



## Fenoles totales, actividad antioxidante y evaluación sensorial del café tostado

Total phenols, antioxidant capacity and sensory evaluation in roasted coffee

Carmen Atavillos-Dominguez<sup>1</sup> ; Darlym Reátegui<sup>2</sup> ; Elizabeth Ordoñez<sup>3,\*</sup> 

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la selva. Carretera central km. 1,21, Tingo María, Perú.

<sup>2</sup> Laboratorio Central de Investigación, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Carretera central km. 1,21, Tingo María, Perú.

<sup>3</sup> Departamento académico Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Carretera central km 1,21, Tingo María, Perú.

### RESUMEN

El café peruano es uno de los mejores del mundo por tener suelos, climas, precipitación y luz propicios para este cultivo. Los objetivos fueron realizar la caracterización fisicoquímica y color, fenoles totales, actividad antioxidante (DPPH and ABTS) y calidad sensorial del café tostado comercializado en la provincia de Leoncio Prado, Perú. Se evaluaron 29 muestras por triplicado. Según los resultados el mayor contenido de fenoles totales correspondió a la muestra M25 (26,76 ± 0,26) y el menor a la muestra M27 (19,76 ± 0,10) mg GAE/g; para las 15 muestras que presentaron mayor contenido de fenoles se realizó la determinación de la actividad antioxidante y calidad sensorial. El rango de actividad antioxidante frente al radical DPPH estuvo entre 0,117 (M26) a 0,172 mmol TE/g (M25) y frente al radical ABTS<sup>•+</sup> de 0,121 (M12) a 0,172 mmol TE/g (M25). En cuanto a la evaluación sensorial, la muestra M4 tuvo mayor fragancia/aroma; en sabor, postgusto, acidez y cuerpo fue M2; en balance fue M2; M3 tuvo una calificación de "muy bueno" y la mejor calidad en taza fue obtenida por M2, M3, M4, M17 y M22 con calificado de "muy bueno".

**Palabras clave:** Análisis Fisicoquímico; color; evaluación sensorial; calidad en taza.

### ABSTRACT

The Peruvian coffee is one of the best in the world because it has favorable soils, weathers, rainfall and light for this crop. The objectives were to do a physicochemical and color characterization, total phenols, antioxidant activity (DPPH and ABTS) and a sensory evaluation of roasted coffee commercialized in the Leoncio Prado province, Peru. Twenty-nine samples were evaluated three times. According to the results, the greatest content of total phenols corresponded to the M25 sample (26.76 ± 0.26) and the least to the M27 sample (19.76 ± 0.10) mg GAE/g; to the fifteen samples which presented the greatest phenol content was realized determination of the antioxidant capacity and sensory quality. The range of antioxidant activity against the DPPH radical was between 0.117 (M26) to 0.172 mmol TE/g (M25) and against the ABTS<sup>•+</sup> radical, from 0.121 (M12) to 0.172 mmol TE/g (M25). Regarding the sensory evaluation, M4 sample had the best fragrance/aroma; for flavor, aftertaste, acidity and body was M2; for balance was M2; M3 had a classification of "very good" and the best cup quality was obtained by M2, M3, M4, M17, M22 with a classification of "very good."

**Keywords:** Physicochemical analysis; color; sensory evaluation; cup quality.

### 1. Introducción

El café representa uno de los productos con mayor valor de exportación a nivel mundial, (Jiménez-Torres y Massa-Sánchez, 2015). El consumo de café en todo el mundo es alrededor de 600 miles de millones de tazas al año (Ocampo y Alvarez, 2017), cada año hay unos 75 millones de potenciales consumidores nuevos, que están demandando tres millones de sacos más en todo el mundo (Flores, 2015); mientras en el Perú el

consumo interno de café es de 110 mil sacos al año y el consumo por habitante se ha incrementado de 1 a 1,1 kg por habitante (MINAGRI, 2017). En nuestro país, se cultivó café por primera vez en la provincia de Chinchao Región Huánuco en los años 1740 -1760, (Jarata, 2015). En la actualidad, para apoyar la actividad agrícola se promueve la creación de empresas que produce y venden café en las ferias de productos agropecuarios, acogiéndose a la Ley N° 28015 cuyo objetivo es "fomentar la promoción de la

competitividad, formalización y desarrollo de las micro y pequeña empresa para la ampliación del mercado interno y externo". En nuestro país, existen empresas que comercializan el café en grano tostado o molido, las mismas que registran su marca comercial pero muchas veces no indican en sus etiquetas la variedad de café, procedencia, mezclas de café u otros granos que pueden ser adicionados, se expenden en presentaciones de 100, 250 y 500 g, lo que genera una desconfianza del comprador.

El grano de café presenta compuestos bioactivos naturales, actualmente se conoce alrededor de 1000 fitoquímicos, se sabe que actúan de acuerdo a su estructura química, eliminando radicales libres (Jeszka-Skowron et al., 2015); Así mismo, el café contiene muchos componentes biológicos como el ácido clorogénico y derivados, metilxantinas (cafeína, teofilina y teobromina), diterpenos, ácido nicotínico (vitamina B3) y precursores de trigonelina, magnesio y potasio (Gomez-Ruiz et al., 2007), muchos de estos compuestos presentan actividad antioxidante, anticancerígena y antimutagénica (Shang et al., 2017).

Los análisis fisicoquímicos y sensoriales para café, son técnicas reproducibles cuyos resultados permiten describir sus características en taza para determinar los diferentes atributos de calidad (Valencia et al., 2015); por medio de la evaluación sensorial se da la aceptabilidad del mercado nacional o exportación y el precio; así mismo, los componentes bioquímicos en el café contribuyen a la calidad final de la taza (Abdulmajid, 2014); la calidad de la bebida se relaciona con los atributos sensoriales como el sabor, aroma, acidez, cuerpo y calidad de taza, la cual es la herramienta más importante para caracterizar los diferentes tipos de café (Ladino-Garzón et al., 2016). Por otro lado, es importante reconocer que la calidad es afectada por factores como variedad, condiciones ambientales, la tecnología del procesado y la forma comercial como se ofrecen (Lazcano-Sánchez et al., 2015). El objetivo de la investigación fue realizar la caracterización fisicoquímica, fenoles totales, actividad antioxidante y evaluación sensorial del café tostado comercializado en la provincia de Leoncio Prado.

## 2. Materiales y métodos

### Muestras

Se evaluaron 29 muestras de café tostado comercial (250 g), el ámbito geográfico fue la provincia de Leoncio Prado (altitud de 660 msnm., 09° 17' 08" de Latitud sur, 75° 59' 52" de latitud oeste). Muestras del 1 al 14 fueron de empresas y asociaciones registradas en el MINAGRI y del

15 al 29 fueron empresas artesanales registradas en la SUNAT. El muestreo fue no probabilístico específicamente el tipo intencional o de conveniencia. La compra fue por triplicado de lotes diferentes y se codificó tapando la marca comercial; todas las muestras se introdujeron en una caja de tecnopor con silica gel a 25 °C hasta su análisis.

