media ± E.E. | Media ± E.E. | Media ± E.E. | Media ± E.E. | |
| pH | 4.26±0.08a* | 5.72±0.28d | 4.65±0.07b | 5.18±0.1c | <0.0001 |
| K | 1.57±0.31b | 1.48±0.39ab | 0.57±0.17a | 0.56±0.2a | 0.0178 |
| Ca | 2.81±0.42a | 15.77±4.63c | 2.97±0.56a | 7.23±0.96b | <0.0001 |
| Mg | 0.78±0.17a | 1.06±0.44ab | 0.52±0.08a | 2.27±0.37b | <0.0001 |
| Na | 0.24±0.01b | 0.14±0.01ab | 0.1±0.01a | 0.13±0.01a | <0.0001 |
| SB% | 68.62±3.74a | 98.99±0.59b | 71.96±3.32b | 94.88±1.02a | <0.0001 |
| Al | 2.08±0.24c | 0.14±0.06ab | 1.49±0.18b | 0.48±0.1a | <0.0001 |
| P | 21.4±4.05ab | 57.87±5.89c | 32.27±6.14b | 12.55±3.66a | 0.0001 |
| Fe | 92.12±10.8ab | 91.98±22.36c | 113.18±15.93b | 57.55±9.08a | 0.05 |
| Cu | 0.98±0.25 | 2.1±0.5 | 2.19±0.9 | 1.1±0.24 | 0.2855 |
| Mn | 27.17±3.5b | 13.83±4.62ab | 26.3±4.91b | 12.98±2.58a | 0.0395 |
| Zn | 2.69±0.43b | 6±1.2c | 2.33±0.39ab | 1.28±0.25a | 0.0001 |
| M.O | 3.99±0.24a | 3.54±0.2ab | 5.13±0.22b | 3.88±0.47a | 0.0054 |
| N | 0.2±0.01a | 0.18±0.01ab | 0.26±0.01b | 0.19±0.02a | 0.0051 |
| S | 8.6±1.34a | 15.75±5.38b | 6.07±0.62a | 6.84±1.23a | 0.0165 |
| B | 0.66±0.08 | 0.57±0.26 | 0.5±0.1 | 0.6±0.11 | 0.7039 |

* Valores en una misma hilera seguidos de letras diferentes son estadísticamente diferentes según la prueba de Hotelling (P < 0.05).

positivas entre K ($P < 0.0308$), Na ($P < 0.0461$) y Al ($P < 0.0338$) con fragancia/aroma; lo que no ocurrió entre Ca y acidez en taza ($P < 0.0444$). Rosas *et al.* (2008) y Avelino *et al.* (2002) encontraron relaciones similares a las del presente estudio entre el nivel de Ca y fragancia/aroma, lo que indica que el bajo contenido de Ca en el suelo afecta la calidad del grano de café, no obstante, estos autores afirman que el exceso de Al afecta negativamente a la calidad del café, resultados contrarios a los encontrados en el presente estudio.

El efecto de la altitud sobre la calidad de taza es atribuido a los cambios en temperatura y humedad. La altitud y la temperatura presentan correlaciones negativas, ya que por cada 100 m que se ascienden verticalmente la temperatura disminuye entre 0.5 y 0.6 °C (Wintgens, 2004). Buenaventura y Castaño (2002) no encontraron relación entre el aumento de la altura y la calidad de grano de café. Por otra parte, se conoce que algunos elementos tienen efectos negativos directos sobre la calidad de taza de café, específicamente nitrógeno, potasio y calcio (Avelino *et al.*, 2002) y oligoelementos como boro, cloro, molibdeno, hierro, entre otros (Bornemisza, 1988).

Conclusión

La relación entre los atributos sensoriales en calidad de taza de café y las características químicas del suelo fue alta, en este sentido los suelos ácidos con alto contenido de Fe y Al generaron tazas de calidad intermedia Q2 y alta Q3. La calidad de taza Q1 (baja) estuvo asociada con suelos moderadamente ácidos, con altos niveles de Cu, Zn, S y con bajos de Ca y Mg.

Se encontró una relación negativa entre la acidez en taza con el contenido de Ca y una correlación positiva entre la fragancia/aroma con los contenidos de K, Na y Al en el suelo.

La variedad de café afectó la calidad de taza sumado al efecto en el tiempo de fermentación.

Las mejores calificaciones en atributos sensoriales en taza de café se obtuvieron en áreas a mayor altura sobre el nivel del mar y bajo nivel de sombra, lo que plantea la necesidad de manejar adecuadamente la cobertura arbórea teniendo en cuenta la altitud.

Referencias

Avelino, J.; Barboza, B.; Araya, J. C.; Fonseca, C.; Davrieux, F.; Guyot, B.; y Cilas, C. 2005. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosí and Santa María de Dota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(11):1869-1876.

