

Identificación de elementos discriminatorios para caracterizar el *Coffea arabica* L. empleando componentes principales

Julio Cesar Buendía-Espinoza
Ranferi Maldonado-Torres[§]
Luisa Amador-Atlahua
María Edna Álvarez-Sánchez

¹Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible-Departamento de Suelos-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. (jcbuendiae@hotmail.com; edna.alvarez30@yahoo.com.mx).

[§]Autor para correspondencia: ranferimt@yahoo.com.mx.

Resumen

La evaluación de la calidad en taza en agrosistemas de *Coffea arabica* L. es necesaria para generar alternativas que aseguren la calidad y diferenciación del café en Coatepec, Veracruz, México. El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la calidad física y sensorial de las variedades Typica y Mundo Novo a través del análisis de componentes principales, durante el período 2017-2018, para identificar las variables que se asocian a la calidad en taza de las variedades. Once muestras de café cereza se procesaron con beneficio húmedo para evaluar sus características físicas y sensoriales. Las particularidades físicas fueron evaluadas conforme a las normas internacionales de la Specialty Coffee Association of America (SCAA). De acuerdo con la prueba t de student, los resultados indican, que no existen diferencias significativas entre variedades respecto a la calidad física definidas por tamaño, forma y defectos del grano. Las propiedades sensoriales se analizaron mediante la técnica de componentes principales. Los resultados muestran que dos de los siete componentes explican 73.67% de variabilidad total. El primero refiere 47.24% y se correlaciona negativamente con las variables sabor, sabor residual, acidez y apreciación global. Mientras que, el segundo explica 26.43% y se correlaciona positivamente con las variables cuerpo y balance. Finalmente, los resultados indican que no hubo diferencias significativas en relación con la calidad física del grano y en taza entre variedades, ya que ambas obtuvieron 80 puntos y se consideran cafés de muy buena calidad.

Palabras clave: calidad sensorial del café, componentes principales, Mundo Novo, Typica.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: febrero de 2020

Introducción

El género *Coffea* pertenece a la familia *Rubiaceae* y comprende aproximadamente 70 especies, de las cuales *Coffea arabica* L. y *C. Canephora* var. *Robusta* son las más cultivadas a nivel mundial (Beckley, 2010; Bosselmann *et al.*, 2009). Las variedades del café arábigo aportan 80% de la producción mundial y se cultivan principalmente en países centroamericanos, sudamericanos, India, Kenia y Etiopía, en tanto que la especie *C. Canephora* se cultiva en África, Indonesia y Brasil (Beckley, 2010).

Las variedades tradicionales de la especie arábigo tienen mayor tamaño de grano, más color y composición química que el genotipo de las robustas (Regalado, 2006). Sin embargo, el tamaño del grano no influye en la calidad del café (Kathurima *et al.*, 2009). Las variedades arábigo también exhiben aroma fuerte, acidez alta, cuerpo liviano, contrario a los híbridos (Wintgens, 2004), aunque, existe controversia sobre si hay diferencias significativas de su calidad en taza (Steiger *et al.*, 2002).

En México, las principales variedades de café arábigo cultivadas son: Typica, Bourbon, Caturra Rojo, Mundo Novo, Garnica, Catuaí, Caturra Amarillo, Catimor y en menor escala Maragogipe, Pacamara, Villa Sarchi, Sarchimor, entre otras (Regalado, 2006; López-García *et al.*, 2016).

Si bien las variedades tradicionales de café arábigo son sensibles a la roya, éstas poseen características genéticas como la calidad física del grano, las propiedades químicas y organolépticas de la bebida que asociadas a las condiciones ambientales, las prácticas agronómicas y culturales, la forma de cosecha, el tipo y control durante el beneficio, el almacenamiento, la tostación y la preparación de la bebida, influyen en la calidad del café (Santoyo *et al.*, 1996; Kathurima *et al.*, 2009; Oberthür *et al.*, 2011; Puerta, 2016; Rodríguez *et al.*, 2014). De los factores mencionados, el beneficio o proceso de transformación del grano de café cereza a pergamino seco es el que más ha sido investigado (Avelino *et al.*, 2005; Beckley, 2010; Orozco *et al.*, 2011).

