

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS,

MENCIÓN: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“EVALUACIÓN SENSORIAL, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y POLIFENOLES
TOTALES DE MEZCLAS DE CAFÉ ARABICA VARIEDAD CATURRA Y
CATIMOR”**

Tesis

Para optar el grado académico de

MAESTRO EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS

MENCIÓN: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

MARÍA DE GUADALUPE DÍAZ DELGADO

Tingo María – Perú

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO



DIRECCIÓN

"Año de la universalización de la salud"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Nro. 017 -2020-EPG-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 11.00 am del día viernes 30 de octubre del 2020, reunidos en el Aula Virtual Ms TEAMS de la Escuela de Posgrado, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

“EVALUACIÓN SENSORIAL, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y POLIFENOLES TOTALES DE MEZCLAS DE CAFÉ ARABICA VARIEDAD CATURRA Y CATIMOR”.

A cargo del candidato al Grado de Maestro En Ingeniería de Alimentos, mención: Ingeniería Agroindustrial: **MARÍA DE GUADALUPE DÍAZ DELGADO.**

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 12:30 pm el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
Ing, MSc. WILLIAMS ROLDAN CARBAJAL
Presidente del Jurado

.....
Ing. MSc. JAIME BASILIO ATENCIO
Miembro del Jurado

.....
MSC. MILAGROS FOLLEGATTI ROMERO
Miembro del Jurado

.....
Dr. ELIZABETH ORDOÑEZ GOMEZ
Asesor

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme cuidado y cuidado a mi familia en este difícil momento que el mundo está atravesando.

A mi madre

Por su infinito amor y ser el motor que me impulsa siempre para superarme.

A mi familia

Por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

- A mi alma mater la Universidad Nacional Agraria de la Selva y a los docentes de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias por los conocimientos impartidos.
- A mi asesora de tesis, Dra. Elizabeth S. Ordoñez Gómez, por haberme brindado su apoyo durante mi formación profesional, desde las practicas preprofesionales, tesis de pregrado y ahora con la tesis de posgrado. Muchas gracias por su tiempo y dedicación.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION.....	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
2.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	3
2.2 MATERIA PRIMA.....	3
2.3 MATERIALES, EQUIPOS DE LABORATORIO Y/O PROCESO, REACTIVOS Y SOLVENTES.....	3
2.3.1 MATERIALES DE LABORATORIO Y/O PROCESO.....	3
2.3.2 EQUIPOS DE LABORATORIO Y/O PROCESO.....	4
2.3.3 REACTIVOS Y SOLUCIONES.....	4
2.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	4
2.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	5
2.5.1 OBTENCIÓN DE CAFÉ VERDE ORO.....	5
2.5.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	5
2.5.3 EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR.....	6
2.5.4 EVALUACIÓN SENSORIAL (ATRIBUTOS Y CALIDAD DE TAZA) DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR.....	6
2.5.5 CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR.....	8
2.5.6 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR.....	9
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1 ASPECTOS GENERALES SOBRE CAFÉ.....	12
3.1.1 CAFÉ.....	12
3.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CULTIVO DE CAFÉ...	12
3.1.3 <i>COFFEE ARABICA</i> L.....	13
3.1.4 FRUTO DEL CAFÉ.....	13

3.2 PROCESAMIENTO DEL GRANO DE CAFÉ VERDE.....	15
3.2.1 MEZCLAS DE CAFÉ.....	15
2.2.2 TOSTADO Y MOLIDO.....	16
3.3 CALIDAD DEL CAFÉ.....	18
3.3.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CAFÉ.....	18
3.3.2 PROTOCOLO DE CATACIÓN.....	19
3.4 GENERALIDADES DE POLIFENOLES Y ANTIOXIDANTES	20
3.4.1 POLIFENOLES.....	20
3.4.2 POLIFENOLES PRESENTES EN CAFÉ.....	21
3.4.3 MÉTODO FOLIN – CIOCALTEU (FC).....	21
3.4.4 ANTIOXIDANTES.....	22
3.4.5 CAFÉ COMO FUENTE DE ANTIOXIDANTES.....	22
3.4.6 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	23
IV. RESULTADOS.....	25
4.1 EVALUACIÓN DEL COLOR DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR.....	25
4.2 EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR.....	26
4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL (ATRIBUTOS Y CALIDAD DE TAZA) DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR	27
4.3.1 EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS.....	27
4.3.2 EVALUACIÓN DE CALIDAD DE TAZA.....	31
4.4 CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR.....	33
V. DISCUSIONES.....	34
5.1 EVALUACIÓN DEL COLOR DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR.....	34
5.2 EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR.....	35
5.3 EVALUACIÓN SENSORIAL (ATRIBUTOS Y CALIDAD DE TAZA) DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR	37

5.3.1 EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS.....	37
5.3.2 EVALUACIÓN DE CALIDAD DE TAZA.....	45
5.3 CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR.....	46
VI. CONCLUSIONES.....	49
VII. RECOMENDACIONES.....	50
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	51
IX. ANEXOS.....	62

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Escala de calidad por atributo.....	7
2. Clasificación de calidad del puntaje final.....	8
3. Concentración de trabajo para la determinación de polifenoles totales	9
4. Concentraciones de trabajo utilizadas para el análisis de la capacidad antioxidante frente al radical DPPH.....	10
5. Concentraciones de trabajo utilizadas para el análisis de la capacidad antioxidante frente al radical ABTS ^{o+}	10
6. Resultados de la evaluación de color de café tostado molido en diferentes porcentajes de mezclas entre café caturra y catimor con tres niveles de tostado mediante la escala CIELab.....	25
7. Resultados de la evaluación fisicoquímica de la bebida café con diferentes porcentajes de mezclas entre la variedad caturra y catimor.....	26
8. Resultado de la evaluación de los atributos de catación de café con diferentes porcentajes de mezclas entre café arábica variedad caturra y catimor.....	28
9. Análisis de Matriz de correlación / coeficientes – atributos de mezclas de cafés entre variedades caturra y catimor.....	30
10. Resultados de la calidad en taza de cafés con diferentes porcentajes de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.....	32
11. Resultados de la cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante de mezclas de café entre variedades caturra y catimor...	33

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Diseño experimental para la evaluación sensorial, polifenoles totales y actividad antioxidante de mezclas de café caturra y catimor.....	11
2	Representación de los atributos de catación de mezclas entre café arábica variedad caturra y catimor (A) tostado claro, (B) tostado medio, (C) tostado oscuro.....	29
3	Análisis de componentes principales en catación de mezclas de café variedades caturra y catimor.....	30
4	Análisis de conglomerados de mezclas de café entre variedades caturra y catimor.....	31

RESUMEN

La finalidad fue evaluar el color, la composición fisicoquímica, sensorial y cuantificar el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) de mezclas de café entre variedades caturra (CR) y catimor (CM) en tres grados de tostado. Las muestras se tostaron por cada variedad y fueron: claro ($190\pm 10^{\circ}\text{C}/10\text{min}$), medio ($190\pm 10^{\circ}\text{C}/11\text{min}$), oscuro ($190\pm 10^{\circ}\text{C}/12\text{min}$), y se realizaron mezclas como: 80%CR+20%CM, 60%CR+40%CM, 40%CR+60%CM, 20%CR+80%CM, 100%CR y 100%CM para cada nivel de tostado. Del color los mayores valores de L^* , a^* y b^* estuvieron en tostado claro disminuyendo hasta tostado oscuro; el mayor pH fueron para las mezclas 60%CR+40%CM, 80%CR+20%CM y 100%CR tostado oscuro; la acidez titulable varió entre 2,31 (100%CR) a 1,88 mL NaOH/g (100%CM); el menor $^{\circ}\text{Brix}$ fue $1,26\pm 0,06$ en tostado claro 100%CM. La evaluación sensorial fue realizada por cuatro expertos, el mayor puntaje para calidad de taza fue 84,13 “especialidad” tostado medio (60%CR+40%CM), obteniendo para esta mezcla los mayores puntajes en atributos con 7,8 para fragancia/aroma, sabor residual, cuerpo y balance, calificación “muy bueno”. De los componentes principales CP1 y CP2 explicaron el 89,8% de la variabilidad total; mediante conglomerados se obtuvieron cuatro grupos correspondiendo el grupo 1 a 60%CR+40%CM y 80%CR+20%CM (mayores puntajes), y el grupo 4 a 100%CM (menor puntaje); se obtuvieron correlaciones entre sabor con sabor residual ($r=0,88$), sabor con balance ($r=0,88$), sabor residual con balance ($r=0,90$); el mayor contenido de polifenoles totales se encontró en tostado medio 80%CR+20%CM con $35,5\pm 0,80$ mgAG/g; el mejor valor de IC_{50} para DPPH y ABTS se encontró en tostado claro.

Palabras clave: Antioxidantes naturales, café, cafeto.

ABSTRACT

The purpose was to evaluate the color, physicochemical composition, sensory traits and to quantify the total polyphenols and antioxidant capacity (DPPH and ABTS) of mixes of the caturra (CR in Spanish) and catimor (CM) varieties of coffee at three roasting degrees. The samples of each variety were roasted at: light ($190\pm 10^{\circ}\text{C}/10\text{min}$), medium ($190\pm 10^{\circ}\text{C}/11\text{min}$) and dark ($190\pm 10^{\circ}\text{C}/12\text{min}$), and mixes were made: 80%CR+20%CM, 60%CR+40%CM, 40%CR+60%CM, 20%CR+80%CM, 100%CR y 100%CM for each roasting level. For the color, the greatest values of L^* , a^* and b^* were found in the light roast, which diminished up to the dark roast; the greatest pH was in the 60%CR+40%CM, 80%CR+20%CM and 100%CR dark roast mixes; the titratable acid varied between 2.31 (100%CR) and 1.88 mL NaOH/g (100%CM); the lowest °Brix was 1.26 ± 0.06 for the 100%CM at a light roast. The sensory evaluation was done by four experts where the highest score for cupping quality was 84.13 for the “specialty” medium roast (60%CR+40%CM); this mix obtained the highest score in the attributes with a 7.8 for fragrance/aroma and the residual flavor, body and balance qualified as “very good.” Of the principal components, CP1 and CP2 explained the total variability at 89.8%; through conglomerates, four groups were obtained, which corresponded to group 1 at 60%CR+40%CM and 80%CR+20%CM (highest scores) and group 4 at 100%CM (lowest score). Correlations between flavor with residual flavor ($r = 0.88$), flavor with balance ($r = 0.88$) and residual flavor with balance ($r = 0.90$) were obtained; the greatest polyphenol content was found for the 80%CR+20%CM medium roast with 35.5 ± 0.80 mgAG/g; and the best IC_{50} value for DPPH and ABTS was found for the light roast.

Keywords: natural antioxidants, coffee, coffee tree.

I. INTRODUCCION

El café es una planta nativa de Etiopia (África) de donde se difundió por todo el mundo, pero lo que comúnmente conocemos como café es la bebida preparada de los granos tostados, molidos **(BUFFO y CARDELLI-FREIRE, 2004)**; la producción comercial de café se divide principalmente entre dos especies: “*Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre”, siendo *C. arabica* la que representa el 65% de la producción mundial de café **(CHO et al., 2013)**. La bebida del café es una de las más populares en todo el mundo, su consumo puede variar significativamente según la región geográfica y la evaluación individual, por esta razón, se ha dirigido una mayor atención al estudio de los beneficios del café **(ODŽAKOVI et al. 2016)** debido a que contiene cantidades significativas de compuestos que ejercen propiedades antioxidantes y otras propiedades biológicas beneficiosas **(FARAH, 2012)**; por su parte el café arábica es conocido por producir bebidas de alta calidad, los consumidores buscan bebidas saludables y de calidad, aumentando la demanda para la producción de cafés con altas características sensoriales **(BARBOSA et al. 2019)**, siendo el tostado uno de los procesos que más afectan la calidad de la bebida, pero necesario para desarrollar las propiedades organolépticas de los granos y provocar cambios en el contenido de proteínas, polisacáridos, trigonelina y ácidos clorogénicos (CGA) **(CHO et al. 2013)**. Actualmente el Perú tiene 16 regiones productoras de café siendo las principales San Martín, Junín, Cajamarca, Amazonas y Cuzco. La región Huánuco participa con el 3% de la producción nacional **(MINAGRI, 2019b)**, goza de un gran potencial agrícola por su variedad climática y diversos pisos ecológicos **(PCM, 2013)** y cuenta con características edafoclimáticas adecuadas para el cultivo de *Coffea arabica* en selva alta (1000 a 2000 m.s.n.m) **(MINAGRI, 2019b)**, estas condiciones favorables proveen los medios necesarios para la producción de bebidas de alta calidad, generando ingresos importantes para los productores de café **(SCHOLZ et al. 2018)**; sin embargo diversos factores (variedades, edad de la plantación, temporada de cosecha, suelo, clima, entre otros) hacen difícil garantizar un café de una sola variedad con características organolépticas sostenibles en el

tiempo; es por ello que los blends o mezclas de café nos ayudan a lograr uniformidad y mejorar el precio de variedades poco sobresalientes individualmente, permitiéndonos ajustar y potenciar las características de la taza de café (**D' ARENY, 2016**); cuando se produce café se considera la variedad del grano indicando su origen varietal no obstante en nuestro país se comercializa una mezcla de variedades de café arábico diferentes en sus características morfológicas y agronómicas (**PALOMINO et al, 2014**) sin tener en cuenta como las mezclas afectan los perfiles sensoriales de cada variedad y si ello repercute en el precio del producto final, por los motivos antes expuestos y con el fin de conocer y potenciar las características organolépticas de mezclas de variedades de café arábica y con ello mejorar el ingreso económico del agricultor se trazó los siguientes objetivos:

- J) Evaluar el color, la composición fisicoquímica de mezclas de café entre variedades caturra y catimor en tres grados de tueste.
- J) Evaluar sensorialmente mezclas de café entre variedades caturra y catimor en tres grados de tueste.
- J) Cuantificar el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) de mezclas de café entre variedades caturra y catimor en tres grados de tueste.
- J) Determinar los porcentajes de mezclas de café entre las variedades caturra y catimor con las cuales es posible obtener una bebida con mejor calidad.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se desarrolló en el CIDBAM (Centro de investigación para el Desarrollo Biotecnológico de la Amazonía) que se encuentra ubicado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) con una altitud de 660 m.s.n.m a 09° 17' 08" latitud sur, a 75° 59'52" longitud oeste. El análisis sensorial fue ejecutado en la Escuela Técnica de café "Puro Aroma" ubicado en Victor Raúl Haya de la Torre Mz. L Lt 2; ambos ubicados en el distrito de Rupa- Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, con clima cálido, alta precipitación y con una humedad relativa media de 84% y temperatura media anual de 24°C. El análisis de color se realizó en el Laboratorio de análisis por instrumentación de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL) ubicado en el departamento de Huánuco.

2.2 MATERIA PRIMA

El café (*Coffea arábica* L.) var. Caturra (cultivo de 5 años) y Catimor (cultivo de 4 años) en pergamino procedente de la finca integral propiedad del Ing. Milton Huarauya Aguirre; cultivadas a 1700 msnm en el caserío Rio Azul - Km 39,5, carretera Tingo María – Aguaytia, 09° 12' 07,8" latitud sur, a 75° 48' 50,7" longitud oeste, Distrito de Hermilio Valdizán, Provincia Leoncio Prado; se obtuvieron por cosecha selectiva, fermentación húmeda de 20 horas y secado solar hasta 12% de humedad en temporada alta.

2.3 MATERIALES, EQUIPOS DE LABORATORIO Y/O PROCESO, REACTIVOS Y SOLVENTES

2.3.1 MATERIALES DE LABORATORIO Y/O PROCESO

Probetas graduadas de 100 mL; vasos de precipitación de 50 a 250 mL; pipetas graduadas de 2, 5 a 10 mL; fioles de 10, 25, 50 mL; embudos de vidrio marca Brand; micropipetas 20-200 μ L y 200-1000 μ L, termómetro , tubos endof de 100 mL, tips de 1 mL, microtubos de 1 mL, cubetas de poliestireno de 1 x 1 x

4,5 cm, papel filtro N° 40, malla US 20, pirex de 200 mL, cucharas, recipientes de plástico.

2.3.2 EQUIPOS DE LABORATORIO Y/O PROCESO

Balanza analítica MRC ASB – 220 – C2 max. 220 g - 10 mg d=0,1 mg; analizador de humedad modelo Tester (Gehaka Agri G-600) serie N°13071535001010 - Brasil; trilladora modelo Laboratorio (IMSA) serie N°136-12, Kw 1Hp, velocidad 1740 rpm - Perú; tostadora semi-industrial modelo T-200 (IMSA) serie N°103, Kw 1,3Hp, T°max 350°C, velocidad 1740 rpm; molinillo de café modelo Artisan 5KCG0702 240 V/60 Hz capacidad 200g-Alemania, espectrofotómetro Thermo Scientific modelo Genesys 6 - USA; colorímetro modelo Chroma meters CR-400 (Konica minolta) 50 a 60 Hz - Japón; centrífuga MIKRO 22R D78532 - Alemania; refrigeradora Coldex - Perú; homogenizador Barnsted International modelo I420GWBN0 - USA, pHmetro METTLER TOLEDO serie 1229415335 - Suiza; refractómetro digital de bolsillo ATAGO PAL 1 - CHINA ; equipo de titulación, destilador de agua GFL N° 11207205 – Alemania, jarra hervidoras (Oster) capacidad 1,7 L.

2.3.3 REACTIVOS Y SOLUCIONES

1,1-diphenyl-2-picrilhydrazyl (DPPH); hidróxido de sodio (NaOH) Scharlau pureza 99,5%; ácido gálico (C₇H₆O₅) al 98,1% Sigma; Folin–ciocalteu phenolreagent, 2,1N; carbonato de sodio (Na₂CO₃ 10 H₂O) Scharlau p.a, fenoltaleína 1%; 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) Sigma grado HPLC, peroxidisulfatosulfato de potasio (K₂S₂O₈) Merck p.a; etanol puriquim Reagent 99%, metanol puriquim Reagent al 99%, agua destilada desionizada.

