

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



TESIS PARA TÍTULO PROFESIONAL

**CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA, DETERMINACIÓN DE
POLIFENOLES TOTALES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, EVALUACIÓN
SENSORIAL DE CAFÉS TOSTADOS MOLIDOS COMERCIALES Y
DEFINICIÓN DE LA CALIDAD**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

ELABORADO POR

ATAVILLOS DOMINGUEZ CARMEN ANALI

TINGO MARÍA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 013-2019


Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 26 de noviembre del 2019, a horas 09:00 a.m., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentada por la Bach. **ATAVILLOS DOMÍNGUEZ Carmen Analí**, titulada:

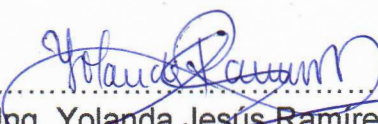
"CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, EVALUACIÓN SENSORIAL DE CAFÉS TOSTADOS MOLIDOS COMERCIALES Y DEFINICIÓN DE LA CALIDAD"

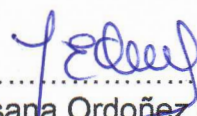
Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**; en consecuencia, la sustentante, queda apta para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 26 de noviembre 2019


.....
Ing. Gunter Daza Rengifo
Presidente


.....
Ing. Williams Vicente Roldán Carbajal
Miembro


.....
Ing. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Miembro


.....
Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gómez
Asesora

DEDICATORIA

A Dios:

Por darme la vida, inteligencia, fuerza, cuidarme y guiarme en todo el camino de mi formación profesional.

A mis queridos padres:

Alejandro Atavillos Anastacio, por brindarme su amor y su gran apoyo moral en todo momento y Luzgarda Dominuez Ponce, por su cariño, apoyo y confiar en mi durante todos los años de mi vida.

A mis hermanos:

Wily Orlando, Atavillos Dominguez y Yan, Atavillos Dominguez quienes me apoyaron con sus sabios consejos, su preocupación y su gran apoyo incondicional que significaron mucho en mi formación académica.

A mis amigos (as) y docentes:

A cada uno de ellos por su enseñanza, aprecio y su confianza, por ser parte de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme la oportunidad de realizarme como profesional.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, a todos mis profesores por su apoyo incondicional durante toda mi formación superior.
- A mi asesora la Dra. Elizabeth Ordoñez Gómez, por todo el apoyo, paciencia, enseñanza y dedicación a la investigación.
- A mi co-asesor Dr. Juan, Villanueva Tiburcio, por el apoyo brindado durante la redacción de mi tesis.
- A la Ing. Aurelia León, Ing. Darlym Reátegui, Téc. Glelia Ríos, Ing Sissy Meryll Pérez Peláez, por su apoyo, conocimiento y amistad durante la ejecución de este proyecto.
- A toda mi familia, en especial a mi mamá Luzarda Dominuez Ponce, por apoyarme, escucharme, aconsejarme, alentarme, brindarme su amor y estar siempre a mi lado cuando más los necesito.
- A los miembros de jurado: Ing. Gunter Daza Rengifo, Dr. Pedro Pablo Peláez sánchez; Ing. Yolanda Ramírez Trujillo y al Ing. Williams Vicente Roldán Carbajal, por su amistad, confianza, apoyo incondicional y los consejos durante la elaboración y culminación de la investigación.
- A mis amigos: A toda mi promoción en general por su apoyo moral e incondicional y compañerismo en la presente investigación y vida universitaria.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del café.....	3
2.1.1. Origen.....	3
2.1.2. Definición.....	3
2.1.3. Taxonomía.....	3
2.1.4. Zonas productoras.....	4
2.2. Aspectos generales del café tostado molido.....	5
2.2.1. Café tostado.....	5
2.2.2. Café tostado molido.....	5
2.2.3. Procesamiento de café tostado molido.....	5
2.3. Calidad del café tostado molido.....	8
2.3.1. Marcas comerciales.....	8
2.3.2. Normas de calidad.....	9
2.3.3. Evaluación fisicoquímica.....	11
2.3.4. Evaluación sensorial y calidad en taza de café tostado molido....	12
2.4. Polifenoles y capacidad antioxidante de café tostado molido.....	14
2.4.1. Definición.....	14

2.4.2. Estructura y clasificación.....	14
2.4.3. Polifenoles totales en el café.....	17
2.4.4. Capacidad antioxidante.....	18
2.4.4.1. Métodos para determinar la capacidad antioxidante.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Lugar de ejecución.....	21
3.2. Muestras.....	21
3.3. Equipos, materiales de laboratorio y reactivos.....	23
3.3.1. Equipos.....	23
3.3.2. Materiales.....	23
3.3.3. Reactivos y solventes.....	24
3.4. Métodos de análisis.....	24
3.4.1. Análisis fisicoquímicos.....	24
3.4.2. Análisis de polifenoles totales.....	24
3.4.3. Evaluación de la actividad antioxidante.....	25
3.4.4. Evaluación sensorial y calidad en taza de café.....	25
3.5. Metodología experimental.....	25
3.5.1. Acondicionamiento de las muestras.....	25
3.5.2. Evaluación fisicoquímica	27
3.5.3. Evaluación de polifenoles totales	29
3.5.4. Determinación de la capacidad antioxidante.....	31
3.5.5. Evaluación sensorial y calidad en taza	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1. Característica fisicoquímica del café tostado molido.....	35

4.1.1. Humedad.....	35
4.1.2. Acidez titulable.....	38
4.1.3. Sólidos solubles totales.....	40
4.2. Parámetros de color de café tostado molido	42
4.2.1. Luminosidad (L*).....	42
4.2.2. Cromo a*.....	46
4.2.3. Cromo b*.....	47
4.3. Contenido de polifenoles totales del café tostado molido.....	49
4.4. Capacidad antioxidante del café tostado molido.....	53
4.4.1. Capacidad de inhibir el radical 1,1-Diphenyl-2-picril-hydrazil (DPPH).....	53
4.4.2. Capacidad de inhibir el radical libre 2,2'-azinobis (3 etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) (ABTS•+).....	56
4.5. Evaluación sensorial (atributos en catación y calidad en taza) de café tostado molido	58
4.5.1. Atributos de catación.....	59
4.5.2. Calidad en taza.....	74
V. CONCLUSIONES.....	77
VI. RECOMENDACIONES.....	78
VII. ABSTRACT.....	79
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXO.....	111

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Requisito fisicoquímico del café tostado molido.....	9
2. Requisito para el grado de tostado (luminosidad).....	9
3. Clasificación de la molienda del café.....	10
4. Escala de calificación para cafés especiales.....	10
5. Clasificación total de puntuación de calidad.....	10
6. Clasificación general de los compuestos polifenólicos.....	16
7. Empresas y asociaciones registradas en el MINAGRI y en la SUNAT ...	22
8. Dilución de las muestras de café tostado molido.....	30
9. Humedad, sólidos solubles y acidez titulable de café tostado molido.....	37
10. Parámetros del color (L, a*, b*) de café tostado molido.....	43
11. Contenido de polifenoles totales de café tostado molido.....	50
12. Resultados de la capacidad de inhibición del radical DPPH	53
13. Resultados de la capacidad de inhibición del radical ABTS•+	56
14. Resultado de la calidad sensorial de los atributos de catación de café tostado molido.....	60
15. Análisis de Matriz de correlación / coeficientes-atributos de café tostado molido.....	70
16. Calidad en taza de los atributos sensoriales de café tostado molido.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Estructura básica de los flavonoides.....	15
2. Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante.....	19
3. Estructura del ABTS ⁰⁺ antes y después de la reacción con el antioxidante.....	20
4. Representación del flujo de los análisis fisicoquímicos, polifenoles, actividad antioxidante y sensorial del café tostado molido	26
5. Porcentaje de humedad de café tostado molido	38
6. Acidez titulable total (gastos de mL de NaOH 0,1N /g) de café tostado molido	39
7. Porcentaje de sólidos solubles totales de café tostado molido	41
8. Parámetro de color (L*) de café tostado molido	44
9. Parámetro del color croma a* de café tostado molido	46
10. Parámetro croma b* de café tostado molido	48
11. Polifenoles totales de café tostado molido	51
12. Capacidad antioxidante método de DPPH	54
13. Capacidad antioxidante método de ABTS	57
14. Perfil sensorial de las muestras de café tostado molido.....	61
15. Análisis de componentes principales en catación.....	71

16. Dendograma de los cafés tostado molido considerando los atributos de catacion.....	73
17. Puntaje total de las muestras de café tostado molido	76

RESUMEN

Los objetivos de la investigación fueron: realizar la caracterización fisicoquímica, determinar polifenoles totales, capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) y evaluación sensorial (atributos en catación y calidad en taza) con panelistas expertos de muestras de café tostado molido comercializados en la provincia de Leoncio Prado. Se evaluaron 29 muestras por triplicado; la primera y segunda muestra fueron de lotes diferentes y la tercera, la combinación de la primera y la segunda. Se preparó un extracto acuoso 50 mg/mL. Según los resultados el mayor contenido de polifenoles totales correspondió a la muestra M25 ($26,76 \pm 0,26$) y el menor a la muestra M27 ($19,76 \pm 0,10$) mg GAE/g; las 15 muestras que presentaron mayor contenido de polifenoles se realizó la determinación de la capacidad antioxidante, la evaluación sensorial y calidad en taza. La capacidad antioxidante frente al radical DPPH se encontró de 0,1178 (M26) a 0,1717 mmol TE/g (M25) y frente al radical ABTS $\bullet+$ de 0,1213 (M12) a 0,1724 mmol TE/g (M25). En cuanto a la evaluación sensorial el mejor en atributo fragancia/aroma fue M4; en sabor, posgusto, acidez y en cuerpo M2; en balance M2 y M3 con calificación de “muy bueno”; en uniformidad, taza limpia y dulzura como “extraordinario” y la mayor calidad en taza obtuvo la muestra M2 ($82,25 \pm 0,14$) con calificado como “muy bueno”.

I. INTRODUCCIÓN

El café es una de las bebidas más consumida en el mundo, siendo apreciado por sus características organolépticas y por su potencial efecto beneficioso en la salud humana, debido a que presenta compuestos que le confieren propiedades antioxidantes; es uno de los productos de mayor importancia, por los soportes económicos en la venta y exportación del mismo; el manejo adecuado de los parámetros favorece la preservación de las características comerciales de la bebida de café además la estabilidad del producto en el mercado permite que el consumidor esté satisfecho con el producto ofrecido. El consumo de café en todo el mundo es de alrededor de 600 miles de millones de tazas al año (OCAMPO y ALVAREZ, 2017), cada año hay unos 75 millones de potenciales consumidores, que están demandando tres millones de sacos más en todo el mundo (FLORES, 2015); en el Perú el consumo interno de café es de 110 mil sacos al año; el consumo interno se ha incrementado durante los últimos años consumiendo cada habitante en promedio de 1 a 1,1 kg de café (MINAGRI, 2017).

En el Perú se estableció la ley N° 28015 que fomenta la promoción de la competitividad, formalización y desarrollo de las micro y pequeña empresas para la ampliación del mercado interno y externo y la ley N° 4440/2018-CR que promueve al sector cafetalero promoviendo y fortaleciendo el consumo interno,

facilitando a los agricultores a la exhibición de sus productos con una ley que declara a nivel nacional "La semana del café peruano", la cuarta semana de agosto de cada año, por la gran producción de café que se elabora en las zonas productoras del país, desde abril hasta julio; contando con el apoyo de las municipalidades para la habilitación de sus parques para que los productores y organizaciones cafetaleras muestren sus productos en ferias y concursos que se dan al respecto.

El café contiene polifenoles y su concentración es afectado por el tostado, proceso donde los compuestos fenólicos se degradan, dando origen a pigmentos y compuestos volátiles del aroma (CÄMMERER y KROH, 2006); en la actualidad, la bebida de café es considerada una bebida funcional por sus propiedades antioxidantes, el café antes de su comercialización es evaluado mediante catación sensorial, con la finalidad de catalogar los niveles de puntuación de acuerdo a las características sensoriales, debido a que el consumidor busca marcas comerciales con altas características sensoriales; y que conserven la propiedad funcional como polifenoles y antioxidantes, garantizando así el valor comercial; bajo este marco se planteó la investigación considerándose los siguientes objetivos:

- Realizar la caracterización fisicoquímica de muestras de café tostado molido comercializados en la provincia de Leoncio Prado.
- Determinar polifenoles totales, capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) de las muestras de café tostado molido.
- Realizar la evaluación sensorial (atributos en catación y calidad en taza) de café tostado molido mediante panelistas expertos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del café

2.1.1. Origen

El café llegó a América en la época de la colonización por los franceses, pero se cultivó por primera vez en Yemen, Keffa y años más tarde en Arabia y Egipto (FONSECA-GARCÍA *et al.*, 2014).

En el Perú, el café se cultivó por primera vez en la provincia de Chinchao en los años 1740 -1760, su cultivo comercial se inició en el valle de Chanchamayo en 1850 y la primera exportación fue a Alemania e Inglaterra en 1887 (FUNDES, 2015).

2.1.2. Definición

El café es la semilla de la planta del café o cafeto sin importar que haya sido tostada o molida (TEMIS-PEREZ *et al.*, 2011); AÑAMURO (2015) indica que es un producto con gran demanda en el mercado, debido a la calidad de la bebida con café de diferentes orígenes.

2.1.3. Taxonomía

El café con más de 500 géneros y 800 especies pertenece a la familia de las rubiáceas, dos de ellas son las más importantes: *Coffea Arabica* y

Coffea canephora correspondiendo a más del 90 % de la producción mundial (LAZCANO-SÁNCHEZ *et al.*, 2015).

La clasificación taxonómica del café según ALVARADO (1994) es la siguiente:

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Sub-División	Angiospermae
Clase	Magnoliata
Sub-Clase	Asteridae
Orden	Rubiales
Género	Rubiaceae
Especie (s)	Arabica, canephora, etc

2.1.4. Zonas productoras

Los departamentos con mayor producción de café que en conjunto aproximan el 61 % de la producción nacional son: Junín (60,48 %), Cajamarca (33,18 %), Amazonas (18,51 %) y San Martín (10,79 %) (INEI, 2017).

El cultivo del café ocupa un área en todo el mundo de 13,2 millones de km² y representa uno de los productos con mayor valor de exportación a nivel mundial (JIMÉNEZ-TORRES y MASSA-SÁNCHEZ, 2015).

2.2. Aspectos generales del café tostado molido

2.2.1. Café tostado

Es el producto que se obtiene después de haber sometido al café crudo a un proceso de tostado, donde se desarrollan las características sensoriales especiales (ARGEÑAL *et al.*, 2015).

2.2.2. Café tostado molido

El polvo o granulado que se obtiene mediante el proceso de la molienda de los granos de café tostado recibe el nombre de café tostado molido (FERMÍN *et al.*, 2012).

2.2.3. Procesamiento de café tostado molido

Para la obtención del café tostado molido, el grano es sometido a varias operaciones como: Cosecha, beneficio, recepción, mezclado para homogeneizar los granos, tostado, enfriado, molienda y envasado (FERMÍN *et al.*, 2012).

Cosecha: Se lleva a cabo cuando la gran parte de las cerezas se encuentran maduros, se realiza una cosecha selectiva para recoger solo los frutos maduros cerezas de color (rojo vino tinto) (SÁNCHEZ, 2005).

Beneficio: proceso donde se da la transformación de las cerezas en café pergamino seco, existen dos tipos de beneficio: por vía húmeda y por vía seca, este proceso tiene como finalidad separar el epicarpio de la semilla y bajar la humedad del grano para su conservación realizando el secado (PANTOJA *et al.*, 2015).

Tostado: En este proceso se generan reacciones químicas de pirólisis, hidrólisis, polimerización, etc; que son los precursores de las características sensoriales (color, olor y sabor); el color se da por la reacción de maillard con la participación de las proteínas y azúcares; también sucede la caramelización de la sacarosa, la desecación, despolimerización de carbohidratos, la degradación de aminoácidos, oxidación de los lípidos, formación de ácidos, la producción de compuestos volátiles y de las melanoidinas (CATELANI *et al.*, 2016). FONSECA-GARCÍA *et al.* (2014) indican que en este proceso se da la formación de los compuestos acrilamida y furano que están clasificados como posibles cancerígenos en el café, su contenido va a depender del grado de tostado, de la especie y de las condiciones de almacenamiento.

Durante el tostado sucede un incremento de volumen del grano; este fenómeno se debe a varios factores tales como la expansión de gases en el endospermo (lo que produce el hinchamiento de las células), estiramiento de las membranas celulares y la destrucción parcial de celulosa, lignina y hemicelulosa por efecto de la temperatura (BICHO *et al.*, 2012); al respecto PUERTA (2011) manifiesta que en los granos de café tostados se pueden encontrar compuestos químicos con diversas clases de aromas como a caramelo, tostados, almendras, cítricos, frutales, cocinado y también desagradables como a tierra, ahumados y fétidos, entre otros. El tipo de tostado puede ser claro, medio o tostado oscuro:

Tostado claro: Color que se forma después del primer tronido, cuando el tamaño se haya incrementado (AMCCE, 2007); además URBANO y

CEBALLOS (2018) manifiesta que en el tostado muy crudo no se manifiestan mucho los sabores ni aromas agradables.

Tostado medio: Es llamado también tueste americano, medio o rápido, este tostado es el preferido por muchos catadores, ya que les permite determinar los orígenes geográficos y la personalidad del grano, tiene un sabor más dulce, cuerpo desarrollado y acidez agradable (AMCCE, 2007).

Tostado oscuro: Proceso con un periodo de tostado mucho más largo, donde se produce el sobrecalentamiento del grano causando cambios físicos y químicos indeseables, sabor caramelizado (azúcar quemada) y un color del grano casi negro (carbonizado), presenta un sabor amargo de la bebida de café, una acidez disminuida y la pérdida de compuestos precursoras del aroma (SIVETZ y FOOTE, 1963).

Enfriado: Finalizado el tostado sigue una etapa de enfriamiento para disminuir la temperatura de los granos de café y evitar un sobrecalentamiento (FERMÍN *et al.*, 2012).

Molido: Se realiza para la extracción de componentes solubles, entre más fina habrá una mayor extracción de componentes, es un proceso que se le realiza al café tostado que se venderá como café instantáneo, se realiza por medio de molino de discos y de rodillos (DUARTE, 2002).

Envasado: La finalidad es prevenir el deterioro y agregar valor al producto, los materiales empleados para el empaque son polímeros de aluminio flexible para una eficiente barrera evitando la contaminación y la disminución de calidad logrando un óptimo almacenamiento (FERMÍN *et al.*, 2012).

2.3. Calidad del café tostado molido

El término calidad puede ser definido en términos físicos, microbiológicos e intrínsecos (RIAÑO, 2013). ZAPATA y SARACHE (2014) relacionan la calidad del café con los atributos sensoriales (sabor, aroma, acidez y cuerpo); CORREIA *et al.* (2018) indican que para el control de la calidad los parámetros principales son la temperatura y tiempo de tostado, además el tostado es fundamental para evidenciar u ocultar propiedades de los granos y la adulteración.

La alta calidad del café es una sensación agradable, combinación de sabor, cuerpo y acidez en ausencia de defectos, siendo el sabor el parámetro más importante para el consumidor (SUNARHARUM *et al.*, 2014), al respecto BUENAVENTURA-SERRANO y CASTAÑO-CASTRILLÓN (2002) manifiestan que la excelente calidad del café depende de la interacción de múltiples factores entre los cuales se destacan las variedades, climas, prácticas culturales y en gran medida el proceso de beneficio.

2.3.1. Marcas comerciales

Una marca es un signo que diferencia a las empresas frente a los demás ante un mercado (SCHMITZ, 2012). GORDILLO *et al.* (2008) mencionan que el café tostado molido antes de ser comercializado es sometido a una serie de normas que garantizan la calidad, información sobre el origen del producto, apariencia (color y olor del grano pergamino y almendra), procesamiento y cualidades organolépticas de la bebida.

2.3.2. Normas de calidad

La calidad del café está determinada por los resultados de un conjunto de procesos, permitiendo el desarrollo y conservación de sus características fisicoquímicas hasta su transformación y finalmente el consumo (PARADA *et al.*, 2018); según la norma COVENIN 46 (2017) para comercializar el café tostado molido se debe cumplir los requisitos indicados en los Cuadros 1, 2 y 3.

Cuadro 1. Requisitos fisicoquímicos del café tostado molido.

Características	Requisitos	
	Mínimo	Máximo
Humedad (% p/p)	-	5
Extracto acuoso (% p/p) (en base)	22	32
Cenizas (% p/p)	-	5
Fibra cruda (% p/p)	12	22
Azúcar totales (% p/p)	-	2
Cafeína en café sin descafeinar (% p/p)	0,75	-

Fuente: COVENIN (2017)

Cuadro 2. Requisito para el grado de tostado (luminosidad).

Grado de tostado	Valor (L*)
Claro	> 22,0
Medio	18,5 – 22,0
Oscuro	< 18,5

Fuente: COVENIN (2017)

Cuadro 3. Clasificación de la molienda del café.

Molienda	Diámetro medio (μm)
Gruesa	> 700 – 900
Media	501 – 700
Fina	350 - 500

Fuente: COVENIN (2017)

Para la evaluación sensorial de café, de acuerdo a los parámetros de calidad establecidos por instituciones que regulan los cafés especiales, se utiliza el formato internacional de catación SCAA (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 4. Escala de calificación para cafés especiales.

Bueno	Muy bueno	Excelente	Extraordinario
6,00	7,00	8,00	9,00
6,25	7,25	8,25	9,25
6,50	7,50	8,50	9,50
6,75	7,75	8,75	9,75

Fuente: SCAA (2008)

Cuadro 5. Clasificación total de puntuación de calidad.

Puntaje total	Descripción de la especialidad	Clasificación
90-100	Excepcional	Especialidad rara
85-89,99	Excelente	Origen especial
80-84,99	Muy bueno	Especial
<80	Debajo de la calidad especial	Debajo de especial

Fuente: SCAA (2008)

2.3.3. Evaluación fisicoquímica

Las propiedades físicas del café tostado y molido no sólo tienen aplicaciones en el manejo, transporte y almacenamiento, sino también tiene una marcada influencia en el tamaño de las partículas y el proceso de preparación de una bebida de café con características organolépticas excelentes (GUEVARA y CASTAÑO, 2005).

Humedad: El contenido de humedad con valores altos superiores a lo permitido aceleran el deterioro del producto, generando el desarrollo de microorganismos como el hongo y por ende el deterioro de los lípidos, para atributos de calidad establecen como requisito máximo en humedad de 5 % (p/p) (VALENCIA *et al.*, 2012).

Acidez: La acidez es un buen indicador de calidad en los granos de café, su variación puede deberse a los niveles de fermentación, diferentes etapas de maduración de los granos, puede aumentar a medida que estos van madurando (PEREIRA, 2008). WOODMAN (1985) indica que existe una influencia directa de acidez sobre el sabor y aroma de la bebida, está determinado por la concentración de iones de hidrógeno (pH), que está relacionada con el grado de ionización o disociación de un ácido o una mezcla de ácidos presentes en los granos de café.

Sólidos solubles totales: Es uno de los factores con mayor apreciación al momento de determinar la calidad del café, está determinada por el grado de molienda, tiempo de contacto agua-café, temperatura y presión del agua de preparación; se define como la concentración de sólidos solubles en la

bebida, que influyen en las características sensoriales como en el sabor (MEDINA-ALMEIDA y RIAÑO-LUNA, 2006).

El color: El color es un atributo que refleja la calidad del café, cuanto más claro es el color presenta mayor aroma y acidez (SÁNCHEZ-RAMÍREZ *et al.*, 2007).

2.3.4. Evaluación sensorial y calidad en taza de café tostado molido

La catación es una herramienta empleada para determinar el control de calidad del café mediante sus propiedades organolépticas y para evaluar cualitativamente, debe ser realizados por catadores entrenados y con muchos años de experiencia (DUARTE *et al.*, 2008).

En la evaluación sensorial, los atributos que se evalúan son fragancia, aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, dulzor, taza limpia, balance e impresión global; la escala de evaluación es de 6 a 10 puntos (MARÍN, 2013).

Fragancia/aroma: La fragancia es desprendida al moler el café tostado y el aroma son gases de la bebida recién preparada (ARELLANO *et al.*, 2008); DUICELA (2003) indica que algunos de los aromas más comunes son acaramelado, carbonado, chocolate, frutal, floral y cereal.

Sabor: Es el producto de la exposición de cientos de terminales nerviosos en la lengua a sensaciones como dulces, acidas, saladas y amargadas, que generan una sensación vinculada a un sabor preconcebido en el subconsciente, la percepción del sabor involucra sensaciones olfativas, gustativas y táctiles (SHANKARANARAYANA, 1996).

Postgusto: Es la permanencia del sabor en el paladar después de haber expulsado el café de la boca. Puede ser agradable dejando un sabor dulce y refrescante o desagradable dejando un sabor amargo o áspero (SCCA, 2005).

Acidez: La acidez percibida es un atributo muy importante al momento de realizar el análisis sensorial, su intensidad varía según la etapa de maduración de la fruta, el lugar de origen, el tipo de cosecha, el tipo de procesamiento, el tipo de secado y las condiciones climáticas durante la cosecha y el secado (LIMA *et al.*, 2015).

Cuerpo: Es la sensación táctil del líquido en la boca, percibido entre la lengua y el paladar, es la combinación del peso (peso en la lengua en comparación con el agua pura) y de la textura (capacidad de deslizarse en comparación con el agua pura) (LINGLE, 2010).

Balance: Este atributo indica si el café es armonioso, excesivo o se ha perdido algo en su sabor (KATZEFF 1998).

Dulzura: No todos los cafés presentan esta característica ya que se observa con más intensidad en los cafés de altura, el buen café debe poseer un aspecto de dulzura (SCCA, 2005).

Uniformidad: Es la consistencia del sabor en las tazas, la uniformidad de los atributos y características, dos puntos se dan a cada taza para este atributo, con un máximo de 10 puntos si las 5 tazas son iguales (CAÑAS *et al.*, 2012).