Las características físicas y organolépticas del grano del café inciden en el precio de su venta. En consecuencia, el perfil de taza es una herramienta importante en la caracterización de las diferentes variedades de café, mismas que son clasificadas por los métodos sensoriales de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA, 2015; Sánchez-Hernández *et al.*, 2018). En México, el porcentaje de productores que producen cafés de calidad y los estudios que abordan ésta son mínimos, a pesar de que algunas regiones de Veracruz producen café con una extraordinaria calidad, misma que ha recibido reconocimientos nacionales e internacionales (Sánchez-Hernández *et al.*, 2018). Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la calidad física y sensorial de las variedades arábigo tradicionales Typica y Mundo Novo, cultivadas en Coatepec, Veracruz; a partir, del análisis de componentes principales para identificar las variables que se asocian con mayor certeza a su calidad en taza.

Materiales y métodos

Localización geográfica

La investigación se realizó en un predio ubicado en Coatepec, Veracruz, entre las coordenadas 19° 28' 20" latitud norte y 96° 54' 16" longitud oeste, a una altura promedio de 1 250 msnm. Su superficie es de 24.5 hectáreas y su tipo de suelo es de origen volcánico, conocido como Andosol y constituido por cenizas con alto contenido de alófono que le confiere ligereza y untuosidad, así como la capacidad de fijación de nutrientes, especialmente, fósforo (INEGI, 2004). Según el INEGI (2009), el clima es semicálido húmedo con lluvias todo el año, con un rango de precipitación anual de 1 100 a 2 100 mm. Su vegetación es de bosque o selva y su temperatura mínima y máxima es de 10° C y 35° C, respectivamente.

Descripción de la finca

La vegetación de la finca es principalmente: *Inga* sp, *Inga edulis*, *Acacia Farnesiana*, *Leucaena leucocephala*, *Grevillea robusta* y *Bursera simaruba*, que sirven de sombra para el café. También, hay guayabos, naranjos, platanos y mangos, entre otras. En menor proporción, hay palmas coyoleras y algunos ejemplares de encino. Las variedades de café cultivadas son arábicas de porte alto: Typica en 80% y Mundo Novo 20%. Sus densidades de plantación son de 1 111 y 2 415 plantas por ha, respectivamente. La primera variedad está sembrada a una distancia de 3 x 3 m con un arreglo en tres bolillo donde se ubican 2 grevilleas y 3 jinicuales; mientras que la segunda a una distancia de 1.8 x 2.3, a doble postura en arreglo tres bolillo donde se encuentran 3 huizaches, 3 chalahuites y 3 jinicuales. La edad de plantación es de aproximadamente 40 años para ambas variedades.

Muestreo de frutos

Se obtuvieron 4 y 7 muestras de café verde Mundo Novo y Typica, respectivamente. Se les determinó peso, volumen y el número de cerezas por muestra. Los frutos maduros de las muestras se procesaron por el método de beneficio húmedo. Se despulparon por separado, fermentaron, lavaron, secaron y finalmente se trillaron para el análisis físico y sensorial.

Análisis físico y sensorial de las muestras

El análisis físico y la evaluación sensorial de las muestras de café se realizó siguiendo los protocolos de la SCAA (SCAA, 2015), en el laboratorio de catación del Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba, ubicado en Córdoba, Veracruz. El análisis físico consistió en: a) determinar el contenido de humedad en submuestras de 2.5 g de polvo por medio del analizador halógeno de humedad Mettler Toledo modelo HG63; b) clasificar el café por su tamaño de grano con tamices del número 15 al 19 y base; c) pesar la cantidad de café retenido por cada tamiz para cada muestra de café cereza; y d) calcular el porcentaje retenido de granos por tamiz.

La clasificación por forma consistió en separar los granos triángulo, caracol, planchuela y elefantes; mientras que la clasificación de defectos consistió en: a) separar granos inmaduros, mordidos, quebrados, negros, agrios, etc. en cada una de las muestras; y b) obtener el porcentaje con relación al peso total para cada uno de estos por muestra.