2.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS

- **Evaluación de color:** Sistema CIELab referido por BICHO *et al.* (2012)
- **Sólidos solubles:** Método referido por PUERTA -QUINTERO (2000)
- **Acidez titulable:** Método potenciométrico referido por PUERTA -QUINTERO (2000) con modificaciones.
- **pH:** Método referido por PUERTA -QUINTERO (2000).
- **Evaluación sensorial:** Se realizó según SCAA (Protocols: Cupping Specialty Coffee, 2015); usando el formato de catación de la SCAA (A-I).

- **Cuantificación de polifenoles totales:** Método espectrofotométrico referido por DEL PINO – GARCÍA *et al.* (2012) con modificaciones.

- **Capacidad antioxidante**

Radical 1,1-diphenyl-2-picrilhydrazyl (DPPH): Método referido por BRAND – WILLIAMS *et al.* (1995) con modificaciones.

Radical ABTS⁺: Método referido por RE *et al.* (1999) con modificaciones.

2.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.5.1 OBTENCIÓN DE CAFÉ VERDE ORO

Se recepcionó granos de café en pergamino de las variedades caturra y catimor, con un contenido de humedad no mayor a 12%. Se seleccionaron los granos que presentaron defectos como: granos pelados, cocos, guayaba y media cara, cáscara/ cisco y pergamino en vano (**SCAA, 2011**). Se realizó el trillado para poder obtener grano verde oro (endosperma), se seleccionaron los granos con defectos como brocados, caracolillos, mordidos (**SCAA, 2011**), seguidamente se pasaron por malla N° 15 (5,95 mm de diámetro), los granos que quedaron sobre malla fueron almacenados en empaques no permeables.

2.5.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Con el café verde oro obtenido se realizó tres niveles de tostado, claro (190 ± 10 °C / 10 min.), medio (190 ± 10 °C / 11 min.) y oscuro (190 ± 10 °C / 12 min.) concordando con **CID y DE PEÑA (2016)**; después del tostado las muestras reposaron 12 horas, para la eliminación del CO₂ y alcanzar temperatura ambiente; posteriormente se realizó 6 mezclas entre las variedades caturra y catimor en porcentajes de: 80% caturra con 20% catimor, 60% caturra con 40% catimor, 40% caturra con 60% catimor, 20% caturra con 80% catimor, 100% caturra y 100% catimor como lo descrito por **ESTEBAN – DIEZ et al. (2006)** por cada nivel de tostado; a continuación se realizó el molido, el cual fue ligeramente más grueso que el que se usa para la preparación por goteo de filtro de papel, con un 70% a 75% de las partículas que pasaron a través de un tamiz de malla 20 estándar de EE. UU según (**SCAA, 2015**). Para la verificación del grado de tostado se realizó la medición del color mediante la escala CIELab; finalmente las muestras fueron almacenadas en empaques trilaminados hasta su posterior uso.

2.5.3 EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

Se realizó la preparación de la bebida de café (53,3 mg/mL) con las mezclas realizadas y se efectuó los análisis por triplicado.

Evaluación del color: El análisis de color del café tostado molido se realizó utilizando un colorímetro Konica Minolta equipado con un cabezal de medición CR-400.

Determinación del pH: Se usó un pH Metro con un electrodo de inmersión en la bebida.

Determinación de sólidos solubles: Se determinó por el método refractométrico con una gota de la bebida de café y se expresó como % de sólidos solubles o °Brix.

Acidez titulable: Se determinó como los mililitros de NaOH necesarios para la titulación de 10mL de la bebida de café hasta pH= 8,3 y a 25°C.

Análisis estadístico: Los resultados de la composición físicoquímica fueron analizados mediante el diseño completo al azar (DCA), cuando el $p < 0,05$ se aplicó la prueba de Tukey (**CONDO y PAZMIÑO, 2015**), mediante el programa InfoStat 2018P. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

2.5.4 EVALUACIÓN SENSORIAL (ATRIBUTOS Y CALIDAD DE TAZA) DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

- **Evaluación de atributos:** La catación se realizó mediante el juicio de cuatro expertos en cata de café Q - Grade y para ello se utilizó el formato de la Taza de Excelencia de **SCCA (2015)**, para cada bebida el puntaje por atributo fue de 0 a 10, dentro de los 15 minutos posteriores a la molienda, se pesó 8 g de muestra se evaluó la fragancia olisqueando el café seco, se utilizó 5 tazas por muestra, a continuación se preparó la infusión adicionando 150 mL de agua caliente cerca de 92 °C (53 mg/mL) por taza, procurando mojar todo el café molido, una vez adicionado el agua se esperó que las partículas de café molido lleguen a la superficie hasta formar una capa llamada costra, la costra se dejó intacta durante al menos 3 minutos, y se realizó su ruptura revolviendo 3 veces logrando que la espuma formada corra por detrás de la cuchara mientras se percibe su aroma suavemente, en base a la evaluación en seco y en húmedo se marcó la puntuación para el atributo fragancia/aroma; posteriormente las partículas de café se llenaron de agua y comenzaron a caer al fondo, a partir de este

momento se realizó la evaluación de los 10 atributos restantes “sabor, acidez, cuerpo, sabor residual, balance, uniformidad, taza limpia, dulzura, defectos y nota global”. Cuando la muestra se enfrió a 71° C en aproximadamente 8 minutos desde la infusión, se inició con la evaluación de taza, el café se aspiró en la boca cubriendo la mayor cantidad de área posible, especialmente la lengua y el paladar superior y se evaluaron los atributos sabor, sabor residual, acidez, cuerpo y balance; a medida que la bebida se acerca a la temperatura ambiente por debajo de 38° C se evaluaron la dulzura, la uniformidad y la taza limpia. Los catadores realizaron un juicio sobre cada taza individual, otorgando 2 puntos por taza por atributo (puntaje máximo de 10 puntos); la evaluación del café culminó cuando la muestra alcanzó aproximadamente los 21° C y el puntaje general es determinado por el catador y se le da a la muestra como "Puntaje de catador" o nota global en función de todos los atributos evaluados, los elementos fueron calificados en una escala de 16 unidades que representan niveles de calidad con incremento de un cuarto de punto (0,25) entre los valores numéricos a partir de 6 hasta 9,75. Estos niveles se aprecian en el siguiente Cuadro.

Cuadro 1. Escala de calidad por atributo **(SCAA, 2015)**

6,00 (Bueno)	7,00 (Muy bueno)	8,00 (Excelente)	9,00 (Excepcional)
6,25	7,25	8,25	9,25
6,50	7,50	8,50	9,50
6,75	7,75	8,75	9,75

Análisis estadístico: Con los resultados de cada atributo evaluado (aroma/fragancia, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia, dulzor) desarrollamos el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), así mismo los puntajes fueron analizados mediante un diseño completo al azar (DCA) aplicamos la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los tratamientos en donde existió diferencia estadística, **(CONDO y PAZMIÑO, 2015)**. El análisis de componentes principales (ACP) se realizó con el fin de describir la variación principal en los datos sensoriales y para obtener los perfiles descriptivos y graficar su respuesta, así mismo se llevó a cabo un análisis de conglomerados y correlaciones **(MOUSSAOUI y VARELA, 2010)**, los cálculos se

realizaron en el programa InfoStat 2018P. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- **Evaluación de calidad de taza:** El puntaje final se calculó primeramente realizando la suma de los puntajes individuales otorgados a cada una de las cualidades primarias en la casilla marcada “puntaje total”, luego se restaron los defectos del “puntaje total” para llegar a un “puntaje final.” El puntaje final se registró en la casilla derecha inferior como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de calidad del puntaje final (SCAA, 2015)

Puntaje total	Descripción de la especialidad	Clasificación
90-100	Excepcional	Especialidad
85-89,99	Excelente	Especialidad
80-84,99	Muy Bueno	Especialidad
< 80,0	Debajo de la calidad especial	No especialidad

Análisis estadístico: Con los resultados se procedió al cálculo de los promedios de calidad en taza o puntaje final los cuales se analizaron mediante un diseño completo al azar (DCA), en los tratamientos en donde existió diferencia estadística, aplicamos la prueba de Tukey $p < 0,05$) (A- VI) (**CONDO y PAZMIÑO, 2015**).

2.5.5 CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

Se preparó las siguientes soluciones stocks de NaCO_3 al 7,5% en H_2O , solución Folin-Ciocalteu 1/10 y estándar de (+)- ácido gálico a 1000 $\mu\text{g/mL}$; a partir de la solución estándar de ácido gálico se preparó diferentes concentraciones para la construcción de la curva (10; 7,5; 5,0; 2,5 y 1 $\mu\text{g/mL}$). En una cubeta se adicionó 100 μL de agua destilada (blanco) y en otras cubetas se adicionó 100 μL del estándar (ácido gálico en diferentes concentraciones), luego se adicionó a cada una de ellas 500 μL de Folin-Ciocalteu 1/10 agitando ligeramente e incubó por 8 minutos a temperatura ambiente en un ambiente oscuro, finalmente la reacción se neutralizó con

400ul de NaCO₃ al 7,5% y se incubó por 2 h en un ambiente oscuro, las absorbancias se registraron a 740nm en un espectrofotómetro uv – visible con las cuales se determinó la ecuación y el coeficiente de correlación con la curva estándar.

En cuanto a las muestras se siguió el mismo procedimiento que con el estándar y se realizaron las diluciones necesarias de la bebida para obtener la concentración de trabajo (Cuadro 3) con el objetivo de que la absorbancia se ubique en el rango de la curva (A – VII).

Cuadro 3. Concentración de trabajo para la determinación de polifenoles totales.

Muestra	mL de bebida (53,3 mg/mL)	mL H₂O destilada	Volumen final	Concentración de trabajo
T1 a T18	30 µL	870 µL	900 µL	1,78 mg/mL

2.5.6 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

) Radical 1,1-diphenyl-2-picrilhydrazyl (DPPH)

Para la determinación de la capacidad antioxidante por medio del radical libre DPPH se realizó la preparación de una solución de DPPH a 1mM que sirvió como stock (0,04g de DPPH en 100 mL de metanol) posteriormente se procedió al almacenamiento a 4°C protegido de la luz hasta su uso, a partir del stock se preparó DPPH a 100 µM la cual se empleó para las reacciones con las muestras. El porcentaje de inhibición del radical DPPH se determinó adicionando 100 µL de muestra (5 diferentes concentraciones entre el 10 a 75% de inhibición del radical) con 900 µl de la solución del radical DPPH a 100 µM en una cubeta de poliestireno; a los 10 min se realizó la lectura de absorbancia a 515 nm; conforme hubo un mayor secuestro de radicales por el antioxidante, la absorbancia disminuyó. Finalmente, el porcentaje de inhibición se calculó haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Donde: \% inhibición DPPH} = [(A_{bc} - A_{bm}) / A_{bc}] \times 100$$

A_{bc}: Absorbancia del DPPH control

A_{bm}: Absorbancia de la muestra en 10 minutos

Para cada concentración de trabajo (Cuadro 4) se obtuvo un porcentaje de inhibición con la cual se planteó una regresión lineal simple y se determinó la capacidad del antioxidante para inhibir el 50% de los radicales libre (IC₅₀).

Cuadro 4. Concentraciones de trabajo utilizadas para el análisis de la capacidad antioxidante frente al radical DPPH

Muestra	Concentración (mg/mL)				
T1 a T18	2,1	1,6	1,1	0,5	0,3

J) Radical 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolino -6- ácido sulfónico) (ABTS^{o+})

Para la formación del radical ABTS^{o+} se realiza la reacción de ABTS (7mM) con persulfato potásico a 14 mM, posteriormente fue incubado en oscuridad a temperatura ambiente durante 18 h. El radical ABTS^{o+} formado se diluyó con metanol para obtener un valor de absorbancia de 0,7 aproximadamente, la cual se hizo reaccionar con las concentraciones de trabajo de la muestra (Cuadro 05) a razón de 10 µL de muestra y 990µL del radical ABTS^{o+} formado. Se registró la disminución de la absorbancia a 734 nm por 5 minutos. Se calculó el porcentaje de inhibición del radical ABTS^{o+} a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ inhibición ABTS } ^{o+} = [(A_{bc} - A_{bm}) / A_{bc}] \times 100$$

Donde: A_{bc}: Absorbancia del control

 A_{bm}: Absorbancia de la muestra en 5 minutos

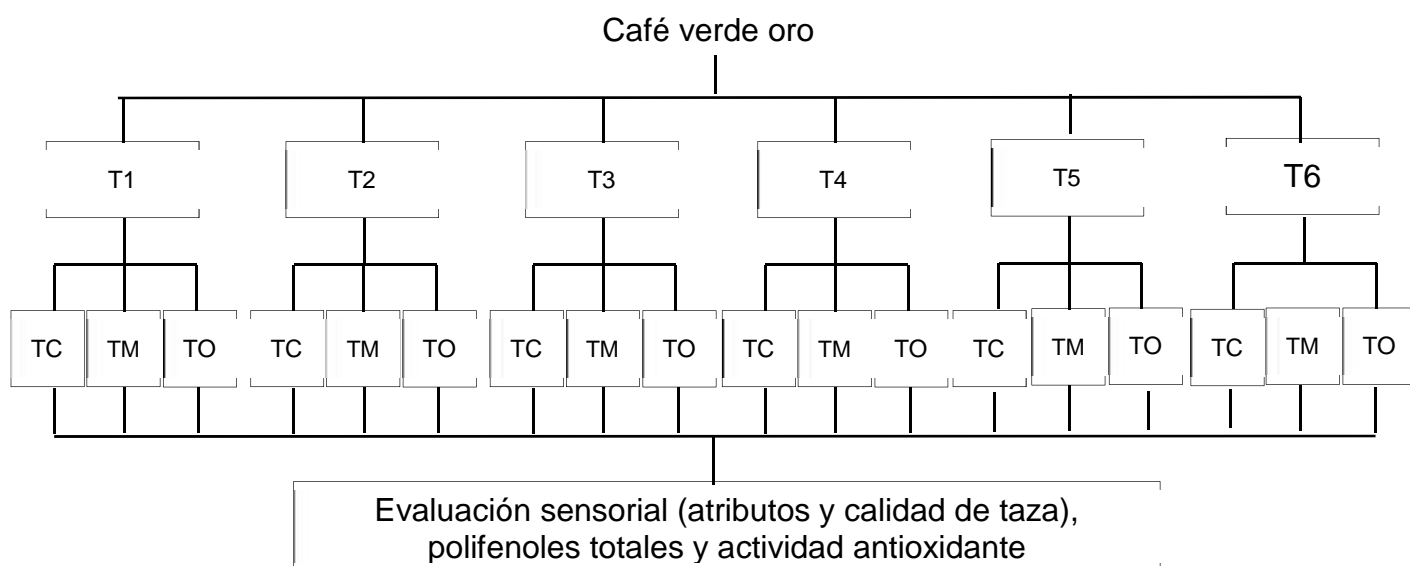
Con el porcentaje de inhibición de cada concentración (Cuadro 5) se planteó una regresión lineal simple y se determinó la capacidad del antioxidante para inhibir el 50% de los radicales libres (IC₅₀).

Cuadro 5. Concentraciones de trabajo utilizadas para el análisis de la capacidad antioxidante frente al radical ABTS^{o+}

Muestra	Concentración (mg/mL)				
T1 a T18	0,21	0,16	0,11	0,05	0,03

Análisis estadístico: Los resultados fueron analizados mediante el programa InfoStat 2018P. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Utilizando el diseño estadístico DCA (Diseño completo al azar); en aquellos tratamientos en donde existió diferencia estadística con $p < 0,05$ aplicamos la prueba de Tukey (CONDO y PAZMIÑO, 2015).

El diseño experimental de evaluación sensorial, cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante de mezclas de café entre variedad caturra y catimor se muestra a continuación en la Figura 01.



Donde: T1: 100% catimor

T2: 20% caturra + 80% catimor

T3: 40% caturra + 60% catimor

T4: 60% caturra + 40% catimor

T5: 80% caturra + 20% catimor

T6: 100% caturra

TC: Tostado claro

TM: Tostado medio

TO: Tostado oscuro

Figura 1. Diseño experimental para la evaluación sensorial, polifenoles totales y actividad antioxidante de mezclas de café caturra y catimor

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 ASPECTOS GENERALES SOBRE CAFE

3.1.1 CAFÉ

Uno de los productos agrícolas más importantes del mundo es el café, con más de 125 millones de personas que derivan directa o indirectamente de sus productos. Se cultiva en aproximadamente 80 países, y abarca más de 10,2 millones de hectáreas de tierra en regiones trópicas y subtropicales del mundo, especialmente en África, Asia y América Latina, por lo que las economías de estos países de cultivo de café dependen en gran medida de los ingresos de este cultivo. El café arábico es conocido por la producción de bebidas de alta calidad, pero es más susceptible a las principales enfermedades del café (**GIMASE et al., 2014**). La variedad *Coffea arabica* L. es uno de los primeros productos agrícolas tradicionales de exportación en Perú; generando empleos para más de más de 2 millones de peruanos en toda la cadena agroproductiva (**MINAGRI, 2019**).

3.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CULTIVO DE CAFÉ

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Sub División	: Angiospermae
Clase	: Magnoliata
Sub Clase	: Asteridae
Orden	: Rubiales
Familia	: Rubiaceae
Género	: Coffea
Especie (s)	: “ <i>Arabica, canephora, liberica</i> ”, etc. (AÑAMURO, 2015).