- Avelino, J.; Perriot, J.; Guyot, B.; Pineda, C.; Decazy, F.; y Cilas, C. 2002. *Identifying terroir coffees in Honduras*. Research and coffee growing. Montpellier. CIRAD. p. 60.
- Avelino, J.; Bouvret, M.E.; Salazar, L.; y Cilas, C. 2009. Relationships between agro-ecological factors and population densities of *Meloidogyne exigua* and *Pratylenchus coffeae sensu lato* in coffee roots, in Costa Rica. *Appl. Soil Ecol.* 43:95 - 105.
- Avelino, J.; Zelaya, H.; Merlo, A.; Pineda, A.; Ordoñez, M.; y Savary, S. 2006. The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. *Ecol. Model.* 197:431 - 447.
- Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Casanoves, F.; Di Rienzo, J.A.; y Robledo C. W. 2008. *Manual del Usuario de InfoStat*. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. p. 336.
- Banegas, K. 2009. Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad del café (*Coffea arabica*) en los municipios de El Paraíso y Alauca, Honduras. Tesis Mag. M.Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba - Costa Rica. 58 p.
- Bosselmann, A. S.; Dons, K.; Oberthur, T.; Olsen, C. S.; Ræbild, A.; y Usma, H. 2009. The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 129(103):253 - 260.
- Buenaventura, S. y Castaño, C. 2002. Influencia de la altitud en la calidad de bebida de muestras de café procedente del ecotopo 206B en Colombia. *Revista Cenicafé* 53(2):119 - 131.
- Bornemisza, E. 1988. Oligoelementos en la nutrición del cafeto. En: Curso Regional sobre Nutrición Mineral del Café. IICA-Promecafé. San José, Costa Rica. p. 135 - 140.
- Cofenac (Consejo Cafetalero Nacional). 2003. Informe sobre el Proyecto Caracterización Física y Organoléptica de Cafés Arábigos en los Principales Agroecosistemas del Ecuador, Consejo Cafetero Nacional, Manta, Manabí, Ecuador. 248 p.
- Deheuvels, O.; Avelino, J.; Somarriba, E.; y Malezieux, E. 2012. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Agric. Ecosyst. Environ.* 149:181 - 188.
- Fajardo, P. y Sanz, U. 2003. Evaluación de la calidad física del café en los procesos de beneficio húmedo tradicional y ecológico (Becolsub). *Revista Cenicafé*. 54(4):286 - 296.
- Figuroa, P. 2000. Influencia de la variedad y la altitud en las características organolépticas y físicas del café. En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, C.R. p. 493 - 497.
- Fox, J. 2005. The R Commander: A Basic Statistics Graphical User Interface to R. *JSS* 14(9):1 - 42.
- Griffin, M. 2001. Coffee quality and environmental conditions. *Coffee Research Newsletter* 1(3):4 - 6.
- Husson, F.; Josse, J.; Le, S.; y Mazet, J. 2012. FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining with R. R package version 1.18. En <http://CRAN.R-project.org/package=FactoMineR>.
- Kumar, A.; Ganesh, S.; Basavraj, K.; y Mishra, M. K. 2013. Morphological basis for identification of cup quality characteristics in F1 hybrids derived from *Coffea arabica* L. Crosses. India. 173 p.

- Lara, D. 2005. Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L. var. Caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua, Tesis Mag, M.Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba - Costa Rica. 106 p.
- Lebart, L.; Morineau, A.; y Warwick, K. M. 1984. *Multivariate Descriptive Statistical Analysis: Correspondence Analysis and Related Techniques for Large Matrices*. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc. 198 p.
- Lingle, T. R. 2001. *The coffee cuppers handbook – a systematic guide to the sensory evaluation of coffees flavor*. Specialty Coffee Association of America ASIC, 3rd edition, Long Beach, California p. 1-71.
- Muschler, R. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforest. Syst.* 85:131 - 139.
- R Development Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en <http://www.R-project.org/>.
- Rosas, A. J; Escamilla, E. P; y Ruiz, O. R. 2008. Relación de los nutrientes del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. *Terra Latinoamericana* 26(4):375 - 384.
- Sadeghian K. S. y Gonzáles, O. H. 2012. Alternativas generales de fertilización para cafetales en la etapa de producción. Chinchiná. Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafe. *Avances Técnicos No 424*. 8p.
- Salazar, E.; Muschler, R.; Sánchez, V.; y Jiménez, F. 2000. Calidad de *Coffea arabica* bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* a diferentes elevaciones en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26):40 - 42.
- Vaast, P y Bertrand, B. 2005. Date of harvest and altitude influence bean characteristics and beverage quality of *Coffea arabica* in intensive management conditions. *Hort Sci.* 40(2):295-301.
- Vaast, P.; Kanten, V.; Angrand, J.; Aguilar, A.; y Siles, P. 2005a. *Biophysical interactions between timber trees and Arabica coffee in suboptimal conditions of Central America*. CIRAD, Montpellier, Francia.
- Vaast, P.; Kanten, V.; Siles, P.; Dzib, B.; Franck, N.; y Harmand, J. M. 2005b. *Shade: A key factor for coffee sustainability and quality*. 20th International Conference on coffee science ASIC, Bangalore, India. 887 p.
- Vaast, P.; Van Kanten, R.; Siles, P.; Dzib, B.; Franck, N.; y Harmand, J.M. 2006. Shade: a key factor for coffee sustainability and quality, 887-896. ASIC 2006, Montpellier, Francia.
- Wintgens, J. 2004. *Factors influencing the quality of green coffee*. En: J, Wintgens (ed.). *Coffee: growing, processing, sustainable production*. Alemania, WileyVCH. 798 - 809 p.