### Calidad fisicoquímica y color

Humedad: metodología recomendada por Ismail et al. (2013) con algunas modificaciones, se pesó 5 g de café, fue secado en una estufa a 105 ± 2 °C /24h y se enfrió en desecador por 45 minutos, seguidamente la muestra fue pesada y el resultado se expresó en porcentaje.

### Acidez titulable

Método reportado AOAC 920.20 (Flambeau y Yoon, 2018); se pesó 10 g de muestra, se adicionó 75 mL de alcohol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) al 80% se almacenó por 16 h en oscuridad, se filtró (papel filtro whatman # 1 diametro de 110 mm); del filtrado se tomó 10 mL y se diluyó a 100 mL con agua destilada, se adiciono gotas de fenoltaleína y se tituló a un punto final de pH 8,2 con NaOH 0,1 N; el resultado fue expresado como el gasto de NAOH requerido para la neutralización.

### Sólidos solubles totales

Se pesó 10 g de muestra, se adicionó 200 mL de agua en un erlenmeyer de 500 mL, se agitó y pesó. Se llevó hasta el punto de ebullición en baño maría; se dejó por 1 hora, se enfrió a temperatura ambiente, se volvió a pesar y se agregó agua para devolver al peso original, seguidamente se filtró, se pesó la placa vacía, se tomó 25 mL de la muestra filtrada y se llevó a evaporar el agua en una estufa de aire caliente a 105 °C y la cantidad de sólidos solubles totales se expresó en porcentaje. Método 973.21 (AOAC, 1997).

### Color

Se usó un colorímetro Konica Minolta CR-400, se calibró el equipo con el blanco, se pesó 3 g de muestra y se colocaron en el depósito oscuro, seguidamente se realizó las mediciones utilizando el sistema CieLab previamente instalada en la computadora y se tomaron nota de los valores Luminosidad (L\*) rango de 0 a 100, a\* croma rojo (+) verde (-), b\* croma amarillo (+), azul (-) (Duarte et al., 2005).

### Fenoles totales

Se preparó un extracto acuoso (50 mg/mL), se llevó a baño María a 90 – 95 °C / 5 min se enfrió, se filtró y se centrifugó (1000 rpm /10 min a 4 °C), a partir de ello se realizó diluciones de trabajo (1/15 y 1/20), se adicionó en los tubos 100 µL de la muestra diluida, 500 µL de fenol Folin Ciocalteu

(2N, Merck) y 400  $\mu\text{L}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (7,5% p/v, Sigma Aldrich) y las mezclas se agitaron e incubaron en un ambiente oscuro por 2 h. La absorbancia se midió a 740 nm (espectrofotómetro uv/vis, Genesys 10, USA). Previamente se preparó una curva de calibración de ácido gálico (1-10  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,  $R^2=0,9998$ ) y el contenido de fenoles totales se expresó en miligramos equivalentes de ácido gálico por g muestra (mg EAG/g) (Symonowicz et al., 2012). La actividad antioxidante solo se realizó en las 15 muestras que presentaran mayor contenido de fenoles.

#### Radical DPPH

El ensayo se realizó de acuerdo con Brand-Williams, et al. (1995) reportado por Sandoval et al. (2002), con algunas modificaciones. Del extracto (50 mg/mL) se realizó dilución de trabajo (1:8) de la cual se agregó 25  $\mu\text{L}$  en una cubeta y se añadió 975  $\mu\text{L}$  de solución radical DPPH<sup>•+</sup> (100  $\mu\text{M}$  preparado en metanol), se midió la absorbancia a 515 nm en el espectrofotómetro uv/vis luego de 10 min de reacción; La actividad de eliminar al radical DPPH<sup>•+</sup> del extracto de café se expresó como mmol de trolox equivalente (ET/g muestra) usando la curva estándar de trolox que varía de 0 a 0,025 mM (24,268x-0,0257,  $R^2=0,9995$ ).

#### Radical ABTS

A partir del extracto acuoso (50 mg/mL) se realizó dilución de trabajo (1:8) seguidamente en una cubeta se agregó 10  $\mu\text{L}$  de muestra diluida y 990  $\mu\text{L}$  de la solución de ABTS<sup>•+</sup>, se agitó e incubó a temperatura ambiente y en oscuridad durante 10 minutos. Se registró el valor de absorbancia en el espectrofotómetro uv-vis a 734 nm. El blanco se preparó a partir de 990  $\mu\text{L}$  de solución ABTS<sup>•+</sup> y 10  $\mu\text{L}$  de agua desionizada. Se procedió a preparar un estándar con Trolox, la concentración estuvo entre 0 a 0,010 mM,  $y=60,67x-0,0267$ ,  $R^2=0,9995$ ; los resultados se expresaron en equivalente Trolox (mmol ET/g muestra) (RE et al. (1999).

#### Calidad sensorial

Atributos de catación: En la catación se evaluaron los atributos (fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia y dulzura) con calificación de 0 a 10, catados por cinco jueces expertos en cata de café "Q-grade" y se empleó el formato de catación de la Asociación de cafés especiales de América (SCAA, 2010), la escala de calificación fue de 6,00 a 6,75 "bueno", de 7,00 a 7,75 "muy bueno", de 8,00 a 8,75 "excelente" y de 9,00 a 9,75 "extraordinario" (Pereira et al., 2017). De cada muestra se pesó

8,25 g y los catadores evaluaron fragancia/aroma en seco, seguidamente se preparó la infusión vertiendo 150 mL de agua a 93 °C, se esperó de 3 a 5 minutos y se realizó la acción de "romper taza" el catador va removiendo y evaluando los atributos conforme la temperatura desciende a 71°C /8 -10 min fragancia/aroma, sabor, sabor residual, 71°C -60°C acidez, cuerpo y balance y temperatura ambiente dulzura, uniformidad y taza limpia.

**Calidad en taza:** Se consideró la suma de los puntajes individuales otorgados a cada atributo para lograr el puntaje final. Para la calificación se utilizó la escala de catación SCAA (2013) y la descripción fue <80,00 puntos "debajo de la calidad especial"; de 80,00 a 84,99 "muy bueno"; de 85,00 a 89,99 "excelente" y de 90 a 100 "excepcional".