De las más de 100 especies correspondientes al género *Coffea*, solamente 2 de las especies importantes económicamente: “*Coffea arabica, Coffea canephora*” (**ANACAFÉ, 2019**); que son conocidos como cafés arábicos y robustas,

respectivamente, el café arábico exhibe aroma y acidez pronunciadas y el café robusta posee mayor cuerpo (**PUERTA – QUINTERO, 1998**).

3.1.3 COFFEE ARABICA L.

Es un arbusto de hoja perenne, originado en regiones montañosas de Etiopía, sensible al calor y con una humedad relativa ideal entre 70 - 85% y sule aproximadamente el 70% de la producción de café en el mundo (**DIAZ y PERDOMO, 2015**). Variedades comunes de arábica en américa latina tienen su origen en semillas de unas pocas plantas originadas en Etiopía; algunas de estas variedades son Típica y Bourbon, quienes han dado origen a otras por medio de mutaciones naturales o por cruzamientos espontáneos e inducidos, como el Caturra, Mundo Novo, Catuaí, Pache, Villa Sarchí, Pacas, Maragogipe, etc. (**ANACAFÉ, 2019**).

Caturra: Descubierta en Brasil a principios del siglo XX, es una mutación de Bourbon, planta baja, poco ramificado con eje principal grueso, ramas secundarias abundantes y entrenudos cortos. Esta variedad produce frutos de color rojo y frutos amarillo, produce granos medianos, la maduración del fruto es precoz y con excelente calidad de taza (bebida), las variedades de *coffea arabica* sufren los mayores daños por la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix Berk et Br.*) (**ANACAFÉ, 2019**).

Catimor: Cruce entre el Híbrido de Timor # 832-1 que es resistente a la roya y la variedad Caturra, fue realizado en Portugal en 1959, hace referencia a gran variedad de líneas y poblaciones de cafetos descendientes; debido a diversos procesos de selección llevados a cabo en diversos países, se desarrollaron una variedad de catimores, cada grupo con diversas particularidades, estas plantaciones son productivos, de desarrollo temprano y el manejo del cultivo es exigente, también demuestran ser más susceptibles a enfermedades como ojo de gallo, así como una calidad de taza menor (**ANACAFÉ, 2019**). Se ha planteado que el Híbrido de Timor es un cruzamiento natural entre las especies *C. arabica* y *C. canephora* (**MORENO y ALVARADO, 2000**).

3.1.4 FRUTO DEL CAFÉ

Consiste en una piel exterior lisa y áspera o pericarpio, de coloración verde en frutos inmaduro a rojo violáceo o rojo intenso en frutos maduros (otras variaciones son naranja, amarillo en otros genotipos particulares). El pericarpio es la

parte que cubre la pulpa suave amarillenta, fibrosa y dulce o también llamado mesocarpio externo; todo esto es continuado por una capa de mucílago delgada, translúcida, incolora, viscosa y altamente hidratada conocida como capa de pectina, posteriormente se observa un delgado color amarillento de endocarpo conocido como pergamino; en último lugar se encuentra la parte plateada que cubre cada emisión del grano de café llamado endospermo **(ESQUIVEL y JIMENEZ, 2012)**.

La cosecha de los frutos es el primer paso en el procesamiento poscosecha de café. El desarrollo heterogéneo de los frutos del café conduce a una presencia simultánea de diferentes etapas de maduración en el mismo cafeto, es decir, verde (inmaduro), cereza (madura) y pasas (demasiado maduras), cuando maduran, los frutos del café presentan concentraciones más bajas de compuestos fenólicos, lo que implica una reducción de la astringencia; además, las cerezas de café muestran un mayor contenido de compuestos volátiles (aldehídos, cetonas y alcoholes superiores) en comparación a frutos inmaduros. Por lo tanto, la cosecha de café debe iniciarse cuando la planta alcanza una etapa homogénea de maduración con una prevalencia mínima de frutos inmaduros. Después de la cosecha, el procesamiento del café debe realizarse lo más rápido posible para prevenir el deterioro de la fruta por fermentación o formación de moho. El fruto consta de capas, la externa conformado por la piel y la pulpa son fácilmente eliminado, mientras que el mucílago, el pergamino y la piel plateada están firmemente unidos al grano. En el procesamiento en seco, las semillas están expuestas al sol o al aire, secados hasta que el contenido de humedad sea aproximadamente del 10% al 12%; después del secado, los frutos son limpiados y descascarados, para luego eliminar la piel y la pulpa secas. En el procesamiento en húmedo, se desarrolla una serie relativamente compleja de pasos, incluida la eliminación mecánica de la piel y pulpa del café, degradación microbiana (fermentación) de la capa de mucílago y finalmente, eliminación de agua por secado al sol hasta 10 – 12% de humedad **(MELO et al., 2018)**; durante la etapa de fermentación la capa de mucílago es hidrolizado por enzimas que se encuentran en los tejidos del café y por microorganismos que se encuentran sobre las pieles de las frutas, la población de microorganismos tiene influencia directa en la calidad final de los granos de café, en general, se supone que el café procesado por procesamiento húmedo adquiere un aroma superior y, por lo

tanto, una mayor aceptación, también se descubrió recientemente que el método húmedo produjo mayores cantidades de ácidos clorogénicos (CGA) y trigonelina y menor cantidad de sacarosa **(ESQUIVEL y JIMENEZ, 2012)**.

El término “grano de café verde” se refiere al café trillado/pilado, al cual se le ha retirado el pergamino (endocarpio) y pulido para remover la lámina plateada **(RAFAEL, 2019)**; la composición química de los granos de café verde es muy compleja, que incluye más de 1,000 sustancias con propiedades diferentes, los principales precursores de aroma son carbohidratos insolubles (celulosa y hemicelulosa), carbohidratos solubles (es decir, arabinosa, fructosa, galactosa, glucosa, sacarosa, rafinosa y estaquiosa), lípidos, ácidos clorogénicos y compuestos que contienen nitrógeno (N). Los carbohidratos de bajo peso molecular, como sacarosa, glucosa y fructosa, van a contribuir a la formación de ácidos y otros compuestos volátiles durante el tostado. Además, los polisacáridos son componentes importantes para la retención de volátiles y, en consecuencia, la formación de sabor. La fracción lipídica del café se compone principalmente de triacilgliceroles, esteroides, coffeadiol, arabiol y tocoferoles **(MELO et al., 2019)**.

3.2 PROCESAMIENTO DEL GRANO DE CAFÉ VERDE

3.2.1 MEZCLAS DE CAFÉ

Blend es el nombre que se da a las mezclas de dos o más tipos de café del cultivar arábica de diferentes regiones o entre los cultivares arábica y conilon (canephora); la combinación de cafés con características complementarias es el arte de hacer una mezcla, como mezclar acidez con dulzor, de tal manera que la mezcla proporciona una bebida específica con características para un tipo particular de consumidor, las mezclas se realizan antes o después de tostar **(SANTOS, 2010)**. La oferta de mezclas comerciales de café ha aumentado en gran medida en los últimos años, los consumidores compran café compuestas por una mezcla de especies; diferentes mezclas originan diferentes aromas y sabores que pueden ser muy distintos y exquisitos **(RODRIGUEZ et al., 2012)**; la diferencia de precio entre especies de café es causada por muchas diferencias como la composición genética y las propiedades físicas y morfológicas; estos conducen a diferencias entre las características en los perfiles de sabor y pueden causar un precio más alto para uno de ellos

(**WERMELINGER et al., 2011**). Cuando podemos identificar los propósitos para los cuales se destina el café se puede decidir los tipos, variedades y/o especies de café que formarán la mezcla y las condiciones de procesamiento a los que serán sometidos (**D'ARENY, 2016**).

3.2.2 TOSTADO Y MOLIDO

El tostado rompe la estructura celular de los granos de café verde, exponiéndolo al calor que expulsa la humedad y libera los compuestos aromáticos que se han unido químicamente en los granos, el almidón del grano se convierte en azúcar y el grano se calienta a 205 ° C, se produce pirólisis (descomposición térmica y cambio químico). El dióxido de carbono, aldehídos, cetonas, éteres, ácido acético, metanol, aceites y glicerol se volatilizan del grano; diferentes compuestos volátiles se descomponen a diferentes temperaturas a medida que continúa la pirólisis, el sabor y el aroma del grano de café continúan desarrollándose y degradándose (**BHUMIRATANA et al., 2011**); es así como los azúcares, particularmente la sacarosa como el más abundante, actuarán como precursores de aroma, originando varias sustancias (furanos, aldehídos, ácidos carboxílicos, etc.). La trigonelina es un derivado de piridina, que se sabe que contribuye indirectamente a la formación de aromas deseables durante el tostado; la cafeína, un derivado de la xantina, presenta un sabor amargo característico que y también ha sido objeto de varias investigaciones en vista de sus efectos farmacológicos; los ácidos clorogénicos (CGA) un grupo de compuestos fenólicos son responsables de la pigmentación del café, la formación de aroma y la astringencia, la degradación térmica de los ácidos clorogénicos durante el tostado dará como resultado sustancias fenólicas que contribuyen al amargor como los ácidos caoyoilquínicos (CQA), los ácidos feruloilquínicos (FQA) y los ácidos eoilquínicos indirectos (**FARAH et al., 2006**).

El proceso de tostado se puede dividir aproximadamente en tres fases: Una fase de secado inicial, evidentemente endotérmica, durante la cual se elimina la humedad. El color de los granos cambia de verde a amarillento; la fase de tostado real, durante la cual tienen lugar varias reacciones pirolíticas complejas, la composición química de los granos se modifica drásticamente y se liberan grandes cantidades de dióxido de carbono y la formación de cientos de sustancias asociadas con el aroma y el sabor del café, los granos cambian de color a un marrón oscuro,

inicialmente el proceso es exotérmico; una fase final de enfriamiento rápido para detener la parte exotérmica final de la operación de tostado, utilizando aire o agua como el agente de enfriamiento. La coloración de los granos de café está directamente relacionada con la temperatura final de tostado, cuanto más alta es la temperatura, más oscuro es el café, de modo que se puede usar el color para definir el final de la operación. El grado de tostado generalmente se describe como "claro", "medio" u "oscuro". El tiempo de tostado puede ser tan largo como 40 minutos, como suele ser el caso en Brasil, o tan corto como 90 s en un tostado rápido para producir cafés de alto rendimiento, este tiempo influye en las reacciones dentro del grano: los períodos de tostado más largos producen un café amargo que carece de un aroma satisfactorio, mientras que los períodos de tostado muy cortos pueden ser insuficientes para completar todas las reacciones pirolíticas, lo que resulta en un café con características organolépticas poco desarrolladas (**BUFFO Y CARDELLI-FREIRE, 2004**).

ESQUIVEL y JIMENEZ (2012) indican que el café tostado está compuesto por: 38 al 42% en base seca de carbohidratos, 23% de melanoidinas, 11 al 17% de lípidos, 10% de proteínas, 4,5 a 4,7% de minerales, 2,7 a 3,1% de ácidos clorogénicos, 2,4 a 2,5% de ácidos alifáticos y 1,3 a 2,4% de cafeína, etc.

La molienda es una operación que descompone el café tostado en partículas o fragmentos más pequeños; la formación de partículas pequeñas es esencial para la rápida liberación de dióxido de carbono, la reducción de la distancia de difusión de las sustancias solubles durante la extracción y para la mejor transferencia de sustancias coloidales a la fase líquida (**CORDOBA et al., 2019**). Así mismo la molienda de granos de café tostados es utilizada para liberar los compuestos aromáticos desarrollados en la bebida final del café; un tamaño de molido específico es apropiado para ciertos métodos de elaboración y extracción (**BHUMIRATANA et al., 2011**). Si la dimensión de las partículas de café es mayor entonces el área de contacto entre el agua y el café es menor y por lo tanto la bebida obtenida puede ser clara o subextraída. Si la dimensión de las partículas de café es muy fina entonces existirá mayor área de contacto y la bebida obtenida será oscura o sobreextraída (**GUEVARA-BARRETO Y CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2005**).

3.3 CALIDAD DEL CAFÉ

Los principales factores que afectan la calidad del café en un sentido amplio son: La composición química de los granos, determinada por factores genéticos, ambientales y culturales y, principalmente, por la interacción entre ellos; métodos de cosecha, procesamiento y almacenamiento, finalmente el tostado y preparación de bebidas. Definir la calidad del café no es fácil, especialmente debido al hecho de que el café se ha consumido durante mucho tiempo, pero solo recientemente ha ganado importancia por sus características diferenciadas, que siguen siendo desconocidas para la mayoría de los consumidores. Además de los atributos físicos, químicos y sensoriales frecuentemente citados, los atributos higiénico-sanitarios también deben considerarse importantes para la producción de cafés de calidad y la satisfacción del consumidor (**CHALFOUN *et al.*, 2011**).

Los atributos sensoriales como la acidez, el cuerpo y la dulzura son importantes para la calidad de la preparación del café, además de afectar la dulzura, los carbohidratos simples, representados principalmente por sacarosa, glucosa y fructosa en el café, también participan en las reacciones de Maillard durante el proceso de tostado, afectando el aroma y características del color. Actualmente se desarrollan concursos de calidad a nivel regional, nacional e internacional en muchos países como iniciativas para desarrollar y mejorar la calidad del café y valorar a los productores. Uno de los protocolos más utilizados en los concursos de calidad del café es el establecido por la Asociación de Cafeterías de América (SCAA). Se evalúan once atributos sensoriales (fragancia / aroma, uniformidad, defectos, dulzura, sabor, acidez, cuerpo, retrogusto, equilibrio, copa limpia y en general) para generar una puntuación final / global (**BARBOSA *et al.*, 2019**).

3.3.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CAFÉ

Para realizar la caracterización de diferentes tipos de café el análisis sensorial es una herramienta muy importante, es un método en el que se ha hecho hincapié para la evaluación de la calidad de la bebida de cafés, siendo una de las metodologías usadas la de la SCAA (Specialty Coffee Association of American), basándose este método en el análisis sensorial cuantitativo - cualitativo de la bebida, el cual se realiza por un equipo de jueces seleccionados y entrenados. Catador Q Grader es la persona que cuenta con un extenso entrenamiento y entendimiento

acerca de los procesos de cosecha, poscosecha y control de calidad del café; poseen entrenamiento especializado para la evaluación sensorial cuantitativa y descriptiva del café, utilizando los estándares y protocolos de la SCAA (AÑAMURO, 2015).

3.3.2 PROTOCOLO DE CATACIÓN

SCAA (2015), el Comité de Normas Técnicas de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA) recomienda normas para evaluar las bebidas de café. El propósito de un protocolo de catación es determinar la percepción de calidad del catador, analizando diversos atributos como sabores específicos para que luego, basándose en la memoria sensorial previa del catador, las muestras sean clasifican en una escala numérica con lo cual los puntajes entre muestras se pueden comparar; por lo tanto, los cafés con puntajes más altos deberían ser claramente mejores, con mejor calidad sensorial que, los cafés con menores puntajes. Al iniciar el protocolo de catación las muestras primero deben inspeccionarse visualmente para determinar la coloración final del tostado – molido lo cual está marcado en el formato de evaluación y se usa durante la calificación de los atributos de sabor específico como referencia; el calificativo para cada atributo está basado en la percepción que tiene el catador de los cambios del sabor causado por la disminución de la temperatura del café a medida que se enfría. Los atributos considerados son:

Fragancia / Aroma: Dentro de los 15 minutos posteriores a la molienda, se evalúa la fragancia en muestra seca al levantar la tapa y olisquear, después de infundir con agua, la corteza no se rompe mínimo durante 3 minutos, sin sobrepasar más de 5 minutos. La ruptura de la corteza es realizada revolviendo tres veces, permitiendo luego que la espuma formada corra por detrás de la cuchara mientras se percibe su olor suavemente, la puntuación de Fragancia / Aroma se marca luego en base a la evaluación en seco y en húmedo.

Sabor, sabor residual, cuerpo, acidez y balance: Con la muestra enfriada a 71° C, en aproximadamente 8 a 10 min desde la infusión, se da inicio a la evaluación de taza. El café es aspirado en la boca de tal manera que cubra la mayor cantidad de área que sea posible sobre todo la lengua y el paladar superior. Debido a que los vapores retro nasales están en su máxima intensidad a temperaturas elevadas,

el sabor y el sabor residual se clasifican en este punto; cuando el café continúa enfriándose de 71 °C a 60 °C, el cuerpo, la acidez y el balance se clasifican a continuación. El balance es la evaluación del catador de cuán bien se combinan sinérgicamente el sabor, el regusto, el cuerpo y la acidez; evaluándose la preferencia del catador por los atributos a temperaturas diferentes (2 o 3 veces) a medida que la muestra se enfría la muestra puede ganar o perder algo de su calidad percibida debido a cambios de temperatura, se vuelve a marcar la escala horizontal y se dibuja una flecha para indicar la dirección de la puntuación final.

Dulzura, uniformidad y taza limpia: Cuando la bebida se aproxima a temperatura ambiente (por debajo de 38° C) se evalúan la dulzura, la taza limpia y la uniformidad; para estos tres atributos el que cata realiza un juicio sobre cada taza individual, otorgando 2 puntos por taza y por atributo (puntaje máximo de 10 puntos). La evaluación del café debe cesar cuando la muestra alcanza los 21° C y el puntaje general es determinado por el catador y se le da a la muestra como "Puntaje de catador" en función de cada uno de los atributos combinados.

3.4 GENERALIDADES DE POLIFENOLES Y ANTIOXIDANTES

3.4.1 POLIFENOLES

Los polifenoles son metabolitos secundarios que se encuentran distribuidos ampliamente en el reino vegetal, se dividen en varias clases, como ácidos fenólicos, flavonoides estilbenos y lignanos, que se distribuyen en plantas y alimentos de origen vegetal; los efectos beneficiosos de los polifenoles se atribuyen principalmente a sus propiedades antioxidantes, ya que pueden actuar como rompedores de cadenas o eliminadores de radicales dependiendo de sus estructuras químicas. Los principales sabores asociados con los polifenoles son la amargura y la astringencia. Otras características importantes del polifenol incluyen su capacidad de eliminación de radicales y su capacidad de interactuar con las proteínas; este último es responsable de la percepción astringente (resultante de las interacciones de los taninos con las proteínas salivales), de la formación de turbidez y precipitados en las bebidas, y de la inhibición de las enzimas y la digestibilidad reducida de las proteínas de la dieta para la salud humana **(EL GHARRAS, 2009)**.