La evaluación sensorial consistió en analizar las muestras de café por cuatro catadores profesionales, con base en el protocolo de la SCAA (2015): a) tostar 100 g de cada una de las muestras de café cereza entre 12 y 15 min en un tostador marca Promor; b) determinar su grado de tostación cuando el café obtenga un tueste claro; c) pesar 12 g de grano tostado por taza y moler a grado 3 en un molino marca Mahlkoning; d) determinar la fragancia del café molido a cada una de las muestras, agregándoles agua pura a punto de ebullición (93 °C) y esperar 4 min para que los atributos de fragancia, aroma, acidez y cuerpo se integren completamente; e) determinar el aroma; f) limpiar la taza, retirando con una cuchara la espuma formada en la superficie de la bebida; g) determinar la acidez, cuerpo, uniformidad, balance y dulzura de la bebida; y h) evaluar los atributos sensoriales con una escala del 0 a 10, donde 0 es el más bajo y 10 el más alto. Las cataciones se realizaron por mesa, cada mesa con 3 muestras con cinco repeticiones, donde cada catador dio la calificación de cada una de las características evaluadas. Al final se realizó un promedio de las calificaciones de los catadores.

Análisis de datos

Para el análisis de datos de la evaluación física de las variedades en estudio, se realizó una comparación de medias con la prueba t-Student (Ortiz y Moreno, 2011). El método consistió en: a) comprobar los supuestos de homogeneidad de varianzas y normalidad de los errores por medio de la prueba de Bartlett y Shapiro-Wilk, respectivamente; b) aplicar la prueba de Welch en los casos donde no se cumpla el supuesto de homogeneidad de varianzas; y c) realizar la prueba t-Student para comparar las medias de las variables; es decir, evaluar sus diferencias y probar las siguientes hipótesis.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad \text{versus} \quad H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde: μ_1 y μ_2 es el porcentaje medio retenido de grano para el tamiz i de la variedad Mundo Novo y Typica, respectivamente. H_0 y H_1 se conocen como hipótesis nula y alterna, respectivamente. Esta última hipótesis es una hipótesis bilateral, porque puede ser verdadera sí $\mu_1 < \mu_2$ o sí $\mu_1 > \mu_2$. Las pruebas de hipótesis se realizaron con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Adicionalmente, se aplicó la prueba 'd' de Cohen, también llamada tamaño del efecto (TE), con el propósito de medir relativamente la superioridad de un tratamiento sobre otro en la población de la que se obtiene la muestra (Cerdeira y Villarreal, 2008; Ledesma *et al.*, 2008).

En el análisis de datos de la evaluación sensorial, se aplicó el método de análisis de componentes principales (ACP) que es una herramienta que extrae componentes o factores que explican mejor la dimensión analizada (Johnson, 2000). Debido a que no existió variabilidad entre las variedades, el ACP se aplicó para identificar los componentes que explican mejor la calidad de la bebida, evaluada por medio del análisis de calidad sensorial. Dicho análisis consideró las variables cuantitativas: aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, apreciación global, humedad del grano.

Resultado y discusión

Análisis físico del café verde

En el Cuadro 1, se muestran los resultados de los estadígrafos obtenidos del análisis físico para ambas variedades. El porcentaje promedio de grano retenido en el tamiz 19(7.5 mm) fue $\bar{y}_1=0.057\%$ para Mundo Novo, mientras que para Typica fue $\bar{y}_2=12.4\%$. Dichos porcentajes indican que se rechaza H_0 ; es decir, que la diferencia entre ellos es estadísticamente significativa, para $\alpha \leq 0.05$, con la prueba t-Student, y que además dicha diferencia es grande, según la prueba de Cohen. Respecto al tamiz 18(7.1 mm), los resultados también indican que existen diferencias estadísticamente significativas. De ahí que, la variedad Typica retuvo mayor cantidad de grano que Mundo Novo en los tamices 18(28.86% vs 0.12%) y 19 (12.4 vs 0.057%). En contraste, en los tamices 13(5 mm), 14(5.6 mm), 15(6 mm), 16(6.3 mm) y 17(6.7 mm), los resultados obtenidos indican que no existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje promedio retenido de grano entre las dos variedades.

Cuadro 1. Promedios de la granulometría del café verde de Typica y Mundo Novo.