#### Análisis estadístico

Los resultados del análisis fisicoquímico fueron analizados mediante el diseño completo al azar (DCA) (Hernández et al., 2014). La evaluación sensorial fue mediante el análisis descriptivo cuantitativo (QDA) (SCAA, 2010) y el análisis de matriz de correlación entre atributos, análisis de componentes principales (ACP), con el fin de describir la variación principal en los datos sensoriales se realizó un dendrograma y fue mediante el programa de InfoStat 2018P, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

### 3. Resultados y discusión

#### Calidad fisicoquímica y color

El mayor contenido de humedad en el café (Tabla 1) fueron  $2,32\pm 0,01\%$ (M8) y  $2,35\pm 0,02\%$ (M17) y el menor fueron para las muestras (M1)  $0,18\pm 0,01\%$ , (M13)  $0,20\pm 0,01\%$  y (M23)  $0,13\pm 0,00\%$ . El rango de humedad se encuentra dentro de lo indicado por la COVENIN 46 (2017) humedad máxima de 5 % (p/p); valores superiores a 5 % aceleran el deterioro y el desarrollo de microorganismos Fermín et al. (2012). La acidez titulable estuvo comprendida entre  $1,23\pm 0,03$  a  $2,70\pm 0,04$  mL NaOH (0,1N)/g este rango fue similar a lo reportado por Flambeau et al. (2017) en cafés de Ruanda, Brasil y Etiopía fue 1,92 a 25,9 mL de NaOH 0,1N/g de muestra; al respecto Silva et al. (2014) manifiestan que existe una relación inversa con la calidad, a mayor acidez menor calidad. En los sólidos solubles totales el mayor contenido fue para la muestra M8 y el menor para M29, este último concuerda con Wang et al. (2016) en café tostado y molido Colombia-

medio 21,83 %; la variación de los sólidos solubles puede ser afectado por el tiempo de tostado debido a la transformación y solubilización de los azúcares, ácidos orgánicos, sales y compuestos solubles en agua presentes en el café (Díaz et al., 2018).

Los resultados del color (Tabla 1) con respecto a la luminosidad (L\*) los mayores valores correspondieron a M-24 y M-25 (L\* 34,83±0,04 y L\*34,46 ± 0,0), los mismos que están por debajo de lo reportado por Valerio-Cubillo et al. (2016) L\*= 38 para un tostado claro. El color es usado para definir el tipo de tostado (claro o muy oscuro) y Craig et al. (2018) refiere que la disminución de la luminosidad (L\*) de café es debido al aumento del tiempo de tostado. El croma a\* en las 29 muestras tuvo un rango entre 8,82 ± 0,03 (M24) a 3,75 (M20), el máximo valor concuerda con Kim et al. (2017) para un tostado medio (202 °C) fue 8,92 en granos de café arábica; el mínimo fue inferior a lo reportado por Benitez y Campo (2018) para café arábica molido con tueste medio alto (180 - 195 °C / 9 minutos) fue 3,79. En el tostado medio

alto u oscuro, el croma a\* es bajo, Leme et al. (2019) indican que se debe a la formación de melanoidinas en el grano durante el tostado. El croma b\* tuvo un rango entre 15,48 ± 0,09 (M25) a 5,14 ± 0,11 (M22), es sabido que durante el tostado comienzan las reacciones de pirolisis y va acompañado por cambios físicos como el color, volumen y densidad (Virgen-Navarro et al., 2016).

#### Fenoles totales y actividad antioxidante

El rango de fenoles estuvo entre 19,76±0,10 mg EAG/g (M27) a 26,76±0,26 mg EAG/g (M25) (Tabla 2) el valor encontrado fue inferior a lo reportado por Vega et al. (2017) en café tostado molido de panamá 28,60 a 46,82 mg EAG /g. Pero, fue similar a lo indicado por Bedoya-Ramírez et al. (2017) en café comercial de Colombia en tostado ligero 19,1 mg EAG/g y oscuro 21,9 mg EAG/g. Con respecto al valor inferior coincide con Fibrianto et al. (2018) en café arábica Kintamani con tostado medio obtuvo 19,74 mg EAG/g y Ormaza et al. (2018) en café tostado y molido (*Coffea arabica* L. var. castillo) fue 2038,60 mg EAG/100 g.