3.4.2 POLIFENOLES PRESENTES EN EL CAFÉ

El café es rico en compuestos de alta actividad antioxidante como polifenoles, principalmente ácido clorogénico y sus productos de degradación (es decir, ácidos ferulíticos, cuálicos y cafeicos), junto con compuestos derivados de melanoidinas de la reacción de Maillard. Compuestos polifenólicos, tales como ácidos cafeicos, quínicos y clorogénicos, presentes en el café exhiben un amplio espectro de actividad dentro del cuerpo humano; demuestran, entre otras cosas, propiedades antioxidantes, efectos anticarcinogénicos, inhiben la oxidación del colesterol LDL y previenen la formación de lesiones ateroscleróticas en los vasos sanguíneos, así como mostrar propiedades antiinflamatorias y antibacterianas. La actividad antioxidante del café verde es menor que en el café ligeramente tostado y que tostado medio; tales efectos se deben a compuestos fenólicos que se liberan bajo tostado medio, así como a la acción de la fracción no fenólica. Debido a que los polifenoles y otros compuestos antioxidantes juegan un papel tan importante, es necesario elegir las condiciones de procesamiento más deseables para mantener el mayor contenido posible de estos ingredientes valiosos, manteniendo al mismo tiempo un alto actividad antioxidante del café (**DYBKOWSKA et al. 2017**).

El café se considera una de las fuentes más ricas de fenólicos en la dieta occidental, contribuyendo hasta 350 mg por taza de 7 onzas (200 mL), el contenido de antioxidantes polifenólicos en granos verdes están influenciados por las especies y su origen, mientras que en las preparaciones de café depende del procedimiento de elaboración (**KOMES Y BUŠI , 2014**).

3.4.3 MÉTODO FOLIN – CIOCALTEU (FC)

Está basado en la reducción de reactivo ácido fosfomolibdico - fosfotungstico, por compuestos fenólicos, a un compuesto azul en un medio alcalino (**OLIVEIRA-NETO et al., 2016**); se usa para cuantificar los compuestos fenólicos totales en los alimentos, aunque no se conoce la naturaleza química exacta del reactivo de folin-ciocalteu, se cree que el molibdeno en el complejo se puede reducir fácilmente mediante una reacción de transferencia de electrones, así mismo este ensayo evalúa no solo los compuestos fenólicos sino también la capacidad reductora o antioxidante de otros compuestos químicos no fenólicos, como los

productos de reacción de Maillard, incluidas las melanoidinas (**PÉREZ-MARTÍNEZ et al., 2010**).

3.4.4 ANTIOXIDANTES

Las propiedades antioxidantes de cada matriz alimentaria provienen de la acción combinada y concertada de compuestos biológicamente activos, es decir, polifenoles, carotenoides, lignanos, glucosinolatos, etc. Los antioxidantes pueden ejercer grandes espectros de funciones biológicas y fisiológicas, es decir, antialérgicas, antiaterogénico, antiinflamatorio, antimicrobiano, antioxidante, antitrombótico, cardioprotector, etc. La diversidad de estructuras químicas de compuestos naturales, además de sus posibles interacciones, así como el papel biológico y los diferentes modos de acción dificultan la evaluación de un procedimiento confiable para la evaluación de la actividad antioxidante. Se deben identificar y desarrollar tres elementos esenciales en la evaluación de antioxidantes: el procedimiento de extracción, las medidas de capacidad antioxidante y la expresión de resultados (**DURAZZO, 2017**).

3.4.5 CAFÉ COMO FUENTE ANTIOXIDANTES

El café es rico en moléculas antioxidantes y para las personas contribuye con una proporción importante de su ingesta de antioxidantes en la dieta. Los antioxidantes y los procesos de radicales libres están estrechamente relacionados, ya que el O_2 , la forma estable de oxígeno, es un radical libre. Sin embargo, a pesar de su abundancia de antioxidantes, todavía ocurren reacciones de radicales libres en el café, y además, tales reacciones de radicales libres pueden ser beneficiosas (por ejemplo, para el desarrollo del sabor durante el proceso de tostado), o perjudicial (por ejemplo, pérdida de propiedades sensoriales durante el almacenamiento en el aire) percibido en la calidad del producto final. El papel de una molécula antioxidante es inhibir la oxidación, y en los alimentos esto se puede lograr en una serie de formas:

- Prevención / inhibición de la formación de un agente oxidante.
- Reacción directa con el agente oxidante primario para prevenir / inhibir su acción.

- Reacción con un producto reactivo producido por acción del agente oxidante primario, por lo tanto, previniendo / inhibiendo cualquier otra reacción.

La definición más amplia de un radical libre es que es una molécula con uno o más electrones no apareados, debido a la tendencia de los electrones a formar pares, los radicales libres son a menudo, pero no siempre, altamente reactivos **(GOODMAN y YERETZIAN, 2015)**.

La actividad antioxidante en el café es debido a compuestos polifenólicos, también es debido a la presencia de cafeína y compuestos derivados del tostado. La cafeína tiene la capacidad de inhibir la lipoperoxidación inducida por radicales hidroxilos (OH.), peróxidos (ROO.) y oxígeno singlete, convirtiéndola en un potente antioxidante con capacidad similar a glutatión y superior al ácido ascórbico **(GOTTELAND Y DE PABLO, 2007)**.

3.4.6 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La capacidad antioxidante del café se puede medir utilizando diferentes métodos como el colorimétrico, que se desarrollaron para evaluar reacciones y la capacidad de un compuesto alimenticio o producto para extinguir y/o reducir radicales o metales usando DPPH, o radicales ABTS, o el ensayo FRAP, respectivamente **(CID y DE PEÑA, 2016)**.

- **Ensayo DPPH:** 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl (DPPH), es un radical libre estable con un electrón no apareado que se deslocaliza sobre la molécula completa y, por lo tanto, se emplea en el ensayo DPPH. DPPH posee un color púrpura, con una absorción máxima a 519 nm en etanol; por lo tanto, la eliminación del radical DPPH por antioxidantes del café dará como resultado una disminución en las lecturas de absorción con el tiempo; el grado de disminución de la absorción de DPPH es proporcional a la concentración de radicales que se están eliminando. Las mediciones se realizan utilizando un espectrofotómetro UV-visible a temperatura ambiente, y la capacidad de eliminación se representa como el porcentaje de inhibición de radicales DPPH. El ensayo DPPH se basa tanto en la transferencia de electrones (SET) como en las reacciones de transferencia de átomos de hidrógeno (HAT). Una ventaja del ensayo DPPH es que es un método fácil, económico y rápido para evaluar la actividad de eliminación de radicales de antioxidantes no

enzimáticos. Sin embargo, existen limitaciones para este ensayo cuando se usa para medir la actividad antioxidante del café preparado que está relacionada con el color del café, interfiriendo potencialmente con la absorción de DPPH. Además, DPPH es un radical lipofílico con accesibilidad limitada a los componentes hidrofílicos presentes en el café preparado **(PÉREZ-HERNANDEZ *et al.* 2012)**.

- **ABTS:** El radical 2,2-azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS) generado por la oxidación de ABTS con persulfato de potasio es un radical libre estable con una fuerte absorción en el rango de 600-750 nm. El catión radical reacciona enérgicamente con un donante de hidrógeno, como los compuestos fenólicos, que se convierten en una forma no coloreada de ABTS. El decaimiento del catión radical causado por la presencia de antioxidantes en una muestra se controla mediante la decoloración a 734 nm en un espectrofotómetro y en comparación con los de una solución Trolox. **(PÉREZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2010)**. El ensayo de eliminación de radicales ABTS es aplicable para los antioxidantes lipófilos e hidrófilos. Los fenoles son hidrofílicos, y es probable que estas diferencias observadas en los resultados de la actividad antioxidante de muestras de café, podría deberse a las características de solubilidad de fenoles **(PÉREZ-HERNANDEZ *et al.*, 2012)**.

IV. RESULTADOS

4.1 EVALUACIÓN DEL COLOR DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

En el Cuadro 6 se muestran los resultados de la evaluación de color de mezclas de café entre variedades caturra y catimor.

Cuadro 6. Resultados de la evaluación de color de café tostado de mezclas de café entre variedades caturra y catimor mediante la escala CIELab.

TRATAMIENTOS		L*	a*	b*
Tostado claro				
T1	100 % CM	37,11±0,85 ^a	9,41±0,12 ^a	17,44±0,52 ^a
T2	20% CR+80% CM	36,40±0,11 ^{ab}	8,85±0,16 ^{abc}	15,46±0,21 ^{bc}
T3	40% CR+60% CM	36,38±0,25 ^{ab}	8,85±0,05 ^{abc}	15,12±0,17 ^{cd}
T4	60% CR+40% CM	36,12±1,16 ^{ab}	9,39±0,51 ^a	16,76±1,09 ^{ab}
T5	80% CR+20% CM	35,10±0,68 ^{bc}	9,05±0,33 ^{ab}	15,02±0,81 ^{cd}
T6	100% CR	35,05±0,36 ^{bc}	8,80±0,35 ^{abcd}	14,64±0,68 ^{cde}
Tostado medio				
T7	100 % CM	32,50±0,48 ^{de}	8,41±0,16 ^{bcdef}	13,14±0,19 ^{fg}
T8	20% CR+80% CM	33,83±0,73 ^{cd}	8,60±0,14 ^{bcde}	13,38±0,17 ^{efg}
T9	40% CR+60% CM	34,38±0,20 ^c	8,29±0,21 ^{cdefg}	12,50±0,28 ^{gh}
T10	60% CR+40% CM	33,73±0,28 ^{cd}	8,53±0,19 ^{bcde}	13,92±0,26 ^{def}
T11	80% CR+20% CM	34,19±0,38 ^c	8,14±0,13 ^{defgh}	12,59±0,20 ^{fgh}
T12	100% CR	34,25±0,30 ^c	8,08±0,11 ^{efgh}	12,21±0,1 ^{ghi}
Tostado oscuro				
T13	100 % CM	31,46±0,06 ^e	7,77±0,18 ^{fghi}	11,62±0,21 ^{hi}
T14	20% CR+80% CM	31,04±0,18 ^e	7,72±0,15 ^{ghi}	10,93±0,34 ^{ij}
T15	40% CR+60% CM	31,31±0,03 ^e	7,73±0,04 ^{ghi}	11,04±0,12 ^{ij}
T16	60% CR+40% CM	31,80±0,2 ^e	7,67±0,17 ^{ghi}	10,10±0,32 ^{jk}
T17	80% CR+20% CM	32,04±0,59 ^e	7,60±0,18 ^{hi}	10,25±0,40 ^{jk}
T18	100% CR	30,99±0,53 ^e	7,36±0,11 ⁱ	9,42±0,32 ^k

Los valores representan (promedio ± DS) los datos provienen del experimento (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos, (p<0,05). CM (Catimor) CR (Caturra).

4.2 EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

En el Cuadro 7 se observa los resultados de los promedios por cada análisis fisicoquímico evaluado.

Cuadro 7. Resultados de la evaluación fisicoquímica de la bebida café con diferentes porcentajes de mezclas entre la variedad caturra y catimor

Tratamiento	pH	Acidez titulable (mL NaOH 0,1N/g)	Sólidos solubles (°Brix)
Tostado claro			
T1 100 % CM	4,76±0,01 ^{ef}	1,88 ^d	1,30 ± 0,1 ^{de}
T2 20% CR+80% CM	4,80±0,01 ^{abc}	1,88 ^d	1,30 ± 0,1 ^{de}
T3 40% CR+60% CM	4,75±0,01 ^{fg}	1,91 ± 0,05 ^d	1,26 ± 0,06 ^e
T4 60% CR+40% CM	4,73±0,02 ^g	2,06 ^{bcd}	1,37 ± 0,06 ^{cde}
T5 80% CR+20% CM	4,73±0,00 ^g	2,03± 0,05 ^{cd}	1,47 ± 0,06 ^{bc}
T6 100% CR	4,75±0,10 ^{fg}	2,31± 0,11 ^a	1,47 ± 0,06 ^{bc}
Tostado medio			
T7 100 % CM	4,77±0,01 ^{def}	1,88 ^d	1,37 ± 0,06 ^{cde}
T8 20% CR+80% CM	4,78±0,01 ^{cde}	2,06 ^{bcd}	1,40 ± 0,1 ^{cde}
T9 40% CR+60% CM	4,79±0,0 ^{bcd}	2,00±0,11 ^{cd}	1,40 ^{cde}
T10 60% CR+40% CM	4,76±0,01 ^{ef}	2,06 ^{bcd}	1,40 ^{cde}
T11 80% CR+20% CM	4,77±0,01 ^{def}	1,94±0,05 ^d	1,40 ^{cde}
T12 100% CR	4,77±0,01 ^{de}	2,06 ^{bcd}	1,43 ± 0,06 ^{cd}
Tostado oscuro			
T13 100 % CM	4,79±0,01 ^{bcd}	2,00±0,06 ^{cd}	1,50 ^{bc}
T14 20% CR+80% CM	4,81±,0,01 ^{ab}	2,06 ^{bcd}	1,50 ^{bc}
T15 40% CR+60% CM	4,81±0,01 ^{ab}	2,03±0,14 ^{cd}	1,40 ^{cde}
T16 60% CR+40% CM	4,82±0,01 ^a	2,19±0,11 ^{abc}	1,60 ^{ab}
T17 80% CR+20% CM	4,82±0,01 ^a	2,25 ^{ab}	1,67 ± 0,06 ^a
T18 100% CR	4,82±0,01 ^a	2,31±0,11 ^a	1,70 ^a

Los valores representan (promedio ± DS) los datos provienen del experimento (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos, (p<0,05). CM (Catimor) CR (Caturra).

4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL (ATRIBUTOS Y CALIDAD DE TAZA) DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

4.3.1 EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS

En el Cuadro 8 se presenta los resultados de los promedios de cada atributo evaluado. En la Figuras 2 se observa el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), se muestra gráficamente el perfil sensorial de las muestras de mezclas de café con tres grados de tostado (claro, medio y oscuro), el punto medio es el centro de la escala descriptora, la intensidad va en aumento hacia los extremos de la figura, para cada muestra el valor medio de cada descriptor es marcado en el eje correspondiente y el perfil sensorial se dibuja mediante la conexión de dichos puntos.

Cuadro 8. Resultado de la evaluación de los atributos de catación de café con diferentes porcentajes de mezclas entre café arábica variedad caturra y catimor

Tratamiento	Fragancia Aroma	Sabor	Sabor Residual	Acidez	Cuerpo	Unifor- midad	Balance	Taza Limpia	Dul- zor	
Tostado claro										
T1	100 % CM	7,0±0,2 ^b	6,8±0,1 ^e	6,9±0,1 ^{bc}	7,1±0,2	6,9±0,1 ^b	10	6,6±0,1 ^c	10	10
T2	20% CR+80% CM	7,3±0,1 ^{ab}	7,3±0,1 ^{abcde}	7,1±0,2 ^{abc}	7,4±0,1	7,0±0,1 ^b	10	7,1±0,2 ^{abc}	10	10
T3	40% CR+60% CM	7,2±0,2 ^{ab}	7,3±0,1 ^{abcde}	6,9±0,1 ^{bc}	7,2±0,1	6,9±0,1 ^b	10	6,9±0,2 ^{bc}	10	10
T4	60% CR+40% CM	7,3±0,1 ^{ab}	6,9±0,2 ^{de}	6,8±0,1 ^c	7,3±0,1	6,9±0,2 ^b	10	6,9±0,2 ^{bc}	10	10
T5	80% CR+20% CM	7,2±0,1 ^{ab}	7,1±0,1 ^{cde}	7,2±0,1 ^{abc}	7,4±0,1	6,9±0,2 ^b	10	6,9±0,2 ^{bc}	10	10
T6	100% CR	7,31±0,1 ^{ab}	7,2±0,1 ^{abcde}	7,1±0,1 ^{abc}	7,3±0,1	7,3±0,1 ^{ab}	10	7,2±0,1 ^{abc}	10	10
Tostado medio										
T7	100 % CM	7,3±0,1 ^{ab}	7,4±0,1 ^{abcd}	7,4±0,1 ^{abc}	7,4±0,2	7,3±0,1 ^{ab}	10	7,5±0 ^{ab}	10	10
T8	20% CR+80% CM	7,3±0,3 ^{ab}	7,2±0,2 ^{abcde}	7,0±0,3 ^{abc}	7,5±0,1	7,4±0,1 ^{ab}	10	7,1±0,2 ^{abc}	10	10
T9	40% CR+60% CM	7,6±0,1 ^{ab}	7,5±0,1 ^{abcd}	7,4±0,1 ^{abc}	7,5±0	7,5±0 ^{ab}	10	7,3±0,1 ^{abc}	10	10
T10	60% CR+40% CM	7,8±0,1 ^a	7,7±0,1 ^{ab}	7,8±0,1 ^a	7,7±0,1	7,8±0,1 ^a	10	7,8±0,1 ^a	10	10
T11	80% CR+20% CM	7,8±0,0 ^a	7,8±0,0 ^a	7,6±0,1 ^{ab}	7,6±0,1	7,8±0,1 ^a	10	7,6±0,1 ^{ab}	10	10
T12	100% CR	7,4±0,1 ^{ab}	7,4±0,1 ^{abcd}	7,4±0,1 ^{abc}	7,5±0,1	7,7±0,1 ^a	10	7,4±0,1 ^{abc}	10	10
Tostado oscuro										
T13	100 % CM	7,6±0,1 ^{ab}	7,6±0,1 ^{abc}	7,6±0,2 ^{ab}	7,6±0,2	7,5±0,1 ^{ab}	10	7,6±0,2 ^{ab}	10	10
T14	20% CR+80% CM	7,6±0,1 ^{ab}	7,4±0,1 ^{abcd}	7,4±0,1 ^{abc}	7,4±0,1	7,4±0,1 ^{ab}	10	7,5±0,2 ^{ab}	10	10
T15	40% CR+60% CM	7,6±0,1 ^{ab}	7,4±0,2 ^{abcd}	7,3±0,1 ^{abc}	7,4±0,1	7,3±0,1 ^{ab}	10	7,2±0,1 ^{abc}	10	10
T16	60% CR+40% CM	7,6±0,1 ^{ab}	7,4±0,1 ^{abcd}	7,4±0,1 ^{abc}	7,3±0,2	7,4±0,1 ^{ab}	10	7,4±0,1 ^{abc}	10	10
T17	80% CR+20% CM	7,3±0,1 ^{ab}	7,4±0,1 ^{abcd}	7,5±0,4 ^{abc}	7,3±0,2	7,3±0,2 ^{ab}	10	7,3±0,2 ^{abc}	10	10
T18	100% CR	7,3±0,3 ^{ab}	7,1±0,1 ^{bcde}	7,1±0,1 ^{abc}	7,2±0,1	7,3±0,2 ^{ab}	10	7,2±0,2 ^{abc}	10	10

Los valores representan (promedio { DS) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos, (p<0,05). CM (Catimor) CR (Caturra).