Taza limpia: Es la ausencia de defectos en las tazas de una muestra, se denomina cuando la taza está libre de impresiones negativas (ARISMENDY, 2015).

Puntaje final: Indica la presencia o ausencia de defectos en las muestras, con la suma de las calificaciones de cada atributo se obtiene el puntaje final y se determina si el café es bueno, muy bueno, excelente o extraordinario (PEÑUELA-MARTÍNEZ *et al.*, 2010).

La calidad en taza es una herramienta muy importante en la caracterización de diferentes tipos de café (LADINO-GARZÓN *et al.*, 2016); PUERTA (1998) indica que la calidad es el resultado de un conjunto de procesos que permiten la expresión del producto hasta el momento del consumo, la calidad del café es la calificación de las características físicas y sensoriales (aroma, acidez, amargor, cuerpo, sabor) y la calidad sanitaria del grano basados en las exigencias del consumidor.

2.4. Polifenoles y capacidad antioxidante de café tostado molido

2.4.1. Definición

Son compuestos bioactivos naturales, constituyen uno de los grupos de metabolitos secundarios más numerosos y distribuidos en el reino vegetal, actúan dependiendo de su estructura química, como eliminadores de radicales libres (MARTÍNEZ-CORDEIRO *et al.*, 2013).

2.4.2. Estructura y clasificación

La estructura de los polifenoles varía de moléculas simples (ácidos fenólicos), a estructuras complejas (los taninos condensados) y se clasifican en función del número de anillos fenólicos y de los elementos estructurales unidos

a esos anillos: Flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos y lignanos (UGARTONDO, 2009).

Los flavonoides son estructuras hidroxiladas en sus anillos aromáticos, por lo tanto, son estructuras polifenólicos, es una subclase de polifenoles y las más abundantes dentro del reino vegetal; su estructura se muestra en la (Figura 1) (QUIÑONES *et al.*, 2012).

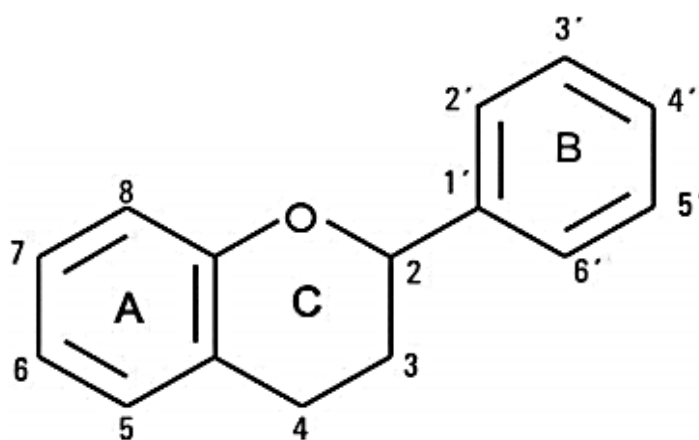
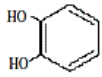
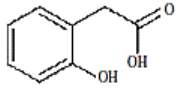
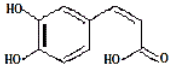
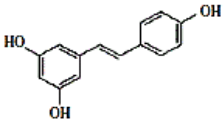
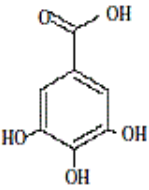
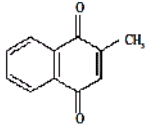
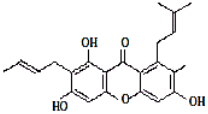
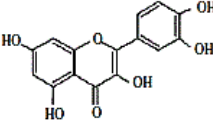


Figura 1. Estructura básica de los flavonoides

En el Cuadro 6 se presenta la clasificación general de los compuestos polifenólicos.

Cuadro 6. Clasificación general de los compuestos polifenólicos

Clase	Estructura	Ejemplo
Fenoles simples	C_6	 Catecol
Ácidos fenilacéticos	C_6-C_2	 Ácido 2-hidroxi-fenilacético
Ácidos hidroxicinámicos	C_6-C_3	 Ácido caféico
Estibenos	$C_6-C_2-C_6$	 Resveratrol
Ácidos hidroxibenzoicos	C_6-C_1	 Ácido gálico
Naftoquinonas	C_6-C_4	 Menadiona
Xantomas	$C_6-C_1-C_6$	 Mangostina
Flavonoides	$(C_6-C_3-C_6)$	 Quercetina

Fuente: MERCADO-MERCADO *et al.* (2013).

2.4.3. Polifenoles totales en el café

El café es una fuente de polifenoles que contribuyen en la dieta la cantidad y variedad de antioxidantes (MARTÍNEZ-VALVERDE *et al.*, 2000); HERNÁNDEZ *et al.* (2015) manifiestan que la cantidad de polifenoles va a depender de la variedad de café, de su proceso de torrefacción y del modo de preparación; los polifenoles más importantes que se encuentran en el café tostado son: La trigonelina, ácidos clorogénicos y los taninos.

Trigonelina (ácido N-metilnicotínico): Es un compuesto importante que se transforma en niacina durante el proceso del tostado, convirtiendo al café en una fuente de vitamina B3 (ROJO, 2014).

Ácidos clorogénicos: El café contiene ésteres fenólicos denominados ácidos clorogénicos, que es la unión éster entre el ácido cafeico y el ácido quínico, el ácido clorogénico es el que está presente en mayor cantidad (5-O-cafeoilquínico) (GOTTELAND y PABLO, 2007), al respecto PUERTA (2011) los ácidos clorogénicos presentan un sabor amargo astringente, corresponden principalmente el ácido quínico del café; en los granos de café se encontraron más de 40 ácidos clorogénicos, en especial ésteres del ácido quínico.

Taninos: Son compuestos poliméricos más complejos, y se clasifican en hidrolizables (constituidos por unidades de ácido elágico, que pueden estar unidos a una molécula de glucosa) y condensados (resultan de la condensación de unidades de flavan-3-oles) (MERCADO-MERCADO *et al.*, 2013).

2.4.4. Capacidad antioxidante

La actividad antioxidante es la capacidad que tiene una sustancia de inhibir la degradación oxidativa, por lo tanto, la actuación de un antioxidante se debe a su alta capacidad que tiene de reaccionar frente a los radicales libres presentes (LONDOÑO, 2012).

El café es un producto que presenta mayor contenido de antioxidantes, dándole la calidad de un alimento funcional y nutracéutico; los granos de café contienen antioxidantes como cafeína, ácidos fenólicos (cafeico y clorogénico), polifenoles y alcaloides, su contenido depende del lugar de origen, especie, variedad, grado de tostión, tipo de fermentación realizada y la molienda y de las condiciones de tostado (LAZCANO-SÁNCHEZ *et al.*, 2015).

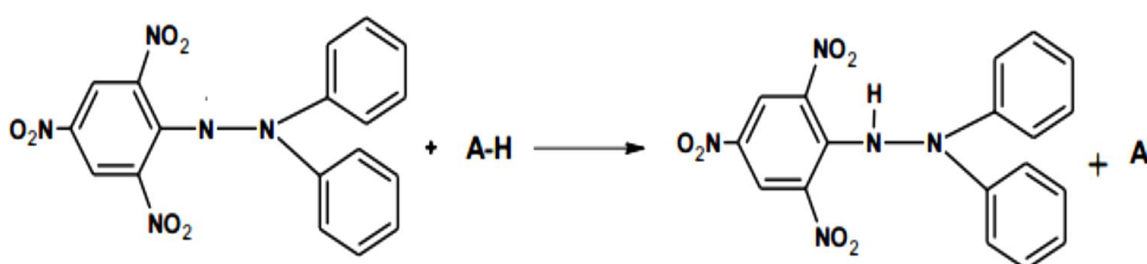
2.4.4.1. Métodos para determinar la capacidad antioxidante

- **Método de secuestro de radicales libres DPPH (1,1-Diphenyl-2-picril-hidrazil).**

El método DPPH (1,1-Diphenyl-2-picril-hidrazil) es un ensayo que tiene como base la transferencia de electrones, este radical libre que produce una solución de color violeta en etanol muy estable a temperatura ambiente y que se reduce en presencia de una molécula antioxidante, dando lugar a una solución incolora de etanol (GARCÍA *et al.*, 2012); DUARTE-ALMEIDA *et al.*, (2006) manifiestan que el DPPH al reducirse pierde su color púrpura, por ende solo evalúa el poder reductor del antioxidante que al donar un electrón se oxida y por esta razón no detecta sustancias pro-oxidantes, este método tiene como finalidad la transferencia de electrones de un compuesto antioxidante a un radical

libre; CASTAÑEDA *et al.* (2008) manifiestan que el DPPH es un radical que presenta un electrón desapareado, la absorbancia se mide a 517 nm, el color que presenta es azul-violeta que tras la reacción con antioxidante este sufre una decoloración cambiado a amarillo pálido.

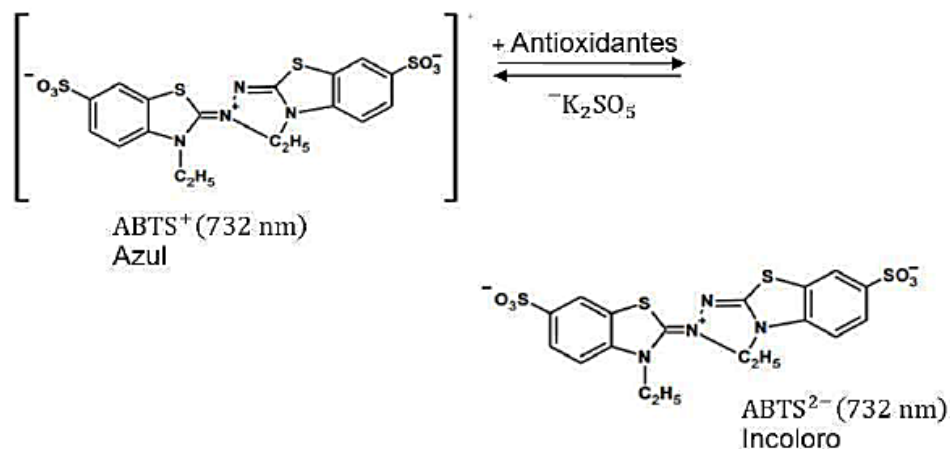
Figura 2. Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante.



Fuente: TOVAR, 2013

- **Método de secuestro de radicales libres ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ettrylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)).**

Se define como uno de los métodos más utilizados debido a que presenta una elevada sensibilidad, además es un método mucho más práctico, rápido y muy estable (ÁLVAREZ *et al.*, 2008); ENCINA *et al.* (2013) indican que la lectura del radical catiónico $ABTS^{0+}$ se realiza a una longitud de 734 nm de onda, mediante la reacción de oxidación del ABTS con persulfato de potasio; PÉREZ-HERNÁNDEZ *et al.* (2013) sugieren que este método mide la capacidad relativa de los antioxidantes para neutralizar al radical $ABTS^{0+}$ generado en fase acuosa y se compara con un estándar de Trolox (análogo de la vitamina E que es soluble en agua).



Fuente: TOVAR, 2013.

Figura 3. Estructura del ABTS⁰⁺ antes y después de la reacción con el antioxidante

Según MERCADO-MERCADO *et al.* (2013) el mecanismo de neutralización del ABTS⁰⁺ se da por la transferencia de electrones y se forma mediante una reacción que puede ser química (persulfato de potasio); para este método TOVAR. (2013) indica una de las técnicas empleadas para la decoloración es un formato de ensayo, en donde el radical se encuentra en su estado estable antes que se da la reacción con los antioxidantes; como se muestra en la Figura 3 la técnica mejorada para generar el radical catión ABTS⁰⁺.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en los laboratorios de Nutrición Animal, de Suelos y en el Centro de Investigación para el Desarrollo Biotecnológico de la Amazonia (CIDBAM), de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) y en el Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica (CITE) Agroindustrial, ubicados en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado en el departamento de Huánuco a una altitud de 660 m.s.n.m 09°17' 08" de Latitud sur, 75° 59' 52" de latitud oeste, con clima tropical húmedo y con una humedad relativa media de 84 % y temperatura media anual de 24 °C, así como en el laboratorio de Análisis por Instrumentación de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco (UNHEVAL).

3.2. Muestras

El ámbito geográfico para la toma de muestras fue la provincia de Leoncio Prado, se consideraron empresas y asociaciones registradas en el MINAGRI (1 – 14) y las empresas y asociaciones artesanales registradas con RUC en la SUNAT (15 – 29) (Cuadro 7). La toma de muestras obedeció a un muestreo no probabilístico específicamente el tipo de muestreo intencional o de conveniencia (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014); fue realizada de dos lotes diferentes,

teniendo en cuenta la fecha de vencimiento de los cafés tostado molido comercializados.

Cuadro 7. Empresas y asociaciones registradas en el MINAGRI y en la SUNAT.

Código	Empresas y asociaciones
M1	Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo Ltda.
M2	Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria Ltda. Qulto 80
M3	Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria Ltda. Qulto 85
M4	Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria Ltda. Qulto 90
M5	Cooperativa Agraria Bella Durmiente Ltda.
M6	Cooperativa Agraria Cafetalera Milagros - Monzón
M7	Asociación de productores de café - pampa hermosa
M8	Asociación de Productores Agropecuarios y Forestales Valle del Encanto del Caserío de Bella Alta "APAFVE"
M9	Cooperativa Agraria Industrial del Centro Poblado de Bella – Bajo Monzón
M10	Asociación de Productores Agroindustriales Cumbre Verde
M11	Asociación de Productores de Café Orgánica Selva Alta
M12	Asociación de Productores Agropecuarios y Forestales Estrella Andina
M13	Agro industrias Valdez SAC
M14	Asociación de Productores Agropecuarios Ecológico de La Cordillera Azul
M15	Asociación Aucayacu Coffe Auca.
M16	Corporación Pecal SRL.
M17	Asociación de Productores Agroindustrial Savar
M18	Agroindustrial Nunash..
M19	Divisoria Trading SRL.
M20	Asociación de Agricultores Agroindustrial de Santa Lucia
M21	Café Artesanal Quispi
M22	Empresa Puro Aroma Cafetería
M23	Asociación de Productores Agropecuarios Gallito de las Rocas
M24	Empresa Arabica Coffee Cafetería S.A.C
M25	Asociación de Productores Agroindustriales Ermilio Vladizan
M26	Athena Internacional S.C.R.L TADA
M27	Cooperativa Agraria Cafetalera Cordillera Azul
M28	Agronegocios Bello Monzón S.A.C
M29	Asociación De Productores y Profesionales Ecológicos de café y cacao -Alto Huallaga

3.3. Equipos, materiales de laboratorio y reactivos

3.3.1. Equipos

Balanza Analítica Sartorius modelo M-Power AZ-214 capacidad 210 g/0,1 mg, made in USA. Balanza digital Sartorius capacidad 3100 g. Balanza electronica Germany modelo XY3000-1BF, capacidad máxima 3300 g/0,1 g. Estufa modelo 9140 A- energía eléctrica de 220 por 50/60 Hz, 140 L, T° máx. 220 °C, medidas internas de trabajo 450 × 550 × 550 mm, China. Selladora modelo Impulse Seater KS. 100–250W A KS. 500-800W source: 22 V 50 Hz / 60 HZ. México. Colorímetro modelo Chroma neters CR-400 (Konica minolta), 50-60 Hz, 0,4 A, temporizador (medición): de 3 segundos, Japón. Balanza analitica, Modelo GR-200 capacidad 210 g/0,1 mg. Agitador magnético 753A serie 0825351 115 V - frecuencia 60 Hz – potencia 900 W, Reino Unido. Baño Maria modelo YCW-010E, Hungría. Espectrofotometro modelo Genesys 10S UV-VIS (Thermo SCIENTIFIC). Refriador Coldex modelo CN29, Perú. Homogenizador Maxi Mix modelo M37610-33. Centrifuga modelo MIKRO 22R (Hettich) y pHmetro digital marca KYNTEL, modelo TRI-METER, China.

3.3.2. Materiales

Espátula metálica; placas petri; pinzas; desecador (campana de vidrio); parafilm; pipetas volumétricas de 10 mL y 50 mL, marca Brand; probetas graduadas de 100 mL y 200 mL; pipetas; embudo de vidrio de filtración; vasos de precipitación de 50 mL y 100 mL; matraz erlenmeyer de 50 mL, 250 mL y 500 mL, marca Pyrex; buretas de 50 mL; fiola de 50 mL, 100 mL, 500 mL y 1000 mL, marca Brand; tubos de ensayo de 10 mL; micropipetas 0 – 10, 10 – 100, 20- 200;

y 100 – 1000 μL ; cubetas de poliestireno (1×1×4,5 cm) de 1,5 mL; tips (1000 y 200 μL); microtubos (1,5 – 2 mL); gradillas; pisetas de plástico de 250 mL; bagueta de vidrio; termómetro; papel filtro en pliego pasada rápido; papel filtro whatman con circulo de diámetro 125 mm, número 42.

3.3.3. Reactivos y solventes

Ácido gálico ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$) 98,1 % Sigma Aldrich; Folin – Ciocalteu phenol reagente (2N, Sima Aldrich); carbonato de sódio al 7,5 % (Na_2CO_3); 1,1–Diphenyl–2–picril–hydrazil (DPPH, Sigma Aldrich, USA); 2,2'–Azino-bis (3–ettrylbenzothiazoline–6–sulfonic acid) diammonium salt (ABTS; Sigma Aldrich, USA); alcohol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) al 80 %, hidróxido de Sódio (NaOH) 0,1 N; agua destilada (H_2O) y persulfato de Potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) .

3.4. Métodos de análisis

3.4.1. Análisis fisicoquímicos

- Humedad: Método desarrollado por COVENIN 433 (1983).
- Acidez titulable: Método A.O.A.C 920.20 (FLAMBEAU y YOON, 2018).
- Sólidos solubles totales: Método 973.21 (AOAC, 1997).
- Determinación de color: Método descrito por DUARTE *et al.* (2005) que usó el colorímetro Konica Minolta CR-400.

3.4.2. Análisis de polifenoles totales

- Método espectrofotómetro desarrollado por Folin Ciocalteu reportado por SYMONOWICZ *et al.* (2012).

3.4.3. Evaluación de la actividad antioxidante

- Capacidad de inhibir el radical 1,1- difenil-2-picrilhidrazil (DPPH): Método espectrofotómetro UV/Visible descrito por BRAND-WILIANS *et al.* (1995) reportado por SANDOVAL *et al.* (2002).
- Capacidad de inhibir el radical 2,2'azinobis (3 – etilbenzotiazolino – 6- ácido sulfónico) (ABTS^o +) método descrito por RE *et al.* (1999).

3.4.4. Evaluación sensorial y calidad en taza de café

Se llevó a cabo mediante el protocolo de prueba de taza (SCAA, 2010) del Coffee Quality Institute, utilizando el formulario de catación de la Asociación de cafés especiales de América (Anexo-I), con panelistas expertos.

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Acondicionamiento de las muestras

Se evaluaron 29 muestras (Cuadro 7) por triplicado; la primera y segunda muestra son de lotes diferentes y la tercera la combinación de la primera y la segunda, luego se realizó el empacado y sellado; las muestras se introdujeron en una caja de tecnopor con sílica gel para ser almacenados a 25 °C durante el tiempo de los análisis. A las 29 muestras de café se realizaron los análisis fisicoquímicos (humedad, acidez titulable, sólido soluble total y color) y polifenoles totales; se escogieron las 15 muestras con mayor contenido de polifenoles totales para evaluar la capacidad antioxidante (DPPH y ABTS), la evaluación sensorial y calidad en taza, como se muestra en el diagrama (Figura 4).

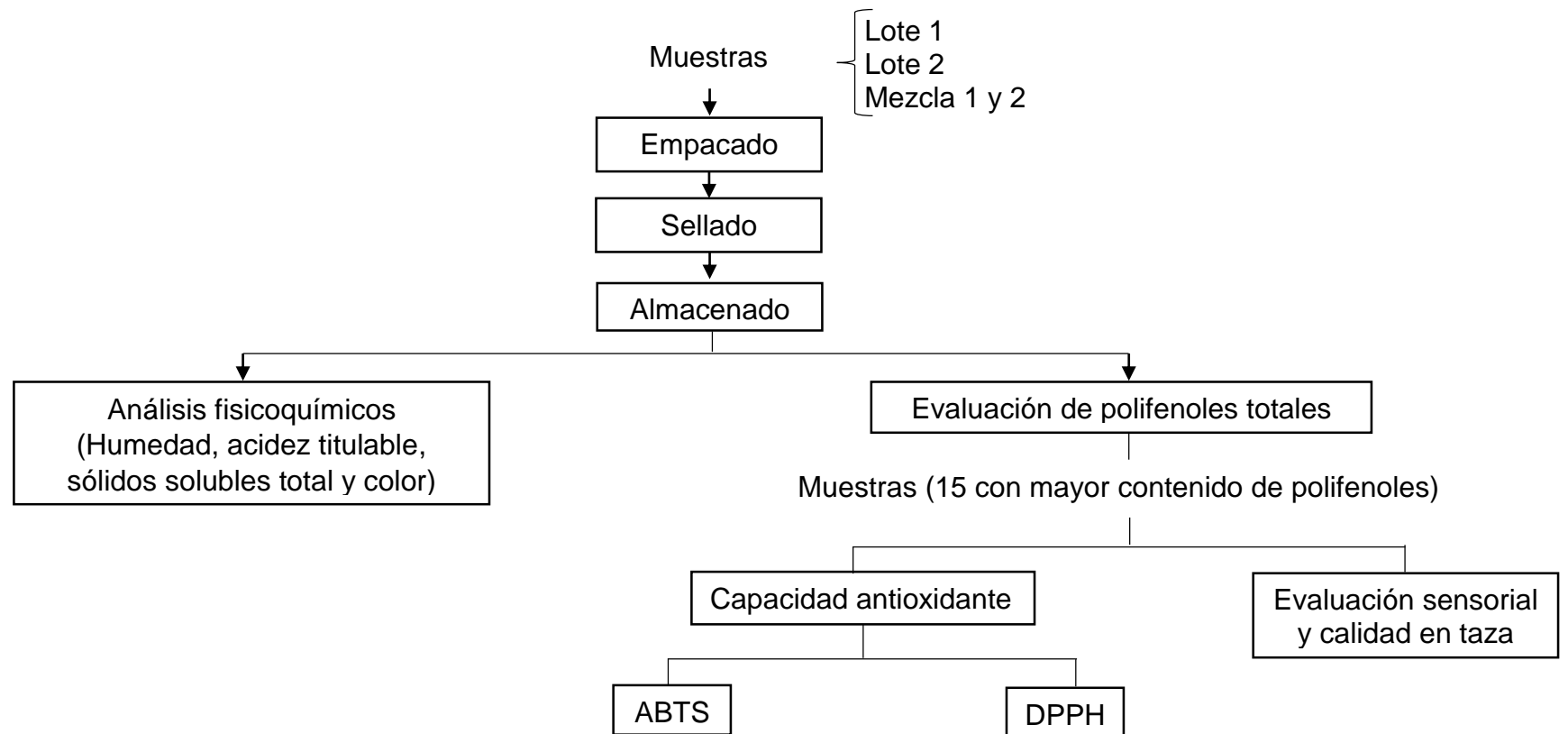


Figura 4. Representación del flujo de los análisis fisicoquímicos, polifenoles, actividad antioxidante y sensorial del café tostado molido.

3.5.2. Evaluación fisicoquímica

- Humedad

Para la determinación de la humedad se secó una placa petri con tapa en una estufa a $102\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos, se tapó la placa y se enfrió en desecador a temperatura ambiente durante 45 minutos; se pesó y se puso en la placa 5 g de muestra distribuyéndose uniformemente, luego se colocó la placa semicerrada con tapa en la estufa a $102\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora, se tapó la placa y se dejó enfriar en el desecador a temperatura ambiente durante 45 minutos y se pesó. Se repitió el calentamiento por 30 minutos, enfriando y pesando hasta obtener peso constante, se realizó para cada muestra por triplicado; el resultado se expresó en porcentaje de humedad.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Dónde:

W_i = Peso inicial de la muestra y W_f = Peso final de la muestra.

- Acidez titulable

Se pesó 10 g de café tostado molido (W) por triplicado, a cada muestra se adicionó 75 mL de alcohol (V1) al 80 % y se almacenó a temperatura ambiente por 16 h protegido de los rayos de la luz bajo agitación constante, las muestras se filtraron usando papel filtro whatman N° 1; se tomó una alícuota de 10 mL de la muestra filtrada (V2), el filtrado se diluyó a 100 mL con agua destilada y se tituló a un punto final de pH 8,2 con solución de NaOH 0,1 N usando un agitador magnético, finalmente se tomó el gasto del volumen del hidróxido de sodio (V3) requerido para la neutralización; el resultado se expresó en gasto de

mL (NaOH 0,1 N /g).

$$\text{Gasto de mL NaOH / g} = \frac{V1 \times V3}{V2} / W$$

Dónde:

V1=Volumen inicial de la muestra, V2= Volumen tomado de la muestra para la titulación, V3 = Gasto (mL) de la solución de NaOH y W= Peso de muestra.

- **Sólidos solubles totales**

Se pesó 10 g de café molido (W) y se adicionó 200 mL de agua en un erlermenyer de 500 mL y se agitó, se pesó y se llevó a punto de ebullición en baño María; se dejó por 5 minutos luego 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 (P1), se tomó 25 mL de la muestra ya filtrada y se llevó a evaporar todo el agua en una estufa de aire caliente a 105 °C para secar la placa con la muestra (P2) y obtener los pesos para el cálculo de la cantidad de sólidos solubles totales que se expresó en porcentaje.

$$\% \text{ SST} = \frac{P2 - P1}{W} \times 100$$

Dónde:

P₁ = Peso de la placa sin muestra (g), P₂ = Peso de la placa más la muestra (g) y W = Peso de la muestra.

- **Color**

Para la medición del color de café tostado molido, se calibró el equipo colorímetro Konica Minolta CR-400 con el blanco, se pesó 3 g de café tostado molido y se colocó en un depósito oscuro, seguidamente se realizó las mediciones utilizando el sistema CieLab previamente instalada en la computadora y se tomaron nota de los valores L^* , a^* , b^* obtenidos, para cada muestra de café con 4 repeticiones por muestra.