Tabla 1

Caracterización fisicoquímica y color del café tostado

Muestra	Humedad (%)	Acidez (mLNaOH/g)	Sólidos Solubles (%)	Color		
				L*	a*	b*
M1	0,18±0,01 <sup>p</sup>	1,83±0,03 <sup>efg</sup>	23,05±0,56 <sup>bcdef</sup>	29,52±0,15 <sup>no</sup>	6,53±0,02 <sup>o</sup>	10,74±0,16 <sup>ij</sup>
M2	0,96±0,02 <sup>h</sup>	1,70±0,03 <sup>gh</sup>	22,45±0,42 <sup>bcdefghi</sup>	32,24±0,25 <sup>def</sup>	7,08±0,02 <sup>klj</sup>	7,93±0,22 <sup>lmn</sup>
M3	0,61±0,01 <sup>l</sup>	1,73±0,00 <sup>gh</sup>	23,09±0,07 <sup>bcdef</sup>	32,62±0,08 <sup>cd</sup>	7,74±0,04 <sup>ef</sup>	13,25±0,20 <sup>de</sup>
M4	1,04±0,02 <sup>h</sup>	1,23±0,03 <sup>k</sup>	23,71±0,08 <sup>abc</sup>	32,67±0,08 <sup>cd</sup>	8,15±0,04 <sup>bc</sup>	14,53±0,09 <sup>b</sup>
M5	0,71±0,01 <sup>ik</sup>	1,60±0,03 <sup>hi</sup>	22,77±0,40 <sup>bcdefghi</sup>	29,80±0,03 <sup>mno</sup>	7,28±0,02 <sup>ijk</sup>	12,11±0,02 <sup>fg</sup>
M6	1,64±0,00 <sup>c</sup>	2,17±0,03 <sup>bc</sup>	23,91±0,40 <sup>ab</sup>	31,42±0,06 <sup>gh</sup>	7,71±0,06 <sup>ef</sup>	12,36±0,15 <sup>ef</sup>
M7	1,85±0,01 <sup>b</sup>	1,73±0,00 <sup>gh</sup>	22,37±0,47 <sup>bcdefghi</sup>	30,77±0,06 <sup>hijk</sup>	7,20±0,03 <sup>ijk</sup>	10,32±0,11 <sup>i</sup>
M8	2,32±0,01 <sup>a</sup>	2,25±0,00 <sup>b</sup>	25,15±0,59 <sup>a</sup>	27,34±0,14 <sup>p</sup>	5,58±0,05 <sup>q</sup>	9,29±0,05 <sup>k</sup>
M9	0,88±0,02 <sup>i</sup>	2,00±0,03 <sup>d</sup>	21,23±0,31 <sup>ghij</sup>	29,65±0,03 <sup>no</sup>	5,12±0,06 <sup>r</sup>	8,23±0,18 <sup>lm</sup>
M10	0,58±0,00 <sup>m</sup>	1,37±0,03 <sup>jk</sup>	22,78±0,36 <sup>bcdefghi</sup>	30,95±0,10 <sup>hij</sup>	6,89±0,06 <sup>ml</sup>	8,67±0,26 <sup>kl</sup>
M11	0,52±0,00 <sup>mn</sup>	2,00±0,03 <sup>d</sup>	21,94±0,30 <sup>cdefghij</sup>	32,31±0,13 <sup>def</sup>	7,44±0,03 <sup>ghi</sup>	10,82±0,08 <sup>ij</sup>
M12	0,65±0,01 <sup>kl</sup>	1,60±0,03 <sup>hi</sup>	20,92±0,05 <sup>ij</sup>	32,18±0,27 <sup>def</sup>	7,17±0,05 <sup>jk</sup>	10,62±0,15 <sup>ij</sup>
M13	0,20±0,01 <sup>p</sup>	1,93±0,05 <sup>de</sup>	21,41±0,14 <sup>efghij</sup>	32,19±0,07 <sup>def</sup>	7,84±0,01 <sup>ed</sup>	13,37±0,27 <sup>cd</sup>
M14	0,45±0,01 <sup>n</sup>	1,68±0,03 <sup>gh</sup>	22,79±0,25 <sup>bcdefghi</sup>	32,63±0,20 <sup>cd</sup>	7,30±0,10 <sup>hij</sup>	10,10±0,15 <sup>hij</sup>
M15	1,02±0,01 <sup>h</sup>	1,45±0,04 <sup>ij</sup>	25,11±0,45 <sup>a</sup>	30,19±0,15 <sup>klmn</sup>	7,08±0,06 <sup>klj</sup>	10,80±0,14 <sup>ij</sup>
M16	1,15±0,02 <sup>g</sup>	2,33±0,04 <sup>b</sup>	23,81±0,32 <sup>abc</sup>	30,37±0,11 <sup>iklm</sup>	7,61±0,08 <sup>efg</sup>	11,85±0,13 <sup>fgh</sup>
M17	2,35±0,02 <sup>a</sup>	1,75±0,03 <sup>fgh</sup>	21,12±0,07 <sup>ghij</sup>	33,62±0,03 <sup>b</sup>	7,75±0,04 <sup>def</sup>	10,81±0,24 <sup>ij</sup>
M18	0,71±0,01 <sup>ik</sup>	1,65±0,00 <sup>h</sup>	20,95±0,45 <sup>hij</sup>	29,83±0,07 <sup>lmno</sup>	6,53±0,02 <sup>no</sup>	11,24±0,09 <sup>ghi</sup>
M19	1,42±0,03 <sup>e</sup>	1,68±0,05 <sup>gh</sup>	22,93±0,17 <sup>bcdefg</sup>	32,43±0,12 <sup>cde</sup>	8,29±0,04 <sup>b</sup>	14,27±0,08 <sup>bc</sup>
M20	1,01±0,01 <sup>h</sup>	1,25±0,03 <sup>k</sup>	23,28±0,07 <sup>abcde</sup>	26,35±0,07 <sup>q</sup>	3,75±0,03 <sup>s</sup>	7,19±0,01 <sup>n</sup>
M21	0,45±0,02 <sup>n</sup>	2,23±0,03 <sup>b</sup>	23,46±0,22 <sup>abcd</sup>	30,51±0,07 <sup>ijkl</sup>	5,96±0,08 <sup>p</sup>	7,64±0,28 <sup>mn</sup>
M22	0,65±0,01 <sup>kl</sup>	1,63±0,03 <sup>h</sup>	21,75±0,43 <sup>defghij</sup>	33,04±0,13 <sup>bc</sup>	5,68±0,04 <sup>q</sup>	5,14±0,11 <sup>o</sup>
M23	0,13±0,00 <sup>p</sup>	1,23±0,03 <sup>k</sup>	23,42±0,25 <sup>abcd</sup>	31,17±0,09 <sup>ghi</sup>	7,05±0,03 <sup>kl</sup>	10,96±0,21 <sup>hij</sup>
M24	0,29±0,01 <sup>o</sup>	1,37±0,03 <sup>jk</sup>	22,86±0,25 <sup>bcdef</sup>	34,83±0,04 <sup>a</sup>	8,82±0,03 <sup>a</sup>	14,77±0,14 <sup>ab</sup>
M25	1,29±0,00 <sup>f</sup>	2,70±0,04 <sup>a</sup>	24,13±0,41 <sup>ab</sup>	34,46±0,0 <sup>a</sup>	7,31±0,01 <sup>hij</sup>	15,48±0,09 <sup>a</sup>
M26	1,35±0,01 <sup>ef</sup>	1,60±0,03 <sup>hi</sup>	23,56±0,35 <sup>abcd</sup>	31,73±0,10 <sup>fg</sup>	7,99±0,03 <sup>cd</sup>	13,25±0,13 <sup>de</sup>
M27	1,54±0,01 <sup>d</sup>	1,60±0,03 <sup>hi</sup>	21,44±0,41 <sup>efghij</sup>	29,47±0,09 <sup>o</sup>	6,78±0,01 <sup>mn</sup>	10,97±0,01 <sup>hij</sup>
M28	0,77±0,00 <sup>i</sup>	1,90±0,03 <sup>def</sup>	20,86±0,14 <sup>ij</sup>	32,21±0,15 <sup>def</sup>	7,99±0,03 <sup>cd</sup>	13,60±0,11 <sup>cd</sup>
M29	0,63±0,02 <sup>l</sup>	2,05±0,03 <sup>cd</sup>	20,42±0,54 <sup>i</sup>	31,84±0,21 <sup>efg</sup>	7,53±0,03 <sup>fgh</sup>	11,35±0,35 <sup>ghi</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM), humedad, acidez titulable, sólidos solubles repeticiones (n = 3) y parámetros de color (n = 4) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p ≤ 0,05).

La actividad antioxidante por el método DPPH en las quince muestras de café presentaron un rango entre  $0,172 \pm 0,01$  (M25) a  $(0,117 \pm 0,01)$  mmol ET/g (M26); la variación encontrada puede deberse al tipo de tostado que aplica cada empresa, porque la actividad antioxidante tiende a disminuir conforme aumenta el nivel de tostado (Lazcano-Sanchez et al., 2015). Asimismo, Odžaković et al. (2016) en café arábica (Rio Minas) en tostado oscuro obtuvo  $0,1764$  mmol ET/g. El valor inferior se encuentra dentro del rango reportado por Vega et al. (2017) en muestras de café arábica comercial de  $0,11$  a  $0,20$  mmol TE/g.

La actividad frente al radical ABTS<sup>•+</sup> (Tabla 2) fue mayor en la muestra M25; este resultado fue inferior a lo reportado por Fonseca-García et al. (2014) quienes encontraron  $0,227$  mmol ET/g en café comercial de Norte de Santander. La menor actividad fue para M12; valor encontrado fue similar a lo reportado por Bedoya-Ramirez et al. (2017) en café comercial tostado oscuro fue  $0,1244$  mmol ET/g y tostado ligero con  $0,1356$  mmol ET/g.

### Calidad sensorial

En la Tabla 3 se presentan los atributos de catación, en cuanto a fragancia/aroma el puntaje estuvo entre  $6,25 \pm 0,14$  (M12) a  $7,58 \pm 0,08$  (M4) calificado “muy bueno”, Borém et al. (2016) en cafés especiales - Bourbon tuvieron puntajes entre  $7,60$  a  $7,58$ ; los puntajes mayores a  $7$  son catalogados como cafés con calidad superior. El menor puntaje podría deberse a la presencia de los granos defectuosos (Puerta et al., 2016). El mayor puntaje del atributo sabor fue para M2 “muy

bueno”, al respecto Martínez et al. (2017) reporta en bebida de café con cerezas maduras lograron  $7,73$  puntos.