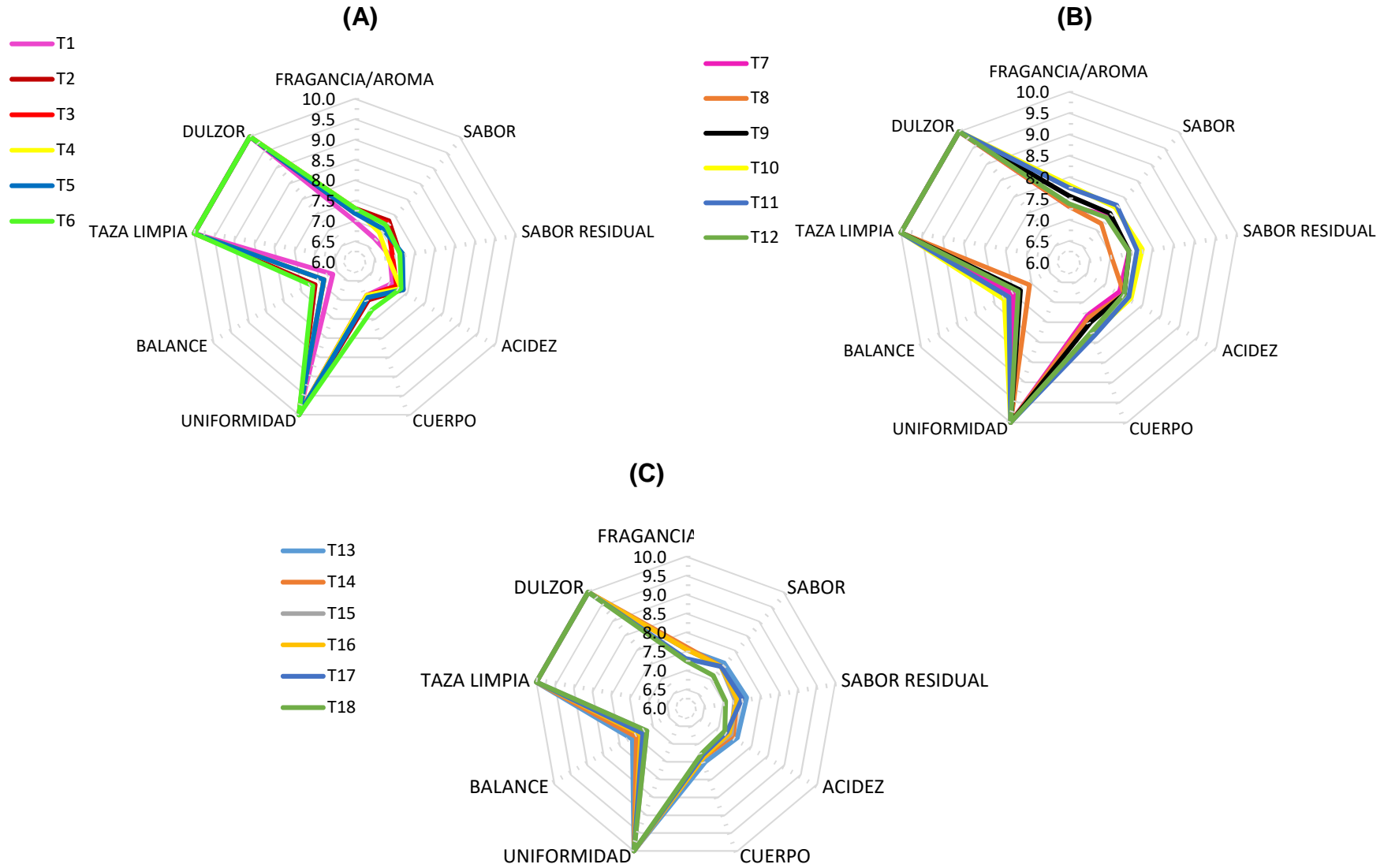


Figura 2. Representación de los atributos de catación de mezclas de café entre variedades caturra con catimor. (A) tostado claro, (B) tostado medio, (C) tostado oscuro.

Correlación entre los atributos de catación de mezclas de café entre variedades caturra y catimor

En el Cuadro 9 se presenta la matriz de correlación entre las variables sensoriales evaluadas según el formato de la Taza de Excelencia de SCCA.

Cuadro 9. Análisis de Matriz de correlación / coeficientes – atributos de mezclas de cafés entre variedades caturra y catimor

Atributos	Frag/ aroma	Sabor	S. residual	Acidez	Cuerpo	Balance
Frag/ aroma	1					
Sabor	0,86	1				
Sabor residual	0,78	0,88	1			
Acidez	0,74	0,78	0,73	1		
Cuerpo	0,8	0,82	0,82	0,75	1	
Balance	0,82	0,88	0,90	0,76	0,88	1

- Componentes principales de los atributos de mezclas de café variedades caturra y catimor

Los resultados de la evaluación de los atributos de catación de las muestras de café, fueron analizados mediante componente principales; en la Figura 3 se muestra el biplot de variables (**CP1 y CP2**).

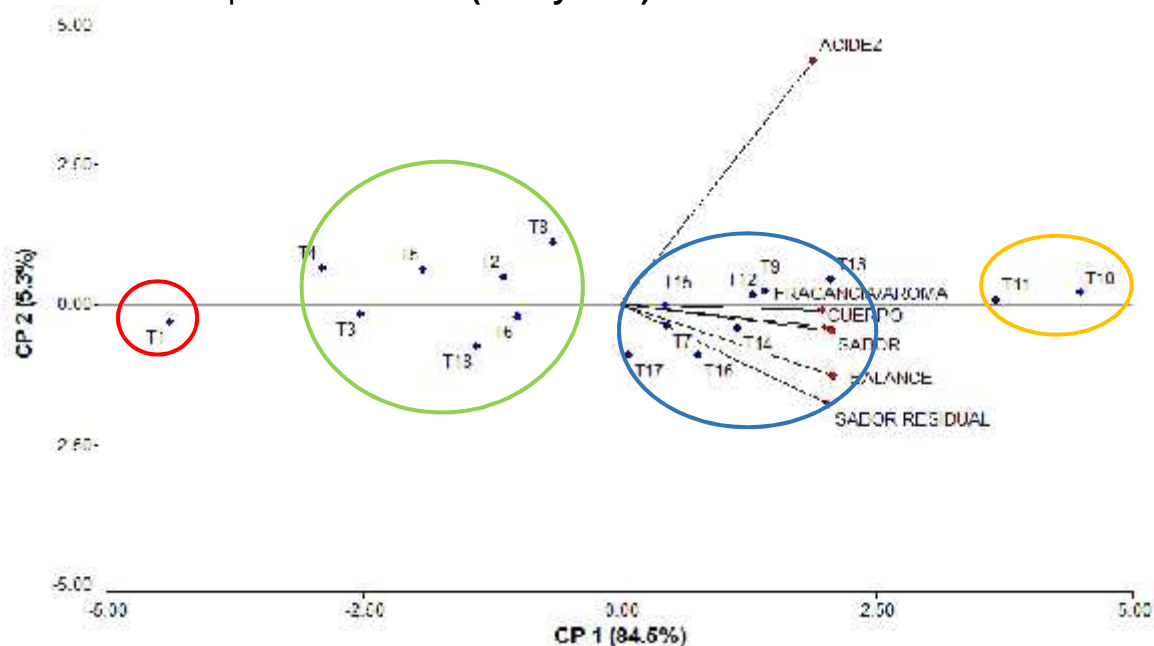


Figura 3. Análisis de componentes principales en catación de mezclas de café variedades caturra y catimor.

- Análisis de conglomerados de los atributos de mezclas de café entre variedades caturra y catimor

Se realizó el análisis de conglomerados de los atributos de café con diferentes porcentajes de mezclas entre variedad caturra y catimor, considerando los atributos de catación podemos diferenciar c grupos como se observa en la Figura 4.

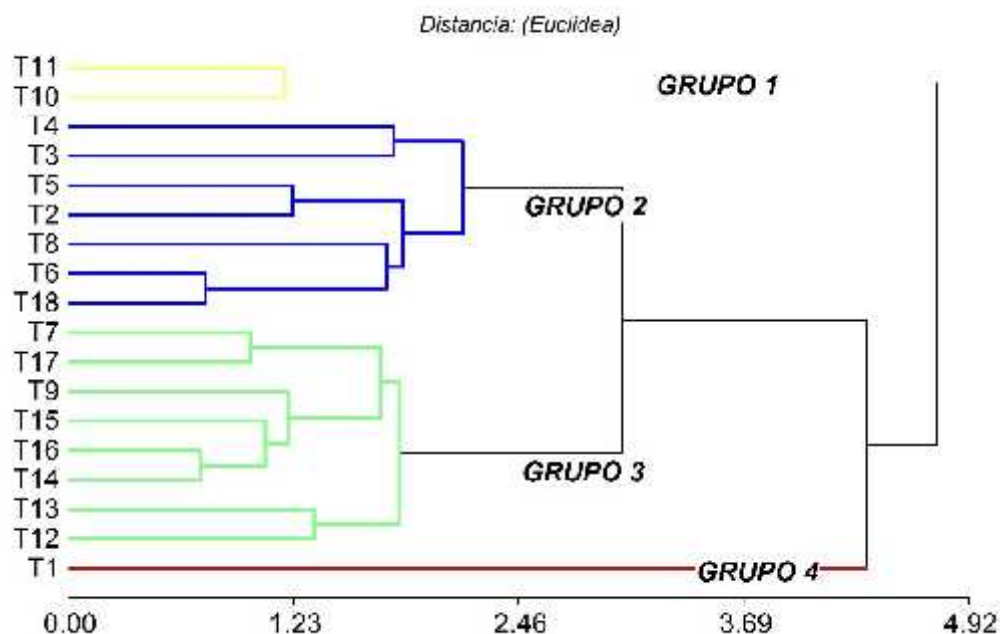


Figura 4. Análisis de conglomerados de mezclas de café entre variedades caturra y catimor

4.3.2 EVALUACIÓN DE CALIDAD DE TAZA

Según los resultados de la clasificación de la calidad de taza de cafés con diferentes porcentajes de mezclas, se observa que el tostado claro obtuvo clasificación debajo de la especialidad, mientras que las mezclas en tostado medio y oscuro obtuvieron la clasificación de especialidad “muy bueno”.

Cuadro 10. Resultados de la calidad en taza de cafés con diferentes porcentajes de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor

	Tratamiento	Puntaje Final	Descripción Clasificación	Puntaje promedio
Tostado claro				
T1	100 % CM	77,75±1,24 ^a	Calidad inferior a especialidad	
T2	20% CR+80% CM	80,44±1,20 ^{abcd}	Muy bueno – Especialidad	
T3	40% CR+60% CM	79,19±0,75 ^{ab}	Calidad inferior a especialidad	79,4
T4	60% CR+40% CM	79,00±1,24 ^{ab}	Calidad inferior a especialidad	No
T5	80% CR+20% CM	79,75±1,32 ^{abc}	Calidad inferior a especialidad	especial
T6	100% CR	80,19±1,16 ^{abc}	Muy bueno – Especialidad	
Tostado medio				
T7	100 % CM	81,63±0,97 ^{bcde}	Muy bueno – Especialidad	
T8	20% CR+80% CM	80,63±2,85 ^{abcd}	Muy bueno – Especialidad	82,4
T9	40% CR+60% CM	82,07±0,66 ^{bcde}	Muy bueno – Especialidad	Muy
T10	60% CR+40% CM	84,13±0,78 ^e	Muy bueno – Especialidad	bueno
T11	80% CR+20% CM	83,81±0,38 ^{de}	Muy bueno – Especialidad	Especiali
T12	100% CR	82,06±0,66 ^{bcde}	Muy bueno – Especialidad	dad
Tostado oscuro				
T13	100 % CM	82,88±1,64 ^{cde}	Muy bueno – Especialidad	
T14	20% CR+80% CM	82,25±1,24 ^{bcde}	Muy bueno – Especialidad	81,6
T15	40% CR+60% CM	81,25±1,17 ^{bcde}	Muy bueno – Especialidad	Muy
T16	60% CR+40% CM	81,75±1,49 ^{bcde}	Muy bueno – Especialidad	bueno
T17	80% CR+20% CM	81,38±1,83 ^{bcde}	Muy bueno – Especialidad	Especiali
T18	100% CR	80,06±1,14 ^{abc}	Muy bueno – Especialidad	dad

Los valores representan (promedio { DS) los datos provienen del experimento (n=4) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos, ($p < 0,05$). CM (Catimor) CR (Caturra).

4.4 CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

En el Cuadro 11 se observa los resultados de los promedios de la cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la bebida de café.

Cuadro 11. Resultados de la cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante de mezclas de café entre variedades caturra y catimor.

Tratamiento	Polifenoles totales (mg AG/ g)	DPPH IC ₅₀ (mg/mL)	ABTS IC ₅₀ (mg/mL)
Tostado claro			
T1 100 % CM	31,36 ± 0,24 fg	1,37 ± 0,01 bcd	0,20 ± 0,001 ^{ab}
T2 20% CR+80% CM	34,06 ± 0,49 abc	1,39 ± 0,04 bc	0,21 ± 0,005 ^{ab}
T3 40% CR+60% CM	35,07 ± 0,48 ab	1,41 ± 0,01 abc	0,14 ± 0,003 ^d
T4 60% CR+40% CM	33,43 ± 0,18 bcde	1,27 ± 0,01 d	0,14 ± 0,002 ^d
T5 80% CR+20% CM	32,27 ± 0,10 def	1,39 ± 0,05 bc	0,16 ± 0,003 ^{cd}
T6 100% CR	33,45 ± 0,21 bcde	1,41 ± 0,01 abc	0,15 ± 0,005 ^{cd}
Tostado medio			
T7 100 % CM	32,11 ± 0,28 ef	1,38 ± 0,04 bc	0,21 ± 0,05 ab
T8 20% CR+80% CM	34,22 ± 0,24 abc	1,43 ± 0,02 abc	0,17 ± 0,01 bcd
T9 40% CR+60% CM	34,97 ± 0,50 ab	1,46 ± 0,05 ab	0,20 ± 0,03 ab
T10 60% CR+40% CM	33,12 ± 0,25 cde	1,39 ± 0,02 bc	0,19 ± 0,008 ^{abc}
T11 80% CR+20% CM	35,50 ± 0,80 a	1,42 ± 0,07 abc	0,19 ± 0,005 ^{abc}
T12 100% CR	33,97 ± 0,69 abcd	1,47 ± 0,07 ab	0,20 ± 0,011 ^{abc}
Tostado oscuro			
T13 100 % CM	30,16 ± 0,49 g	1,48 ± 0,03 ab	0,15 ± 0,007 cd
T14 20% CR+80% CM	32,76 ± 1,25 cdef	1,35 ± 0,04 cd	0,20 ± 0,006 ^{abc}
T15 40% CR+60% CM	32,25 ± 1,10 def	1,51 ± 0,02 a	0,21 ± 0,006 ab
T16 60% CR+40% CM	30,08 ± 0,70 g	1,46 ± 0,04 ab	0,21 ± 0,005 ab
T17 80% CR+20% CM	33,51 ± 0,27 bcde	1,48 ± 0,01 ab	0,22 ± 0,010 a
T18 100% CR	33,06 ± 0,24 cdef	1,33 ± 0,02 cd	0,22 ± 0,007 a

Los valores representan (promedio ± DS) los datos provienen del experimento (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos, (p<0,05). CM (Catimor) CR (Caturra).

V. DISCUSIONES

5.1 EVALUACIÓN DEL COLOR DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

En el Cuadro 6 observamos los resultados de la evaluación de color de café tostado de mezclas de café entre variedades caturra y catimor mediante la escala CIELab (L^* , a^* , b^*). **WANG y LIM (2012)** mencionan que el cambio de color es una modificación importante en el grano tostado causado por reacciones de pardeamiento no enzimáticas (maillard y caramelización); por su parte **WEY y TANOKURA (2015)** indican que cuanto mayor sea el grado de tostado, menor será el valor luminosidad (L^*) con rangos de 100 (blanco) a 0 (negro), según el análisis estadístico realizado para los valores de L^* existe diferencia significativa (A- IIa) entre los tratamientos, mediante la prueba de Tukey con $p < 0,05$ observamos que el T1 (100% CM) con tostado claro obtuvo el mayor valor con $37,11 \pm 0,85$; y los menores valores se obtuvieron en tostado oscuro de T13 a T18 (100% CM, 20% CR+80% CM, 40% CR+60% CM, 60% CR+40% CM, 80% CR+20% CM, 100% CR), **LÓPEZ-GALILEA et al. (2006)** observaron que había una tendencia a disminuir los resultados de L^* , a^* y b^* con el tostado debido al color marrón desarrollado; **DUARTE et al. (2005)** indican valores de $L^* = 35,84$ para tostado claro; $L^* = 33,19$ medio; $L^* = 30,34$ oscuro. **WANG (2012)** señala que la luminosidad (L^*) se usa como medida del grado de tueste (claro, medio y oscuro), que está directamente relacionado con el tiempo y la temperatura de tueste.