3.5.3. Evaluación de polifenoles totales

Preparación del extracto acuoso: Se pesó 1,5 g de cada muestra, se añadió 30 mL de agua hervida desionizada obteniéndose una concentración de 50 mg/mL, luego 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).

Preparación de la curva estándar: Se preparó la curva estándar con ácido gálico a una concentración de 100 µg/mL, a partir de ello se preparó cinco concentraciones entre 1 a 10 µg/mL (A-XI), en una cubeta se adicionó 100 µL de agua desionizada (blanco) y en las otras cubetas 100 µL de los estándares de diferentes concentraciones; luego se agregó 500 µL de la solución fenol Folin Ciocalteu 1/10 y 400 µL de Na_2CO_3 al 7,5 %, seguidamente se incubó por 2 h a temperatura ambiente, finalmente se procedió a la lectura en el espectrofotómetro U/VIS a 740 nm, con los resultados obtenidos se graficó la curva concentración vs absorbancia, determinando la ecuación y el coeficiente de correlación (Anexo-II).

Análisis de polifenoles totales: A partir del extracto acuoso se prepararon diluciones de trabajo (Cuadro 8) la reacción se realizó con 100 µL de la dilución de trabajo, 500 µL de fenol Folin Ciocalteu y 400 µL de Na₂CO₃ al 7,5 % y se incubó por 2 horas a temperatura ambiente protegido de la luz, luego se realizó la lectura en un espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 740 nm, esto se realizó por triplicado para cada muestra. Las absorbancias obtenidas se remplazaron en la ecuación de la curva estándar y los resultados se expresaron en equivalente de ácido gálico (mg EAG/g).

Cuadro 8. Dilución de las muestras de café tostado molido

Dilución	Muestra
1/15	M1-M5-M10-M12-M19-M20
	M2-M3-M4-M6-M7-M8-M9-M11-M13-M14-M15-M16-M17-M18
1/20	M21-M22-M23-M24-M25-M26-M27-M28-M29

Análisis estadístico: Los resultados fueron analizados mediante el diseño completo al azar (DCA) en las muestras que presentaron una diferencia estadística se procedió a determinar mediante la prueba de Tukey $p \leq 0,05$ (WALPOLE *et al.*, 1999), para ello se utilizó el programa INFOSTAT 2018 p. Grupo InfoStat FCA, Universidad Nacional de Córdoba Argentina.

Con las muestras de mayor contenido de polifenoles totales que fueron 15, se procedió a la evaluación de la capacidad antioxidante y la evaluación sensorial.

3.5.4. Determinación de la capacidad antioxidante

- **Capacidad de inhibir el radical 1,1 – difenil – 2- picryl - hydrazyl (DPPH).**

Preparación de la curva estándar: Se preparó a partir del stock de vitamina E sintetizada llamado comercialmente Trolox a 2 mM (0,05 g en 100 mL de agua desionizada), a partir de ello se prepararon cinco concentraciones de 0 a 1 mM, en una cubeta se adicionó 25 μ L de alcohol (control) y en las otras cubetas 25 μ L de las muestras con diferentes concentraciones; luego se agregó 975 μ L de DPPH⁰⁺, se procedió a la lectura en el espectrofotómetro U/VIS a 515 nm, con los resultados obtenidos se graficó la concentración vs absorbancia, determinando la ecuación y el coeficiente de correlación (Anexo-III).

Para la evaluación de la capacidad antioxidante por el método DPPH⁰⁺ se preparó una solución stock de DPPH⁰⁺ a 1 mM (0,0394 g de DPPH⁰⁺ en 100 mL de etanol al 96 %) y se almacenó a 4 °C protegido de la luz. A partir de esta solución se preparó 50 mL a 100 μ M en etanol al 96 %, esta solución sirvió para hacer reaccionar con las muestras. Del extracto acuoso de 50 mg/mL, se preparó una dilución de 1/8; seguidamente en una cubeta de poliestireno se agregó 25 μ L de muestra diluida y 975 μ L de la solución de DPPH⁰⁺ a 100 μ M, la lectura se realizó en el espectrofotómetro UV/VIS a 515 nm cada 30 s /10 min; los resultados se expresaron en mmol ET/g.

- **Capacidad de inhibir radical el libre 2,2 – azinobis (3– ethylbenzotiazoline–6- sulfonic - acid) (ABTS).**

Preparación de la curva estándar: Se preparó una solución para la curva estándar a partir del stock de vitamina E sintetizada llamado comercialmente Trolox a 2 mM (0,05 g en 100 mL de agua desionizada), a partir de ello se prepararon cinco concentraciones de 0 a 1 mM, en una cubeta se adicionó 10 μ L de alcohol (control) y en las otras cubetas 10 μ L de las muestras con diferentes concentraciones; luego se agregó 990 μ L de ABTS⁰⁺, seguidamente se procedió a la lectura en el espectrofotómetro U/VIS a 734 nm, con los resultados obtenidos se graficó la curva concentración vs absorbancia, determinando la ecuación y el coeficiente de correlación (Anexo-IV).

A partir del stock de ABTS se preparó a 7mM con (0,0884 de ABTS en 10 mL de agua desionizada), esta solución se hizo reaccionar con 200 μ L de persulfato de potasio, luego se incubó a temperatura ambiente en oscuridad por 16 horas, una vez formado el radical de ABTS⁰⁺, se tomó 1mL y se diluyó con 50 mL de alcohol al 96 % obteniéndose una solución de 140 μ M, se midió la absorbancia de 0,7 esta solución sirvió para hacer reacciona con las muestras. Con el extracto acuoso de café (50 mg /mL) se preparó una dilución de (1/8), luego en una cubeta de poliestireno se agregó 10 μ L de muestra y 990 μ L de solución ABTS⁰⁺, la lectura se realizó en un espectrofotómetro UV/VIS a 734 nm cada 30 s /10 min los resultados se expresaron en mmol ET/g.

3.5.5. Evaluación sensorial y calidad en taza

La catación fue realizada por cinco jueces expertos en cata de café con grado de Q-grade speciallity of coffee, Ing. Julian Auca Echarre, Ing. Jady Coronel Alarcon Sr. Jose Manuel Zuñiga Martinez, Ing. Cleden Chacón Estacio;

para ello se utilizó el formato “Taza de Excelencia”, se consideraron diez atributos para cada bebida, la calificación fue según la escala de calidad: 6,00 a 6,75 puntos “bueno” de 7,00 a 7,75 puntos “muy bueno”; de 8,00 a 8,75 puntos “excelente” y de 9,00 a 9,75 puntos “excepcional”; se extiende teóricamente de un valor mínimo de 0 a un valor máximo de 10 puntos.

La evaluación se realizó utilizando tazas (pirex), limpias, sin olor evidente y a temperatura ambiente; para la evaluación en seco de las muestras de café se colocaron en tazas, 9,2 g de café y se evaluaron los atributos de fragancia/ aroma en seco. Para la infusión, el agua para catar fue limpia e inodora y fresca. La concentración de las infusiones fue 8,25 g por 150 mL de agua, se preparó vertiendo agua al 93 °C directamente sobre el café, hasta llegar al borde de la taza, se esperó de 3 a 5 minutos y se procedió a la ruptura de taza, proceso que consistió en remover 3 veces la costra, permitiendo después, que la espuma se deslice hacia abajo por la parte superior de la cuchara mientras las partículas que no se hundieron fueron retiradas. Cuando la muestra fue enfriada a 71 °C (8 a 10 minutos de preparada la infusión), el catador aspiró con la boca tratando de cubrir especialmente el mayor área como sea posible especialmente la lengua y el paladar superior. A partir de este momento se evaluaron los atributos fragancia/aroma, sabor, sabor residual y se calificaron con puntajes respectivos. Después, a medida que el café continuó enfriándose de 71 °C a 60 °C se calificó la acidez, cuerpo y balance. Cuando la infusión descendió a temperatura ambiente se evaluaron la dulzura, uniformidad y taza limpia, luego se terminó con la apreciación general del catador basados en todas las cualidades combinadas.

Con los resultados de cada atributo evaluado (fragancia/ aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, dulzor y taza limpia) se desarrolló el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), también se realizó el ANOVA, en los tratamientos donde hubo diferencia estadística, se procedió a aplicar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$); asimismo se realizó el análisis multivariado de componentes principales (ACP) y un análisis de conglomerados (FRANCO e HIDALGO, 2003) , para la cual se utilizó el programa INFOSTAT 2018 p. Grupo InfoStat FCA, Universidad Nacional de Córdoba Argentina.

Calidad en taza: Para evaluar la calidad en taza se utilizó el formato “Taza de Excelencia de SCCA” (Asociación de Cafés Especiales de América) y los puntajes registrados por los catadores a cada atributo son sumados y se obtiene el “puntaje total”. La clasificación de la calidad se realizó según la descripción de especialidad; <80,0 puntos “debajo de la calidad especial”; de 80 a 84,99 puntos “muy bueno”; de 85 a 89,99 puntos “excelente”; de 90 a 100 puntos “excepcional”. Los resultados fueron analizados mediante DCA donde hubo diferencia estadística se aplicó la prueba de Tukey.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características fisicoquímicas del café tostado molido

4.1.1. Humedad

La importancia del contenido de humedad en café tostado molido comercial se basa en que el café con valores superiores a lo permitido por las normas ocasionan la aceleración del deterioro y el desarrollo de microorganismos como los hongos, además de ello, la pérdida de calidad con el deterioro de los lípidos (FERMÍN *et al.*, 2012); los resultados del contenido de humedad se presentan en el Cuadro 9 y la Figura 5, según el análisis estadístico se encontró diferencia significativa (Anexo-V) y mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) los mayores valores fueron $2,32 \pm 0,01\%$ (M8) y $2,35 \pm 0,02$ (M17), según los resultados, estos se encuentran muy cercanos a los valores citados por FERMÍN *et al.* (2012) quienes encontraron humedad de 2,72 % como valor máximo en muestra de café tostado molido comercial y ORMAZA *et al.* (2018) reportan el contenido de humedad de las muestras de café tostado y molido (*Coffea arabica* L.) de Colombia de 2,10 %; pero inferior a VALENCIA *et al.* (2015) quienes reportan humedad máxima de 4,6 % en café tostado y molido producido en el departamento del Quindío (Colombia). Los valores altos de humedad puede ser el resultado del tipo, temperatura y tiempo de tostado como indica WANG y LIM (2012) quienes indican que al tostar el café a corto tiempo y

alta temperatura encontraron un mayor contenido de humedad. Menor contenido de humedad se presentaron en las muestras (M1) $0,18\pm 0,01$, (M13) $0,20\pm 0,01$ y (M23) $0,13\pm 0,00$ %, según los porcentajes de humedad encontrados; estos están muy por debajo de lo citado por CASTAÑO-CASTRILLÓN *et al.* (2000) quienes reportan contenidos de humedad de 0,66 % para café tostado molido. SILVA *et al.* (2014) reportan una humedad de 0,24 % en muestras tostados de café del cultivar New World 9/375. Los porcentajes de humedad bajos pueden deberse al proceso de tostado tal como indica SOMPORN *et al.* (2011), durante el tostado del café, hay dos fases principales: deshidratación (mayor pérdida de agua) y pirolisis (pérdidas de agua, CO₂ y CO) pero a una velocidad muy lenta. CORRÊA *et al.* (2016) concluyen que el tamaño de molienda, el nivel de tostado (ejemplo moderadamente oscuro) genera menor contenido de humedad y la duración del almacenamiento afectan significativamente la humedad.

Del análisis de humedad en las 29 muestras de café tostado y molido comerciales, el 82,8 % presentó humedad entre $0,29\pm 0,01$ (M24) a $1,85\pm 0,01$ % (M7), este rango se encuentra por debajo de lo mencionado por SÁNCHEZ-RAMÍREZ *et al.* (2007) quienes reportan una humedad de 1,73 % a 2,60 % para café tostado a 220 °C - 240 °C con tiempo de 5 a 10 minutos respectivamente. BICHO *et al.* (2012) reportan la humedad de café arábica en un rango de 1,32 % a 3,12 %. La norma COVENIN 46 (2017) establece como requisito para el café molido un máximo de humedad de 5 % (p/p). DÍAZ (2018) menciona que el contenido de humedad es un factor muy importante que influye en la calidad del producto almacenado.

Cuadro 9. Humedad, sólidos solubles y acidez titulable de café tostado molido

Muestras	Humedad (%)	Acidez titulable mL NaOH 0,1 N/g	Sólidos solubles totales (%)
M1	0,18±0,01 ^p	1,83±0,03 ^{efg}	23,05±0,56 ^{bcdef}
M2	0,96±0,02 ^h	1,70±0,03 ^{gh}	22,45±0,42 ^{bcdefghi}
M3	0,61±0,01 ^l	1,73±0,00 ^{gh}	23,09±0,07 ^{bcdef}
M4	1,04±0,02 ^h	1,23±0,03 ^k	23,71±0,08 ^{abc}
M5	0,71±0,01 ^{jk}	1,60±0,03 ^{hi}	22,77±0,40 ^{bcdefghi}
M6	1,64±0,00 ^c	2,17±0,03 ^{bc}	23,91±0,40 ^{ab}
M7	1,85±0,01 ^b	1,73±0,00 ^{gh}	22,37±0,47 ^{bcdefghi}
M8	2,32±0,01 ^a	2,25±0,00 ^b	25,15±0,59 ^a
M9	0,88±0,02 ⁱ	2,00±0,03 ^d	21,23±0,31 ^{fghij}
M10	0,58±0,00 ^{lm}	1,37±0,03 ^{jk}	22,78±0,36 ^{bcdefghi}
M11	0,52±0,00 ^{mn}	2,00±0,03 ^d	21,94±0,30 ^{cdefghij}
M12	0,65±0,01 ^{kl}	1,60±0,03 ^{hi}	20,92±0,05 ^{ij}
M13	0,20±0,01 ^p	1,93±0,05 ^{de}	21,41±0,14 ^{efghij}
M14	0,45±0,01 ⁿ	1,68±0,03 ^{gh}	22,79±0,25 ^{bcdefghi}
M15	1,02±0,01 ^h	1,45±0,04 ^{ij}	25,11±0,45 ^a
M16	1,15±0,02 ^g	2,33±0,04 ^b	23,81±0,32 ^{abc}
M17	2,35±0,02 ^a	1,75±0,03 ^{fgh}	21,12±0,07 ^{ghij}
M18	0,71±0,01 ^{jk}	1,65±0,00 ^h	20,95±0,45 ^{hij}
M19	1,42±0,03 ^e	1,68±0,05 ^{gh}	22,93±0,17 ^{bcdefg}
M20	1,01±0,01 ^h	1,25±0,03 ^k	23,28±0,07 ^{abcde}
M21	0,45±0,02 ⁿ	2,23±0,03 ^b	23,46±0,22 ^{abcd}
M22	0,65±0,01 ^{kl}	1,63±0,03 ^h	21,75±0,43 ^{defghij}
M23	0,13±0,00 ^p	1,23±0,03 ^k	23,42±0,25 ^{abcd}
M24	0,29±0,01 ^o	1,37±0,03 ^{jk}	22,86±0,25 ^{bcdef}
M25	1,29±0,00 ^f	2,70±0,04 ^a	24,13±0,41 ^{ab}
M26	1,35±0,01 ^{ef}	1,60±0,03 ^{hi}	23,56±0,35 ^{abcd}
M27	1,54±0,01 ^d	1,60±0,03 ^{hi}	21,44±0,41 ^{efghij}
M28	0,77±0,00 ^j	1,90±0,03 ^{def}	20,86±0,14 ^{ij}
M29	0,63±0,02 ^l	2,05±0,03 ^{cd}	20,42±0,54 ⁱ

Los valores respresentan (promedio ± SEM) repeticiones (n=3)valores de una misma columna con superindices diferentes son significativos (p ≤ 0,05).

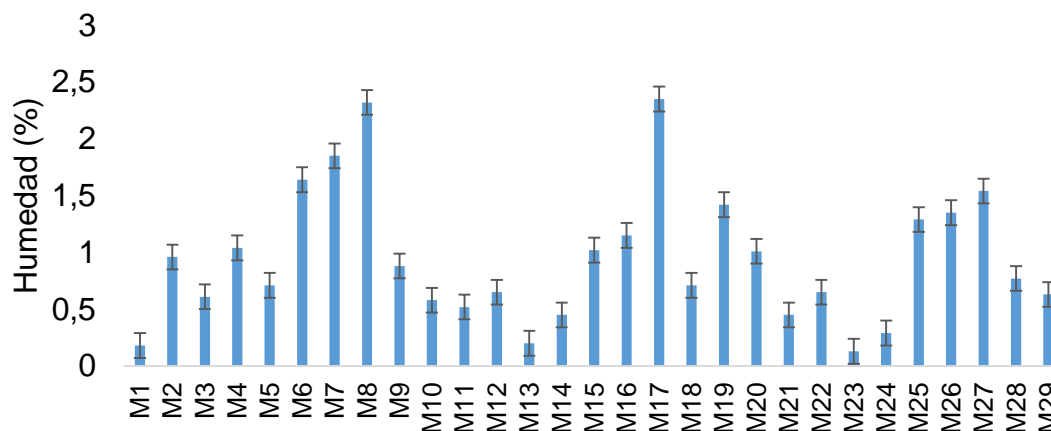


Figura 5. Porcentaje de humedad de café tostado molido

4.1.2. Acidez titulable

En el Cuadro 9 y Figura 6 se presenta los resultados de la acidez titulable, realizando el análisis estadístico se encontró diferencia significativa (Anexo-VI) y aplicando la prueba de Tukey mediante el ordenamiento de los promedios, el mayor valor correspondió a la muestra M25 ($2,70 \pm 0,04$ mL NaOH (0,1N)/g), DE CARVALHO *et al.* (1994) en Brasil para granos de café Riade la acidez titulable fue 272,2 y para Rio 284,5 mL NaOH 0,1N/100g, que son cafés de baja calidad. MENDONÇA *et al.* (2005) reportan la acidez titulable de café tostado (*Coffea arabica*) de los cultivares de Mundo Novo de 270,38 mL NaOH 0,1N/100g. El aumento de acidez puede deberse a lo indicado por FRANCA *et al.* (2004) que sería por la fermentación de los granos amargos e inmaduros, SILVA *et al.* (2014) manifiestan que el aumento de la acidez se ha asociado con la fermentación del café durante el proceso de secado, generando una relación inversa con la calidad a mayor acidez, peor calidad.

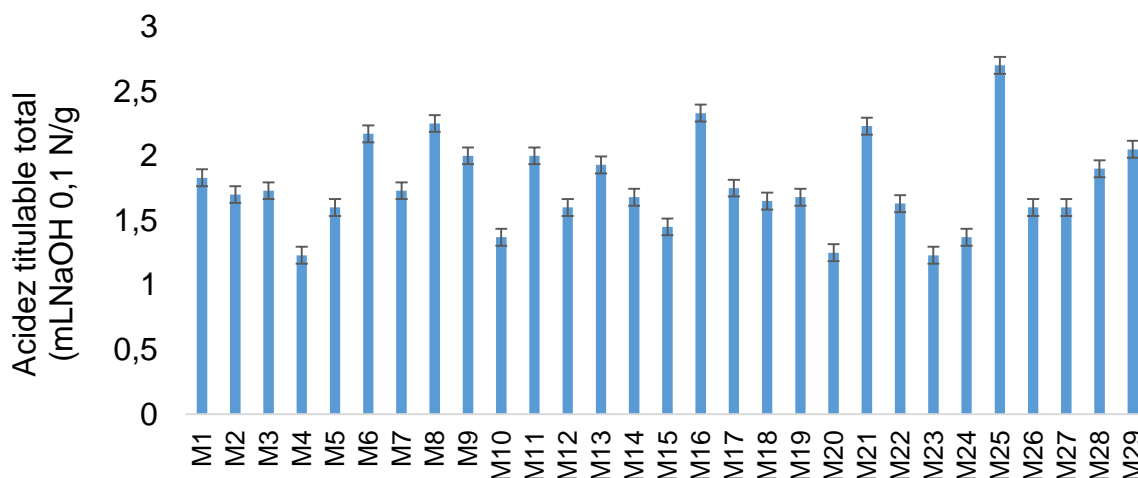


Figura 6. Acidez titulable (gastos de mL de NaOH 0,1N /g) de café tostado molido

El menor contenido de acidez presentaron las muestras M4 Y M23 ($1,23 \pm 0,03$) y M20 ($1,25 \pm 0,03$), valores superiores a lo reportado por FRANCA *et al.* (2004), quienes encontraron la acidez titulable de café Arábica, clasificadas por taza como; suave (calidad superior) 101,0 mL NaOH/100g, dura 108,4 NaOH/100g, Rioysh 108,9 NaOH/100g. Asimismo, los resultados fueron inferiores a lo citado por CORONEL (2004), quién encontró una acidez titulable de 158,33 NaOH/100g en café proveniente del beneficio tradicional. La acidez baja encontrada en las muestras M4 y M23 posiblemente se deba a la influencia de las condiciones climáticas durante el secado y cosecha, tipo de procesamiento, lugar de origen y beneficiado (SILVA *et al.*, 2009), por otro lado, cabe aclarar que la muestra M20 tuvo una baja acidez, con un tostado oscuro, este comportamiento puede deberse a lo manifestado por BARBOSA *et al.* (2018) quienes indican que existe una disminución de acidez titulable en un café con un tostado oscuro. ANDRADE (2018) indica que la acidez es inversamente proporcional al grado de tostado (a mayor temperatura menor acidez).

De las 29 muestras, el contenido de acidez fluctuó de $1,23 \pm 0,03$ a $2,70 \pm 0,04$ mL NaOH(0,1N)/g, siendo el rango mayor a lo reportado por FLAMBEAU y YOON (2018) quienes encontraron acidez de 1,92 a 2,59 mL de NaOH 0,1N/g de muestra en café Bourbon Arabica-Ruanda, Borbón arabica – Brasil y Typica - Etiopia. Según los resultados la acidez estuvo influenciado no solo por el grado de tostado sino también de la calidad del grano utilizado para la preparación de los cafés tostados, según SANTOS *et al.* (2015) los valores de acidez titulable de café tostado presentan perfiles de acidez típicos de acuerdo a los diferentes procesos de tostado, independientemente del origen y/o la variedad del café.

4.1.3. Sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles totales indica la participación de compuestos en bajas proporciones, ácidos orgánicos, vitaminas, aminoácidos y algunas pectinas fenólicas y a la cantidad de azúcares presentes en el café (KLEINWÄCHTER y SELMAR, 2010). Según los resultados presentados en el Cuadro 9 y Figura 7 referente al contenido de sólidos solubles en las muestras comerciales de café tostado molido se puede apreciar que existe diferencia estadística significativa (Anexo-VII), según la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, el mayor contenido presentó la muestra M8 ($25,15 \pm 0,59$ %); este contenido se encuentra en el rango reportado por RAMALAKSHMI *et al.* (2009), quienes encontraron sólidos solubles totales de 23,8 % en café polvo; BICHO *et al.* (2011) encontraron 26,2 % de sólidos solubles totales en muestras de café verde Arábica tostado a 220 ± 10 °C, durante 7 minutos. Cabe aclarar

que el incremento de los sólidos solubles puede deberse al tipo de tostado, según CHUGÁ (2018) los cafés tostados a temperaturas más altas por tiempo corto presentan más sólidos solubles y un perfil volátil diferente que los tostados con tiempos largos y a temperaturas más bajas. MEDINA-ALMEIDA y RIAÑO LUNA (2006) mencionan que la extracción de los sólidos solubles del café está determinado por el grado de molienda, tiempo de contacto agua-café temperatura y presión del agua de preparación y el tipo de tostado.

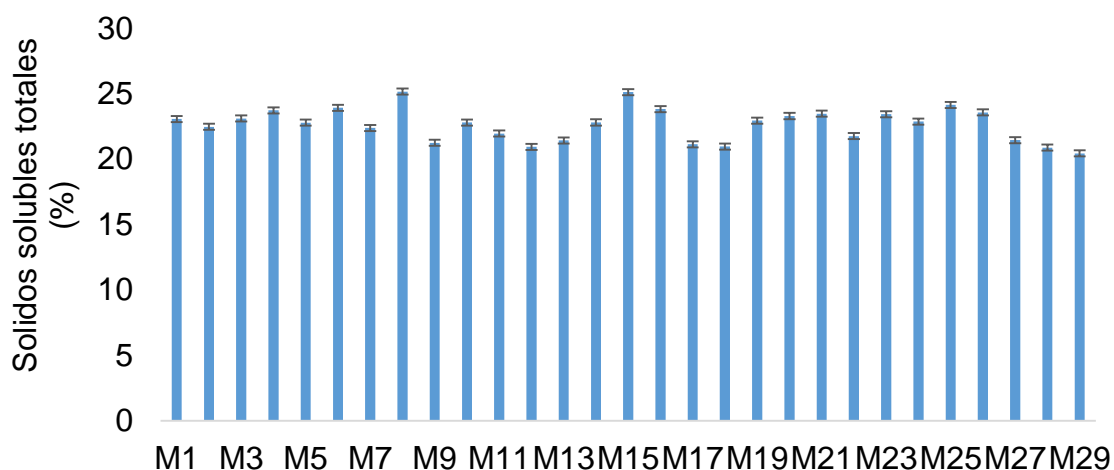


Figura 7. Porcentaje de sólidos solubles totales de café tostado molido

El menor contenido de sólidos solubles se encontró en la muestra M29 ($20,42 \pm 0,54$ %), cabe aclarar que la muestra indicada tuvo un tostado medio el cual pudo afectar el contenido de sólidos solubles, como reporta WANG *et al.* (2016) los sólidos solubles de café tostado y molido de Colombia con tostado medio tuvieron 21,83 % y tostado oscuro 24,34 %. PRIETO (2002) indica que los sólidos solubles en el café pueden ser afectados por factores como la relación agua-café, el sistema de preparación, la temperatura del agua, la densidad y el punto de tosti3n, el grado de molienda y la materia prima. Los sólidos solubles

también pueden ser afectados por el cultivar, SILVA *et al.* (2014) encontraron 20,0 % de sólidos solubles en muestras de café tostado del cultivar Red Catuaí, 37,5 % en New World y 30,0 % en New World Acaíá.