Variedad	Variable	Media (%)	$p > T ^*$	d de Cohen	Tamaño del efecto
Mundo Novo	Z19	00.057 b	0.05	1.1209	Grande
Typica		12.4 a			
Mundo Novo	Z18	00.12 b	0.032	1.2849	Grande
Typica		28.86 a			
Mundo Novo	Z17	20.72 a	0.187	0.8958	Grande
Typica		14.9 a			
Mundo Novo	Z16	35.22 a	0.399	0.4191	Pequeño
Typica		26.45 a			
Mundo Novo	Z15	18.71 a	0.213	0.8398	Grande
Typica		11.43 a			
Mundo Novo	Z14	08.48 a	0.242	0.7852	Mediano
Typica		04.86 a			
Mundo Novo	Z13	01.07 a	0.876	0.1009	Despreciable
Typica		00.96 a			
Mundo Novo	(%) de humedad	09.39 a	0.656	0.2091	Mediano
Typica		09.57 a			

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales $p < 0.05$.

En cuanto al porcentaje de grano retenido por los tamices, Mundo Novo y Typica retuvieron alrededor de 50% y 27% de granos clasificados como medianos, respectivamente, en el tamiz 16. Al respecto, López-García *et al.* (2016) mencionan que los americanos prefieren semillas entre el tamiz 15 y 16, mientras que los europeos entre el tamiz 17 y 18.

Sin embargo, Lara (2005) sugiere no dejar de considerar la altitud, la sombra y la fertilización, ya que influyen en la calidad física del grano (tamaño, peso y granos imperfectos), y organoléptica (aroma, cuerpo, acidez, sabor y preferencia). En este sentido, Vaast *et al.* (2005) mencionan que al

aumentar la altitud el tamaño de grano incrementa y el porcentaje de defectos disminuye. Además, Marín *et al.* (2003) enfatizan que el tamaño de grano tiene importancia para la calidad física del café, pero no es un criterio de calidad suficiente. Por tanto, es necesario evaluar el aspecto y el color de las almendras. Respecto a los tamices 13 y 14, no hubo granos retenidos en ambas variedades.

En cuanto al contenido de humedad del grano en las dos variedades, los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas con $\alpha = 0.05$. Los porcentajes promedio de humedad fueron de 9, que con base en el rango (de 10 a 12%) de humedad de comercialización del café establecido por la SCAA es bajo, aunque para el rango (de 9 a 13%) establecido por la Green Coffee Association of New York (GCA), es adecuado.

Al respecto, Reh *et al.* (2006) sustentan que un porcentaje de contenido de humedad entre el 8 y 12.5% se considera adecuado, porque evita problemas de crecimiento microbiano y formación de micotoxinas, las cuales alteran la calidad sensorial en taza debido a la generación de sabores desagradables. Asimismo, Puerta (2006) enfatiza que un grano de café que no ha sido secado de forma adecuada desarrolla mal olor y sabor, se aplasta en la trilladora y pierde mucho peso durante el proceso de tostación, en consecuencia, su calidad es menor.

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico respecto a la forma de los granos. Los porcentajes promedios de grano planchuela y caracol retenido en los tamices 19 y 18 entre las variedades Mundo Novo y Typica son estadísticamente diferentes con un nivel de significancia menor o igual que 0.05, asociado a la prueba t-Student, y dicha diferencia es grande, de acuerdo a la prueba de Cohen. Estos resultados coinciden con los encontrados por López-García *et al.* (2016), tanto en la variedad Typica como en la Mundo Novo, aunque, ellos en su investigación no obtuvieron diferencias significativas a 95% de confiabilidad. Además, acuerdo con Wintgens (2004a), el café tipo planchuela se considera normal para los requerimientos del mercado.

Cuadro 2. Promedios para la clasificación de forma de grano.

Variedad	Variable	Media (%)	$p > T $ *	d de Cohen	Tamaño del efecto
Mundo Novo	Planchuela	55.86 b	0.0126	1.9456	Grande
Typica		79.35 a			
Mundo Novo	Caracol	34.54 a	0.0104	2.0208	Grande
Typica		12.04 b			
Mundo Novo	Triángulo	02.72 a	0.854	0.1186	Despreciable
Typica		02.5 a			
Mundo Novo	Monstruos	00.15 a	0.8214	0.1457	Despreciable
Typica		00.08 a			
Mundo Novo	Conchas	00.63 a	0.4534	0.4911	Pequeño
Typica		01.2 a			
Mundo Novo	Quebrado	08.48 a	0.2511	0.7687	Mediano
Typica		04.86 a			
Mundo Novo	Defecto total	05.27 a	0.3192	0.6608	Mediano
Typica		04.07 a			

Valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes $p < 0.05$.