Según el análisis estadístico realizado para los valores de a^* existe diferencia significativa (A- IIb) entre los tratamientos, observando en todos los casos valores positivos, **DIAZ y PERDOMO (2015)** indican direcciones de color: $+ a^*$ que van desde 60 orientado a los rojos y $-a^*$ a partir de - 60 orientado a los verdes; mediante la prueba de Tukey con $p < 0,05$ observamos que el T1 (100% CM) con $9,41 \pm 0,12$ y T4 (60% CR+40% CM) con $9,39 \pm 0,51$ en tostado claro obtuvieron los valores más altos y T18 (100 CR) con $7,36 \pm 0,11$ en tostado oscuro obtuvo el menor valor, observándose que las muestras de café están ubicadas en la región formada

por los colores rojo; al respecto **BICHO et al. (2012)** señalan que a^* disminuyó en los grados de tostado (contribuyendo así al color rojo de café tostado molido). **WANG Y LIM (2015)** indican que el valor a^* se correlaciona con el contenido de acrilamida en el café, el cual alcanza su máximo durante los primeros minutos de tostado y luego disminuye debido a la degradación térmica del compuesto. **KIM et al. (2018)** indican valores de $a^* = 11.92 \pm 0.12$ para tostado claro; $a^* = 8.92 \pm 1.27$ medio; $a^* = 6.14 \pm 0.07$ medio - oscuro.

La coordenada b^* mostró un patrón antagonista con el aumento de la intensidad del tostado, debido al aumento del pardeamiento de los granos **BICHO et al. (2012)**; del análisis estadístico observamos diferencia significativa (A- IIc) entre los tratamientos, mediante la prueba de Tukey con $p < 0,05$ observamos el valor más alto en T1 (100% CM) con $17,44 \pm 0,52$ en tostado claro y el menor valor en T18 (100 CR) con $79,42 \pm 0,32$ en tostado oscuro; al respecto , **DIAZ y PERDOMO (2015)** señalan direcciones de color: $+b^*$ que van desde 60 orientado al color amarillo y $-b^*$ que van desde - 60 orientado al color azul. **KIM et al. (2018)** indican valores de $b^* = 20.01 \pm 0.17$ para tostado claro; $b^* = 10.98 \pm 2.32$ medio; $b^* = 6.04 \pm 0.01$ medio - oscuro. **SCHENKER y ROTHGEB (2017)** señalan que con el tostado los granos de café cambian de color de azul verdoso grisáceo (color del grano verde) a amarillo, naranja, marrón, marrón oscuro y finalmente a casi negro.

5.2 EVALUACIÓN FISCOQUIMICA DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

En el Cuadro 7 se observan los resultados de la evaluación fisicoquímica realizada a la bebida del café con diferentes porcentajes de mezclas, con respecto al pH, quien evalúa la concentración molar de iones de hidrógeno (**SUNARHARUM, 2016**); del análisis estadístico se encontró diferencia significativa (A-IIIa), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) se observa que los valores de pH más bajos fueron $4,73 \pm 0,02$ para las mezclas T4 y T5 con nivel de tostado claro (60% CR+40% CM y 80% CR+20% CM); **SUNARHARUM et al. (2014)** indican que el rango ideal de pH para café arábica van de 4,85 a 5,15; así mismo **BICHO (2013)** señala que pH inferior a 4,9 la bebida es muy ácida, pero si ese valor supera los 5,2 se vuelve amarga; a pesar de que los resultados obtenidos se encuentran por debajo del rango señalado

todos los tratamientos obtuvieron puntajes mayores a 7 “muy bueno” al evaluar el atributo acidez, del mismo modo **DUARTE et al. (2005)** obtuvo valores de pH en tostado claro de 4,72. Los valores más altos de pH fueron $4,82 \pm 0,01$ con un nivel de tostado oscuro para las mezclas T16, T17 y T18 (60% CR+40% CM, 80% CR+20% CM y 100% CR) al respecto **DAGLIA et al. (2000)** menciona que el pH de las infusiones de café aumentó con el tostado, **WANG y LIM (2012)** indican que el aumento del pH puede atribuirse a la destrucción de los ácidos orgánicos formados y los que estaban presentes inicialmente (ácido cítrico, ácido málico y ácidos clorogénicos); **DIAZ y PERDOMO (2015)** mencionan valores de pH en bebidas de café con tueste oscuro entre 4,57 y 4,99; **FRANCA et al. (2004)** al evaluar los atributos de diferentes calidades de café brasileros manifiestan que el pH disminuye a medida que disminuye la calidad de la taza, los valores de pH más altos se encontraron en muestras de calidad más alta (soft).

La **acidez titulable** mide la concentración total de ácido (**SUNARHARUM, 2016**); la acidez del café se debe a ácidos orgánicos como el acético, fórmico, málico, cítrico, láctico y ácidos como clorogénico y quínico. (**FARAH, 2012**). Según el análisis estadístico se encontró diferencia significativa (A-IIIb), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) se observa que no existe relación entre los niveles de tueste en la acidez titulable, obteniendo los mayores valores cuando se encontraba el café caturra sin mezclar (T6, T12, T18), observándose que conforme aumenta la mezcla con catimor (hibrido de timor con caturra) la acidez titulable disminuye; **LIMA et al. (2015)** indican una disminución en la acidez titulable total a medida que aumentaba la concentración de conilon (C. Canephora) en la mezcla con arábica, resultado que se explica por el hecho de que el café conilon es menos ácido que el café arábica. Los rangos de acidez titulable obtenidos estuvieron entre 1,88 y 2,31 mL de NaOH/g; **AGNOLETTI (2015)** señalan que el valor de acidez titulable del café mole (mejor calidad) y la bebida de la zona río (peor calidad) fueron 276,86 y 200,95 mL 0.1mol NaOH L⁻¹ 100g⁻¹ respectivamente, indicando que dentro de esta especie de café mayor acidez es una bebida de mejor calidad, así mismo obtuvieron para café dura (calidad media) 225,94 mL 0.1mol NaOH L⁻¹ 100g⁻¹. **GLOESS et al. (2013)** indican que el valor de pH de la infusión de café y la acidez titulable no se correlacionan, muchos ácidos que existen en una infusión de café no se desprotona

(completamente) y por lo tanto, no contribuyen al valor de pH de la infusión; **WANG (2012)** indica que la acidez titulable en los cafés podría ser un indicador más confiable para correlacionar la acidez percibida del café que el valor del pH.

Los °Brix son una medida del contenido sólido soluble de las soluciones (**MORENO et al., 2014**); el contenido de sólidos solubles en café es importante por su desempeño industrial como en su contribución en el cuerpo de la bebida, entre los sólidos solubles presentes en el café encontramos azúcares, cafeína, trigonelina y ácidos clorogénicos **AGNOLETTI (2015)**. Según los resultados encontrados existe diferencia estadística significativa (A-IIIc), por la prueba de Tukey ($p < 0,05$) se observa que el menor valor de °Brix fue para la mezcla T3 (40% CR+60% CM) en tostado claro con $1,26 \pm 0,06$ y el mayor valor de °Brix fue para la mezcla T18 (100% CR) en tostado oscuro con 1,70; **DIAZ et al. (2018)** indican que el tiempo de tostado incidió sobre la transformación y solubilización de los azúcares, ácidos orgánicos, sales y compuestos solubles en agua presentes en el café; por su parte **SCHOLZ et al. (2018)** en siete muestras de café de Paraná, Brasil obtuvieron valores de °Brix entre 1,48 a 1,61; **PUERTA – QUINTERO (2000)** en mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. el °Brix estuvo comprendido entre 1,25 a 1,65; por su parte **CABALLERO et al. (2014)** indican que la concentración de sólidos solubles entre 1,15 % y 1,35 % brinda una bebida equilibrada, menor a 1,15% es considerada débil y mayor a 1,35% es percibida como fuerte. **AGNOLETTI (2015)** el contenido de sólidos solubles del grano tostado varía según el tipo de café, el grado de tostado y el tipo de molienda, obteniendo niveles más altos en muestras estrictamente mole, mole, apenas mole y duras (de mejor calidad).

5.3 EVALUACIÓN SENSORIAL (ATRIBUTOS Y CALIDAD DE TAZA) DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

5.3.1 EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS

En el Cuadro 8 se presenta los resultados de los promedios por cada atributo evaluado por otra parte en la Figura 02 se observa el análisis descriptivo cuantitativo (QDA) de las bebidas de cada mezcla de café por nivel de tostado (claro, medio y oscuro) que se representó en forma de telaraña (**MURRAY et al. 2001**), **BARBOSA et al. (2018)** mencionan que los granos con un grado de tostado diferente

pueden llevar a la elaboración de cafés con diferentes características sensoriales. Según **MOUSSAOUI y VARELA (2010)** el método QDA se basa en el principio de la capacidad de un panelista para verbalizar las percepciones de un producto de una manera confiable. Con respecto al atributo **Fragancia/Aroma**, **ABDULMAJID (2014)** menciona que fragancia es el olor del café molido cuando aún está seco y el aroma cuando se infunde con agua caliente; por su parte **BARBERÁ (2000)** menciona que la fragancia proviene principalmente de la variedad de la planta, de su cultivo y de su beneficio; y el aroma nace habitualmente durante el proceso del tostado del café. En el Cuadro 08 para el atributo fragancia/aroma se encontró diferencia estadística significativa (A-IVa), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$); los mayores puntajes fueron las bebidas con las mezclas en tostado medio T10 (60% CR+40% CM) y T11 (80% CR+ 20% CM) con $7,8 \pm 0,1$ y $7,8 \pm 0,0$ respectivamente, a la que corresponde la calificación “muy bueno”; estos puntajes se obtuvieron cuando la proporción de la variedad caturra fue mayor al 60 % que catimor, al respecto **GAMONAL et al. (2017)** en cuatro variedades de café obtuvo para caturra el puntaje de $7,55 \pm 0,15$ y para catimor $7,15 \pm 0,24$ en el atributo fragancia/aroma, así mismo, **ANACAFÉ (2019)** menciona que catimor es un cruce realizado entre el híbrido de timor HDT (cruce natural de arábica con canephora) y caturra, cuya calidad de taza es inferior. Cabe resaltar que las muestras con mayor puntaje se obtuvieron de un tostado medio, al respecto **SUNARHARUM et al. (2014)** los aromas más complejos se forman en un tostado medio, al respecto **ANISA et al. (2017)** indican que el tueste medio es donde la mayoría de los olores están completamente desarrollados y concentrados, **MAYER et al. (1999)** al evaluar el aroma de café arábica y robusta indica que las alquilpirazinas alcanzaron una concentración máxima en café tostado medio; **SANTOS (2010)** indica que el café arábica es más aromático, dulce y con un sabor incomparable que el café conilon (C. canephora); **TOLEDO et al. (2016)** los cafés arábigos producidos en regiones con clima fresco y a gran altitud mostraron una mejor calidad del aroma.

El menor puntaje fue para la muestra T1 (100% CM) con un nivel de tostado claro, con $7,0 \pm 0,2$, calificativo “muy bueno”; al respecto **SCHENKER et al. (2002)** indica que, en la primera etapa de tostado, no se producen grandes cantidades de compuestos aromáticos. Sin embargo, **SUNARHARUM et al. (2014)** menciona que el tostado claro es importante porque se desarrollan precursores de aromas (dulces,

cacao y de nuez). Los puntajes para todas las muestras estuvieron en un rango de 7,0 a 7,8 con una calificación “muy bueno” al respecto **DI DONFRANCESCO et al. (2014)** en 13 muestras de café arábica de Colombia el rango estuvo entre 7,00 a 7,75 como “muy bueno”. **BARBOSA et al. (2019)** señalan que los lípidos contribuyen a la formación de aroma debido a las reacciones de descomposición y autooxidación.

El atributo **sabor** es una combinación entre sensaciones gustativas y aroma retro-nasal; al evaluarse se tiene en cuenta la intensidad, la calidad y la complejidad del sabor (**DIAZ y PERDOMO, 2015**). En el Cuadro 08 se encontró diferencia estadística significativa (A-IVb) en el atributo sabor, mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) se observa que en el tostado claro se encuentra con la puntuación más baja con $6,8 \pm 0,1$ para el tratamiento T1 (100%CM); al respecto **WANG (2012)** menciona que el café verde tiene un sabor mínimo; para desarrollar un sabor único, los granos se tuestan con diferentes tiempos y temperaturas. El mejor puntaje se obtuvo con la mezcla T11 (80% CR+20% CM) en un nivel de tostado medio con $7,8 \pm 0,0$; pero **GAMONAL et al. (2017)** para el sabor obtuvo en caturra un puntaje de $7,37 \pm 0,13$ y en catimor $7,10 \pm 0,17$; **TOLEDO et al. (2016)** indican que las mezclas de café se realizan para optimizar el aroma, el cuerpo y el sabor; por su parte **SUNARHARUM (2016)** menciona que el tostado medio, expresa sabores derivados del origen geográfico mucho mejor que el tostado oscuro, que enmascara las características de los granos de café. **OLIVEIRA-NETO et al. (2016)** al investigar el comportamiento electroquímico y determinación de los principales antioxidantes fenólicos en muestras de café menciona que los ácidos hidroxicinámicos tienen un papel importante en el sabor de las bebidas y la calidad de los granos de café. El 97,8% de las muestras obtuvieron una puntuación igual o mayor que 7 para el atributo sabor, clasificación “muy bueno”; **ESTRELLA (2014)** indica rangos de 7,00 – 7,75 que son considerados como muy bueno y son clasificados como comerciales, con grado para intercambiar en el mercado internacional.

El atributo **sabor residual** se define como la permanencia del sabor en el paladar después de haber expulsado el café de la boca. Esto puede ser agradable, dejando un sabor dulce y refrescante o repugnante, dejando un sabor amargo o áspero (**JAIMES et al., 2015**). El 84% de las muestras obtuvieron para este atributo la calificación de “muy bueno”, **SCAA (2015)** menciona valores entre 7,00 a 7,75 como

“muy bueno”. Según los resultados se observa que existe diferencia estadística significativa (A-IVc) para este atributo y el menor puntaje lo obtuvo la mezcla con tostado claro T4 (60% CR + 40% CM) con $6,8 \pm 0,1$, **MARTINEZ (2008)** menciona que, si el sabor residual es corto o desagradable, se puntuará negativamente; por su parte **WANG y LIM (2015)** indican que la fracción soluble de polisacáridos contribuye a las características organolépticas de la infusión de café, como la sensación en la boca, la retención de compuestos aromáticos. El mejor puntaje se obtuvo la mezcla de 60% caturra con 40% catimor T10 (60%CR + 40% CM) con un puntaje de $7,8 \pm 0,1$; **ABDULMAJID (2014)** reporta valores para este atributo de 7,63 para la variedad caturra y 7,17 para híbrido de timor (HDT); así mismo **FERRER-GALLEGO et al. (2014)** indica que en las mezclas se tiene una intensidad percibida más fuerte que las sumas de las intensidades percibidas de los componentes individuales.

El atributo **acidez** es la medida de la cantidad y el tipo de ácidos orgánicos en la bebida, que está vinculada a la acidez titulable del líquido (**LINGLE y MENON, 2017**); con respecto a este atributo no se encontró diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) (A – IVd) pero si, diferencia numérica que estuvo comprendida entre 7,1 para T1(100% CM) a 7,7 para T10(60% CR+ 40% CM) cuya calificación corresponde a “muy bueno”; al respecto **BOOT (2006)** señala que las características de taza de caturra incluyen acidez bien pronunciada con frecuencia cítrica o notas de sabor a limón y catimor es bastante distinta por su acidez ácida con un ligero astringente en sensación de boca; por su parte **GAMONAL et al. (2017)** obtuvieron puntajes de $7,5 \pm 0,28$ y $7,05 \pm 0,15$ para la variedad caturra y catimor; la acidez del café varía según la variedad, pero también cambia según el grado de tostado. Con respecto al nivel de tostado (claro, medio y oscuro) se evidencia que no afectó significativamente este atributo; según **SUNARHARUM et al. (2014)** algunos ácidos se degradan durante el tostado del grano de café, otros aumentan en concentración; **LEE et al. (2017)** el tostado promueve la degradación térmica del ácido clorogénico y se forman otros compuestos que aportan acidez, astringencia y notas amargas a la bebida. **FARAH (2006)** añade que la acidez es una característica deseable para el sabor. Todas las muestras obtuvieron un puntaje comprendido entre 7,1 y 7,7 con calificación de “muy bueno”. **PUERTA - QUINTERO (1996)** señala que la puntuación de 7 (calidad superior, cualidades deseables) describe acidez natural de la bebida de café,

sensación redondeada. Finalmente, **BARBOSA et al. (2019)** nos indican que los ácidos quínico, cítrico y málico son los que contribuyen a la acidez de la bebida.