Los sólidos solubles de las 29 muestras comerciales analizadas estuvieron comprendidos en el rango de $20,42 \pm 0,54\%$ (M29) a $25,15 \pm 0,59\%$ (M8) siendo similar a lo reportado por MENDONÇA *et al.* (2005) quienes en cultivares de café tostado registraron valores de 23,77 y 27,89 %. Los resultados obtenidos fueron menores a lo mencionado por CRUZ *et al.* (2012) quienes indican que los sólidos solubles totales de café tostado varían de 26 a 32 % en café Arábica y NAGARAJU *et al.* (1997) reportan los sólidos solubles totales en café tostado molido de 29,39% - 32,55 %. Esta variación puede deberse a que los sólidos solubles en las bebidas tienden a disminuir con el aumento del tamaño de la partícula (mayor tamaño de partícula, mayor área de contacto del grano y el agua de extracción, por lo tanto, hay mayor resistencia a ser extraídos), además pueden depender de los tipos de cafetera y marcas comerciales (ORTEGA *et al.*, 2014).

4.2. Parámetros de color de café tostado molido

4.2.1. Luminosidad (L*)

El color como prueba física representa una variable muy importante en la calidad en taza, con una escala de luminosidad que va de 0 (oscuro) a 100 (blanco) (GORDILLO-DELGADO *et al.*, 2016). En el Cuadro 10 y la Figura 8 se presenta los resultados de luminosidad (L*) de las muestras de café.

Cuadro 10. Parámetros del color (L, a*, b*) de café tostado molido

Muestras	L*	a*	b*
M1	29,52±0,15 ^{no}	6,53±0,02 ^o	10,74±0,16 ^{ij}
M2	32,24±0,25 ^{def}	7,08±0,02 ^{jkl}	7,93±0,22 ^{lmn}
M3	32,62±0,08 ^{cd}	7,74±0,04 ^{ef}	13,25±0,20 ^{de}
M4	32,67±0,08 ^{cd}	8,15±0,04 ^{bc}	14,53±0,09 ^b
M5	29,80±0,03 ^{mno}	7,28±0,02 ^{ijk}	12,11±0,02 ^{fg}
M6	31,42±0,06 ^{gh}	7,71±0,06 ^{ef}	12,36±0,15 ^{ef}
M7	30,77±0,06 ^{hijk}	7,20±0,03 ^{ijk}	10,32±0,11 ^j
M8	27,34±0,14 ^p	5,58±0,05 ^q	9,29±0,05 ^k
M9	29,65±0,03 ^{no}	5,12±0,06 ^r	8,23±0,18 ^{lm}
M10	30,95±0,10 ^{hij}	6,89±0,06 ^{ml}	8,67±0,26 ^{kl}
M11	32,31±0,13 ^{def}	7,44±0,03 ^{ghi}	10,82±0,08 ^{ij}
M12	32,18±0,27 ^{def}	7,17±0,05 ^{jk}	10,62±0,15 ^{ij}
M13	32,19±0,07 ^{def}	7,84±0,01 ^{ed}	13,37±0,27 ^{cd}
M14	32,63±0,20 ^{cd}	7,30±0,10 ^{hij}	10,10±0,15 ^{hij}
M15	30,19±0,15 ^{klmn}	7,08±0,06 ^{jkl}	10,80±0,14 ^{ij}
M16	30,37±0,11 ^{ijklm}	7,61±0,08 ^{efg}	11,85±0,13 ^{fgh}
M17	33,62±0,03 ^b	7,75±0,04 ^{def}	10,81±0,24 ^{ij}
M18	29,83±0,07 ^{lmno}	6,53±0,02 ^{no}	11,24±0,09 ^{ghi}
M19	32,43±0,12 ^{cde}	8,29±0,04 ^b	14,27±0,08 ^{bc}
M20	26,35±0,07 ^q	3,75±0,03 ^s	7,19±0,01 ⁿ
M21	30,51±0,07 ^{ijkl}	5,96±0,08 ^p	7,64±0,28 ^{mn}
M22	33,04±0,13 ^{bc}	5,68±0,04 ^q	5,14±0,11 ^o
M23	31,17±0,09 ^{ghi}	7,05±0,03 ^{kl}	10,96±0,21 ^{hij}
M24	34,83±0,04 ^a	8,82±0,03 ^a	14,77±0,14 ^{ab}
M25	34,46±0,0 ^a	7,31±0,01 ^{hij}	15,48±0,09 ^a
M26	31,73±0,10 ^{fg}	7,99±0,03 ^{cd}	13,25±0,13 ^{de}
M27	29,47±0,09 ^o	6,78±0,01 ^{mn}	10,97±0,01 ^{hij}
M28	32,21±0,15 ^{def}	7,99±0,03 ^{cd}	13,60±0,11 ^{cd}
M29	31,84±0,21 ^{efg}	7,53±0,03 ^{fgh}	11,35±0,35 ^{ghi}

Los valores respresentan (promedio ± SEM) repeticiones (n=4)valores de una misma columna con superindices diferentes son significativos (p ≤ 0,05).

Según el análisis estadístico se encontró diferencia significativa (Anexo-VIII), realizada la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, el mayor contenido se presentó en las muestras M-24 y M-25 (L* 34,83±0,04 y

$L^*34,46\pm0,0$) respectivamente, estos resultados están por debajo de lo reportado por VALERIO-CUBILLO *et al.* (2016) quienes encontraron $L^*= 38$ para un tostado claro; como se sabe el tostado está asociado con la luminosidad (L^*) porque mide el índice de oscurecimiento. SACCHETTI *et al.* (2009) indican que en un tostado ligero la luminosidad es $L^* > 35$ y según los resultados el valor está muy cercano a un tostado claro o ligero. DÍAZ (2014) indica que el color final depende del tipo de café, procedencia y duración del proceso de tostado variando desde un marrón claro a negro brillante. NARANJO *et al.* (2011) indican que el color y las propiedades organolépticas está determinado por la temperatura final del proceso de tostado. KIM *et al.* (2017) indican que el tostado ligero proporciona aromas dulces en la bebida de café.

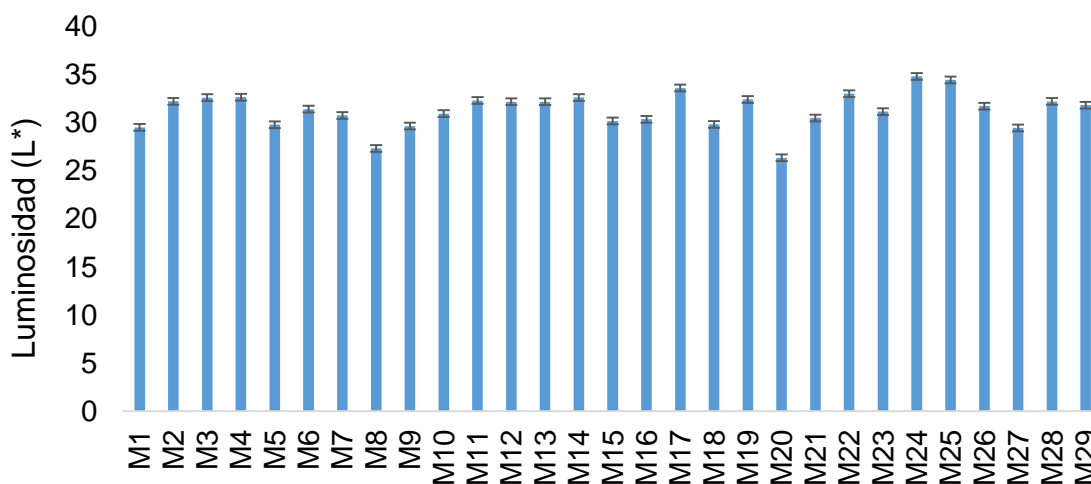


Figura 8. Parámetro de color (L^*) de café tostado molido

El menor valor de luminosidad fue para M20 con $L^*=26,35\pm0,07$ muy cercano a un tostado oscuro. KIM *et al.* (2017) indican que un tostado oscuro produce aromas a quemado, ácidos, picante y un perfil de aroma más complejo

con una mayor concentración de compuestos aromáticos para un tostado medio. SANTOS *et al.* (2016) indican que el color es un parámetro importante en el procesamiento del café tostado, es usado para definir el final de un tostado (claro o muy oscuro) y utilizado como criterio de clasificación.

Según los resultados, la luminosidad de las 29 muestras estuvo en el rango L^* $34,83 \pm 0,04$ a $26,35 \pm 0,07$, valores similares a lo reportado por LÓPEZ-GALILEA *et al.* (2006) con L^* de 30,86 a 26,58 en muestras comerciales de café tostado de un mercado local (mezclas de Robusta y Arabica). LUDWIG *et al.* (2013) encontraron L^* de 25,70 en muestras de café comercial Arabica de Brasil con tostado medio. DUARTE *et al.* (2005) encontró L^* 33,19 a 32,96 en café arabica, con dos procesos de secado y tostado a 200 °C, clasificándolo como tostado medio. Cabe resaltar que todas las muestras analizadas se encuentran dentro del tostado medio, según la clasificación reportada por SACCHETTI *et al.* (2009) quienes indican que el color es el parámetro más utilizado para describir el nivel de tostado del café, el tostado medio está entre ($35 > L^* < 25$) y tostado oscuro ($L^* < 25$). CRAIG *et al.* (2018) observaron la disminución de la luminosidad (L^*) de café con el aumento del tiempo de tostado, dando coloraciones oscuras que se deben a la generación de melanoidinas que aportan tonalidades pardas a negras, producto de las reacciones de caramelización Maillard y polimerización. ANISA *et al.* (2017) manifiestan que un tostado medio contribuye a la retención de la mayoría de los sabores, aceites aromáticos y ácidos, considerando menor temperatura y mayor tiempo (220 °C por 30 minutos)

4.2.2. Cromo a*

El color es uno de los atributos de apariencia más importantes de los alimentos, que influye en la aceptabilidad del consumidor y como se sabe, el nivel de tostado en el café es un aspecto relevante en el momento de evaluar la calidad del producto final, está determinado por el color que es el parámetro más empleado (JIMÉNEZ-ARIZA *et al.*, 2011). La cromaticidad es la saturación que define la intensidad o pureza espectral del color y va desde los tonos grises, pálidos apagados a los más fuertes y vivos (MATHIAS-RETTIG y AH-HEN, 2014). El croma a* positivo indica la presencia del rojo y cuando es negativo la presencia del color verde (GORDILLO-DELGADO *et al.*, 2016); según los resultados presentados en el Cuadro 10 y la Figura 9 existe diferencia estadística significativa entre las muestras (Anexo-IX).

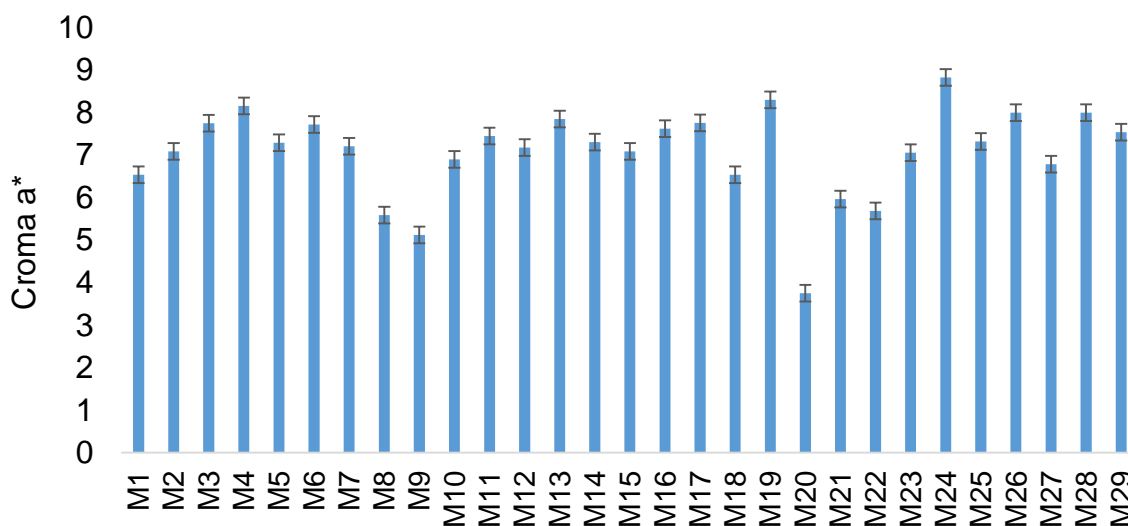


Figura 9. Parámetro del color croma a* de café tostado molido

El menor croma fue para la muestra M20 (3,75), este valor indica un color rojo pálido y grisáceo apagado. KIM *et al.* (2017) reportan croma a* de 4,57

para un tostado oscuro. URBANO y CEBALLOS (2018) reportan croma a^* de 3,79 para café arábica molido con tueste medio alto. En el tostado medio alto u oscuro, el croma a^* es bajo. LEME *et al.* (2019) indican que el cambio de coloración en el grano se debe a la formación de melanoidinas durante el tostado. BICHO *et al.* (2012) indican que el café tostado medio presenta un color marrón rojizo.

Según los resultados de todas las muestras analizadas, el valor croma a^* se encontró entre $8,82 \pm 0,03$ a $3,75 \pm 0,03$ con un promedio de 7,07, este croma indica que el tipo de tostado está entre un medio a medio oscuro. KIM *et al.* (2017) encontraron valores de croma a^* en un rango de 11,92 en tostado claro a 4,57 en tostado oscuro. SOMPORN *et al.* (2011) mencionan que el aumento de la temperatura en el tostado aumenta la formación de pigmentos marrones a través del pardeamiento no enzimático y la degradación del fosfolípido.

4.2.3. Croma b^*

La cromaticidad b^* indica amarillo cuando es positivo y cuando es negativo un color azul (GORDILLO-DELGADO *et al.* 2016). En el Cuadro 10 y Figura 10 se presenta los resultados del color referente al croma b^* , según el análisis estadístico se encontró diferencia significativa (Anexo-X) y mediante la prueba de Tukey el mayor valor correspondió a M25 ($15,48 \pm 0,09$), similar a lo reportado por LUDWIG *et al.* (2013) quienes encontraron el parámetro croma b^* de 15,75 en tostado medio para café comercial arabica de diferentes países, pero fue superior a lo indicado por KIM *et al.* (2017) quienes reportan croma b^* de 10,98 para granos de café arábica de Chiapas, México con tostado medio.

Como se sabe el croma b^* disminuye a medida que aumenta el grado de tostado de un color amarillo a un color azul (SOMPORN *et al.*, 2011). Asimismo, comienzan las reacciones de pirólisis que van acompañadas, por cambios físicos (color, volumen y densidad) en la fase del tostado (VIRGEN-NAVARRO *et al.* 2016).

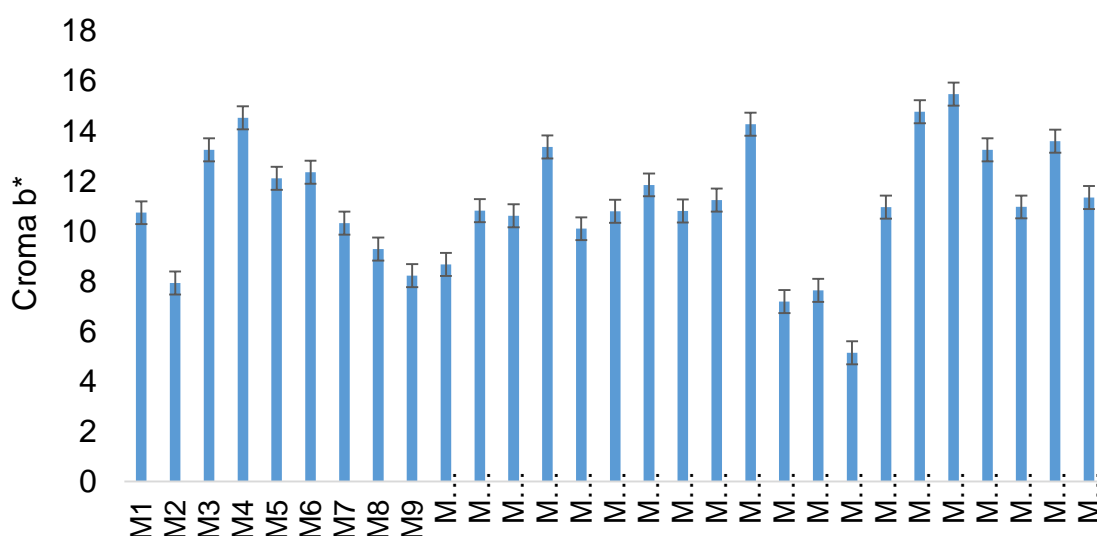


Figura 10. Parámetro croma b^* de café tostado molido

El menor valor de croma b^* correspondió a la muestra M22 ($5,14 \pm 0,11$), este valor indica poca presencia de amarillo y gran predominancia de grisáceo apagado, los valores encontrados concuerdan con DUARTE *et al.* (2005) quienes indican valores de b^* entre 5,20 a 5,36 en café arábica tostado a 200 °C. PÉREZ-OCHOA *et al.* (2016) reportan croma b^* de 5,80 en muestras de café comercial marca Vips.

De los resultados, el rango de b^* se encuentra entre $15,48 \pm 0,09$ (M25) y $5,14 \pm 0,11$ (M22), dentro de los valores reportados por KIM *et al.* (2017) quienes indican que el color es un parámetro para determinar el grado de

tostado, los valores del croma b^* disminuyen con el grado de tostado desde 20,01 para tostado claro hasta 3,81 en tostado oscuro. BICHO *et al.* (2012) indica que en las muestras de café tostado los valores de croma b^* disminuyen de acuerdo a la intensidad del tostado. La temperatura en el tostado es el factor principal que define el color de los granos, calidad (sólidos solubles, acidez), y va a depender del mercado (FERMÍN *et al.*, 2012).

4.3. Contenido de polifenoles totales del café tostado molido

Según SALAS *et al.* (2013), el ácido gálico conocido como ácido 3, 4, 5-trihidroxibenzoico, es un ácido fenólico presente en diversas plantas, es un potente antioxidante, que juega un papel importante en la absorción y neutralización de radicales libres. FOUREAU *et al.* (2013) para la cuantificación de polifenoles totales emplearon como estándar una curva de ácido gálico, expresado en mg equivalentes de ácido gálico (mg GAE) por gramo de muestra. SANCHEZ (2017) menciona que se debe utilizar compuestos puros para la curva estándar, además indica que se realiza la gráfica con variables (“y” absorbancia) y (“x” concentración) con la ecuación de primer orden $Y = AX + B$. Para la curva estándar obtuvo $r^2 = 0,998$. LAHURA (2003) manifiesta que si el valor es cercano a 1 existe una relación lineal positiva y fuerte, el coeficiente de correlación indica la relación lineal existente entre dos variables.

En el Cuadro 11 y la Figura 11 se presentan los resultados del contenido de polifenoles totales

Cuadro 11. Contenido de polifenoles totales de café tostado molido

Muestras	Polifenoles totales mg EAG/g
M1	22,13±0,14 ^{kl}
M2	24,00±0,15 ^{cdef}
M3	24,04±0,14 ^{cde}
M4	24,13±0,29 ^{cd}
M5	21,29±0,10 ^{ijk}
M6	23,37±0,16 ^{defgh}
M7	23,16±0,07 ^{efghi}
M8	21,39±0,08 ^l
M9	22,20±0,10 ^{jkl}
M10	23,19±0,17 ^{efgh}
M11	24,01±0,14 ^{cdef}
M12	23,82±0,14 ^{cdef}
M13	23,68±0,17 ^{cdef}
M14	24,16±0,13 ^{cd}
M15	21,60±0,12 ^{hijk}
M16	23,13±0,14 ^{fghi}
M17	24,22±0,29 ^{cd}
M18	22,08±0,21 ^{ghij}
M19	24,11±0,24 ^{cd}
T20	21,97±0,13 ^{kl}
M21	23,21±0,19 ^{efgh}
M22	25,48±0,19 ^b
M23	23,68±0,10 ^{cdef}
M24	24,51±0,12 ^c
M25	26,76±0,26 ^a
M26	23,79±0,07 ^{cdef}
M27	19,76±0,10 ^m
M28	24,01±0,19 ^{cdef}
M29	23,88±0,09 ^{cdef}

Los valores respresentan (promedio ± SEM) repeticiones (n=3)valores de una misma columna con superindices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

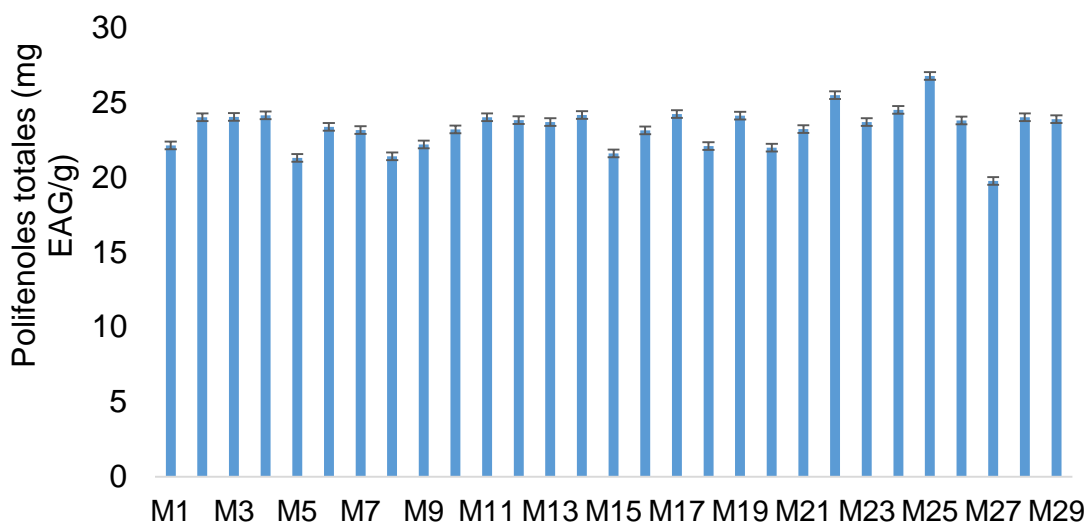


Figura 11. Polifenoles totales de café tostado molido

Según el análisis estadístico (Anexo-XII), existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos; comprobando los promedios mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), el mayor contenido de polifenoles totales se encontró en la muestra M25 ($26,76 \pm 0,26$ mg GAE / g); cabe indicar que los polifenoles son un grupo heterogéneo de moléculas con características de poseer en su estructura varios grupos bencénicos sustituidos por grupos hidroxílicos (LAZCANO-SÁNCHEZ *et al.*, 2015); el resultado obtenido coincide con lo reportado por SOMPORN *et al.* (2011) quienes hallaron en granos de café (*C. arabica* L. cv. Catimor) polifenoles totales de 31,55 mg GAE/g en tostado ligero, 24,98 mg GAE/g en tostado medio y 22,31 mg GAE/g en tostado oscuro. CHO *et al.* (2014) indican en granos de café (*C. arabica* L. cv. Medellín) tostado oscuro (240 °C/13 minutos), 35,95 y tostado muy oscuro (240 °C /16 minutos), 26,80 mg de GAE / g. HEČIMOVIĆ *et al.* (2011) reportan que polifenoles totales más altos se da en condiciones de tostado ligero y medio, debido a que los compuestos

polifenólicos son altamente termolábiles, se descomponen a temperaturas por encima de 80 °C. ORMAZA *et al.* (2018) indican que el café con altas concentraciones de ácidos fenólicos es responsable de su mayor actividad antioxidante que refleja la calidad que tiene el café. El menor contenido de polifenoles totales se encontró en la muestra M27 ($19,76 \pm 0,10$ mg GAE/g), este resultado coincide con FIBRIANTO *et al.* (2018) quienes reportan en café arábica Kintamani con tostado claro; 24,09 mg GAE/g, en tostado medio; 19,74 mg GAE/g; similar a lo indicado por BEDOYA-RAMÍREZ *et al.* (2017) quienes encontraron polifenoles en café comercial de Colombia con tostado oscuro; 21,9 mg GAE/g y tostado ligero; 19,1 mg GAE/g. ORMAZA *et al.* (2018) reportan 2038,60 mg EAG/100 g en café tostado y molido (*Coffea arabica* L. var. castillo) de Colombia; este resultado puede estar influenciado por factores, como el origen geográfico de la materia prima y el tipo de procesamiento (LONDOÑO *et al.*, 2013); a intensidades de tostado más altas, se da la degradación térmica de los polifenoles (SACCHETTI *et al.*, 2009).

De los resultados se puede indicar que el rango de los polifenoles se encuentra entre $19,76 \pm 0,10$ mg GAE/g (M27) a $26,76 \pm 0,26$ mg GAE/g (M25); valores inferiores a lo reportado por VEGA *et al.* (2017) quienes indican en café tostado molido comercial de Panamá, 28,60 a 46,82 mg EAG/g; HEČIMOVIĆ *et al.* (2011) reportan 33,12 mg GAE/g en *C. arabica* tostado medio a 167 °C/10 minutos, en tostado claro y oscuro valores mucho más bajos; esta variación puede deberse a lo mencionado por NICOLI *et al.* (1997) quienes indican que en el tostado la mayoría de los compuestos fenólicos se destruyen o pueden reaccionar con los radicales libres de la reacción de Maillard e incorporarse en

productos de pardeamiento; CÄMMERER y KROH (2006) indican que los compuestos fenólicos se degradan parcialmente y/o se unen a estructuras poliméricas dependiendo de las condiciones de tostado, además los polifenoles en las bebidas de café dependen del procedimiento de elaboración.

4.4. Capacidad antioxidante del café tostado molido

4.4.1. Capacidad de inhibir el radical 1,1-Diphenyl-2-picril-hydrazil (DPPH)

Los resultados se presentan en el Cuadro 12 y Figura 12.