En relación con el grano de forma triangular, los resultados indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las dos variedades, para un nivel de significancia de 0.05, y dicha diferencia es despreciable según la prueba de Cohen. Estos resultados también coinciden con lo encontrado por López-García *et al.* (2016) en variedades de café arábica. Sin embargo, no hay evidencia o muy poca de que este tipo de grano tenga un efecto negativo en la calidad de la bebida (Wintgens, 2004b). Bajo el mismo nivel de significancia $\alpha = 0.05$, los porcentajes promedio obtenidos de granos monstruos y conchas no muestran diferencias estadísticamente significativas en ambas variedades. La prueba de Cohen clasificó dicha diferencia como despreciable.

En cuanto a los defectos totales, solamente se presentaron defectos secundarios como negro parcial, agrio parcial, flotes y brocado leves. Sus porcentajes promedio en las variedades no son estadísticamente diferentes; es decir, es despreciable según la prueba de Cohen. Lo anterior, coincide con los resultados obtenidos por Marín *et al.* (2003), quienes encontraron un bajo porcentaje de almendras con defectos en muestras colectadas en estado maduro.

Los resultados también muestran que la variedad Typica obtuvo 1.5 defectos de negro parcial y seis defectos completos, mientras que Mundo Novo obtuvo un defecto de negro parcial y 10 defectos de agrio parcial. De acuerdo con la clasificación del café verde de la SCAA que menciona que tres granos parciales negro o agrio equivalen a una imperfección completa, Mundo Novo tiene tres imperfecciones completas y Typica ninguna. Los demás defectos secundarios no fueron representativos, encontrándose de 1 a 2 defectos de brocado leve y flotes, respectivamente.

Calidad sensorial del café

En el Cuadro 3, se muestran los resultados obtenidos de la calidad sensorial. En general, todos los indicadores organolépticos obtuvieron calificaciones promedio arriba de 7, excepto los indicadores de uniformidad, dulzor y taza limpia que alcanzaron promedio de 10. Al respecto, Puerta (2000) menciona que la apreciación global es un indicador que permite aceptar o rechazar una muestra de café por su calidad, y está relacionada con todas las propiedades percibidas con el sentido del olfato (aromas) y gusto (cuerpo, amargo y acidez).

Cuadro 3. Calidad del café obtenida del puntaje total de los catadores.

Variedad	Aroma	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Dulzor	Taza limpia	Apreciación global	Total (%)
Mundo Novo	7.2	7.2	7	7.2	7.7	10	8	10	10	7.2	81.3
Mundo Novo	7.3	7.5	7.3	7.2	7.1	10	7.3	10	10	7.3	80.8
Mundo Novo	7.1	6.9	7.2	7	7	10	7.1	10	10	7.3	79.5
Mundo Novo	7.3	7.4	7.5	7.3	7.2	10	7.3	10	10	7.3	81.3
Typica	7.3	7.1	7.1	7.2	7.7	10	8.1	10	10	7.2	81.6
Typica	7.2	7.2	7.2	7.4	7.1	10	7.3	10	10	7.6	80.8
Typica	7	7	7	7.1	7.8	10	8	10	10	6.9	80.8
Typica	7.2	7	6.8	7.2	6.9	10	6.8	10	10	7	78.8
Typica	7.3	7.4	7.3	7.3	7.2	10	7.3	10	10	7.4	81.3
Typica	7.2	7.5	7.4	7.3	7.5	10	7.4	10	10	7.3	81.6
Typica	7.1	7.3	7.1	7.3	7.3	10	7.1	10	10	7.3	80.3

El promedio general del puntaje total obtenido de la catación fue de 80.7, lo que indica que el café es de muy buena calidad y catalogado como café de especialidad (80-84.99), según los protocolos de catación de la SCAA.