El atributo **cuerpo** se basa en la sensación táctil del líquido en la boca, percibido principalmente entre la lengua y el paladar (**PACHECO, 2016**). Del Cuadro 08 se observa que existe diferencia estadística significativa (A-IVe) los menores puntajes fueron en el tostado claro T1 (10% CM), T2 (20% CR+80% CM), T3 (40% CR+60% CM), T4 (60% CR+40% CM) y T5 (80% CR+20% CM) con promedios de $6,9 \pm 0,1$ y $7,0$; observando que en este nivel de tostado, la mezcla con la variedad catimor no tuvo efecto favorable para la variedad caturra. Los mejores puntajes se obtuvieron en el tostado medio cuando en las mezclas el porcentaje de la variedad caturra fue mayor al 60% con T10 (60% CR+40% CM), T11 (80% CR+20% CM) y T12 (100% CR) con rangos entre $7,7 \pm 0,1$ y $7,8 \pm 0,1$; **CRUZ et al. (2016)** en muestras de café tostado y molido (*Coffea arabica* L. var. caturra), cultivado entre 1600 – 1800 msnm obtuvo el puntaje de $7,6 \pm 0,17$ y **ABDULMAJID (2014)** reporta valores para el atributo cuerpo de 7,58 para la variedad caturra y 7,46 para híbrido de timor (HDT). El 77,8% de las muestras obtuvieron puntaje entre 7,0 y 7,8 que corresponden a la calificación de “muy bueno”, al respecto **BARBOSA et al. (2019)** señalan que los lípidos contribuyen al cuerpo de la bebida, mientras que **LINGLE y MENON (2017)** indican que se forman coloides a medida que los aceites extraídos del café molido se coagulan alrededor de las fibras microfinas del grano suspendidas en la preparación y están relacionadas con bebidas con buen cuerpo y alta calidad; así mismo **AGNOLETTI (2015)** expresa que los sólidos solubles también está relacionado con el atributo cuerpo de la bebida. **ANISA et al. (2017)** señala que el cuerpo puede desarrollarse durante el procesamiento del café crudo, puntuaciones corporales altas pertenecen a riqueza del aroma y al aumento de la viscosidad y densidad de las infusiones. **HAMEED (2018)** indican que los sólidos solubles, los ácidos y los compuestos aromáticos dependen en gran medida del tamaño de la finura / molienda de las partículas para formar el cuerpo de la bebida.

Del atributo **uniformidad** y **taza limpia**; la uniformidad se refiere a la consistencia del sabor (**ABDULMAJID, 2014**) y taza limpia significa que no hay olores ni sabores “que no sean de café” (**LINGLE y MENON, 2017**); estos atributos no presentaron diferencia estadística, todas las muestras tuvieron un puntaje de 10,0; la

SCAA (2015) menciona puntajes mayores de 9 como “excepcional”. Cuando la temperatura alcanza niveles por debajo de 37 °C, se evalúan la dulzura, la uniformidad y taza limpia (**DI DONFRANCESCO et al., 2014**); por su parte **LINGLE y MENON (2017)** señalan que uniformidad, taza limpia y dulzura representan la calidad del café verde durante la cosecha y procesamiento de los granos; **GEERAERT et al. (2019)** los atributos de calidad 'equilibrio', 'dulzura', 'taza limpia' y 'uniformidad' no mostraron variación; **PERALTA (2018)** al comprobar perfiles de taza de café de variedades resistentes y susceptibles a la roya, obtuvieron puntajes de 10.

El atributo **balance** refleja cómo funcionan el sabor, el sabor residual, la acidez y el cuerpo juntos (**DI DONFRANCESCO et al., 2014**); del Cuadro 08 se observa que existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) (A –IVf), el menor puntaje fue para la muestra con tostado claro T1(100% CM). El puntaje más alto se obtuvo en el tostado medio T10 (60% CR+40% CM) con $7,8 \pm 0,1$ “muy bueno”; **PUERTA – QUINTERO (2000)** encontró mayor balance en la calidad de las mezclas con relación a las variedades sin mezclar. **CRUZ et al. (2017)** obtuvo para el balance en caturra de 7,5; por su parte **ABDULMAJID (2014)** obtuvo puntajes de 7,63 para caturra y 7,21 para Híbrido de timor.

El atributo **dulzor** se refiere a una plenitud agradable de sabor, así como a cualquier dulzura obvia y su percepción es el resultado de la presencia de ciertos carbohidratos (**ABDULMAJID, 2014**); de los resultados obtenidos se observa que no existe diferencia; **LAZARO (2012)** menciona que no todos los cafés presentan esta característica, ya que se observa con más intensidad en los cafés de altura. Para este atributo todas las muestras obtuvieron el puntaje de 10; **PERALTA (2018)** obtuvo un resultado similar de 10 puntos para todos los tratamientos entre la variedad caturra; **LINGLE y MENON (2017)** dicen que el sello de un buen café es un sabor dulce.

- Correlación entre los atributos de catación de mezclas de café entre variedades caturra y catimor

Analizando el Cuadro 9 (A- V) se presenta la matriz de correlación entre atributos en las bebidas de café con diferentes porcentajes de mezclas, con respecto al atributo fragancia/aroma con el sabor tuvo una correlación $r = 0,86$ este resultado puede ser explicado por **FARAH et al. (2006)** quienes indican que los azúcares,

particularmente la sacarosa actúa como precursores del aroma (furanos, aldehídos, ácidos carboxílicos, etc.) que influye tanto el sabor; por otra parte **DUICELA et al. (2017)** reportaron una correlación entre fragancia/aroma y sabor de 0,631 menor a la obtenida en el presente estudio.

Correlaciones positivas muy fuertes se encontraron entre los atributos sabor con sabor residual con $r=0,88$; **KATHURIMA et al. (2009)** reportaron una correlación entre estos atributos de 0,788 menores a lo obtenido en esta investigación; **LINGLE y MENON (2017)** señalaron que el sabor residual es la amplitud de las cualidades positivas de sabor. También se encontró una $r=0,88$ para el sabor con balance; este resultado fue menor a lo obtenido por **ABDULMAJID (2014)** $r= 0,97$ entre el sabor con balance. Entre el atributo sabor residual con balance se obtuvo la correlación $r=0,90$; superior a lo reportado por **DUICELA et al. (2017)** $r= 0,812$ entre sabor residual y balance. Así mismo, **DI DONFRANCESCO et al. (2014)** indican que balance refleja cómo funciona el sabor, el sabor residual, la acidez y el cuerpo juntos.

- Componentes principales de los atributos de mezclas de café entre variedades caturra y catimor

Analizando la Figura 3 (A – VI) se presenta los resultados de los atributos de diferentes mezclas de café arábica mediante componentes principales; del reporte podemos concluir que en el biplot de variables el primer y segundo componente (**CP1**) y (**CP2**) explican el 89,8% de la variabilidad total (84,5% para CP1 y 5,3% para CP2); **BARBOSA et al. (2019)** señalan que los atributos sensoriales del café son resultado de muchas reacciones entre los compuestos químicos presentes en los granos que ocurren durante el tueste.

Según el análisis estadístico se observa que las muestras de mayor puntuación global están asociadas con CP1 (+) y presentaron una combinación de valores altos para los atributos aroma/fragancia, sabor, sabor residual, cuerpo y balance siendo los atributos balance y sabor los que contribuyeron de una manera significativa a la diferenciación de las muestras; **LINGLE y MENON (2017)** balance es un atributo de calidad esencial, indica que los atributos principales de sabor, postgusto, acidez y cuerpo están en equilibrio, es decir, presentes en proporciones iguales; **PUERTA - QUINTERO (2000)** balance indica cafés limpios, sanos; así mismo **LINGLE y MENON (2017)** mencionan que el sabor representa el carácter principal del

café, es una impresión combinada de todas las sensaciones gustativas y aromas retronasales que van de la boca a la nariz.

Por otro lado se observa que el atributo acidez es el atributo que mas influenció en el CP2 (+). **EUGENIO (2010)** señala que la acidez es importante en la formación del sabor de la bebida de café y varía predominantemente debido a las condiciones climáticas durante la cosecha y el secado, el lugar de origen, el tipo de procesamiento y la etapa de maduración de la fruta. **PACHECO (2016)** menciona que la acidez contribuye a la vivacidad del café, al dulzor y al carácter de fruta fresca; así mismo **MOON et al. (2009)** cita que la preferencia de los consumidores por el café está fuertemente correlacionada con su acidez; **FARAH (2012)** indica que la acidez del café se debe a ácidos orgánicos como ácidos acéticos, fórmicos, málicos, cítricos y lácticos, así como a ácidos clorogénicos y quínicos que se forman.

- **Análisis de conglomerados de los atributos de mezclas de café entre variedades caturra y catimor**

Realizando el análisis estadístico mediante conglomerados de las mezclas evaluadas podemos diferenciar cuatro grupos (Figura 4); el grupo 1 representó el 11,1% de las muestras y corresponden a T10 y T11 pertenecientes a las mezclas de 60 y 80% de la variedad caturra y catimor en tostado medio, las cuales obtuvieron los mejores puntajes con calificación “muy bueno” en todos los atributos evaluados, **EUGENIO (2010)** indica que se realiza mezclas de cafés con características complementarias, buscando un equilibrio entre cuerpo, acidez, dulzor y grado de tostado, por su parte **LAZARO (2012)** indica que el café caturra procedente de una altitud de 1250 msnm fue catalogado como bebida suave con aroma fuerte, alta acidez, cuerpo medio y bajo amargor.

El grupo 2 estuvo conformado por el 38,8% de los tratamientos y estuvo conformado por las bebidas de café T4, T3, T5, T2, T8, T6, T18 que obtuvo calificaciones entre “bueno” y “muy bueno” conformado en su mayoría por muestras en tostado claro; **WANG (2012)** indica que el tostado claro tiende a dar un grano con sabor agrio, herbáceo y poco desarrollado.

El grupo 3 representó el 44,4% y estuvo formado por los tratamientos T7, T17, T9, T15, T16, T14, T13 y T12, los tratamientos mencionados abarcan los niveles de tostado medio y oscuro calificación “muy bueno”, **AGNOLETTI (2015)** añade que

el tostado es una etapa importante en la calidad del café, está relacionado con la aceptación de la bebida por parte del consumidor.

El grupo 4 conformado por el T1 representa el 5,56% de las muestras pertenecientes a la variedad catimor pura en tostado claro (100% CM) la cual obtuvo el menor de los puntajes en atributos y calidad de taza; **BOOT (2006)** indica que catimor es un cruce natural entre arabica-robusta (híbrido de timor y caturra), la calidad de taza es bastante distinta con un ligero astringente en sensación en boca, frecuentemente, un poco salada regusto.

5.3.2 EVALUACIÓN DE CALIDAD DE TAZA

Los resultados de las evaluaciones de la calidad en taza de mezclas de café se presentan en el Cuadro 10 se observa diferencia estadística significativa entre las mezclas (A-VII), realizando la prueba de Tukey ($p < 0,05$) el mejor puntaje final en calidad en taza lo obtuvo la mezcla T10 (60% caturra con 40% catimor en tostado medio) con $84,13 \pm 0,78$ observándose así, que las mezclas de café pueden mejorar la calidad de taza con respecto a las muestras puras. Según **TOLEDO et al. (2016)** la mezcla se utiliza para producir un café que ofrezca una calidad de taza superior a la obtenida con cualquiera de los ingredientes utilizados de forma individual; **HAMEED et al. (2018)** argumenta que en el tostado medio claro el nivel de 5-CQA (5 - caffeoylquinic acid) disminuye considerablemente lo que es una mejora de la calidad de la taza; por su parte **DI DONFRANCESCO et al. (2014)** indica puntajes entre 80-84,99 debe ser considerado como producto muy bueno catalogado como "especialidad". Así mismo observamos que el T1 (100% CM) en tostado claro es el tratamiento con la que se obtiene el menor puntaje final con $77,75 \pm 1,24$, **ABDULMAJID (2014)** obtuvo la calificación final para la variedad caturra de 83,38 y para híbrido de timor (HDT) 77,04; **ESTRELLA (2014)** señala que la calidad de taza de caturra es levemente superior a catimor. **BARBOSA et al. (2019)** menciona que proporciones más altas de cafestol / kahweol se asocian con una mejor calidad de taza.

5.4 CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE MEZCLAS DE CAFÉ ENTRE VARIEDADES CATURRA Y CATIMOR

En el Cuadro 11 se observan los resultados de la cuantificación de polifenoles totales derivados de la curva estándar (A – VIII), capacidad antioxidante (DPPH y ABTS). Los **polifenoles** comprenden un grupo heterogéneo de sustancias responsables de la astringencia del café y contribuyen en el sabor de la bebida **TORRES (2014)** y en café hacen una contribución significativa a la actividad antioxidante total soluble en agua (**SHAN et al., 2015**); mediante el análisis estadístico se encontró diferencia significativa (A-IXa), según Tukey ($p < 0,05$) se observa que el menor contenido de polifenoles fue para las mezclas T13 y T16 (100 % CM y 60% CR+40% CM) en tostado oscuro con $30,16 \pm 0,49$ y $30,08 \pm 0,70$ mg AG/g respectivamente; **EE et al. (2015)** indica que el café tostado oscuro tiene el contenido fenólico más bajo, posiblemente debido a que los compuestos polifenólicos son termolábiles y su degradación es causado por la condensación oxidativa; **SOMPORN et al. (2011)** menciona que a causa de la descomposición de las paredes celulares se libera enzimas oxidativas e hidrolíticas que pueden destruir antioxidantes y disminuir el contenido de polifenoles. El mayor contenido de polifenoles se encontró en la mezcla T11 (80% CR+20% CM) en tostado medio con $35,5 \pm 0,80$ mg AG/ g, **DYBKOWSKA et al. (2017)** indica que esto puede explicarse por la formación de compuestos de reacción de maillard durante el tostado, lo que lleva a la formación de melanoidinas antioxidantes que compensan la disminución de los polifenoles durante el tostado; **SOMPORN et al. (2011)** indica que el contenido fenólico total aumentó después del tostado ligero y tostado medio, mientras que disminuyó luego del tueste oscuro; los polifenoles presentes en el tueste claro empiezan a degradarse cuando llegan al tueste medio, y otros como el ácido caféico, ácido phidroxibenzoico, ácido protocatéquico y vinílico aumentan su contenido en este tueste; **DYBKOWSKA et al. (2017)** al evaluar el contenido de polifenoles en los granos de café con tostado claro reportó de 39,27 a 43,0 mg AG/g, tostado medio 34,06 a 38,43 mg AG /g y 29,21 a 36.89 mg AG/g para tostado oscuro. Así mismo, de los resultados obtenidos, la mezcla mayor a 80% de caturra y catimor es las que obtuvo mejor resultado, **WANG et al. (2011)** estudió los efectos

sinérgicos, aditivos y antagonistas de las mezclas de alimentos sobre las capacidades antioxidantes, las sinergias pueden aumentar el contenido fenólico total y se correlaciona con cambios en los perfiles fitoquímicos medidos por HPLC.

La cuantificación de la capacidad antioxidante por medio de **DPPH** se ha usado para determinar la actividad de eliminación de radicales libres (**HOGERVORST, 2017**) a través del electrón y mecanismo de transferencia de átomos de hidrógeno por adición de antioxidantes (**OLIVEIRA-NETO et al., 2016**); del análisis estadístico realizado se encontró diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) (A-IXb), comparando las medias se observa que la mezcla con mejor resultado fue T4 (60% CR+40% CM) en tostado claro con $1,27 \pm 0,01$ mg/mL; por otro lado la muestra que obtuvo el menor resultado fue la mezcla T15 (40% CR+60% CM) en tostado oscuro con $1,51 \pm 0,02$ mg/mL; los resultados obtenidos fueron expresado en IC_{50} , **CHEONG et al. (2013)** define el IC_{50} como la concentración de la muestra de café que causa una disminución en el 50% de la concentración inicial de DPPH, un valor EC_{50} más bajo indicaría una mejor actividad antioxidante; **SUNARHARUM et al. (2014)** indica que los ácidos clorogénicos abundantes en café, son ésteres formados entre ciertos ácidos trans-cinámicos (ácido cafeico, ácido ferúlico y ácidos p-cumárico) y ácido quínico, y tienen potencial antioxidante, al respecto **RODRIGUEZ et al. (2015)** señalan que los ácidos dicafeoilquínicos presentan dos grupos de catecol en su estructura con alta capacidad antioxidante con respecto al radical DPPH. **SOMPORN et al. (2011)** al estudiar los efectos del grado de tostado sobre la actividad de eliminación de radicales de granos de café Arábica (*Coffea arabica* L. cv. Catimor) menciona que la actividad de captación de radicales del DPPH disminuyó en el orden de tostado ligero (0,52%), medio tostado (2,07%) y tostado oscuro (10,26%), respectivamente; en grados de tostado más altos, el daño a las características sensoriales y la actividad de eliminación de radicales de los granos de café se describen como las principales desventajas del tostado oscuro. **CHÀVEZ et al. (2017)** reportan un IC_{50} de $2,53 \pm 0,26$ mg/mL para DPPH en café comercial de Brasil.; mientras que **SONG et al. (2018)** indican valores de IC_{50} de $1,11 \pm 0,01$, $1,23 \pm 0,03$ y $1,32 \pm 0,02$ mg/mL en DPPH para tostados medio claro, medio y medio oscuro respectivamente. **DEL CASTILLO et al. (2002)** señalan que los compuestos con propiedades

antioxidantes (principalmente ácidos clorogénicos CGA) se pierden progresivamente durante el tostado de los granos de café.