Cuadro 12. Resultados de la capacidad de inhibición del radical DPPH

Muestras	DPPH mmol TE/g
M25	0,1717±0,01 ^a
M14	0,1653±0,00 ^a
M24	0,1662±0,00 ^a
M17	0,1620±0,00 ^{ba}
M22	0,1626±0,01 ^{ba}
M4	0,1615±0,00 ^{ba}
M19	0,1602±0,01 ^{ba}
M3	0,1418±0,01 ^{bcd}
M28	0,1523±0,01 ^{abc}
M11	0,1345±0,01 ^{cde}
M2	0,1358±0,00 ^{cde}
M29	0,1323±0,01 ^{cde}
M12	0,1202±0,01 ^e
M13	0,1301±0,01 ^{ed}
M26	0,1178±0,01 ^e

Valores respresentan (promedio ± SEM) repeticiones (n=3)valores de una misma columna con superindices diferentes son significativos (p ≤ 0,05).

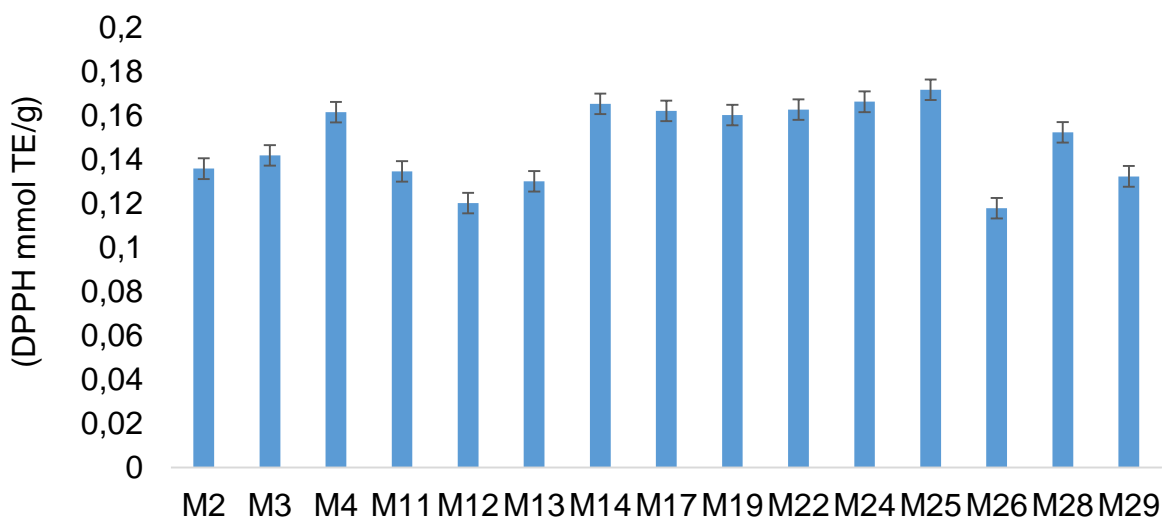


Figura 12. Capacidad antioxidante método de DPPH

Los antioxidantes son sustancias que cuando están presentes en bajas concentraciones, retardan o previenen la oxidación interactuando con el radical libre, el antioxidante se oxida y se transforma en un radical libre no tóxico cediendo un electrón (FÉLIX 2009); para evaluar la actividad antioxidante se recurre a diferentes métodos, siendo uno de ellos el método DPPH (1,1–Diphenyl–2–picril–hidrazil), el cual captura el material radicalario, en presencia de una sustancia antioxidante, midiendo el potencial de inactivación de dicho radical en un medio acuoso (JIMÉNEZ *et al.*, 2012). Los resultados fueron analizados estadísticamente y se encontró diferencia significativa (Anexo-XIII), realizando la comparación de los promedios mediante Tukey ($p \leq 0,05$) la capacidad de inhibición frente al radical DPPH fue mayor en la muestra M25 (0,1717 mmol TE/g); este valor encontrado fue inferior a lo mencionado por ODŽAKOVIĆ *et al.* (2016) en café arábico verde (Rio Minas) de 0,2033 mmol TE/g en un tostado claro; 0,2261 mmol TE/g en tostado medio y 0,1764 mmol

TE/g en tostado oscuro; según PÉREZ-HERNÁNDEZ *et al.* (2013) la formación de compuestos con actividad antioxidante como los productos de la reacción de Maillard (melanoidinas) se da en el tostado con altas temperaturas, sin embargo, también este tostado puede ocasionar la disminución (degradación de los fenoles).

El menor valor de capacidad antioxidante por el método DPPH presentó la muestra M26 ($0,1178 \pm 0,01$ mmol TE/g); este valor bajo en capacidad antioxidante fue inferior a lo indicado por BREZOVÁ *et al.* (2009) quienes reportan en café tostado molido disponibles en el mercado; $0,15$ mmol TE/g. LONDOÑO *et al.* (2013) indican que la actividad antioxidante (sustancias presentes) se ve afectado por el tiempo de almacenamiento; además la actividad antioxidante tiende a disminuir conforme aumenta el nivel de tostado (LAZCANO *et al.*, 2016).

Las 15 muestras de café presentaron un rango de variación de la capacidad antioxidante frente al DPPH de $0,1717 \pm 0,01$ mmol TE/g (M25) a ($0,1178 \pm 0,01$ mmol TE/g (M26); dentro del rango reportado por VEGA *et al.* (2017) quienes encontraron capacidad antioxidante de muestras de café arábica comercial de $0,11$ a $0,20$ mmol TE/g. NARANJO *et al.* (2011) indican que estas variaciones pueden depender de factores como la variedad, el grado de tostado, el tipo de fermentación y la molienda.

4.4.2. Capacidad de inhibir el radical libre 2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) (ABTS^{•+})

Los resultados se presentan en el Cuadro 13 y Figura 13.

Cuadro 13. Resultados de la capacidad de inhibición del radical ABTS^{•+}

Muestras	ABTS ^{•+} mmol TE/g
M25	0,1724±0,00 ^a
M24	0,1682±0,00 ^{ab}
M22	0,1669±0,00 ^{ab}
M14	0,1650±0,00 ^{bc}
M17	0,1630±0,00 ^{bc}
M4	0,1619±0,00 ^{bc}
M19	0,1617±0,00 ^{bc}
M3	0,1589±0,00 ^{cd}
M28	0,1537±0,00 ^d
M2	0,1441±0,00 ^e
M11	0,1392±0,00 ^{ef}
M29	0,1336±0,00 ^{fg}
M13	0,1331±0,00 ^{fg}
M26	0,1323±0,00 ^g
M12	0,1213±0,00 ^h

Los valores representan (promedio ± SEM) repeticiones (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

El método ABTS^{•+} determina el efecto del catión radical ABTS^{•+} debido a la capacidad reductora que presentan las muestras provocando una decoloración del radical (PINO 2011).

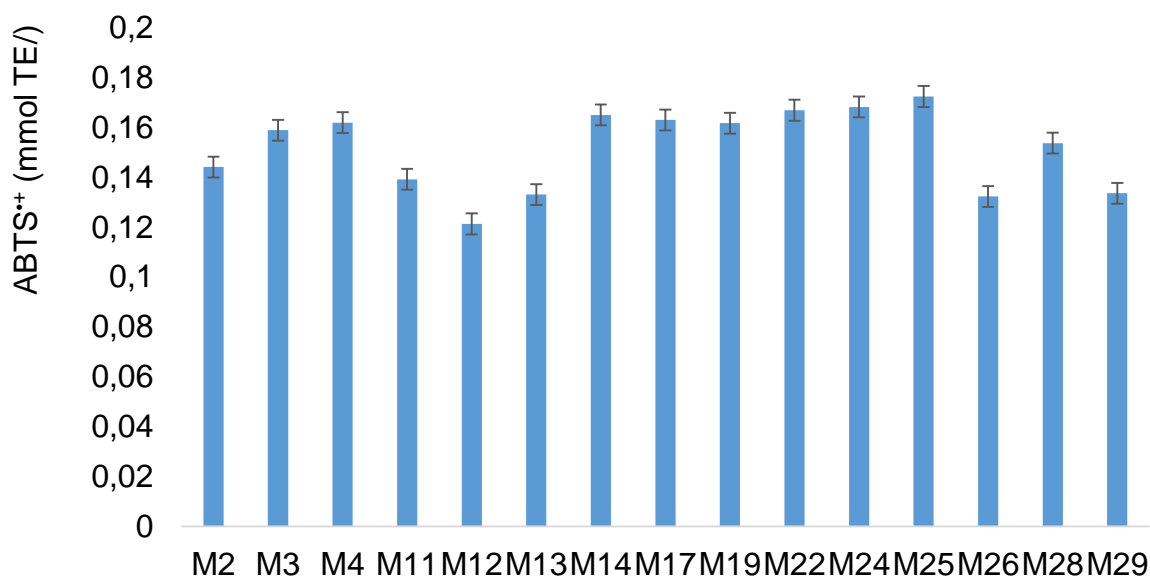


Figura 13. Capacidad antioxidante método de ABTS

Los resultados analizados estadísticamente presentaron diferencia significativa (Anexo-XIV), realizada la comparación de medias mediante Tukey ($p \leq 0,05$) se encontró que la capacidad de inhibición frente al radical ABTS•+ fue mayor en la muestra M25 ($0,1724 \pm 0,01$ mmol TE/g), resultado similar a lo reportado por PÉREZ-HERNÁNDEZ *et al.* (2013) quienes encontraron capacidad antioxidante de 0,198 mmol TE/g en muestra de café arábica con tostado francés. ODŽAKOVIĆ *et al.* (2016) en café arábico verde (Rio Minas) tostado claro (167 °C/ 25 minutos) obtuvo 0,2110 mmol TE/g; en tostado medio (171 °C/26 minutos) 0,2236 mmol TE/g y en tostado oscuro (175 °C/ 25 minutos) 0,1793 mmol TE/g; asimismo fue inferior a lo indicado por FONSECA-GARCÍA *et al.* (2014) quienes encontraron 0,227 mmol TE/g en café comercial de Norte de Santander muestra CNA; con respecto a la capacidad antioxidante DUARTE

et al. (2005) manifiestan que un tostado claro presenta mayor capacidad antioxidante que un tostado oscuro y que el tipo de procesamiento del café es un factor muy importante.

El menor valor de capacidad antioxidante por el método ABTS^{•+} se presentó en la muestra M26 ($0,1213 \pm 0,01$ mmol TE/g); valor similar a lo reportado por BEDOYA-RAMÍREZ *et al.* (2017) quienes encontraron una capacidad antioxidante de 0,1244 mmol TE/g en café colombiano comercial con tostado oscuro obtenido de un mercado local y tostado ligero 0,1356 mmol Trolox/g y concuerda con lo encontrado por LÓPEZ (2014) en granos de café tostado oscuro (0,1272 mmol TE/g); esta disminución del contenido de antioxidante entre las muestras de café probablemente se deba a lo indicado por SACCHETTI *et al.* (2009) quienes mencionan que, a intensidades de tostado más altas, la degradación térmica de los polifenoles hace que la actividad antioxidante disminuya.

La capacidad antioxidante frente al radical ABTS de las 15 muestras estuvo entre 0,1724 mmol TE/g (M25) a 0,1213 mmol TE/g (M12), dentro de lo reportado por BAGGIO (2006) en extractos de café con extracción acuosa (0,1210 mmol TE/g a 0,235 mmol TE/g). MATERSKA y PERUCKA (2005) manifiestan que la variación de la actividad antioxidante de los cafés, puede estar influenciado por muchos factores entre ellos el tipo de café, las diferentes condiciones geográficas y climatológicas.

4.5. Evaluación sensorial (atributos en catación y calidad en taza) de café tostado molido

4.5.1. Atributos de catación

El resultado de la evaluación sensorial de café tostado molido de diferentes marcas comerciales se presenta en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Resultado de la calidad sensorial de los atributos de catación de café tostado molido

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

Los valores respresentan (promedio ± erros estandar media) repeticiones (n=3)valores de una misma columna con superindices diferentes son significativos (p≤0,05)..

Los resultados de cada atributo evaluado se presentan en el análisis descriptivo cuantitativo (QDA) (Figura 14) que muestran gráficamente el perfil sensorial de cada muestra de café, el punto cero es el centro de la escala descriptor, la intensidad va en aumento hacia los extremos de la grafica. Para cada muestra el valor medio del descriptor es marcado en el eje correspondiente y se dibuja mediante la conexión de dichos puntos.

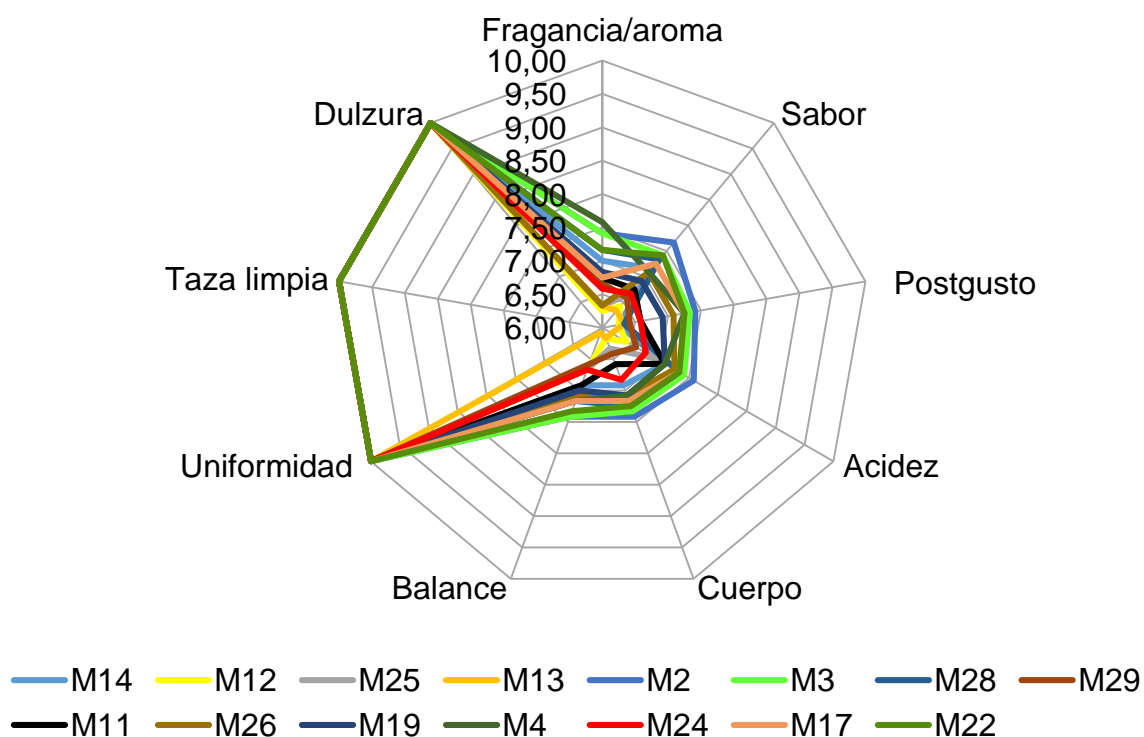


Figura 14. Perfil sensorial de las muestras de café tostado molido

Según VÁSQUEZ (2018), la escala de la calidad del café está catalogada entre 6 a 6,75 como bueno; 7 a 7,75 como muy bueno; 8 a 8,75 como excelente y de 9 a 9,75 como excepcional.

Con respecto al **atributo aroma/fragancia** en las muestras se encontró diferencia estadística altamente significativa (Anexo-XV), mediante la comparación de medias se puede apreciar que el mayor puntaje correspondió a la muestra M4 ($7,58 \pm 0,08$ puntos) con el calificativo de “muy bueno”, cabe indicar que la fragancia se evalúa sobre base seca (tostado-molido) y el aroma sobre base húmeda (bebida) (JIMÉNEZ, 2018). Con respecto al puntaje URBANO y CEBALLOS (2018) reportan para el atributo fragancia/aroma 7,75 puntos en café con un tueste medio, esto coincide con BORÉM *et al.* (2016) que en café Bourbon presenta una fragancia/aroma entre 7,60 a 7,58 para la producción de cafés especiales. Un café con calidad superior con puntajes mayor de 7 es el resultado de la variedad, buen proceso de beneficio y almacenamiento y sin riesgo de insecticidas (PUERTA *et al.*, 2016). Los menores puntajes para el atributo fragancia/aroma se presentaron en M12 ($6,25 \pm 0,14$), M13 ($6,33 \pm 0,17$), M25 ($6,33 \pm 0,17$) y M26 ($6,33 \pm 0,17$) con un calificativo de “bueno”, este resultado fue menor a lo reportado por DÁVILA (2018) quien encontró en café tostado a $135\text{ }^{\circ}\text{C}$ de origen Cusco 6,67 y de origen Tingo María 6,92 puntos. BANEGAS (2009) encontró un puntaje de 6,40 en la variedad Typica con tostado claro (9 a 11 min). El menor calificativo encontrado puede deberse a la presencia de granos defectuosos (PUERTA *et al.*, 2016).

El atributo fragancia/aroma de las muestras, se encontró en el rango de $6,25 \pm 0,14$ (M12) a $7,58 \pm 0,08$ (M4), puntaje similar a lo reportado por MEJÍA (2014) quien encontró en café producido en Altagracia – Colombia 6,5 a 7,75 puntos. AQUINO (2004) reporta el rango de 6,9 a 7,2 puntos en zonas

cafetaleras de Lamas, Tarapoto, Perú. PUERTA (1999) indica en variedades de *Coffea arabica* L. sembradas en Colombia el rango fue 7,162 a 7,422 puntos.

Para el **atributo sabor**: el grado de tostado del café es uno de los factores que determina el sabor de una taza de café (URBANO y CEBALLOS, 2018). Por ello antes de realizar el análisis se procede a hacer una inspección visual del color. VILCA (2014) manifiesta que las muestras primero deben de ser inspeccionadas visualmente el color del tostado, este se apunta en la hoja como referencia durante la calificación del atributo sabor. Según los resultados se encontró diferencia estadística significativa (Anexo-XVI) y según la prueba de Tukey el mayor puntaje correspondió a la muestra M2 ($7,67 \pm 0,08$ puntos) con un calificativo de “muy bueno, este resultado fue similar a lo reportado por ALFARO (2015) que en sabor de café sub tipo con variación de Strictly Hard Bean producido en la zona de los Santos, Costa Rica encontró 7,34 puntos. MARTÍNEZ *et al.* (2017) reportan una calidad en taza de la bebida proveniente de cerezas de café maduro de la variedad Caturra, 7,73 puntos; estos puntajes altos pueden relacionarse con la influencia de la altitud y el secado (RAMOS y CRIOLLO, 2017). FERMÍN *et al.* (2012) manifiestan que los granos de café provenientes de diferentes variedades se realizan mezclas para homogenizar y obtener un café con buena calidad en taza.

El menor puntaje para el atributo sabor correspondió a la muestra M13 ($6,33 \pm 0,17$) con un calificativo de “bueno”, similar a lo reportado por LÓPEZ-GARCÍA *et al.* (2016), la calidad sensorial de la bebida de café en la variedad típica presentó 6,4 puntos. DELGADO *et al.* (2008) reportan un atributo sabor de 6,37 en muestras de café sin defectos. Por otro lado, los puntajes menores

pueden deberse a lo citado por VILCA (2014) quien manifiesta que el menor puntaje representa los defectos en el sabor con sensaciones no agradables, afectado posiblemente por el tipo de beneficio al que se sometió el café.

De las 15 muestras, el rango estuvo entre $7,67 \pm 0,08$ (M2) a $6,33 \pm 0,17$ (M13), superior a lo reportado por OVIEDO (2017) quien encontró un atributo sabor en el rango de 6,65 a 7,50 puntos en granos de café comercial de la variedad Catimor de Quillabamba, Cusco tostadas a diferentes temperatura y tiempo. SUNARHARUM *et al.* (2014) indican que el sabor sigue siendo el parámetro de consumo más importante y que varía de acuerdo a las influencias genéticas, la ubicación geográfica, climas y las diferentes prácticas agrícolas.

Para el **atributo postgusto** se encontró diferencia estadística altamente significativa (Anexo-XVII), mediante la comparación de medias; el mayor puntaje correspondió a la muestra M2 ($7,42 \pm 0,08$ puntos) con un calificativo de “muy bueno”, al respecto URBANO y CEBALLOS (2018) reportan puntaje de 7,5 en café con un tueste medio. CRUZ *et al.* (2017) encontraron puntaje de 7,3 en muestra de café variedad *Caturra arábica*; la variación en el puntaje puede deberse a lo indicado por GUZMÁN *et al.* (2014) quienes manifiestan la influencia de condiciones adecuados del empaque y del almacenamiento.

El menor puntaje para el atributo postgusto correspondió a las muestras M12 ($6,25 \pm 0,25$) y M14 ($6,25 \pm 0,25$) con un calificativo de “bueno”, este resultado concuerda con lo reportado por PEÑAHERRERA (2019), quien encontró un puntaje de 6,25 en muestra de café de la marca comercial “café del cerro”; puntajes bajos; según PANTOJA *et al.* (2015) esto puede deberse a

problemas de sobre-fermentación. GAMBOA *et al.* (2013) indican que es la consecuencia de no usar agua limpia en lavado y el beneficio de los granos, almacenamiento y secado inadecuados, tipo de tueste y tostación oscura.

En el atributo postgusto de las 15 muestras, el 40 % presentaron puntajes en el rango de 7,00 a 7,50; el 26,3 % en el rango de 6,50 a 7,00 y el 33,3 % de 6 a 6,50; porcentaje similar a lo reportado por CALLE (2009) quien encontró el 21 % de las muestras de café en el rango de 7,50 a 8,0; el 47 % en el rango de 7,00 a 7,50; el 19 % entre 6,50 a 7,00; cafés con taza limpia y calidad media en el mercado y el 19 % de los cafés con carencia de resabio, pobre y de mala calidad.

El **atributo acidez** representa una de las percepciones clave dentro del perfil organoléptico del café, considerándose como un criterio particularmente importante para una buena taza de café (DONG *et al.* 2019), este atributo presentó diferencia estadística altamente significativa (Anexo-XVIII), mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) el mayor puntaje correspondió a la muestra M2 ($7,58 \pm 0,08$) con un calificativo “muy bueno”, este valor fue superior a lo reportado por BURBANO y CABRERA (2018) quienes encontraron un puntaje de 7,25 en granos de café de la variedad Castillo; pero similar a lo reportado por TOLESSA *et al.* (2016), con un puntaje de 7,50 en granos de café *arabica* de Etiopia. BORÉM *et al.* (2016) indican en café Bourbon una acidez de 7,43 puntos para la producción de cafés especiales; la variación encontrada puede deberse a lo indicado por SALAZAR *et al.* (2015) quienes mencionan que el mayor puntaje se debe a un buen manejo del tiempo de fermentación, variedad, mayor altitud; y el tipo de tostado, si es medio y ligero presenta mayor acidez (VÁSQUEZ, 2018); a

mayor temperatura de tostado menor acidez (ANDRADE, 2018). El menor puntaje para acidez correspondió a la muestra M13 ($6,17 \pm 0,17$) con un calificativo de “bueno”; inferior a lo reportado por OVIEDO (2017) quien encontró puntaje de 6,65 en café tostado a $190\text{ }^{\circ}\text{C}/20\text{ min}$; el menor puntaje encontrado pudo deberse a la falta de control en el beneficio del café o a temperatura de tostado muy altos y formas de preparación particular de la bebida, como también a la mezcla del café con cafés de inferior calidad procedentes de diferentes lugares (PUERTA, 1998). SUNARHARUM *et al.* (2014) manifiestan que un tostado oscuro reduce el contenido de ácido; la disminución de la acidez está asociado al tiempo de secado, procedencia, variedad y la edad del grano (MAMANI, 2015).

De las 15 muestras evaluadas el 86,6 % se encontró en el rango de $6,42 \pm 0,22$ a $7,42 \pm 0,08$, similar a lo reportado por GONZÁLEZ *et al.* (2016) quienes en muestras de café de diferentes variedades obtuvieron 6,60 a 7,85. Esta variación es atribuida a la variedad, prácticas agronómicas, tipo de tueste, madurez y proceso de beneficio (ARGEÑAL, 2018).

El **atributo cuerpo** presentó diferencia estadística altamente significativa (Anexo-XIX), mediante la comparación de medias correspondió el mayor puntaje a M2 ($7,42 \pm 0,08$) con un calificativo de “muy bueno”; cabe aclarar que el cuerpo es la sensación táctil percibida en la boca por la presencia de sustancias insolubles, líquidas o sólidas, suspendidas en la bebida (PRADO *et al.*, 2015). Este resultado concuerda con VILCA (2014) quien reportan un puntaje de 7,56 para la variedad caturra y 7,31 para borbon. LÓPEZ-GARCÍA *et al.* (2016) reportan 7,4 en bebida de café de la variedad Garnica. Una bebida

presenta cuerpo pronunciado para grados medios de tostación (ALVARADO-ALVARADO *et al.*, 2005). El tostado (tiempo y temperatura) influyen en los atributos sensoriales (CUENTAS *et al.*, 2014).

El menor puntaje para el atributo cuerpo obtuvieron M12 ($6,17 \pm 0,17$) y M13 ($6,17 \pm 0,17$) con un calificativo de “bueno”, estos puntajes coinciden con lo reportado por ALFARO (2015) 6,4 en muestras de café sub tipo con variación de Strictly Hard Bean Santos-Costa Rica; la disminución de este atributo puede deberse al proceso de secado, la procedencia, el estado de madurez y la altitud (PÉREZ y ÚBEDA, 2013).

De las 15 muestras, el rango estuvo comprendido entre $6,17 \pm 0,17$ (M12) y $6,17 \pm 0,17$ (M13) a $7,58 \pm 0,08$ (M2) estos resultados concuerdan con MARTÍNEZ (2016) quien reporta el rango 6,95 -7,56 en cafés de diferentes variedades cultivadas en Colombia.