Tabla 2

Fenoles totales y capacidad antioxidante en café tostado

Muestras	Fenoles totales *	DPPH mmol TE/g	ABTS <sup>•+</sup> mmol TE/g
M1	22,13±0,14 <sup>kl</sup>	-----	-----
M2	24,00±0,15 <sup>cdef</sup>	0,135±0,00 <sup>cde</sup>	0,144±0,00 <sup>e</sup>
M3	24,04±0,14 <sup>cde</sup>	0,141±0,01 <sup>bcd</sup>	0,158±0,00 <sup>cd</sup>
M4	24,13±0,29 <sup>cd</sup>	0,161±0,00 <sup>ba</sup>	0,162±0,00 <sup>bc</sup>
M5	21,29±0,10 <sup>ijk</sup>	-----	-----
M6	23,37±0,16 <sup>defgh</sup>	-----	-----
M7	23,16±0,07 <sup>efghi</sup>	-----	-----
M8	21,39±0,08 <sup>l</sup>	-----	-----
M9	22,20±0,10 <sup>ijkl</sup>	-----	-----
M10	23,19±0,17 <sup>efgh</sup>	-----	-----
M11	24,01±0,14 <sup>cdef</sup>	0,134±0,01 <sup>cde</sup>	0,139±0,00 <sup>ef</sup>
M12	23,82±0,14 <sup>cdef</sup>	0,120±0,01 <sup>e</sup>	0,121±0,00 <sup>h</sup>
M13	23,68±0,17 <sup>cdef</sup>	0,130±0,01 <sup>ed</sup>	0,133±0,00 <sup>fg</sup>
M14	24,16±0,13 <sup>cd</sup>	0,165±0,00 <sup>a</sup>	0,165±0,00 <sup>bc</sup>
M15	21,60±0,12 <sup>hijk</sup>	-----	-----
M16	23,13±0,14 <sup>fghi</sup>	-----	-----
M17	24,22±0,29 <sup>cd</sup>	0,162±0,00 <sup>ba</sup>	0,163±0,00 <sup>bc</sup>
M18	22,08±0,21 <sup>ghij</sup>	-----	-----
M19	24,11±0,24 <sup>cd</sup>	0,160±0,01 <sup>ba</sup>	0,161±0,00 <sup>bc</sup>
T20	21,97±0,13 <sup>kl</sup>	-----	-----
M21	23,21±0,19 <sup>efgh</sup>	-----	-----
M22	25,48±0,19 <sup>b</sup>	0,162±0,01 <sup>ba</sup>	0,167±0,00 <sup>ab</sup>
M23	23,68±0,10 <sup>cdef</sup>	-----	-----
M24	24,51±0,12 <sup>c</sup>	0,166±0,00 <sup>a</sup>	0,168±0,00 <sup>ab</sup>
M25	26,76±0,26 <sup>a</sup>	0,172±0,01 <sup>a</sup>	0,172±0,00 <sup>a</sup>
M26	23,79±0,07 <sup>cdef</sup>	0,117±0,01 <sup>e</sup>	0,132±0,00 <sup>g</sup>
M27	19,76±0,10 <sup>m</sup>	-----	-----
M28	24,01±0,19 <sup>cdef</sup>	0,152±0,01 <sup>abc</sup>	0,154±0,00 <sup>d</sup>
M29	23,88±0,09 <sup>cdef</sup>	0,132±0,01 <sup>cde</sup>	0,134±0,00 <sup>fg</sup>

Los valores representan (promedio ± SEM) repeticiones (n = 3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p ≤ 0,05). En las líneas punteadas (---) no se realizó el análisis por tener (\*) mg EAG/g.

Tabla 3

Atributos de catación de café tostado

Muestra	Fragancia/Aroma	Sabor	Postgusto	Acidez	Cuerpo	Balance	Uniformidad	Taza limpia	Dulzura
M14	7,00±0,14 <sup>abcd</sup>	7,16±0,17 <sup>abcd</sup>	6,25±0,25 <sup>d</sup>	7,08±0,08 <sup>abcd</sup>	7,92±0,08 <sup>abcde</sup>	6,92±0,08 <sup>abc</sup>	10,00	10,00	10,00
M12	6,25±0,14 <sup>d</sup>	6,41±0,08 <sup>ef</sup>	6,25±0,25 <sup>d</sup>	6,42±0,22 <sup>ef</sup>	6,17±0,17 <sup>e</sup>	6,67±0,17 <sup>bcd</sup>	10,00	10,00	10,00
M25	6,33±0,17 <sup>d</sup>	6,67±0,08 <sup>cdef</sup>	6,58±0,17 <sup>abcd</sup>	6,92±0,08 <sup>bode</sup>	6,33±0,17 <sup>ed</sup>	6,67±0,17 <sup>bcd</sup>	10,00	10,00	10,00
M13	6,33±0,17 <sup>d</sup>	6,33±0,17 <sup>f</sup>	6,33±0,17 <sup>cd</sup>	6,17±0,17 <sup>f</sup>	6,17±0,17 <sup>e</sup>	6,08±0,08 <sup>d</sup>	10,00	10,00	10,00
M2	7,42±0,08 <sup>ab</sup>	7,67±0,08 <sup>a</sup>	7,42±0,08 <sup>a</sup>	7,58±0,08 <sup>a</sup>	7,42±0,08 <sup>a</sup>	7,42±0,08 <sup>a</sup>	10,00	10,00	10,00
M3	7,42±0,08 <sup>ab</sup>	7,42±0,08 <sup>ab</sup>	7,33±0,08 <sup>ab</sup>	7,42±0,08 <sup>ab</sup>	7,33±0,17 <sup>ab</sup>	7,42±0,08 <sup>a</sup>	10,00	10,00	10,00
M28	7,17±0,08 <sup>abc</sup>	7,33±0,17 <sup>abc</sup>	6,33±0,22 <sup>cd</sup>	7,33±0,08 <sup>abc</sup>	7,25±0,15 <sup>ab</sup>	7,17±0,08 <sup>abc</sup>	10,00	10,00	10,00
M29	6,67±0,17 <sup>bcd</sup>	6,58±0,22 <sup>def</sup>	6,42±0,22 <sup>bcd</sup>	6,58±0,08 <sup>def</sup>	6,42±0,22 <sup>cde</sup>	6,58±0,22 <sup>cd</sup>	10,00	10,00	10,00
M11	6,75±0,14 <sup>bcd</sup>	6,75±0,15 <sup>bdef</sup>	6,58±0,08 <sup>abcd</sup>	7,08±0,08 <sup>abcd</sup>	6,58±0,03 <sup>bode</sup>	6,91±0,22 <sup>abc</sup>	10,00	10,00	10,00
M26	6,33±0,17 <sup>d</sup>	7,08±0,08 <sup>abcde</sup>	7,08±0,08 <sup>abcd</sup>	7,25±0,14 <sup>abc</sup>	7,08±0,08 <sup>abcd</sup>	7,08±0,08 <sup>abc</sup>	10,00	10,00	10,00
M19	6,83±0,17 <sup>abcd</sup>	6,92±0,08 <sup>bdef</sup>	6,92±0,22 <sup>abcd</sup>	7,08±0,08 <sup>abcd</sup>	7,08±0,08 <sup>abcd</sup>	7,00±0,15 <sup>abc</sup>	10,00	10,00	10,00
M4	7,58±0,08 <sup>a</sup>	7,08±0,08 <sup>abcde</sup>	7,25±0,14 <sup>abc</sup>	7,08±0,08 <sup>abcd</sup>	7,08±0,08 <sup>abcd</sup>	7,17±0,08 <sup>abc</sup>	10,00	10,00	10,00
M24	6,58±0,08 <sup>dc</sup>	6,67±0,17 <sup>cdef</sup>	6,58±0,08 <sup>abcd</sup>	6,75±0,15 <sup>cdef</sup>	6,83±0,17 <sup>abcde</sup>	6,67±0,17 <sup>bcd</sup>	10,00	10,00	10,00
M17	6,75±0,25 <sup>bcd</sup>	7,25±0,14 <sup>abcd</sup>	7,25±0,14 <sup>abc</sup>	7,33±0,08 <sup>abc</sup>	7,17±0,08 <sup>abc</sup>	7,17±0,08 <sup>abc</sup>	10,00	10,00	10,00
M22	7,17±0,17 <sup>abc</sup>	7,42±0,08 <sup>ab</sup>	7,25±0,14 <sup>abc</sup>	7,33±0,17 <sup>abc</sup>	7,25±0,15 <sup>ab</sup>	7,33±0,08 <sup>ab</sup>	10,00	10,00	10,00