Descriptorios aromáticos

En el Cuadro 4, se muestran las notas aromáticas identificadas por el panel de catación en las muestras de café evaluadas, según la SCAA. *Typica* y *Mundo Novo* tienen los mismos subgrupos aromáticos, lo cual coincide con lo reportado por Hernández (2017), quien menciona que la región cafetalera de Coatepec se cataloga por notas de chocolate, acompañadas por notas de frutales y de caramelo. Estos grupos aromáticos también coinciden con lo encontrado por Escamilla (2007), con la diferencia que las notas de nueces, flores, frutales, fenólicas y pirolíticas aparecen con menor frecuencia, y destacan mejor en cafetos de más de 35 años, edad promedio de las plantaciones de la finca. En cuanto a las notas aromáticas encontradas y su relación con los compuestos químicos, según Puerta (2011), las notas frutales y dulces son aldehídos, cetonas, ésteres, alcoholes y ácidos, las florales son alcoholes y los olores a ahumado son fenoles.

Cuadro 4. Notas aromáticas del café en taza.

Variedad	Nota aromática	Subgrupo
Mundo Novo	Miel, Caramelo, Almendras, Pan Tostado, Chocolate, Flores, Cacahuete, Limón, Avellanas, Mantequilla, Nuez, Chabacano, Manzana, Pepino, Espaciado, Chícharo, Herbal.	Chocolates, Caramelos, floral, Frutal, Espaciado, Herbáceo.
Typica	Caramelo, Chocolate, Limón, Miel, Hierbal, Almendras, Tostado, Nuez, Flor de Café, Manzana, Chícharo, Guayaba, Té de Rosas, Floral, Ave Azada, Avellanas.	Florales, Pirolíticos, Chocolates, Caramelo, Nuez, Floral, Frutal, Herbáceo, Azúcar Tostado.

Análisis de componentes principales

El ACP permitió agrupar el mayor porcentaje de la variabilidad (71.33%) en dos componentes (Cuadro 5) de acuerdo con el Criterio de Kaiser, el cual supone que las variables observables tienen varianza 1.

Cuadro 5. Varianza explicada por los componentes.

Componentes	Desviación Estándar	Varianza	Proporción de la varianza	Proporción de la varianza acumulada	
1	1.819	3.307	0.472	0.472	*****
2	1.36	1.85	0.264	0.737	*****

El primer componente explicó 47.2% de la variabilidad total y está conformado por las variables sabor (-0.442), sabor residual (-0.417), acidez (-0.412) y apreciación global (-0.485), las cuales se relacionan con el 'olfato y gusto'. El segundo componente representó 26.4% de la variación total y se conformó por las variables cuerpo (0.628) y balance (0.639), las cuales se relacionan con la 'consistencia de la taza'.

En el Cuadro 6 y en el inciso a) de la Figura 1, los resultados indican que las variables están correlacionadas negativamente, en el componente uno. El sabor se correlaciona negativamente, seguida de apreciación global, acidez y sabor residual. Mientras que en el componente dos, cuerpo y balance se correlacionan positivamente. En el inciso b), se puede observar que las variedades de las plantas de café evaluadas no son determinantes en su calidad, porque en el plano de componentes se ubican indistintamente. Al respecto, Avelino *et al.* (2005) señala que el factor genético no influye en la calidad en taza; sino que la calidad está más relacionada con el terroir; es decir, con el macro clima, que determina las características sensoriales, incluidas las tipicidades y el contenido químico de los granos.

Cuadro 6. Correlación entre las variables y cada uno de los componentes principales.

Carga de los componentes	Componentes	
	1	2
Aroma/fragancia	-0.323	0.251
Sabor	-0.442	-0.249
Sabor res	-0.417	0.256
Acidez	-0.412	0.072
Cuerpo	0.255	0.628
Balance	0.24	0.64
Apreciación global	-0.485	-0.029