El **atributo balance** es la combinación de los atributos de acidez, cuerpo y sabor, cuando se presentan cafés limpios y sanos (CARHUAS 2017); este atributo entre las muestras presentó diferencia estadística altamente significativa (Anexo-XX), mediante Tukey ($p \leq 0,05$) el mayor puntaje fue para las muestras M2 ($7,42 \pm 0,08$) y M3 ($7,42 \pm 0,08$) con un calificativo de “muy bueno”; similar a lo reportado por BURGOS *et al.* (2012) quienes encontraron 7,44 en café (*C. arabica* L.) del sur de Colombia. El menor puntaje fue para la muestra M13 ($6,08 \pm 0,08$) con un calificativo de “bueno”, similar a lo manifestado por MEJÍA (2014) quien reportó un puntaje de 6,0 en granos de café proveniente de fincas producido en Altagracia – Colombia; GONZÁLEZ *et al.* (2016) reportan un puntaje de 7,0 para el atributo balance, siendo el menor en seis variedades de

café de la variedad Colombia; en el atributo balance de las 15 muestras, el 33,3 % presentó puntaje en el rango 6,0 – 6,75 catalogándose como bueno y el 66,7 % en el rango 7,00 – 7,75 como muy bueno; según CORTÉS *et al.* (2011) clasifican los cafés con puntaje de 6,0 a 6,9 como cafés con cualidades intermedias aptos para el mercado nacional y puntajes de 7,8 y 9 con cualidades de un café muy bueno. Cabe indicar que la variación en los puntajes puede ser afectado por factores como la variedad, la fermentación y tostado (VIZCARRA, 2017).

El **atributo uniformidad** de las 15 muestras presentó un puntaje de 10 con un calificativo de “excelente”, las tazas son evaluadas y a cada taza se le da 2 puntos con un máximo de 10 puntos, si las 5 tazas presentan la misma uniformidad; este atributo es la consistencia del sabor de varias tazas; si las tazas presentan diferentes sabores la calificación no va a ser muy alta (ALFARO, 2015); el **atributo taza limpia** es la transparencia de la taza, la experiencia total desde la ingestión inicial hasta la expulsión final, libre de impresiones negativas (grano mohoso, sucio, o de cualquier otro mal sabor) (ZAMBRANO 2014) y el **atributo dulzura** es la dulzura percibida de ciertos hidratos de carbono, es el sabor agradable que presenta las muestras; la presencia de ciertos compuestos orgánicos sirve como sustratos para reacciones que culminaron en la definición de la bebida, es el sabor deseable en los cafés especiales (SILVA *et al.*, 2004); con respecto al puntaje de los tres atributos concuerdan con TRUJILLO (2010) quienes reportan puntaje de 10,00 en muestras de café con tostado claro, medio y oscuro y con CRUZ *et al.* (2017) quienes reportan un puntaje de 10 en muestras de Coffea var. Caturra. El puntaje de 10 en los atributos puede deberse

a lo manifestado por GAMBOA *et al.* (2013) quienes relacionan la sensación de dulzura con la uniformidad de la madurez de un café cosechado. Según URBANO y CEBALLOS (2018) la taza limpia garantiza una buena homogeneidad de las muestras y su calidad gourmet.

- **Correlación entre los atributos de catación**

En el Cuadro 15 se presenta los resultados de la correlación entre los atributos de catación, el coeficiente de correlación, mide el grado de relación existente entre dos variables aleatorias, el coeficiente fluctúa entre $-1 \geq \rho \leq 1$; cuando es positivo la relación es directa, si es negativo la relación es inversa y si es 0 son independientes entre las variables (RESTREPO y GONZÁLEZ, 2007). Según los resultados de correlación todos fueron positivos al respecto DE CARVALHO *et al.* (2016) mencionan que, si todas las correlaciones entre las diversas variables explicativas son positivas, todos los atributos sensoriales son componentes importantes para determinar la calidad de la bebida.

El atributo fragancia/aroma con el sabor tuvo una correlación directa de 0,78, lo cual fue superior a lo reportado por DUICELA *et al.* (2018) quienes encontraron una correlación de 0,53 en café robusta tostado y molido; como se sabe la formación del aroma y sabor del café tostado obedece a la presencia de azúcares totales que se encuentran en el grano de café (SILVA, 2004); en el proceso de tostado se produce la reacción de Maillard que contribuye a la formación de aroma y sabor, atributos que miden la calidad en taza (EGRED, 2017).

Cuadro 15. Análisis de Matriz de correlación/coeficientes—atributos de café tostado molido

Matriz de correlación / Coeficiente							
Fuente	Fragancia /aroma	Sabor	Postgusto	Acidez	Cuerpo	Balance	
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	

El atributo sabor con acidez presentó una correlación de 0,94; similar a lo indicado por DESSALEGN *et al.* (2008) quienes reportan una correlación de 0,93 en café (*C. arabica* L.) tostado y molido. GIMASE *et al.* (2014) encontraron una correlación de 0,80 en calidad de las bebidas y atributos del café *Arabica*, *canephora* y sus genotipos parentales. OVIEDO (2017) indica que el sabor deriva de la relación acidez, aroma y cuerpo.

La correlación entre acidez y balance fue de 0,95; similar a lo mencionado por ABDULMAJID (2014) quien reporta una correlación de 0,95 en bebida de café proveniente de los granos de café de diferentes genotipos. BURGOS *et al.* (2012) manifiestan la existencia de una relación entre acidez con balance.

- Componentes principales de los atributos de catación

Los resultados del perfil de atributos fueron analizados mediante componentes principales (Anexo-XXI) y (Anexo-XXII), el biplot de variables del primer componente (CP1) separa los atributos sabor y balance, el cual representa el 83,9 % de la variabilidad total del perfil sensorial de los atributos de las marcas de café tostado molido, al respecto GUTIÉRREZ y BARRERA (2015) indican que atributos como el aroma, sabor, acidez y el cuerpo son las características sensoriales que describen la calidad del café, siendo un café de calidad superior con una intensidad equilibrada de acidez y aroma, buen sabor y cuerpo medio. MARTÍNEZ (2016) manifiesta que el balance es el complemento de los atributos de sabor y cuerpo del café; de las demás variables (Figura 15).

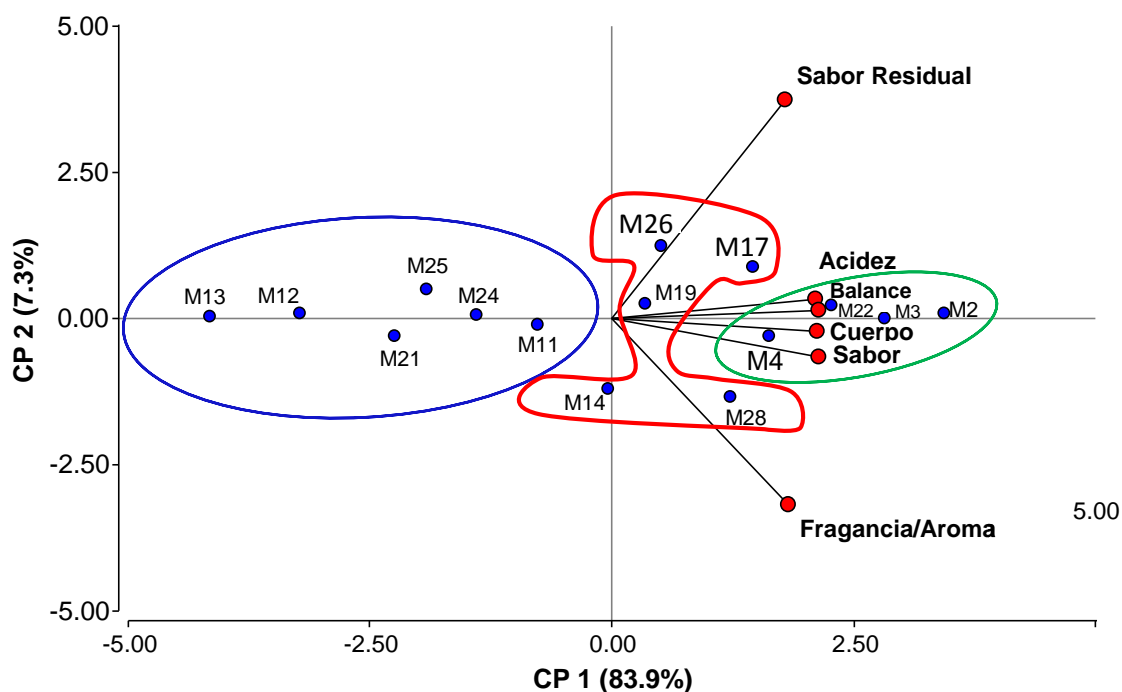


Figura 15. Análisis de componentes principales en catación

El atributo postgusto representa el 7,3 % de la variabilidad del segundo componente (CP2); según ARELLANO *et al.* (2008) este atributo es la sensación del sabor percibida después del gusto. URBANO y CEBALLOS (2018) indican que se produce un postgusto agradable, en tueste medio alto. En general ambos componentes representan el 91,2 % de la variabilidad total. Al respecto BORÉM *et al.* (2016) reportan PC1 con 81,44 y PC2 15,49 % de la varianza total, totalizando el 96,93 %; esto explica la variación que se produce entre las muestras con respecto a sus características sensoriales.

- **Dendograma de los atributos de catación**

Realizado el análisis estadístico mediante conglomerados de las 15 muestra se pueden diferenciar tres grupos (Figura 16); el primer grupo conformado por 6 muestras que representa el 40 % (M11, M12, M13, M29, M24 y M25) del total, cuyo calificativo en los atributos de uniformidad, dulzura y taza limpia es “extraordinario”; en la mayoría de las muestras, fragancia/aroma, sabor, postgusto, cuerpo, balance, acidez fue “bueno”. Los atributos para la calificación del café están influenciados según ORMAZA *et al.* (2018) por las condiciones climáticas, altura, proceso de beneficio y fermentación.

El segundo grupo está conformado por 4 muestras que representa el 26,7 % (M2, M3, M4 y M22) del total y fueron los que tuvieron las mejores calificaciones en los atributos de fragancia/aroma, sabor, postgusto, acidez, cuerpo, balance, como “muy bueno”; uniformidad, dulzura y taza limpia como “extraordinario”; al respecto VILCA (2014) indica que la secuencia de la calificación de cada atributo se basa en la percepción de los cambios del sabor

causados por la disminución de la temperatura del café cuando está en proceso de enfriamiento.

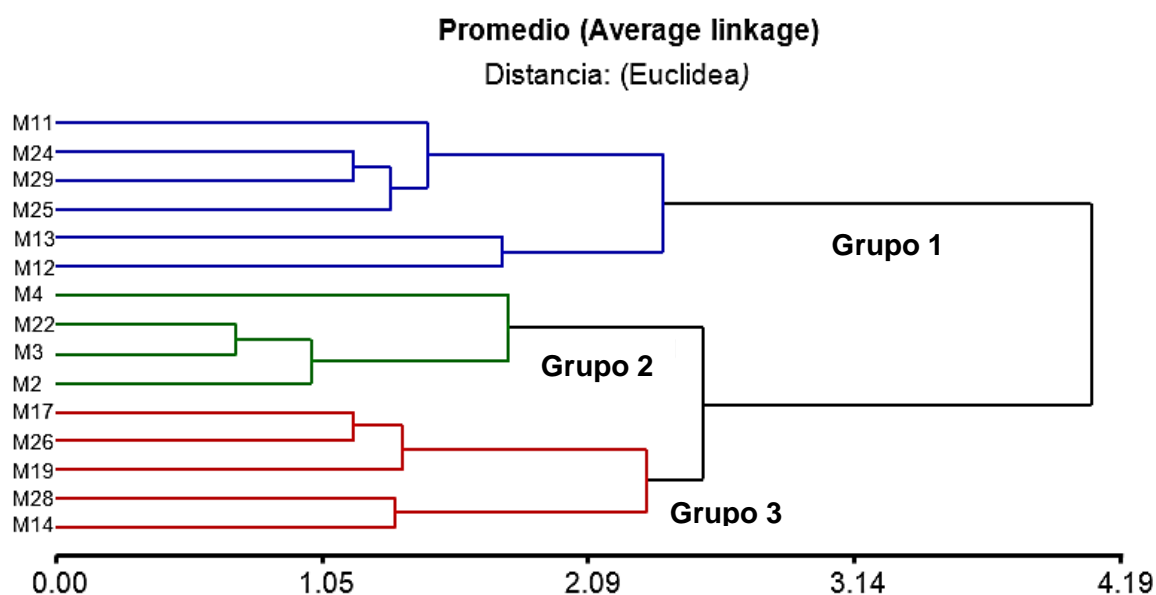


Figura 16. Dendrograma de los cafés tostado molido considerando los atributos de catación.

El tercer grupo conformado por 5 muestras que representa el 33,3 % (M14, M17, M19, M26 y M28) del total cuyos calificativos fueron menor que el primer y segundo grupo, en los atributos de uniformidad, dulzura y taza limpia “extraordinario”; fragancia/aroma, sabor , postgusto, acidez, cuerpo, balance estaban entre “bueno y muy bueno”; la calificación es afectada por muchos factores como menciona LÓPEZ (2014) las propiedades de la bebida del café, como el sabor y aroma, se desarrollan durante el tostado, cuando los granos de café experimentan una sucesión de reacciones que causan modificaciones a su composición química.

4.5.2. Calidad en taza

La calidad en taza es una herramienta de gran importancia en la caracterización de diferentes tipos de café (LADINO-GARZÓN *et al*, 2016); esta evaluación se lleva a cabo mediante sesiones, en las que los catadores profesionales de café asignan calificaciones a los atributos y la suma de estas proporciona la calificación final (DE CARVALHO *et al.*, 2016).

En el Cuadro 16 se presenta los resultados de la evaluación de la calidad en taza de las muestras.

Cuadro 16. Calidad en taza de los atributos sensoriales de café tostado molido

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

Los valores representan (promedio ± error estándar media) repeticiones (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p≤0,05)..

Según el análisis de los resultados presentados en el Cuadro 16 y Figura 17 referente a la calidad en taza de las 15 muestras; se puede afirmar que existe diferencia estadística significativa Anexo-XXIII, según la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, el mayor contenido se presentó en las muestras M2 ($82,25 \pm 0,14$) y M3 ($81,67 \pm 0,30$); este resultado concuerda con URBANO y CEBALLOS (2018) quienes reportan un puntaje total de 78,5 en café con un tueste medio; GAMBOA *et al.* (2013) en café tostado molido proveniente de una de las fincas del municipio de Chachagüí presentó puntaje de 82,1; MALDONADO (2011) indica como calidad bueno a cafés con puntajes de 80 a 84,99; estos puntajes puede verse influenciados por distintos factores, tales como la altura, variedad, color, tueste, tamaño del grano, proceso, defectos, humedad y grado de tueste (URBANO y CEBALLOS, 2018).

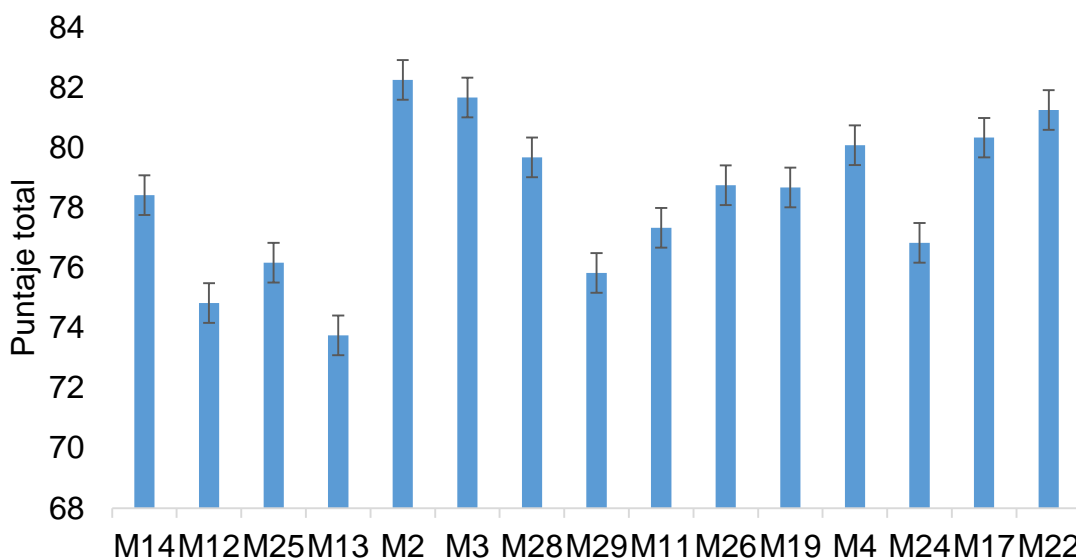


Figura 17. Puntaje total de las muestras de café tostado molido

El menor puntaje fue para la muestra M13 ($73,75 \pm 1,09$); similar a lo reportado por GONZÁLEZ *et al.* (2016) quienes encontraron en muestras de café (*Coffea arabica* L.) de la variedad Colombia BC 68,95 puntos; TRUJILLO (2010) reporta 74,50 puntos en café de la variedad Typica sobremaduro con tostado claro; de acuerdo a los puntajes TOLESSA *et al.* (2016) mencionan que para un café comercial regular, el rango está entre 71 a 80 y PEÑUELA-MARTÍNEZ *et al.* (2010) indican una clasificación de calidad media para las muestras con puntaje superior a 70; VEGA *et al.* (2017) indican que los factores que afectan la calidad de taza son variedad, condiciones ambientales, la tecnología del procesado y la forma comercial como se ofrecen.

De las 15 muestras evaluadas el rango del puntaje final estuvo comprendido entre $73,75 \pm 0,09$ (M13) a $82,25 \pm 0,14$ (M2); estos resultados están dentro de lo reportado por PEÑAHERRERA (2019) quien indica que los puntajes de catación para café comercial y de especialidad deben estar en el rango de 73,75 a 88,25; asimismo DUICELA *et al.* (2018) indican calificaciones sensoriales <80 puntos para cafés no especiales, los cafés con puntajes de 80,0 a 84,99 se califican como muy bueno, cafés con puntajes de 85 a 89,99 se categorizan como excelentes y cafés de 90 a 100 puntos como excepcionales.

V. CONCLUSIONES

- El porcentaje de humedad de las 29 muestras de café tostado molido comercializadas en la provincia de Leoncio Prado varió de 0,13 % (M23) a 2,35 % (M17), la acidez titulable total de $1,23 \pm 0,03$ (M23) a $2,70 \pm 0,04$ (M25) mL NaOH 0,1 N/g, sólidos solubles totales de 20,42 (M29) a 25,15 % (M8) y los parámetros de color: Luminosidad (L) de 26,35 (M20) a 34,83 (M24); a^* de 3,75 (M20) a 8,82 (M24) y b^* de 5,14 (M22) a 15,48 (M25).
- El mayor contenido de polifenoles totales se presentó en la muestra M25 ($26,76 \pm 0,26$) y el menor en M27 ($19,76 \pm 0,10$) mg GAE/g; la capacidad antioxidante frente al radical DPPH se encontró entre 0,1178 (M26) a 0,1717 mmol TE/g (M25) y frente al radical ABTS $\bullet+$ de 0,1213 (M12) a 0,1724 mmol TE/g (M25)
- De las 15 muestras de café tostado molido; el mayor puntaje en el atributo fragancia/aroma fue para M4; en sabor, postgusto, acidez y cuerpo M2; en balance M2 y M3 con calificación de “muy bueno”; en uniformidad, taza limpia y dulzura como “extraordinario”; de acuerdo a los componentes principales las muestras que corresponden al mejor grupo son M2, M3, M4 y M22; con correlación entre fragancia/aroma - sabor de 0,78; sabor- acidez; sabor - cuerpo de 0,94; y acidez - balance 0,95; la mejor calidad en taza la obtuvo la muestra M2 ($82,25 \pm 0,14$) calificado como “muy bueno”.

VI. RECOMENDACIONES

- Capacitar a los empresarios y asociaciones de productores artesanales de café tostado molido en la importancia de los polifenoles y capacidad antioxidante en el producto terminado.
- Controlar las variables de poscosecha (cosecha, beneficio, secado, tostado, molido, empaçado y almacenamiento) y 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.
- Evitar hacer mezclas de variedades de café sin tener en cuenta la procedencia y el proceso de obtención (parámetros de calidad).
- Realizar el control de calidad del café tostado molido antes de ser comercializado con la finalidad de no perder el mercado rápidamente.
- Realizar un estudio de la formación de los compuestos acrilamida y furano que están clasificados como posibles cancerígenos en el café tostado.
- Realizar un estudio granulométrico, tamaño de partículas del café, debido a que esto al entrar en contacto con el agua tiene mucha influencia en la calidad final del producto.
- Realizar estudios de empaques y lugar de almacenamiento, factores importantes en la conservación fisicoquímica, sensorial y funcional del café tostado molido comercial.

VII. ABSTRACT

The objectives of the research were: to do a physicochemical characterization, to determine the total polyphenols, antioxidant capacity (DPPH and ABTS) and a sensory evaluation (cupping attributes and cup quality), with expert panelists, of samples of commercialized ground, roasted coffee in the Leoncio Prado province, Peru. Twenty nine samples were evaluated three times; the first and second samples were from different lots and the third was the combination of the first and second. A 50 mg/mL aqueous extract was prepared. According to the results, the greatest content of total polyphenols 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 polyphenol content, a determination of the antioxidant capacity, the sensory evaluation and the cup quality were done. The antioxidant capacity against the DPPH radical was found to be from 0.1178 (M26) to 0.1717 mmol TE/g (M25) and against the ABTS \bullet + radical, from 0.1213 (M12) to 0.1724 mmol TE/g (M25). With respect to the sensory evaluation, the best for the fragrance/aroma attribute was M4; for flavor, aftertaste, acidity and body, M2; for balance, M2 and M3 with a classification of "very good"; in uniformity, clean cup and sweetness, "extraordinary" and the best cup quality was obtained by the M2 sample (82.25 ± 0.14) with a classification of "very good."

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. 1997. Methods of analysis of AOAC Internacional coffee and tea. Official methods of Analysis. 17th ed. Gaithersburg. A.O.A.C. Inc. 2658 p.
- ABDULMAJID, M. 2014. Sensory Evaluation of beverage characteristics and biochemical components of Coffee Genotypes. *Advances in Food Science and Technology, Kenya*. 2(12): 281-288.
- ABRAHÃO, S; PEREIRA, R; DUARTE, S; LIMA, A; ALVARENGA, D; FERREIRA, E. 2010. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.). *Cienc. Agrotec, Lavras*. 34(2): 414-420.
- ALFARO, V. 2015. Efectos de la altitud sobre las características físicas y organolépticas del café de la zona de los Santos. Tesis Licenciado en ingeniería agrícola. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 147 p.
- ALVARADO, M. R, G. 1994. Cultivo y Beneficiado del Café. Primera edición. San José, Costa Rica. EUNED. 184p.
- ALVARADO-ALVARADO, G; POSADA-SUÁREZ, H; CORTINA-GUERRERO, H. 2005. Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. *Cenicafé, Colombia*. 537 p.
- ÁLVAREZ, E; JÍMENEZ, O. J; POSADA, C. M; ROJANO, B. A; GARCÍA, C. M., DURANGO, D. L. 2008. Actividad antioxidante y contenido fenólico de

los extractos provenientes de las bayas de dos especies del género *Vismia* (Guttiferae). *Vitae*, Medellín, Colombia 15(1):165-172.

- ANDRADE, K. 2018. Evaluación de los parámetros tiempo, temperatura y variedad de café arábica *coffea arábica* caturra amarillo y SL-28 en el proceso de tostado. Tesis Ing. Agroindustrial. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica Del Norte. 13 p.
- ANISA, A; SOLOMON, W.K; SOLOMON, A. 2017. Optimization of roasting time and temperature for brewed hararghe coffee (*Coffea Arábica* L.) using central composite design. *International Food Research Journal*, Chiro, Ethiopia. 24(6): 2285-2294.
- AÑAMURO, R. 2015. Efecto del almacenamiento del café pergamino variedad bourbon (*Coffea arabica* L.) en las propiedades físicas y sensoriales. Tesis Ing. Agroindustrial. Puno, Perú. Universidad Nacional de Altiplano. 117 p.
- AQUINO. S. 2004. Elaboración de un mapa de calidad del café (*coffea arábica*) situadas en ocho zonas de la provincia de Lamas. Tesis Ingeniero Agroindustrial, Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín. 73 p.
- ARELLANO, R. J., PRADO, E. E., ROSADO, R. O. 2008. Relación de los nutrimentos del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. *Terra latinoamericana*, Veracruz, México. 26(4):375-384.
- ARGEÑAL, L. 2018. Evaluación del crecimiento de *Lactobacillus* spp. y su influencia en las características sensoriales de cafés especiales con proceso honey de la variedad Pacamara. Tesis Ing. Agroindustria

- Alimentaria. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 27 p.
- ARGEÑAL, W, ESPINOZA, A; MORENO, V. 2015. Determinación de parámetros físicos y químicos en café molido. Tesis Lic. Química. León. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN- LEÓN. 81 p.
- ARISMENDY, J. 2015. Evaluación del proceso de secado del café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad en taza. Tesis. Doctoral. Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 100 p.
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE CAFÉS Y CAFETERÍAS DE ESPECIALIDAD (AMCCE). 2007. Introducción al tueste de café. México D.F. Boletín informativo N°7. 6 p.
- BAGGIO, J. 2006. Avaliação dos resíduos (casca e pó orgânico) de café (*coffea arabica* l.) como provável fonte de substâncias bioativas. Tesis ciencia y tecnología de alimentos. Florianópolis. Universidad de Federal de Santa Catarina. 88 p.
- BANEGAS, K. 2009. Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad de café (*Coffea arabica*) en los municipios de El Paraíso y Alauca, Honduras. Tesis Magister Scientiae en Agroforestería Tropical, Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación Y Enseñanza. 74 p.
- BARBOSA, M.D.S.G; FRANCISCO, J.S; DOS SANTOS SCHOLZ, M.B., KITZBERGER, C.S.G; BENASSI, M.D.T. 2018. Dynamics of sensory

perceptions in arabica coffee brews with different roasting degrees.