Los datos representan (promedio ± error estándar media) del experimento (n = 6) valores de una misma fila con superíndices diferentes son significativos (p ≤ 0,05).

El postgusto fue calificado con  $7,42 \pm 0,08$  puntos “muy bueno” muestra M2; Cruz et al. (2017) reportan 7,3 puntos en café variedad Caturra. El menor calificativo fue para M12 y M14 “bueno”; puntajes menores pueden deberse a la influencia de una sobre fermentación (Pantoja et al., 2015). La acidez tuvo un rango entre  $6,17 \pm 0,17$  (M13) -  $7,42 \pm 0,08$  (M2), el mayor fue similar a Reyes et al. (2016) en café de diferentes variedades varió de 6,60 - 7,85. El cuerpo es la sensación táctil percibida en la boca por la presencia de sustancias insolubles, líquidas o sólidas, suspendidas en la bebida (Escamilla et al., 2015), la muestra M2 tuvo 7,42 puntos calificado “muy bueno” concordando con López-García et al. (2016) en la bebida de café variedad Garnica tuvo un puntaje 7,4.

En el balance se aprecia el sabor, posgusto, acidez y cuerpo que trabajan en conjunto y se complementan, las muestras M2 y M3 fueron calificadas “muy bueno” y la M13 fue calificada “bueno”. Los atributos uniformidad, taza limpia y dulzura lograron el máximo puntaje 10 para todas las zonas que son calificadas como “excelente”.

### Correlación entre los atributos de catación

Según los resultados todas las correlaciones fueron positivas (Tabla 4), al respecto Alex et al. (2016) mencionan que, si las correlaciones son positivas, todos los atributos sensoriales son componentes importantes para determinar la calidad de la bebida. Entre fragancia/aroma con el sabor fue 0,78, superior a lo reportado por Duicela et al. (2018) de 0,53 en café robusta tostado molido. El atributo sabor con acidez presentó 0,94, la acidez representa una de las percepciones claves dentro del perfil organoléptico del café, y es un criterio importante para calificar la bebida (Dong et al., 2019). Entre la acidez y balance fue 0,95, similar a lo citado por Abdulmajid (2014) 0,95 en bebida de café de diferentes genotipos.

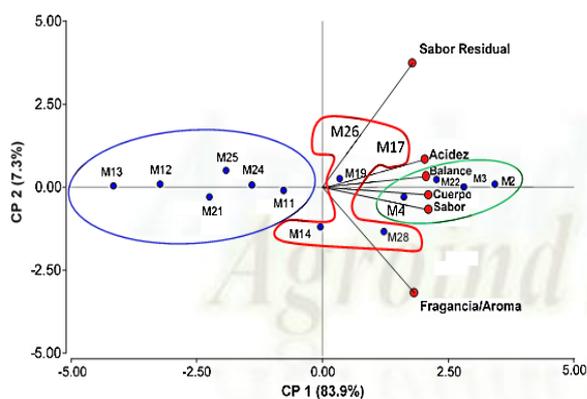
**Tabla 4**

Análisis de Matriz de correlación / coeficientes – atributos de catación

Matriz de correlación / Coeficiente						
Fuente	Fragancia /Aroma	Sabor	Post-gusto	Acidez	Cuerpo	Balan-ce
Fragancia/Aroma	1,00					
Sabor	0,78	1,00				
Postgusto	0,57	0,70	1,00			
Acidez	0,68	0,94	0,71	1,00		
Cuerpo	0,76	0,94	0,73	0,91	1,00	
Balance	0,76	0,93	0,75	0,95	0,90	1,00

### Componentes principales de los atributos de catación

El biplot de variables del primer componente (CP1) (Figura 1) separa a los atributos sabor y balance, el cual representa el 83,9 % de la variabilidad total del atributo de catación de las diferentes marcas de café tostado. Así mismo, el postgusto representó el 7,3 %, de la variabilidad del segundo componente (CP2). Con respecto al CP1 que separa los atributos de sabor y balance, Martínez, (2016) indica que el balance de un café debe ser armonioso donde el sabor, acidez y cuerpo, trabajan juntos. En el CP2 se resalta al posgusto, este atributo es agradable en tueste medio alto (Benitez y Campo, 2018). El CP1 y CP2 representaron el 92,2 % de la variabilidad total y fue menor que lo reportado por Borém et al. (2016) muestran PC1 con 81,44 y PC2 15,49 %, totalizando 96,93 %.



**Figura 1.** Componentes principales de los atributos de catación de café.

### Calidad en taza

Las bebidas de café procedentes de las diferentes marcas comerciales presentaron diferencia estadística significativa ( $p \leq 0,05$ ) (Tabla 5), siendo cinco muestras calificadas como “muy buenas” y pertenecientes a empresas comerciales de café muy reconocidas, que se encuentran buen tiempo posesionados en el mercado y menor calificativo “debajo de la calidad especial”, por ejemplo la M13 que tuvo el menor puntaje correspondió a una empresas artesanales; el puntaje alcanzado superior a lo reportado por Reyes et al. (2016) en *Coffea arabica* L. variedad Colombia BC tuvo 68,95; al respecto de los puntajes Tolessa et al. (2016) manifiestan para un café comercial regular está entre 71 – 80, y Ladino-Garzón et al. (2016) indica que la calidad en taza es la herramienta útil para caracterizar los diferentes tipos de café.