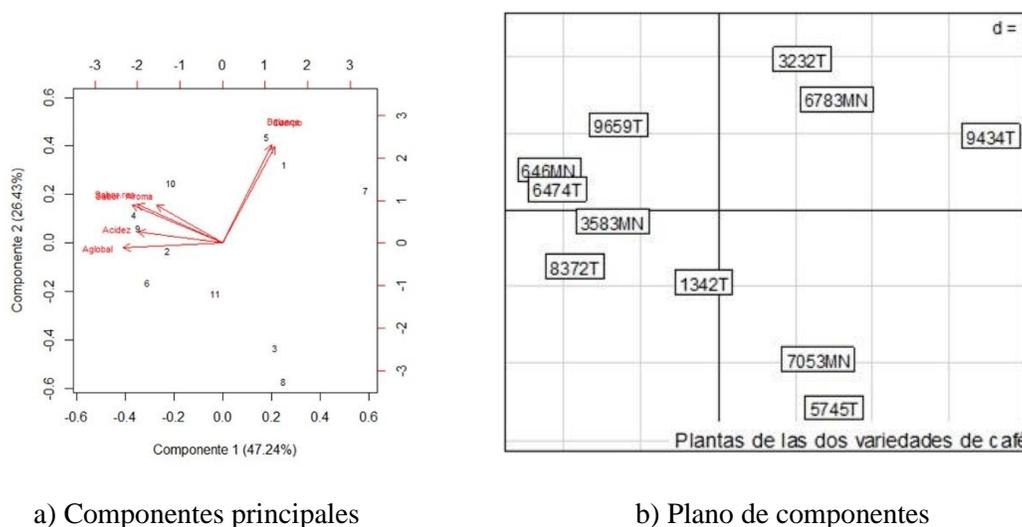


Figura 1. Componentes principales de los atributos sensoriales del café.

Conclusiones

La evaluación de la calidad física de las variedades arábicas tradicionales Typica y Mundo Novo cultivadas en Coatepec, Veracruz, presentó diferencias significativas en los porcentajes promedios de grano verde retenidos en el tamiz 18 y 19. Mundo Novo alcanzó tres imperfecciones completas y Typica ninguna de acuerdo con la clasificación del café verde de la SCAA. El mayor porcentaje de grano planchuela lo obtuvo Typica con 79.35%, en tanto que Mundo Novo el mayor porcentaje

de caracol con 34.54%. A pesar, de las diferencias en las características físicas, las dos variedades alcanzaron un puntaje promedio en la catación de 80.7, que significa que el café es de muy buena calidad y catalogado como café de especialidad según la SCAA.

Se seleccionaron dos componentes principales que en conjunto explican 73.67% de la variabilidad: 47.2% la primera y 26.4% la segunda. La matriz de correlaciones variables-componente (Cuadro 6) muestra que la primera componente se correlaciona, en forma directamente proporcional, con el sabor, el sabor residual, la acidez, y la apreciación, y la segunda componente con el cuerpo y el balance.

En general, las condiciones de clima, suelo y nutrición balanceada en fincas de Coatepec, Veracruz, no marcan diferencia en la calidad física y sensorial de la bebida en las variedades evaluadas. Tanto Typica como Mundo Novo tienen potencial de calidad sensorial y pueden seguir siendo plantadas en cafetales de la región.

Literatura citada

- Avelino, J.; Barboza, B.; Araya, J. C.; Fonseca, C.; Davrieux, F.; Guyot, B. and 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. *J. Sci. Food Agric.* 11(85):1869-1876.
- Beckley, V. 2010. La fermentación del café. *Rev. Instituto de defensa del café de Costa Rica.* 8:209-216.
- Bosselmann, A. S; Dons, K.; Oberthur, T.; Smith, O, C.; Raebild, A. and Usma, H. 2009. The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. *Agric. Ecosys. Environ.* 1-3(129):253-260.
- Cerda, L. J. y Villarreal, Del P. L. 2008. Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Rev. chilena de pediatría.* 1(79):54-58.
- Escamilla, P. E. 2007. Influencia de los factores ambientales, genéticos, agronómicos y sociales en la calidad del café orgánico en México. Tesis Doctoral, Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas-Campus Veracruz, México. 254 p.
- Hernández, M. G. 2006. Regiones cafetaleras de Veracruz. Aroma de la biodiversidad. Bosques cafetaleros de Veracruz. PRONATURA.
- INEGI. 2004. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Guía para la interpretación de Cartografía edafología. 21 p.
- INEGI. 2009. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Coatepec, Veracruz de Ignacio de la Llave. México. 9 p.
- Johnson, D. E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Traducción al español de applied multivariate methods for data analysts, Pérez, C. H. (traduc.). International Thomson Editors. México, DF. 566 p.
- Kathurima, C. W.; Gichimu, B. M.; Kenji, G. M. and Boulanger, R. 2009. Evaluation of beverage quality and green bean physical characteristics of selected Arabica coffee genotypes in Kenya. *Afr. J. Food Sci.* 11(3):365-371.
- Lara, E. L. 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 de Maestría, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 92 p.