Journal of Culinary Science y Technology, Brazil. 1-12.

- 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, Medellin-Colombia. 219:364-372.
- BICHO, C.N; LEITÃO, E.A; RAMALHO, J.C; LINDON, C.F. 2012. Use of colour parameters for roasted coffee assessment. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Oeiras, Portugal, 32(3): 436-442.
- BICHO, N.C; LEITAO, A.E; RAMALHO, J.C; LIDON, F.C. 2011. Identification of chemical clusters discriminators of the roast degree in *Arábica* and *Robusta coffee* beans. European Food Research and Technology, Portugal. 233(2):303-311.
- BORÉM, F.M; FIGUEIREDO, L.P; RIBEIRO, F.C; TAVEIRA, J.H.S; GIOMO, G.S; SALVA, T.J.G. 2016. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. African Journal of Agricultural Research, Brasil. 11(8):709-717.
- BRAND, W; CUVELIER, M; BERSET, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebens mittel Wissens chaft and Technologie. Canadá. 28: 25–30.
- BREZOVÁ, V; ŠLEBODOVÁ, A; STAŠKO, A. 2009. Coffee as a source of antioxidants: An EPR study. Food Chemistry, Slovak Republic. 114(3):859-868.

- BUENAVENTURA-SERRANO, C. E; CASTAÑO- CASTRILLÓN, J. J. 2002. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotopo 206B en Colombia. *Cenicafé, Colombia*. 53(2): 119- 131.
- BURBANO, M; CABRERA, W. 2018. Conocer el perfil de taza generado mediante la implementación de los métodos de cafés naturales, honey y cafés lavados con la variedad castillo general en los asociados a la Cooperativa Departamental de Caficultores del Huila–Cadefihuila del municipio de Acevedo–Huila. *Ciencias Agrícolas, Pecuaria y del Medio Ambiente*. Huila. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 51 p.
- BURGOS, E. R; SUÁREZ, J. C; VEGA, G. A. 2012. Atributos sensoriales de taza en sistemas agroforestales de café (*Coffea arábica* L.) en el Sur de Colombia. *Ingenierías y Amazonia, Colombia*. 5(2):80-88.
- CALLE, T. 2009. Calidad en taza y caracterización del color de las hojas jóvenes de 22 variedades de café. Tesis Ing. Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 24 p.
- CÄMMERER, B; KROH, L.W. 2006. Antioxidant activity of coffee brews. *European Food Research and Technology*, Berlin-Germany. 223(4):469-474.
- CAÑAS, R; DÁVILA, J.C; FUNDES, G; VILLA, M. 2012. Manual de Catadores de Cafés Especiales. 1. ed. Lima, PE. 60 p.
- CARHUAS, M. 2017. Daños indirectos de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) en la calidad de café (*Coffea arábica* L.), variedad Caturra roja en la

- etapa de llenado de grano en Chanchamayo. Tesis. Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 98 p.
- CASTAÑEDA, C. B., RAMOS, L. E; IBÁÑEZ, V. L. 2008. Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. Horizonte Médico, Lima. 8(1):56-72.
- CASTAÑO-CASTRILLÓN, J.J; QUINTERO, G.P; VARGAS, R.L. 2000. Caracterización del rendimiento de extracción y del contenido de sólidos solubles de la bebida de café. Cenicafé, Colombia. 51(3):185-195.
- CATELANI, T; PÁSCOA N.M.J.R; SANTOS J; PEZZA L; PEZZA H; LIMA L.F.C.J. 2016. A Non-invasive Real-Time Methodology for the Quantification of Antioxidant Properties in Coffee During the Roasting Process Based on Near-Infrared Spectroscopy. Food and Bioprocess Technology. Springer Nature. 10(4):630–638.
- CHO, A.R; PARK, K.W; KIM, K.M; KIM, S.Y; HAN, J. 2014. Influence of roasting conditions on the antioxidant characteristics of Colombian coffee (*coffea arabica* L.) beans. Journal of food biochemistry, Republic of Korea. 38(3):271-280.
- CHUGÁ, J. 2018. Evaluación de los parámetros tiempo, temperatura y variedad de *café arábica* *coffea arábica* castillo y típica en el proceso de tostado. Tesis Ing. Agroindustrial. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica Del Norte. 168 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 2017. Café tostado y molido. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Nro. 46. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 8 p.

- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1983. Café elaborado. Determinación de pérdida de masa. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Nro. 433. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 6 p.
- CORONEL, A. 2004. Determinación edafoclimática y evaluación del beneficio en la calidad del café de cuatro zonas del río mayo- moyobamba. Tesis Ing. Industrias alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 144 p.
- CORRÊA, P.C; DE OLIVEIRA, G, H.H; DE OLIVEIRA, A, P.L; VARGAS-ELÍAS, G.A., SANTOS, F.L., BAPTESTINI, F.M. 2016. Preservation of roasted and ground coffee during storage Part 1: Moisture content and repose angle. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, Brazil. 20(6):581-587.
- CORREIA, R.M; TOSATO, F; DOMINGOS, E; RODRIGUES, R.R AQUINO; L.F., FILGUEIRAS, P.R. 2018. Portable near infrared spectroscopy applied to quality control of Brazilian coffee. Talanta, Elsevier. 176:59-68.
- CORTÉS, N. O; SILVESTRE, A. G; IBARRA, T. B. 2011. Caracterización de fincas cafeteras por calidad de la bebida y algunas condiciones ambientales y agronómicas. Revista de Ciencias Agrícolas, Colombia. 28(2):9-17.
- CRAIG, A.P; BOTELHO, B.G; OLIVEIRA, L.S; FRANCA, A.S. 2018. Mid infrared spectroscopy and chemometrics as tools for the classification of

roasted coffees by cup quality. Food Chemistry, Belo Horizonte, Brazil. 245:1052-1061.

CRUZ, B. J; RODRÍGUEZ, P. W; 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, Colombia. 66(2):221-227.

CRUZ, R; CARDOSO, M.M; FERNANDES, L; OLIVEIRA, M; MENDES, E., BAPTISTA, P; MORAIS, S; CASAL, S. 2012. Espresso coffee residues: a valuable source of unextracted compounds. Journal of agricultural and food chemistry, Bragança - Portugal. 60(32):7777-7784.

CUENTAS, T., FARFÁN, D., HERMOZA, G. 2014. Refrescamiento y evaluación del contenido de saponina por el método del índice de espuma de 100 entradas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) del banco de germoplasma ex situ de la cica. Vademécum de investigación FEDU. Cusco, Perú. Universidad Nacional de San Antonio Abad. 13 p.

DÁVILA, J. 2018. Influencia de parámetros de tostado de café especial sobre el puntaje de taza obtenido mediante un panel de jueces certificados. Tesis Magister scientiae en tecnología de alimentos, Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 212 p.

DE CARVALHO, A. M., DE REZENDE, J. C., REZENDE, T. T., FERREIRA, A. D., REZENDE, R. M., MENDES, A. N. G., CARVALHO, G. R. 2016. Relationship between the sensory attributes and the quality of coffee in

- different environments. African Journal of Agricultural Research, Lavras, Brasil. 11(38):3607-3614.
- DE CARVALHO, V.D., DE REZENDE CHAGAS, S.J., CHALFOUN, S.M., BOTREL, N., JUNIOR, E.S.G.J. 1994. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café 1- Atividades de polifenoloxidase e peroxidase, índice de coloração de acidez. Pesquisa Agropecuária, Brasileira. 29(3): 449-454.
- DELGADO, F.G., SALCEDO, G.A. J., OCAMPO, D.D.J. 2008. Determinación de la Calidad de Grano Usado en la Tostión y del Grado de Pureza de Café Tostado en Polvo. Revista colombiana de física, 40(1).
- DESSALEGN, Y., LABUSCHAGNE, M. T., OSTHOFF, G., HERSELMAN, L. 2008. Genetic diversity and correlation of bean caffeine content with cup quality and green bean physical characteristics in coffee (*Coffea arabica* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture, África. 88(10):1726-1730.
- DÍAZ, A., PERDOMO, A. 2015. Caracterización físico-química y sensorial de dos variedades de café (*Coffea arabica*) del occidente de Honduras. Tesis Ing. Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 51 p.
- DÍAZ, D. 2018. Tipo de empaque y contenido de humedad en la conservación de la calidad de cafés especiales. Tesis. Ing. Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Molina. 121 p.
- DÍAZ, F.O., ORMAZA, A.M., ROJANO, B.A. 2018. Efecto de la tostión del café (*Coffea arabica* L. var. castillo) sobre el perfil de taza, contenido de

compuestos antioxidantes y la actividad antioxidante. Información tecnológica, Medellín, Colombia. 29(4): 31-42.

DIAZ, S, P. 2014. Efectos de la altitud sobre la calidad del café torrefactado (*Coffea arábica* L. var. Colombia) producido en los municipios de Buesaco y la Unión – Nariño, pertenecientes al ecotipo e-220 a. Tesis Ing. Alimentos. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá. 164 p.

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, China. 272:723-731.

DOSAL, M., VILLANUEVA, M. 2008. Introducción a la metrología química curvas de calibración en los métodos analíticos. Antología de Química Analítica Experimental. 26 p.

DUARTE, C., TRUJILLO, L., ORTEGA, A., OLIVA, A. 2008. metodología para la formación de comisiones de evaluación sensorial en café. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Scielo. 18(2):38-43.

DUARTE, S.M., ABREU, C.M., MENEZES, H.C., SANTOS, M.H., GOUVÊA, C.M. 2005. Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. Revista Ciencia Tecnología Alimentos, Campinas, Brasil. 25(2): 387-393.

DUARTE, Y. 2002. Caracterización física del café semitostado. Bogotá D.C : Fundación Universidad de América, 2002.

- DUARTE-ALMEIDA, J. M., SANTOS, R. D., GENOVESE, M. I., LAJOLO, F. M. 2006. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Brasil*. 26(2):446-452.
- 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 amazonía del Ecuador. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, México*. 19(2):240-253.
- DUICELA, G., 2003. Caracterización física y organoléptica de cafés arábigos en los principales agro ecosistemas del ecuador. INIAP, Manta (Ecuador). 248 p.
- EGRED, M. 2017. Directrices de producción y tratamiento para determinar café de calidad. Tesis. Licenciado en Arte Culinario. Quito, Ecuador. Universidad San Francisco de Quito USFQ. 54 p.
- ENCINA, Z. C., BERNAL, S. A., ROJAS, H. D. 2013. Efecto de la temperatura de pasteurización y proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre su capacidad antioxidante lipofílica. *Ingeniería Industrial, Lima, Perú*. (031):197-219.
- FÉLIX, M. 2009. Determinación de ácidos clorogénico y cafeico, cafeína, polifenoles totales y actividad antioxidante de tres variedades de café (*Coffea arábica* L.). Tesis Ing. Industrias alimentarias. Tingo María-Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 110 p.

- FERMÍN, 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*, Atlantis Press. 172:194-197.
- FLAMBEAU, K.J. y YOON, J. 2018. Characterization of Raw and Roasted Fully Washed Specialty Bourbon Cultivar of *Coffea Arabica* from Major Coffee Growing Areas in Rwanda. *Food Eng. Prog, Republic of Korea*. 22(2):89-99.
- FLORES, J. 2019. Influencia de tres pisos altitudinales en las características físicas y sensoriales del café (*Coffea arábica* L.) variedad Catimor en los distritos de Lamas y Alonso de Alvarado Roque. Tesis. Ing. Agrónomo. Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín. 82 p.
- FLORES, P, V. 2015. La producción de café en México: ventana de oportunidad para el sector agrícola de Chiapas. *Compartir*, 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, Pamplona-Colombia*. 21(3):228-236.
- FOUREAU, E., COURDAVAULT, V., ROJAS, L.F., DUTILLEUL, C., SIMKIN, A.J., CRÈCHE, J., PAPON, N. 2013. Efficient gene targeting in a

- Candida guilliermondii* non-homologous end-joining pathway-deficient strain. *Biotechnology letters*, Medellín – Colombia. 35(7):1035-1043.
- FRANCA, A.S., MENDONCA, J.C., OLIVEIRA, S.D. 2004. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. *LWT-Food Science and Technology*, Brazil. 38(7):709-715.
- FUNDES, B. G. 2012. Manual del café. Segunda edición. Lima, Perú. p: 13-37.
- GAMBOA, R. P., MOSQUERA, S. S., PAZ, N. I. 2013. Caracterización de taza de café especial en el municipio de chachagüí, departamento de Nariño, Colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, Colombia. 11(2):85-92.
- GARCIA, E. J., OLDONI, T. L., ALENCAR, S. M., REIS, A., LOGUERCIO, A. D., GRANDE, R. H. 2012. Antioxidant activity by DPPH assay of potential solutions to be applied on bleached teeth. *Brazilian dental journal*, Brasil. 23(1):22-27.
- GIMASE, J. M., THAGANA, W. M., KIRUBI, D. T., GICHURU, E. K., KATHURIMA, C. W. 2014. Beverage quality and biochemical attributes of arabusta coffee (*C. arabica* L. x *C. canephora* Pierre) and their parental genotypes. *African Journal of Food Science*, Nairobi, Kenya. 8(9):456-464.
- GONZÁLEZ, R. F., PRADO, E. E., PORTILLA, P. E., VARGAS, A. G., RODRÍGUEZ, C. A., GÓMEZ, H. J. 2016. Evaluación de productividad, calidad física y sensorial del grano del café (*Coffea arábica* L.), en cafetos injertados en el CRUO, Huatusco, Veracruz. *Revista de Geografía Agrícola*, México. (56):45-53.

- GORDILLO, D, F., SALCEDO, G, J, A; OCAMPO, D, D, J. 2008. Determinación de la calidad de grano usado en la tostión y del grado de pureza de café tostado en polvo. *Rev. Colombiana de Física*, 40 (1): 193 -195.
- GORDILLO-DELGADO, F., VALENCIA-GRISALES, D., PLAZAS-SALDAÑA, J. 2016. Uso de la técnica de alambre caliente para la medición de la conductividad térmica de infusiones de café orgánico y convencional. *Revista de la Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia*. 5(2): 105-113.
- GOTTELAND, M., PABLO, V.S. 2007. Algunas verdades sobre el café. *Rev. Chil. Nutrición, Chile*. 34(2):105-115.
- GUEVARA, B, R, A; CASTAÑO, C, J, J. 2005. Caracterización granulométrica del café colombiano tostado y molido. *Cenicafé* 56(1):5-18.
- GUTIÉRREZ, G. N., BARRERA, B. O. 2015. Selección y entrenamiento de un panel en análisis sensorial de café *Coffea arabica* L. *Revista de Ciencias Agrícolas, Neiva, Colombia*. 32(2):77-87.
- GUZMÁN, N. G., CORTES, J. M., & GÓMEZ, N. P. 2014. Evaluación sensorial en Café Espresso. Una Comparación entre Jueces Internacionales. *Ingeniería y Región*. (11):101-106.
- HEČIMOVIĆ, I., BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A., HORŽIĆ, D., KOMES, D. 2011. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food chemistry, Croatia*. 29(3):991-1000.
- HERNÁNDEZ, R. M., ANAYA-VILLALPANDA, M., MARANTE-MALDONADO, O., DUARTE, C., LLERA, L. 2015. Actividad antioxidante de la infusión

de café mezclado con chícharo (*Pisum sativum* L.) como sucedáneo.

Ciencia y Tecnología de Alimentos, La Habana, Cuba. 25(1):18-21.

HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C., BAPTISTA, P. 2014. Metodología de la investigación. Ed. Mc. Mc Graw – Hill Interamericana S. A. México. 600 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA-INEI. 2017. Informe técnico N° 2; Producción Nacional. 65 p.

JIMÉNEZ - ARIZA, H. T., DIEZMA, B., CORREA, E. C. 2011. Un buen café: una simbiosis de color y sabor. Tesis Ing. Agrónomo. España. Universidad Politécnica de Madrid. 4 p.

JIMÉNEZ, M. 2018. Evaluación de la cosecha de café maduro y verde en relación al rendimiento, calidad física y organoléptica de café robusta (*Coffea canephora* Pierre), en la zona de Babahoyo. Tesis Ingeniera Agropecuaria, Babahoyo, Ecuador. Universidad Técnica De Babahoyo. 63 p.

JIMÉNEZ, M., SÁNCHEZ, M., MARTÍNEZ, T. 2012. Optimización del método captación del Radical 2, 2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para evaluar actividad antioxidante en bebida de café. Facultad veterinaria, Murcia – España. Universidad de Murcia. 12 p.

JIMÉNEZ-TORRES, A., MASSA-SÁNCHEZ, P. 2015. Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. Economía, Mérida, Venezuela. 40(40):117-137.

KATZEFF, P. 1998. Manual del catador Dominicano del café. 2004 (en línea). Disponible en

<http://www.peritajesdecafe.info/Manual%20del%20Catador%20Dominicano%20de%20Cafe>.

- 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, Republic of Korea. 240: 808-816.
- KLEINWÄCHTER, M., SELMAR, D. 2010. Influence of drying on the content of sugars in wet processed green Arabica coffees. Food Chemistry, Alemania. 119(2):500-504.
- LADINO-GARZÓN, W., CORTÉS-MACÍAS, E. T., GUTIÉRREZ-GUZMÁN, N., AMOROCHO-CRUZ, C. M. 2016. Calidad de taza de café (*Coffea arabica* L.) procesado en fermentación semi-seca. Agronomía Colombiana, Neiva, Colombia. 34:281-283.
- LAHURA, E. 2003. El coeficiente de correlación y correlaciones espúreas. Documento de trabajo. 64 p.
- LAZCANO, E., TREJO, M.A., PASCUAL, S., VARGAS, M.G. 2016. Efecto del grado de tostado en granos de café de diferentes regiones productoras de México sobre el contenido de compuestos fenólicos, cafeína y la actividad antioxidante. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, México. 1:478-483.
- 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, Hermosillo-México. 16(2):293-298.

- LEME, S.D., DA SILVA, A.S., BARBOSA, G, F, B.H., BORÉM, M.F., PEREIRA, A, F, G. 2019. Recognition of coffee roasting degree using a computer vision system. *Computers and Electronics in Agriculture, Brazil*. 156 :312–317.
- LIMA, M. V., VIEIRA, H. D., MARTINS, M. L. L., DE FARIA PEREIRA, S. D. M. 2015. Preparo do café despulpado, cereja descascado e natural na região sudoeste da Bahia. *Ceres, California*. 55(2):124-130.
- LINGLE, T. 2010. Adding value to Robusta coffees. Londres, UK. p. 21.
- LONDOÑO L, J. 2012. Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. In *Desarrollo y Transversalidad serie Lasallista Investigación y Ciencia*. Corporación Universitaria Lasallista. 9(9):130-162.
- LONDOÑO, J., NARANJO, M., QUINTERO, M.M. 2013. Estudio de los cambios de la actividad antioxidante en bebidas de café durante su periodo de vida útil usando métodos in-vitro y ex-vivo. *Vitae, Colombia*. 20(2):95-104.
- LÓPEZ, D. 2014. Composición química y nutracéutico del residuo solido del café (*Coffea arábica* L.) utilizado y la actividad antioxidante de los productos de su fermentación colónica in vitro en un modelo de inflamación. Tesis maestría en ciencia y tecnología de alimentos. Querétaro, México. Universidad Autónoma de Querétaro. 116 p.
- LÓPEZ, O, O, L., HERRERA, A, L. M. 2017. Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. *Revista Apuntes del CENES*, 36(64):139-165.

- LÓPEZ-GALILEA, I., ANDUEZA, S., DI LEONARDO, I., DE PEÑA, M.P., CID, C. 2006. Influence of torrefacto roast on antioxidant and pro-oxidant activity of coffee. Food Chemistry, Pamplona, Spain. 94(1): 75-80.
- 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, Chiapas, México. 39(3):97-304.
- LUDWIG, I.A., BRAVO, J., DE PEÑA, M.P., CID, C. 2013. Effect of sugar addition (torrefacto) during roasting process on antioxidant capacity and phenolics of coffee. LWT-Food Science and Technology, Pamplona, Spain. 51(2): 553-559.
- MALDONADO, B. 2011. Determinación del tiempo de fermentación del café pergamino, en tres diferentes pisos altitudinales y su influencia en la calidad de la taza, en el cantón Olmedo. TESIS. Ing. Administración y Producción Agropecuaria. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. 118 p.
- MAMANI, J. 2015. Determinación comparativa de tiempo de secado de café (*Coffea arabica* L.) en dos tipos de secadores solares en el valle de Sandia-Puno. Tesis Ing. Ingeniero Agroindustrial. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. 81 p.
- MARÍN, G. 2013. Control de calidad del café. Editado por Mónica, P. S y Ana Salazar. 1 ed. Lima, Perú, Desco. 48 p.
- MARTÍNEZ -CORDEIRO, H., ALVARES-CASAS, M., DOMINGUEZ, J. 2013. Vermicompostaje del bagazo de uva: fuente de enmienda orgánica de

alta calidad agrícola y de polifenoles bioactivos. Recursos Rurais, nº 9: 55 -63.

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*, Medellín, Colombia. 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 Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 127 p.

MARTINEZ-VALVERDE, I., PERIAGO, M., GASPARGAS, R. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 50 (1): 5 -18.

MATERSKA, M., PERUCKA, I. 2005. Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *J. Agric. Food Chem*, Lublin, Poland. 53:1750-1756.

MATHIAS-RETTING, K. y AH-HEN, K. 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, Valdivia, Chile. 42(2):57- 66.

MEDINA-ALMEIDA, J. L., & RIAÑO-LUNA, C. E. 2006. Evaluación del rendimiento de extracción de algunas cafeteras. *Cenicafé*. Bogotá, Colombia. 57(1): 31-36.

MEJÍA, C. 2014. Identificación de características para las fincas circunscritas al área geográfica del proyecto de café Jazmín Especial. Tesis Maestría

en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Colombia. Universidad de Manizales. 134 p.

- MENDONÇA, L. M., PEREIRA, R.G., MENDES, A.N. 2005. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas. 25(2): 239-243.
- MERCADO-MERCADO, G., CARRILLO, R., WALL-MEDRANO, A., LÓPEZ DÍAZ, J. A., ÁLVAREZ-PARRILLA, E. 2013. Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición Hospitalaria*, México. 28(1):36-46.
- 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.
- NAGARAJU, V.D., MURTHY, C.T., RAMALAKSHMI, K., RAO, P.S. 1997. Studies on roasting of coffee beans in a spouted bed. *Journal of food engineering*, India. 31(2):263-270.
- NARANJO, M., V ÉLEZ, L., ROJANO, B. 2011. Actividad antioxidante de café colombiano de diferentes calidades. *Rev. Cubana de Plantas Medicinales*, Medellín, Colombia. 16 (2): 164 -173.
- NICOLI, M.C., ANESE, M., MANZOCCO, L., LERICI, C.R. 1997. Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *LWT-Food Science and Technology*, Italy. 30(3):292-297.

- OCAMPO, L.O., ALVAREZ, H. L. 2017. Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. Apuntes del CENES, Manizales, Colombia. 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 Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, Serbia. 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, Medellín, Colombia. 29(3):187-196.
- ORTEGA, J.C., CABALLERO, L.A.P., MALDONADO, L.Y.M. 2014. Evaluación del rendimiento de la extracción de café tostado molido comercial. @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria, Pamplona-Colombia. 12(1):40-47.
- OVIEDO, L. 2017. Determinación del nivel óptimo de temperatura y tiempo de tostado del café verde (*Coffea arabica* L.) variedad Catimor, en relación a la calidad sensorial del café tostado, de Quillabamba-Cusco. Tesis ing. Industrias Alimentarias. Tacna, Perú. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna. 215 p.
- PANTOJA, L. C., GUTIÉRREZ, R. P., MACIAS, M. L., QUINAYÁS, T. E., 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, Sur de Colombia*. 3(1):22-33.
- PARADA, M., CABALLERO, L., RIVERA, M. 2018. Características fisicoquímicas de tres variedades de café tostado y molido cultivados en Norte de Santander. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria, Pamplona*. 15(1):66-76.
- PEÑAHERRERA, S. 2019. Análisis inicial de la relación entre la composición química de diferentes calidades de café del Ecuador y sus características organolépticas finales. Tesis. Ing. Química. Quito. 154p.
- PEÑUELA-MARTÍNEZ, A., OLIVEROS-TASCÓN, C., SANZ-URIBE, J. 2010. Remoción del mucílago de café a través de fermentación natural. *Cenicafé, Caldas, Colombia*. 61(2):159-173.
- PEREIRA, C. 2008. Características químicas, físico-químicas e sensorial de genotipos de graos de café (*coffea arábica* L.). Tese para a obtenção do título de Dr. em ciência dos alimentos. Lavras, Brasil. Universidad federal de lavras. 114 p.
- PÉREZ, Z., ÚBEDA, R. 2013. Incidencia del proceso de beneficio húmedo y factores ambientales en la calidad del café obtenida por los productores de la cooperativa Coomprocom Coopante y Asocafemat, para una propuesta de denominación de origen en el departamento Matagalpa. Tesis. Ing. Agroindustrial. Estelí. Universidad Nacional de Ingeniería. 138 p.
- PÉREZ-HERNÁNDEZ, L., CHAVEZ-QUIROZ, K., MEDINA- JUÁREZ, L., GÁMEZ-MEZA, N. 2013. Compuestos fenólicos, melanoidinas y

- actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arábica* y *Coffea canephora*. Ciencias Biológicas y de la salud. Sonora, México. 15(1): 51-56.
- PÉREZ-OCHOA, M. L., AQUINO-BOLAÑOS, E.N., CHÁVEZ-SERVIA, J.L. 2016. Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante en café cosechado y comercializado en coatepec y xalapa, Veracruz. Centro de investigaciones en óptica A.C. León, México. 434-442 p.
- PINO, R. 2011. Influencia del grado de tostado sobre la capacidad antioxidante y el efecto genoprotector del café soluble. Contribución de la fracción de melanoidinas. Tesis Master en seguridad y biotecnología alimentaria. Burgos. Universidad de Burgos. 27 p.
- PRADO, E. E., ROSADO, O. R., COLMENERO, A. Z., HERNÁNDEZ, V. A. G. 2015. Calidad en variedades de café orgánico en tres regiones de México. Revista de Geografía Agrícola, Texcoco, México. (55): 45-55.
- PRIETO, Y. 2002. Caracterización física de café semitostado. Bogotá, Colombia. Fundación Universitaria de América. 189 p.
- PUERTA, G. 1999. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café. Cenicafé, Chinchiná. 50(1):78-88.
- PUERTA, G. I. 1998. Calidad en taza de las variedades de (*coffea arabica*) cultivadas en Colombia. Cenicafé, Colombia. 49(4): 265-278.
- PUERTA, G. I. 2011. Composición química de una taza de café. Editado por Sandra Marín. Caldas, Colombia, Cenicafé. 12 p.
- PUERTA, Q.G.I., GONZÁLEZ, R.F.O., CORREA, P.A., ÁLVAREZ, L.I.E., ARDILLA, C.J.A., GIRÓN, O.O.S., RAMÍREZ, Q.C.J., BAUTE, B.J.E.,

- SÁNCHEZ, A.P.M., SANTAMARÍA, B.M.D., MONTOYA, D.F. 2016. Diagnóstico de la calidad del café según la altitud suelos y beneficios en varias regiones de Colombia. *Revista Cenicafé, Colombia*. 67(2):15-51.
- QUIÑONES, M., MIGUEL, M., ALEIXANDRE, A. 2012. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición hospitalaria, Madrid, España*. 27(1):76-89.
- RAMALAKSHMI, K., RAO, L. J. M., TAKANO-ISHIKAWA, Y., & GOTO, M. 2009. Bioactivities of low-grade green coffee and spent coffee in different in vitro model systems. *Food Chemistry*, 115(1):79-85.
- RAMOS, V.J.L., CRIOLLO, E.H. 2017. Calidad física y sensorial de *Coffea* arábica L. variedad Colombia, perfil Nespresso AAA, en la Unión Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas, Colombia* 34(2):83-97.
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE, C. 1999. Antioxidant activity applying na improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine, United Kingdom*. 26(9/10): 1231 – 1237.
- RESTREPO, L. F., GONZÁLEZ, J. 2007. From pearson to Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Medellín, Colombia*. 20(2):183-192.
- RIAÑO, L. C. 2013. Efecto de la humedad del café crudo en las propiedades del café tostado. *Entramado, Cali*. 9(2):214-222.
- ROJO, J. E. 2014. *Café I (G. Coffea)*. Serie Botánica. Universidad Complutense, Universidad Complutense 7(2):113-132.