Tabla 5

Resultados de la calidad en taza

Muestra	Puntaje Total	Especialidad
M14	78,42±0,55 <sup>bcdef</sup>	Debajo de la calidad especial
M12	74,83±0,60 <sup>gh</sup>	Debajo de la calidad especial
M25	76,17±0,73 <sup>efgh</sup>	Debajo de la calidad especial
M13	73,75±1,09 <sup>h</sup>	Debajo de la calidad especial
M2	82,25±0,14 <sup>a</sup>	Muy bueno
M3	81,67±0,30 <sup>a</sup>	Muy bueno
M28	79,67±0,33 <sup>abcd</sup>	Debajo de la calidad especial
M29	75,83±0,44 <sup>fgh</sup>	Debajo de la calidad especial
M11	77,33±0,46 <sup>cdefg</sup>	Debajo de la calidad especial
M26	78,75±0,25 <sup>bcde</sup>	Debajo de la calidad especial
M19	78,67±0,79 <sup>abcd</sup>	Debajo de la calidad especial
M4	80,08±0,36 <sup>abc</sup>	Muy bueno
M24	76,83±0,51 <sup>defg</sup>	Debajo de la calidad especial
M17	80,33±0,36 <sup>ab</sup>	Muy bueno
M22	81,25±0,58 <sup>ab</sup>	Muy bueno

Los datos representan (promedio ± error estándar de la media) del experimento (n = 6) valores de una misma fila con superíndices diferentes son significativos (p ≤ 0,05).

#### 4. Conclusiones

Controlar las variables de postcosecha y los parámetros de procesamiento (tostado) para no perder la calidad del café que se comercializa en la provincia de Leoncio Prado, toda vez que la zona produce café de buena calidad. Por ello se sugiere elaborar mezclas entre variedades de café para obtener café tostado de mejor calidad.

#### ORCID

C. Atavillos-Dominguez  <https://orcid.org/0000-0002-7025-6517>

D. Reátegui  <https://orcid.org/0000-0001-6689-2345>

E. Ordoñez  <https://orcid.org/0000-0003-4502-5626>

#### Referencias bibliográficas

AOAC. 1997. Methods of analysis of AOAC Internacional coffee and tea. Official methods of Analysis 17<sup>th</sup> ed. Gaithersburg. AOAC Inc. 2658 pp.

Abdulmajid, M. 2014. Sensory Evaluation of beverage characteristics and biochemical components of Coffee Genotypes. *Advances in Food Science and Technology* 2(12): 281-288.

Bedoya-Ramírez, D.; Cilla, A.; Contreras-Calderón, J.; Alegría-Torán, A. 2017. Evaluation of the antioxidant capacity, furan compounds and cytoprotective/cytotoxic effects upon Caco-2 cells of commercial Colombian coffee. *Food chemistry* 219: 364-372.

Benitez, O.; Campo, D. 2018. Evaluación de la calidad del café tostado utilizando herramientas de procesamiento digital de imágenes. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 30: 30-41.

Borém, F.M.; Figueiredo, L.P.; Ribeiro, F.; Taveira, J.H.; Giomo, G.; Salva, T.J. 2016. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. *African Journal of Agricultural Research* 11(8): 709-717.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 2017. Café tostado y molido. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Nro. 46. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 8 pp.

Craig, A.; Botelho, B.; Oliveira, L. Franca, A. 2018. Mid infrared spectroscopy and chemometrics as tools for the classification of roasted coffees by cup quality. *Food Chemistry* 245: 1052-1061.

Cruz, B. J.; Rodríguez, P.; Suárez, S. J.; Ordoñez, E.C.; Vega, C. G. 2017. Minority compounds and sensory analysis evaluation of *Coffea arabica* var. caturra cultivated in three different altitudinal ranges. *Acta Agronómica* 66(2): 221-227.

Alex, M. de C.; Juliana, C. de R.; Tiago, T.R.; Andre, D.F.; Ramiro, M. Antonio N.G.; Gladyston, R.C. 2016. Relationship between the sensory attributes and the quality of coffee in different environments. *African Journal of Agricultural Research* 11(38): 3607-3614.

Díaz, F.; Ormazá, A.; Rojano, B. 2018. Efecto de la tosti3n del café (*Coffea arabica* l. var. Castillo) sobre el perfil de taza, contenido de compuestos antioxidantes y la actividad antioxidante. *Información Tecnológica* 29(4): 31-42.

Dong, W.; Hu, R.; Long, Y.; Li, H.; Zhang, Y.; Zhu, K.; Chu, Z. 2019. Comparative evaluation of the volatile profiles and taste properties of roasted coffee beans as affected by drying method and detected by electronic nose, electronic tongue, and HS-SPME-GC-MS. *Food chemistry* 272: 723-731.

Duarte, S. M.; Da S.; Abreu, C.; Menezes, H. C.; Dos Santos, M.; Gouvêa, C. 2005. Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 25(2): 387-393.

Duicela, G. L.; Andrade, M. J.; Farfán, T. D.; Velásquez, C.S. 2018. Calidad organoléptica, métodos de beneficio y cultivares de café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) en la amazonia del Ecuador. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 19(2): 240-253.

Escamilla, E.; Ruiz, O.; Zamarripa, A.; González, V. 2015. Calidad en variedades de café orgánico en tres regiones de México. *Rev. de Geografía Agrícola* 55:45-55.

Fermin, N.; Galán, H.; García, J.; Bracho, N. 2012. Evaluación de la calidad físicoquímica y sensorial de tres marcas comerciales de café tostado y molido. *Rev. Científica UDO Agrícola* 12(2): 428-438.

Fibrianto, K.; Umam, K.; Wulandari, E.S. 2018. Effect of Roasting Profiles and Brewing Methods on the Characteristics of Bali Kintamani Coffee. *Food, Agriculture and Natural Resources* 172: 194-197.

Flambeau, K.J.; Lee, W.; Yoon, J. 2017. Discrimination and geographical origin prediction of washed specialty Bourbon coffee from different coffee growing areas in Rwanda by using electronic nose and electronic tongue. *Food Science and biotechnology* 26(5): 1245-1254.

Flores, P. V. 2015. La producción de café en México: ventana de oportunidad para el sector agrícola de Chiapas. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo* 4(7): 175-195.

Fonseca-García, L.; Calderón-Jaimes, L.; Rivera, M. 2014. Capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café producido y comercializado en el norte de Santander (Colombia). *Vitae* 21(3): 228-236.

Gomez-Ruiz, J.A.; Leake, D. S.; Ames, J. 2007. In vitro antioxidant activity of coffee compounds and their metabolites. *J. Agric. Food Chem.* 55: 6962-6969.

Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P. 2014. Metodología de la investigación. Ed. Mc. Mc Graw – Hill Interamericana S. A. México. 600 pp.

Ismail, I.; Anuar, M.; Shamsudin, R. 2013. Effect on the physico-chemical properties of liberica green coffee beans under ambient storage. *Rev. International Food Research Journal*, 20(1): 255-264.

Jarata, E. 2015. Evaluación de perfiles de taza en tres zonas productoras de café (*Coffea arabica*) variedad Catimor en el valle del distrito de Ayapata-Carabaya. Tesis Ing. Agroindustrial. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. 72 pp.

Jeszka-Skowron, M.; Zgola-Grzeskowiak, A.; Grzeskowiak, T. 2015. Analytical methods applied for the characterization and the determination of bioactive compounds in coffee. *Eur Food Res Technol* 240:19-31.

Jiménez-Torres, A.; Massa-Sánchez, P. 2015. Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. *Economía, Mérida* 40(40): 117-137.