- Ledesma, R.; Macbeth, G. y Cortada, De K. N. 2008. Tamaño del efecto: revisión teórica y aplicaciones con el sistema estadístico ViSta. *Rev. Latinoam. Psicología*. 43(40):425-439.
- López-García, F. J.; Escamilla-Prado, E.; Zamarripa-Colmenero, A. y Cruz- Castillo, J. G. 2016. Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica* L.) en Veracruz, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 3(39):297-304.
- Marín, L. S. M.; Arcila, P. J.; Montoya, R. E. C. y Oliveros, T. C. 2003. Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, rendimiento y calidad de bebida. *Cenicafé*. 4(54):297-315.
- Oberthür, T.; Läderach, P.; Posada, H.; Fisher, M. J.; Samper, L. F.; Collet, L.; Moreno, E.; Alarcón, R.; Villegas, A.; Usma, H. and Jarvis, A. 2011. Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. *Food Policy*. 6(36):783-794.
- Orozco, C. N.; Guacas, S. A. y Bacca, A. 2011. Caracterización de fincas cafeteras por calidad de la bebida y algunas condiciones ambientales y agronómicas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(28):9-17.
- Ortiz, J. E. y Moreno, E. C. 2011. ¿Se necesita la prueba t de Student para dos muestras independientes asumiendo varianzas iguales? *Com. Estadística*. 2(4):139-157.
- Puerta, Q. G. I. 2000. Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. *Cenicafé*. 1(51):5-19.
- Puerta, Q. G. I. 2006. La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. *Cenicafé*. 352(1):1-8.
- Puerta, Q. G. I. 2011. Composición química de una taza de café. *Cenicafé*. 414(1):1-12.
- Regalado, O. A. 2006. ¿Qué es la calidad del café? Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 309 p.
- Reh, C. T.; Gerber, A.; Prodolliet, J. and Vuataz, G. 2006. Water content determination in green coffee-Method comparison to study specificity and accuracy. *Food Chem*. 3(96):423-430.
- Rodríguez, B. E.; Suarez, S. J. C. y Duran, B. E. H. 2014. 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. *Acta Agron.* 4(64):342-348.
- Rodríguez, B. E.; Vega, C. G. A. y Suárez, S. J. C. 2014. Fuentes de variación que tienen efecto sobre los atributos sensoriales de taza en sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) en el sur de Colombia. *Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*. 1(1):64-77.
- Sánchez-Hernández, S.; Escamilla-Prado, E.; Mendoza-Briseño, M. A. y Nazario-Lezama, N. 2018. Calidad del café (*Coffea arabica* L.) en dos sistemas agroforestales en el centro de Veracruz, México. *Agroproductividad*. 4(11):80-86.
- Santoyo, C. V. H.; Díaz, C. S.; Escamilla, P. E. y Robledo, M. J. D. 1996. Factores agronómicos y calidad del café. Universidad Autónoma Chapingo y Confederación mexicana y productores de café. Texcoco, Estado de México. 21 p.
- Specialty Coffee Association of America (SCAA). 2015. SCAA Protocols cupping specialty coffee. 10 p.
- Steiger, D.; Nagai, C.; Moore, P.; Morden, C.; Osgood, R. and Ming, R. 2002. AFLP analysis of genetic diversity within and among *Coffea arabica* cultivars. *Theoretical and applied genetics*. 2-3(105):209-215.

- Vaast, P.; Cilas, C.; Perriot, J. J.; Davrieux, F.; Guyot, B. and Bolaño, M. 2005. Mapping of coffee quality in Nicaragua according to regions, ecological conditions and farm management. *In: ASIC conference, 20th International Conference on Coffee Science*. CIRAD. Bangalore, India. 842-850 pp.
- Wintgens, J. N. 2004a. Factor influencing the quality of Green coffee. *In: coffee: growing, processing, sustainable production: a guidebook for growers, processors, traders, and researchers*. Wintgens, J. N. (Ed.). Wiley-VHC. Weinheim, Germany. 789-809 pp.
- Wintgens, J. N. 2004b. Green coffee defects. *In: coffee: growing, processing, sustainable production: a guidebook for growers, processors, traders, and researchers*. Wintgens, J. N. (Ed.). Wiley-VHC. Weinheim, Germany. 758-788 pp.