- SACCHETTI, G., DI MATTIA, C., PITTIA, P., MASTROCOLA, D. 2009. Effect of roasting degree, equivalent thermal effect and coffee type on the radical scavenging activity of coffee brews and their phenolic fraction. *Journal of Food Engineering*, Teramo, Italy. 90(1):74-80.
- SALAS, M.G., CRUZ, A.Z., BELMARES, S.Y.S., VALDIVIA, B. 2013. Actividad anticancerígena del ácido gálico en modelos biológicos in vitro. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*. 5(9): 5-11.
- SALAZAR, S. J., BURGOS, R. E., BAUTISTA, D. E. 2015. 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 agronómica*, Colombia. 64(4):342-348.
- SÁNCHEZ R. 2005. "Cultivo producción y comercialización del café". Perú. Editorial Ripalme.
- SANCHEZ, E. 2017. Efecto de tipos de secado del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 en la preservación de polifenoles totales y antocianinas. Tesis Ing. Agroindustrial. Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín. 71 p.
- SANCHEZ-RAMIREZ, J; ANAYA-SOSA, I; VIZCARRA-MENDOZA, M, G; GUTIERRES – LOPEZ, G; SANTIAGO-PINEDA, T.2007. Estudio de la hidrodinámica del café tostado (*Coffea arabica* L.) en lecho fluidizado. *Rev. mexicana de ingeniería química* 6 (2): 185 -192.
- SANDOVAL, M., OKUHAMAA, N. N., ANGELESA, F. M., MELCHORA, V. V., CONDEZOB, L. A., LAOB, J., & MILLERA, M. J. 2002. Antioxidant

- activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). *Food Chemistry*, Tino María, Perú. 79(207):207-213.
- SANTOS, J. R., LOPO, M., RANGEL, A. O., LOPES, J. A. 2015. Exploiting near infrared spectroscopy as an analytical tool for on-line monitoring of acidity during coffee roasting. *Food control*, Portugal. 60:408-415.
- SANTOS, J.R., VIEGAS, O., PÁSCOA, R.N., FERREIRA, I. M., RANGEL, A.O., LOPES, J. A. 2016. In-line monitoring of the coffee roasting process with near infrared spectroscopy: Measurement of sucrose and colour. *Food Chemistry*, Porto, Portugal. 208:103-110.
- SCHMITZ, V, C. 2012. Distintividad y uso de las marcas comerciales. *Rev. Chilena de Derecho*, 39 (1): 9 –31.
- SHANKARANARAYANA, M. 1996. Evaluacion of Coffe Quality Using Chemical and Instrumental Methods *Journal of Coffeee Research* 16(12): 14-22
- SILVA, M.C.D., CASTRO, H.A.O., FARNEZI, M.M.D.M., PINTO, N.A.V.D., SILVA, E.D.B. 2009. Caracterização química e sensorial de cafés da chapada de minas, visando determinar a qualidade final do café de alguns municípios produtores. *Ciênc. Agrotec*, Lavras-Brazil. 33: 1782-1787.
- SILVA, P.A., RABELO, V. M., CALIXTO, J. M. R., DE OLIVEIRA COELHO, P., DE CARVALHO GORSKI, I. R. 2014. Quality assessment of coffee grown in Campos Gerais, Minas Gerais State, Brazil. *Acta Scientiarum Technology*, Maringá-Brazil. 36(4):739-744.

- SILVA, R.F.D., PEREIRA, R.G.F., BORÉM, F.M., MUNIZ, J.A. 2004. Quality of the parchment coffee grown in the southern region of Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia, Brasil*. 28(6):1367-1375.
- SIVETZ, M.; FOOTE, H. 1963. *Coffee processing technology*. Westport, US. v. 1. 598 p.
- SOLÍS, L., HERRERA, C. 2005. Desarrollo de un método de análisis para la cuantificación de ácidos clorogénicos en café. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas, Costa Rica*. 29(2):99-107.
- SOMPORN, C., KAMTUO, A., THEERAKULPISUT, P., SIRIAMORNPUN, S. 2011. Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of Arabica coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). *International journal of food science y technology, Thailand*. 46(11): 2287-2296.
- SUNARHARUM, W.B., WILLIAMS, D.J., SMYTH, H.E. 2014. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Revista Food Research International, Australia*. 62:315–325.
- SYMONOWICZ, M.; SYKULA-ZAJAC, A.; LODYGA-CHRUŚCIŃSKA, E.; RUMORA, I.; STRAUKAS, M. 2012. Evaluation of polyphenols and anthocyanins contents in black chokeberry – *Photiniamelanocarpa* (Michx.) fruits extract. *Acta Pol Pharm* 69(3): 381-7.
- TEMIS-PEREZ, A, L; LOPEZ-MALO, V, A; SOSA MORALES, M, E. 2011. Producción de café (*Coffea arabica* L.): cultivo, beneficios, plagas

y enfermedades. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 5 (2) :54 - 74.

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, Ethiopia*. 150:367-374.

TOVAR, J. 2013. Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregión cafetera. Tesis Químico Industrial. Pereira, Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira. 150 p.

TRUJILLO, C. 2010. Determinación de la influencia de la variedad, estado de madurez y grado de torrefacción en la cuantificación de polifenoles totales en la bebida de café (*Coffea arábica* L.). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 107 p.

UGARTONDO, C. 2009. Caracterización de derivados polifenólicos obtenidos en fuentes naturales. citotoxicidad y capacidad antioxidante frente a estrés oxidativo en modelos celulares. *J. Agric. Food Chem. Barcelona, España*. 54: 6945 -6950.

URBANO, B, O.J. y CEBALLOS, C, D.A. 2018. Evaluación de la calidad el café tostado utilizando herramientas de procesamiento digital de imágenes. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas, Popayán, Colombia*. 30: 30-41.

VALENCIA, J., PINZÓN, M., GUTIÉRREZ, R. 2015. Caracterización físicoquímica y sensorial de tazas de café producidas en el departamento


- del Quindío. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Quindío. 23(36):150-156.
- VALENCIA, J; PINZON, M; GUTIRREZ, R. 2012. Caracterización físicoquímica y sensorial de tazas de café producidas en el departamento de Quindío. Revista Alimentos, 23 (36): 150 -156.
- VALERIO-CUBILLO, O., VARGAS-ELÍAS, 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. In: Journal Article (6., 2016, Bogotá, Colombia). 2016. Congreso. Universidad de Costa Rica. P. 1 - 6.
- VÁSQUEZ, B. 2018. Vida útil de cinco marcas comerciales de café tostado (*Coffea arabica*) en función de su calidad sensorial. Tesis ingeniero de industrias alimentarias. Jaén, Perú. Universidad Nacional de Jaén. 112 p.
- VEGA, A., DE LEÓN, J.A., REYES, S.M. 2017. Determinación del contenido de polifenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de 34 cafés comerciales de Panamá. Información tecnológica, República de Panamá. 28(4):29-38.
- VILCA, S. 2014. Evaluación de la influencia de parámetros de fermentación en la calidad sensorial del café (*Coffea arabica* L.) del valle de Inambari–Sandia. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Puno-Perú. Universidad Nacional Del Altiplano. 141 p.

- VIRGEN-NAVARRO, L., HERRERA-LÓPEZ, E.J., ESPINOSA-ANDREWS, H., GUATEMALA-MORALES, G.M, CORONA-GONZÁLEZ, R.I., 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, Federal, México.* 15(2):513-524.
- VIZCARRA, E. 2017. Evaluación de la calidad organoléptica de dos cultivares de café (*coffea arábica* L.) fermentadas en cuatro tiempos diferentes en el sector de Garabito, Santa Ana la Convención. Tesis. Ing. Agrónomo. Cusco, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 57 p.
- WALPOLE, R., MYERS, R., MYERS, S. 1999. Probabilidad y estadística para ingenieros. Trad. Por Ricardo Cruz. 6a ed. México, Prentice-Hall Hispanoamerica. S.A. 752 p.
- WANG, N., LIM, L.T. 2012. Fourier transform infrared and physicochemical analyses of roasted coffee. *J. Agric. Food Chem, Canada.* 60:5446-5453.
- WANG, X., WILLIAM, J., FU, Y., LIM, L.T. 2016. Effects of capsule parameters on coffee extraction in single-serve brewer. *Food Research International, Canadá.* 89:797-805.
- WOODMAN, J. S. Carboxylic Acids. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. *Coffee: chemistry.* New York: Elsevier Applied Science, v. 1, cap. 8, p. 266-289, 1985.

- ZAMBRANO, F. 2014. Determinar la calidad de granos de selecciones avanzadas de café robusta (*Coffea canephora*). Tesis. Ing. Agrónomo. Cusco, Perú. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 114 p.
- ZAPATA, A., SARACHE, W. A. 2014. Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método Taguchi. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería. Scielo. 22(1):116-124.

ANEXO


ANEXO-I: Ficha de evaluación sensorial de café tostado molido comercial



La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación

Clasificación:

6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75



Junta Nacional del Café

Nombre:

Fecha: Mesa: Sesión:

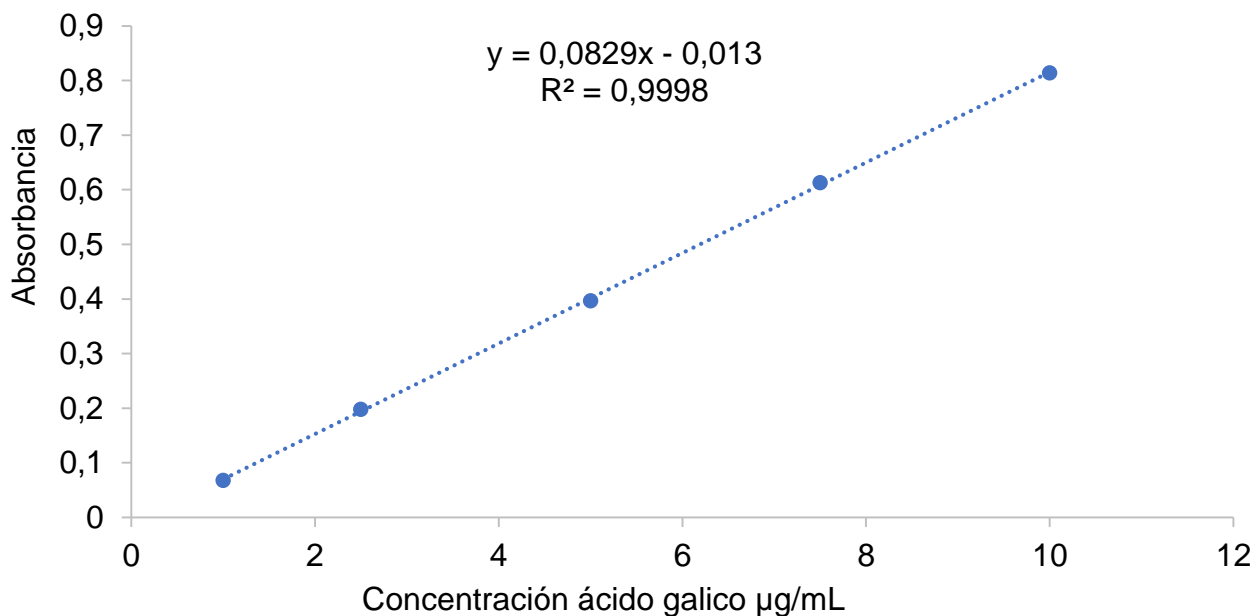
MUESTRA #	El Nivel de Jugo	Fragancia/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Cataador	Suma
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
		Sabor Residual		Intensidad		Balance		Defectos (Sustraer)	
								Ligero = 2	
								Rechazo = 4	
								<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>	
Notas:									Puntaje Final

MUESTRA #	El Nivel de Jugo	Fragancia/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Cataador	Suma
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
		Sabor Residual		Intensidad		Balance		Defectos (Sustraer)	
								Ligero = 2	
								Rechazo = 4	
								<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>	
Notas:									Puntaje Final

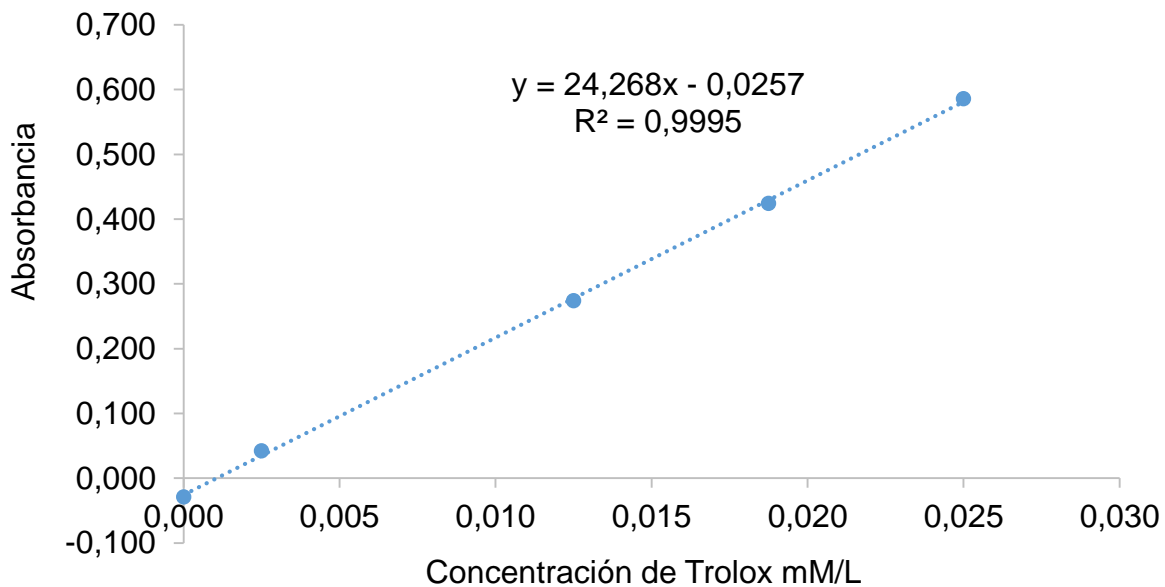
MUESTRA #	El Nivel de Jugo	Fragancia/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Cataador	Suma
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
		Sabor Residual		Intensidad		Balance		Defectos (Sustraer)	
								Ligero = 2	
								Rechazo = 4	
								<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>	
Notas:									Puntaje Final

MUESTRA #	El Nivel de Jugo	Fragancia/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Cataador	Suma
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
						<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="text"/>
		Sabor Residual		Intensidad		Balance		Defectos (Sustraer)	
								Ligero = 2	
								Rechazo = 4	
								<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>	
Notas:									Puntaje Final

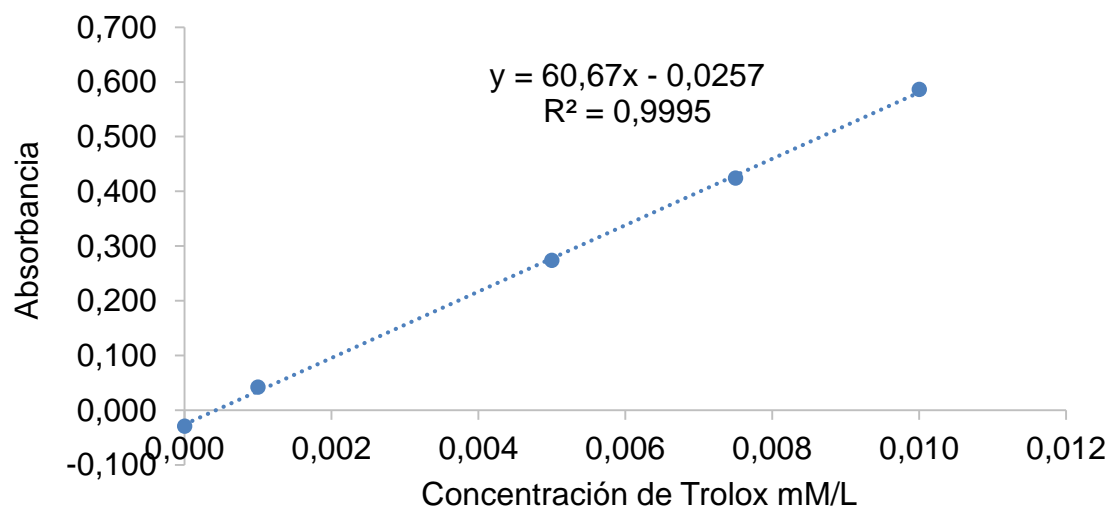
ANEXO-II: Comportamiento de la curva estándar de ácido gálico para la cuantificación de polifenoles totales.



ANEXO-III: Comportamiento de la curva estándar del Trolox para la inhibición del radical DPPH.



ANEXO-IV: Comportamiento de la curva estándar del Trolox para la inhibición del radical ABTS.



ANEXO-V: Análisis de varianza de humedad

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P _{valor}	Sig.
Tratamientos	28	28,8764	1,0313	1786,53	<0,0001	**
Error experimental	58	0,0335	0,0006			
Total	86	28,9099				

$R^2 = 0,9988$ C.V. = 2,5448 M.S.E. = 0,0240 Media = 30,9441

ANEXO-VI: ANVA de acidez titulable total

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P _{valor}	Sig.
Tratamientos	28	10,3773	0,3706	154,92	<0,0001	**
Error experimental	58	0,1388	0,0024			
Total	86	10,5160				

$R^2 = 0,9868$ C.V. = 2,7704 M.S.E. = 0,04891 Media = 1,7655

ANEXO-VII: Análisis de varianza de sólidos solubles totales

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	28	132,9277	4,7474	13,26	<0,0001	**
Error experimental	58	20,7724	0,3581			
Total	86	153,7001				
$R^2 = 0,8649$		C.V. = 2,6428		M.S.E. = 0,5885		Media = 22,6445

ANEXO-VIII: Análisis de varianza de luminosidad (L*)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	28	397,2658	14,1881	229,72	<0,0001	**
Error experimental	87	5,03734	0,0618			
Total	115	402,6392				
$R^2 = 0,9867$		C.V. = 0,7935		M.S.E. = 0,2485		Media = 31,3617

ANEXO-IX: Análisis de varianza de cromas a*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	28	124,1052	4,4323	543,21	<0,0001	**
Error experimental	87	0,7099	0,0082			
Total	115	124,8151				
$R^2=0,9943$		C.V.=1,2769		M.S.E.=0,0903		Media=7,0743

ANEXO-X: Análisis de varianza de cromas b*

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	28	679,4829	24,2672	218,53	<0,0001	**
Error experimental	87	9,6613	0,1110			
Total	115	689,1442				
$R^2=0,9860$		C.V.=2,9951		M.S.E.=0,3332		Media=11,1261

ANEXO-XI: Resultados de las absorbancias a partir de las concentraciones de trabajo para la curva estándar de polifenoles.

Concentración ug EAG/mL	Absorbancia (740 nm)
1	0,068
2,5	0,198
5	0,397
7,5	0,613
10	0,814

ANEXO-XII: Análisis de varianza de polifenoles totales

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P _{valor}	Sig.
Tratamientos	28	137,8148	4,9219	63,16	<0,0001	**
Error experimental	58	4,5196	0,0779			
Total	86	142,3344				
R ² =0,9682		C.V.=1,1909	M.S.E.=0,2792	Media=23,4394		

ANEXO-XIII: Análisis de varianza de inhibición del radical DPPH

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P _{valor}	Sig.
Tratamientos	14	0,0109	0,0008	150,98	<0,0001	**
Error experimental	30	0,0002	0,0000			
Total	44	0,0110				
R ² =0,9860		C.V.=1,4973	M.S.E.=0,0023	Media=0,1516		

ANEXO-XIV: Análisis de varianza inhibición del radical ABTS**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	14	0,0137	0,0010	20,14	<0,0001	**
Error experimental	30	0,0015	0,0000			
Total	44	0,0152				
R ² =0,9038		C.V.=4,7209	M.S.E.=0,0070		Media=0,1476	

ANEXO-XV: Análisis de varianza del atributo fragancia/aroma en catación

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	14	8,0611	0,5758	8,92	<0,0001	**
Error experimental	30	1,9583	0,0653			
Total	44	10,0194				
R ² =0,8045		C.V.=3,7359	M.S.E.=0,2555		Media=6,8389	

ANEXO- XVI: Análisis de varianza del atributo sabor en catación

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	14	6,7583	0,4827	9,39	<0,0001	**
Error experimental	30	1,5417	0,05139			
Total	44	8,3000				
R ² =0,8143		C.V.=3,2462	M.S.E.=0,2267		Media=6,833	

ANEXO-XVII: Análisis de varianza del atributo sabor residual en catación

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	14	6,0778	0,5770	6,20	<0,0001	**
Error experimental	30	2,7917	0,0931			
Total	44	10,8694				

R²=0,8143 C.V.=3,2462 M.S.E.=0,2267 Media=6,833

ANEXO-XVIII: Análisis de varianza del atributo acidez en catación

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	14	6,6111	0,4722	10,97	<0,0001	**
Error experimental	30	1,2917	0,0406			
Total	44	7,9028				

R²=0,8366 C.V.=2,9525 M.S.E.=0,2075 Media=7,0278

ANEXO-XIX: Análisis de varianza del atributo cuerpo en catación

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	14	7,7861	0,5562	7,70	<0,0001	**
Error experimental	30	2,1667	0,0722			
Total	44	9,9528				

R²=0,7823 C.V.=3,9106 M.S.E.=0,2687 Media=6,8722

ANEXO- XX: Análisis de varianza del atributo balance en catación

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	14	5,6167	0,4012	7,60	<0,0001	**
Error experimental	30	1,5833	0,0528			
Total	44	7,2000				
<hr/>						
R ² =0,7801	C.V.=3,3055		M.S.E.=0,2297		Media=6,9500	

ANEXO-XXI: Análisis de matriz de correlación/Probabilidad – atributos.

Matriz de correlación / Probabilidad						
	Fragancia /aroma	Sabor	Postgusto	Acidez	Cuerpo	Balance
Fragancia /aroma						
Sabor	0,0006	1				
Postgusto	0,0267	0,7	0,0036			
Acidez	0,0055	0,94	< 0,0001	0,0031		
Cuerpo	0,0009	0,94	< 0,0001	0,0018	< 0,0001	
Balance	0,0011	0,93	< 0,0001	0,0012	< 0,0001	< 0,0001

ANEXO-XXIII: Análisis de varianza de puntajes de calidad en taza

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	P_{valor}	Sig.
Tratamientos	14	274,4861	19,6062	21,52	<0,0001	**
Error experimental	30	27.3333	0,9111			
Total	44	301.8194				
<hr/>						
R ² =0,9094	C.V.=1,2177		M.S.E.=0,9545		Media=78,388	

ANEXO-XXII: Análisis de componentes principales de los atributos de catación

Autovalores			
Lambda	Valor	Proporción	Prop. Acumulada
1	5,03	0,84	0,84
2	0,44	0,07	0,91
3	0,34	0,06	0,97
4	0,11	0,02	0,99
5	0,05	0,01	0,99
6	0,03	0,01	1,00

Autovalores		
Variables	e¹	e²
Fragancia/Aroma	0,37	-0,64
Sabor	0,43	-0,13
Sabor Residual	0,36	0,75
Acidez	0,42	0,07
Cuerpo	0,43	-0,04
Balance	0,43	0,03

Correlación con las variables originales		
Variables	CP 1	CP 2
Fragancia/Aroma	0,83	-0,42
Sabor	0,97	-0,09
Sabor Residual	0,81	0,50
Acidez	0,95	0,04
Cuerpo	0,96	-0,03
Balance	0,97	0,02

Correlación cofenética = 0,991