Kim, S.Y.; Ko, J.A.; Kang, B.S.; Park, H.J. 2017. Prediction of key aroma development in coffees roasted to different degrees by colorimetric sensor array. *Food chemistry* 240: 808-816.

- Ladino-Garzón, W.; Cortés-Macias, E.; Gutiérrez-Guzmán, N.; Amorocho-Cruz, C. M. 2016. Calidad de taza de café (*Coffea arabica* L.) procesado en fermentación semi-seca. *Agronomía Colombiana* 34(1 supl): S281-S283.
- Lazcano-Sánchez, E.; Trejo-Márquez, M.; Vargas-Martínez, M.; Pascual-Bustamante, S. 2015. Contenido de fenoles, cafeína y capacidad antioxidante de granos de café verdes y tostados de diferentes estados de México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 16(2): 293-298.
- Leme, D.; Da Silva, S.; Barbosa, B.; Borém, F.; Pereira, R. 2019. Recognition of coffee roasting degree using a computer vision system. *Computers and Electronics in Agriculture* 156: 312-317.
- López-García, F.J.; Escamilla-Prado, E.; Zamarripa-Colmenero, A.; Cruz-Castillo, J.G. 2016. Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica* L.) en Veracruz, México. *Revista fitotecnia mexicana* 39(3): 97-304.
- Martínez, C.; Manuel, V.; Aristizábal, T.; Darío, I.; Moreno, C.; León, E. 2017. Evaluation of the composition effect of harvested coffee in the organoleptic properties of coffee drink. *Vitae* 24(1): 47-58.
- Martínez, M. 2016. Efecto de la composición del café cosechado (*Coffea arabica* L.) sobre la calidad sensorial de la bebida en fincas con potencial de producción de cafés especiales en el suroeste del departamento de Antioquia. Tesis Maestría Ingeniería Agroindustrial, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 127 pp.
- MINAGRI. 2017. Línea de Base del Sector Café en el Perú: Sector de café en el Perú. Documento de trabajo. Programa de Green Commodities. Lima: MINAGRI.
- Ocampo, L.O. y Álvarez, H. L. 2017. Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. *Apuntes del CENES* 36(64): 139-165.
- Odžaković, B.; Džinić, N.; Kukrić, Z.; Grujić, S. 2016. Effect of roasting degree on the antioxidant activity of different Arabica coffee quality classes. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment* 15(4): 409-417.
- Ormaza, A.M.; Díaz, F.O.; Rojano, B.A. 2018. Efecto del añejamiento del café (*Coffea arabica* L. var. castillo) sobre la composición de fenoles totales, flavonoides, ácido clorogénico y la actividad antioxidante. *Información Tecnológica* 29(3):187-196.
- Pantoja, L. C.; Gutiérrez, R. P.; Macías, M. L.; Quinayás, T.; Ome, R. Y.; Arcos, C. A.; Ordoñez, M.C.; Vega, G. A. 2015. Estudio de algunas variables en el proceso de fermentación de café y su relación con la calidad de taza en el sur de Colombia. *Agroecología: Ciencia y Tecnología* 3(1): 22-33.
- Pereira, L.; Cardoso, W.; Guarçoni, R.; Da Fonseca, A. 2017. The consistency in the sensory analysis of coffees using Q-graders. *European Food Research and Technology* 243(9): 1545-1554.
- Puerta, Q.G.; González, R.F.; Correa, P.A.; Álvarez, L.I.; Ardilla, C.J.; Girón, O.O.; Ramírez, Q.C.; Baute, B.J.; Sánchez, A.P.; Santamaría, B.M.; Montoya, D.F. 2016. Diagnóstico de la calidad del café según la altitud suelos y beneficios en varias regiones de Colombia. *Revista Cenicafé* 67(2):15-51.
- Re, R.; Pellegrini, N.; Pellegrini, N.; Progettente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26(9/10): 1231-1237.
- Reyes, F.; Escamilla, E.; Pérez, E.; Almaguer, G.; Curiel, A. 2016. Evaluación de productividad, calidad física y sensorial del grano del café (*Coffea arabica* L.), en cafetos injertados en el CRUO, Huatusco, Veracruz. *Revista de Geografía Agrícola* 56: 45-53.
- Sandoval, M.; Okuhama, N.; Angeles, F.; Melchor, V.; Condezo, L. A.; Lao, J., and Miller, M. J. 2002. Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). *Food Chemistry* 79(207): 207-213.
- Shang, Y.F.; Xu, J.L.; Lee, W.J.; Um, B.H. 2017. Antioxidative polyphenolics obtained from spent coffee grounds by pressurized liquid extraction. *South African Journal of Botany* 109: 75-80.
- Silva, P.A.; Rabelo, V. M.; Calixto, J. M.; Coelho, P.; De Carvalho G. I. 2014. Quality assessment of coffee grown in Campos Gerais, Minas Gerais State, Brazil. *Acta Scientiarum* 36(4):739-744.
- Specialty Coffee Association Of America (SCAA). 2010. Protocolos de catación de SCAA, (revisado el 10 de septiembre de 2010). Estados Unidos. Protocolo, Sección 2, versión 1.1. 7 pp.
- Specialty Coffee Association Of America (SCAA). 2013. Specialty Coffee Association of American. Protocols. Disponible en: <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>
- Symonowicz, M.; Sykula-Zajac, A.; Lodyga-Chruścińska, E.; Rumora, I.; Straukas, M. 2012. Evaluation of polyphenols and anthocyanins contents in black chokeberry – *Photinia melanocarpa* (Michx.) fruits extract. *Acta Pol Pharm* 69(3): 381-387.
- Tolessa, K.; Rademaker, M.; De Baets, B.; Boeckx, P.2016. Prediction of specialty coffee cup quality based on near infrared spectra of green coffee beans. *Talanta* 150:367-374.
- Valencia, J.; Pinzón, M.; Gutiérrez, R. 2015. Caracterización físico-química y sensorial de tazas de café producidas en el departamento del Quindío. *Revista alimentos hoy* 23(36): 150-156.
- Valerio-Cubillo, O.; Vargas-Eliás, G.; Abarca-Mora, R.; Barboza-Barquero, J.; Carmona-Villalobos, G. 2016. Estudio de la cinética de cambio de color de café tostado usando análisis de imágenes en IMAGEJ. *Journal Article* (6., 2016, Bogotá, Colombia). Congreso. Universidad de Costa Rica. P. 1 - 6.
- Vega, A.; De León, J.; Reyes, S. 2017. Determinación del contenido de polifenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de 34 cafés comerciales de Panamá. *Información tecnológica* 28(4): 29-38.
- Virgen-Navarro, L.; Herrera, E.; Espinosa, H.; Guatemala, G.; Corona, R.; Arriola-Guevara, E. 2016. Estimación del coeficiente de difusividad durante el tostado de café en un lecho fuente utilizando un modelo difuso. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 15(2): 513-524.
- Wang, X.; William, J.; Fu, Y.; Lim, L.T. 2016. Effects of capsule parameters on coffee extraction in single-serve brewer. *Food Research International* 89:797-805.