La cuantificación de la capacidad antioxidante por medio de **ABTS** se basa en el uso de una especie de radical centrada en nitrógeno moderadamente estable, las muestras apolares y polares pueden evaluarse y la interferencia espectral se minimiza, ya que el máximo de absorción utilizado es de 760 nm (**OBOH et al., 2017**); del análisis estadístico realizado se encontró diferencia estadística significativa (A-IXc), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) se observa que las mezclas con mejores resultados fueron T3 (40% CR+60% CM) y T4 (60% CR+40% CM) en tostado claro, mientras que los menores resultados se obtuvieron en las mezclas T17 y T18 (80% CR+20% CM y 100% CR); **PÉREZ-MARTÍNEZ et al. (2010)** indica que el ensayo ABTS^{o+} evalúa la capacidad antioxidante general, observando una mayor actividad antioxidante para los cafés tostados claros que para los verdes o café oscuro. **SONG et al. (2018)** indican valores de IC₅₀ de $0,74 \pm 0,01$, $0,80 \pm 0,01$ y $0,82 \pm 0,00$ mg/mL en ABTS para tostados medio claro, medio y medio oscuro respectivamente; por su parte **CHO et al. (2013)** menciona que el valor absoluto del ABTS fue mayor que la actividad DPPH, lo que sugiere que ABTS detectó algunos antioxidantes solubles en agua que no podían ser detectados por DPPH y reporta en granos tostados ligeros la mayor actividad de eliminación de radicales. **SUMMA et al. (2007)** reporta que las propiedades de eliminación de radicales libres de las melanoidinas determinadas por ABTS, 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo disminuían a medida que aumentaba la intensidad del tostado. **WANG et al., (2011)** La simple combinación de alimentos no garantiza que la capacidad antioxidante, puede aumentar mediante interacciones sinérgicas o disminuir por interacciones antagónicas.

VI. CONCLUSIONES

1. De la evaluación del color se obtuvo para el T1 (100% CM) los valores más altos en los parámetros L^* , a^* , b^* con $37,11 \pm 0,85$; $9,41 \pm 0,12$ y $17,44 \pm 0,52$ respectivamente, de la evaluación fisicoquímica se obtuvo los mayores valores de pH para las mezclas T16, T17 y T18 (60% CR+40% CM, 80% CR+20% CM y 100% CR) con $4,82 \pm 0,01$ en tostado oscuro, así mismo el mayor valor de °Brix fue el T18 en tostado oscuro (100% CR) con 1,70; la acidez titulable vario en el rango de 1,88 a 2,31 mL NaOH 0,1N/g.
2. De la evaluación sensorial, las mejores calificaciones para los atributos de catación estuvieron entre “bueno - muy bueno” para fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance y “extraordinario” para uniformidad, taza limpia y dulzura, a excepción de los tratamientos T1, T3, T4 Y T5 correspondientes a tostado claro que obtuvieron el calificativo de “regular” en sabor, sabor residual, cuerpo y balance; por su parte las mejores correlaciones se obtuvieron entre los atributos sabor – fragancia/ aroma (0,86), sabor residual – sabor (0,88), balance – sabor (0,88), balance – sabor residual (0,90); según el análisis de componentes principales (PCA) las muestras T10 y T11 son las que sobresalieron en calidad sensorial.
3. Las cantidades de polifenoles totales variaron de $30,08 \pm 0,70$ mg AG/ g para T16 (60% CR+40% CM) en tostado oscuro hasta $35,50 \pm 0,80$ mg AG/ g para T11 (80% CR+20% CM) en tostado medio. Los mejores valores de DPPH se obtuvieron en T4 (60% CR+40% CM) con $1,27 \pm 0,01$ mg/mL y para ABTS^{o+} con $0,14 \pm 0,002$ y $0,14 \pm 0,003$ mg/mL en T3 (40% CR+60% CM) y T4 (60% CR+40% CM) respectivamente se obtuvieron en tostado claro.
4. La mezcla T10 (60% caturra con 40% catimor en tostado medio) fue la que obtuvo el mejor puntaje final en calidad de taza con 84,13 “muy bueno” con clasificación de Especialidad.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar mezclas mayores de 60% de variedad caturra con respecto a catimor, en tostado medio, porque mejora la calidad de taza, contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante comparado a las variedades de forma individual.
2. Evaluar cambios en la composición fitoquímica de las mezclas de variedades de café por medio de HPLC, para explorar los posibles mecanismos detrás del sinergismo observados en los resultados.
3. Realizar mezclas de variedades de café en diferentes pisos altitudinales para probar la calidad de taza.
4. Evaluar las condiciones de almacenamiento y comercialización de café tostado molido para evitar pérdida de características organolépticas y capacidad antioxidante.
5. Obtener el perfil de taza por variedades de café y por pisos altitudinales en fincas que cumplan con adecuadas condiciones poscosecha para realizar mezclas consistentes, con buena calidad de taza y competitivas en el mercado.

VIII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- ABDULMAJID, A. M. 2014. Sensory evaluation of beverage characteristics and biochemical components of coffee genotypes. *Advances in Food Science and Technology*. Kenya. 2(12): 281-288.
- AGNOLETTI, B. Z. 2015. Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*Coffea arabica*) e conilon (*Coffea canephora*) classificados quanto à qualidade da bebida. Universidade federal do espírito santo centro de ciências agrárias. Programa de pós-graduação em ciência e tecnologia de alimentos. 112 P
- ALESSANDRINI, L., ROMANI, S., PINNAVAIA, G., y DALLA ROSA, M. 2008. Near infrared spectroscopy: An analytical tool to predict coffee roasting degree. *Analytica Chimica Acta*. Italia. 625(1):95-102.
- ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café). 2019. Guía de variedades de café. Guatemala. 2ª edición. 48 p.
- ANISA, A., SOLOMON, W.K. SOLOMON, A. 2017. Optimization of roasting time and temperature for brewed hararghe coffee (*Coffea Arabica* L.) using central composite design. *International Food Research Journal*. Ethiopia. 24(6): 2285-2294.
- AÑAMURO, P. 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 del Altiplano. 117 p.
- AVELINO, J., BARBOZA, B., ARAYA, J. C., FONSECA, C., DAVRIEUX, F., GUYOT, B., CILAS, C. 2005. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitudeterroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Costa Rica. 85(11): 1869–1876
- BARBERÁ J. 2000. Cómo catar el Café. España. 2 p. [EN LINEA]: Fórumcafé, (https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f_02-cata.pdf, Biblioteca, 28 enero 2019)
- BARBOSA, M., FRANCISCO, J. S., DOS SANTOS SCHOLZ, M. B., KITZBERGER, C., BENASSI, M. DE T. 2018. Dynamics of sensory perceptions in arabica coffee

- brews with different roasting degrees. *Journal of Culinary Science & Technology*. Brasil. 1–12.
- BARBOSA, M. DE S. G., SCHOLZ, M. B. DOS S., KITZBERGER, C. S. G., BENASSI, M. DE T. 2019. Correlation between the composition of green Arabica coffee beans and the sensory quality of coffee brews. *Food Chemistry*. Brazil. 292: 275–280.
- BICHO, N. C., LEITÃO, A. E., RAMALHO, J. C., LIDON, F. C. 2012. Use of colour parameters for roasted coffee assessment. *Food Science and Technology*. Portugal. 32(3): 436–442.
- BICHO, N. C., LEITÃO, A. E., RAMALHO, J. C., DE ALVARENGA, N. B., LIDON, F. C. 2013. Impact of roasting time on the sensory profile of Arabica and Robusta coffee. *Ecology of food and nutrition*, 52(2):163-177.
- BRAND-WILLIAMS, W., CUVÉLIER, M.E., BERSET, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*. Francia. 28(1):25–30.
- BOOT, W. 2006. Variety is the Spice of Coffee. *Roast magazine*. Canadá. 4 pag. [en línea]: (https://bootcoffee.com/wp-content/uploads/2012/05/Variety_reprint_May06.pdf)
- BUFFO, R. A., y CARDELLI-FREIRE, C. 2004. Coffee flavour: an overview. flavour and fragrance. *Journal*. CA – Estados Unidos. 19(2): 99–104.
- BHUMIRATANA, N., ADHIKARI, K., y CHAMBERS, E. 2011. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT - Food Science and Technology*. Estados Unidos. 44(10): 2185–2192.
- CABALLERO, L. A. P., ORTEGA, J. C., & MALDONADO, L. Y. M. 2014. Evaluación del rendimiento de la extracción de café tostado molido comercial. @ limentech, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, Colombia.12(1):40-47.
- CID, M. C., DE PEÑA, M. P. 2016. Coffee: Analysis and Composition. *Encyclopedia of Food and Health*. España. 225–231.
- CHALFOUN, S. M., PEREIRA, M. C., CARVALHO, G. R., PEREIRA, A. A., SAVIAN, T. V., y BOTELHO, D. M. D. S. 2013. Sensorial characteristics of coffee (*Coffea arabica* L.) varieties in the Alto Paranaíba region. *Coffe Science*, Lavras. Brasil. v. 8, n. 1, p. 43-52.

- CHÁVEZ, D. W. H., ASCHERI, J. L. R., CARVALHO, C. W. P., GODOY, R. L. O., PACHECO, S. 2017. Sorghum and roasted coffee blends as a novel extruded product: Bioactive compounds and antioxidant capacity. *J. of functional Foods. Brasil.* 29: 93–103.
- CHEONG, M. W., TONG, K. H., ONG, J. J. M., LIU, S. Q., CURRAN, P., YU, B. 2013. Volatile composition and antioxidant capacity of Arabica coffee. *Food research International. Singapore.* 51(1): 388–396.
- CHO, A. R., PARK, K. W., KIM, K. M., KIM, S. Y., HAN, J. 2013. Influence of roasting conditions on the antioxidant characteristics of colombian coffee (*Coffea arabica* L.) beans. *J. of Food Biochemistry. Colombia.* 38(3): 271–280.
- CONDO, L., PAZMIÑO, G. 2015. Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias. Tomo 2. Ecuador. 106 p.
- CORDOBA, N., PATAQUIVA, L., OSORIO, C., MORENO, F., RUIZ, R. Y. 2019. Effect of grinding, extraction time and type of coffee on the physicochemical and flavour characteristics of cold brew coffee. *Scientific Reports. Colombia.* 9(1): 8440.
- CRUZ, B., RODRÍGUEZ, P., SUÁREZ, S., ORDOÑEZ, E., VEGA, C. 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.
- DAGLIA, M., PAPETTI, A., GREGOTTI, C., BERTÈ, F., GAZZANI, G. 2000. In vitro antioxidant and ex vivo protective activities of green and roasted coffee. *J. of Agricultural and Food Chemistry.* 48(5):1449–1454
- DEL PINO-GARCÍA, R., GONZÁLEZ-SANJOSÉ, M. L., RIVERO-PÉREZ, M. D., y MUÑIZ, P. 2012. Influence of the degree of roasting on the antioxidant capacity and genoprotective effect of instant coffee: contribution of the melanoidin fraction. *J. of Agricultural and Food Chemistry.* 60(42): 10530–10539.
- DEL CASTILLO, M. D., AMES, J. M., GORDON, M. H. 2002. Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 50(13): 3698-3703.
- 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*. Colombia. 29(4): 31–42.
- DIAZ N. y PERDOMO R. 2015. Caracterización físico-química y sensorial de dos variedades de café (*Coffea arabica*) del occidente de Honduras. Proyecto especial de graduación Ing. en Agroindustria Alimentaria. Zamorano – Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 51 p.
- DI DONFRANCESCO, B., GUTIERREZ GUZMAN, N., CHAMBERS, E. 2014. Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of colombian brewed coffee. *J. of Sensory Studies*. Colombia. 29(4):301–311.
- DUARTE, S. M. DA S., ABREU, C., MENEZES, H. C., DE SANTOS, M., GOUVÊA, C. 2005. Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Brasil. 25(2): 387–393.
- DUICELA, G.L., DEL ROCIO, V.C., FARFAN, T.D. 2017. Calidad organoléptica de cafés arábigos en relación a las variedades y altitudes de las zonas de cultivo, Ecuador. *Iber. Rev. Tecnología Postcosecha*. Ecuador. 18(1):67-77.
- DYBKOWSKA E., SADOWSKA A., RAKOWSKA R., D BOWSKA M., WIDERSKI F., WI DER K. 2017. Assessing polyphenols content and antioxidant activity in coffee beans according to origin and the degree of roasting. *Rocz Panstw Zakl Hig. Polonia*. 68(4):347-353.
- D'ARENY A. 2016. Los aromas del café. España. 4 p. [EN LINEA]: Fórumcafé, (<https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/aromas.pdf>, Biblioteca, 28 enero 2019).
- DURAZZO, A. 2017. Study Approach of Antioxidant Properties in Foods: Update and Considerations. *Foods*. Italia. 6(3): 17.
- EE SHAN, O., ZZAMAN, W., YANG, T. A. 2015. Effect of superheated steam roasting on radical scavenging activity and phenolic content of robusta coffee beans. *International J.on Ad. Sc, Engineering and Information Technology*. Malasya. 5(2): 99.
- EL GHARRAS H. 2009. Polyphenols: food sources, properties and applications - a review. *Inte. J. of Food Sci and Tech*. 44(12):2512–8.
- ESQUIVEL, P. y JIMÉNEZ, V. M. 2012. Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*. San Pedro - Costa Rica. 46(2):488 –495.

- ESTRELLA G. 2014. Evaluación física y sensorial de cuatro variedades de café (*Coffea arabica* L.) tolerantes a roya (*Hemileia vastatrix*), en relación a dos pisos ecológicos de las provincias de Lamas y Rioja. Tesis Ing. Agroindustrial. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. Tarapoto – Perú. 79 p.
- ESTEBAN-DIEZ, I., GONZÁLEZ-SÁIZ, J. M., SÁENZ-GONZÁLEZ, C., PIZARRO, C. 2007. Coffee varietal differentiation based on near infrared spectroscopy. *Talanta*. España. 71(1): 221-229.
- EUGÊNIO, M. H. 2010. Blends de cafés arábica e conillon: avaliações físicas, químicas e sensoriais. Universidade Federal de Lavras. Mestre em Ciência dos Alimentos. Brasil. 112 p.
- FARAH, A., MONTEIRO, M. C., CALADO, V., FRANCA, A. S., TRUGO, L. C. 2006. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*. Brasil. 98(2): 373–380.
- FARAH, A. 2012. Coffee Constituents. *Coffee*, pag. 21–58.
- FERRER-GALLEGO, R., HERNÁNDEZ-HIERRO, J. M., RIVAS-GONZALO, J. C., ESCRIBANO-BAILÓN, M. T. 2014. Sensory evaluation of bitterness and astringency sub-qualities of wine phenolic compounds: synergistic effect and modulation by aromas. *Food Research International*. España. 62: 1100–1107.
- GAMONAL, L. E., VALLEJOS-TORRES, G., LÓPEZ, L. A. (2017). Sensory analysis of four cultivars of coffee (*Coffea arabica* L.), grown at different altitudes in the San Martín region - Peru. *Ciência Rural*. Perú. ISSN 1678-4596. 47(9).
- GEERAERT, L., BERECHA, G., HONNAY, O., AERTS, R. 2019. Organoleptic quality of Ethiopian Arabica coffee deteriorates with increasing intensity of coffee forest management. *J. of Environmental Management*. Belgica. 231:282–288.
- GIMASE, J., THAGANA, W., KIRUBI, D., GICHURUAND E., GICHIMU B. 2014. Genetic characterization of arabusta coffee hybrids and their parental genotypes using molecular markers. *Plant Cell Biotechnology and Molecular*. Kenya. 15(1-2):31-42.
- GLOESS, A. N., SCHÖNBÄCHLER, B., KLOPPROGGE, B., D'AMBROSIO, L., CHATELAIN, K., BONGARTZ, A., KOZIOROWSKI, T., YERETZIAN, C. 2013. Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and

- sensory analysis. *European Food Research and Technology*. Alemania. 236(4): 607–627.
- GOODMAN, B. A., y YERETZIAN, C. 2015. Free radical processes in coffee I—Solid samples. *Processing and Impact on Active Components in Food* Academic Press. Chapter 67, pp. 559-566.
- HAMEED, A., HUSSAIN, S. A., IJAZ, M. U., ULLAH, S., PASHA, I., & SULERIA, H. A. R. 2018. Farm to Consumer: factors affecting the organoleptic characteristics of coffee. ii: postharvest processing factors. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. USA. 17(5): 1184–1237.
- HOGERVORST CVEJI , J., ATANACKOVI KRSTONOŠI , M., BURSA , M., & MILJI , U. 2017. Polyphenols. nutraceutical and functional food components. Serbia. Cap. 7, 203–258.
- JAIMES, E. M. S., TORRES, I. B., VILLARREAL, H. H. P. 2015. Sensory evaluation of commercial coffee brands in Colombia. *International Journal of Business and Systems Research*. Colombia. 9(3): 195.
- KATHURIMA, C., GICHIMU, B., KENJI, G., MUHOHO, S., BOULANGER, R. 2009. Evaluation of beverage quality and green bean physical 87 characteristics of selected Arabica coffee genotypes in Kenya. *Rev. African Journal of Food Science*, Kenya. 3(11):365-371.
- KIM, S.-Y., KO, J.-A., KANG, B.-S., PARK, H.-J. 2018. Prediction of key aroma development in coffees roasted to different degrees by colorimetric sensor array. *Food Chemistry*. Korea. 240:808–816.
- KOMES, D. y BUŠI , A. 2014. Antioxidants in coffee. *Processing and impact on antioxidants in beverages*. Chapter 3, pp. 25-32.
- LAZARO C. 2012. Caracterización organoléptica en taza del café orgánico (*coffea arabica*) variedad caturra según altitud en Satipo. Tesis Ingeniero en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Centro del Perú. 98 p.
- LEE, L. W., TAY, G. Y., CHEONG, M. W., CURRAN, P., YU, B., LIU, S. Q. 2017. Modulation of the volatile and non-volatile profiles of coffee fermented with *Yarrowia lipolytica* : II. Roasted coffee LWT. China. 80: 32–42.

- LIMA FILHO, T., LUCIA, S. M. D., SARAIVA, S. H., LIMA, R. M. 2015. Características físico-químicas de bebidas de café tipo expresso preparadas a partir de blends de café arábica e conilon. *Revista Ceres. Brasil.* 62(4): 333-339.
- LINGLE, T., MENON, S. 2017. Cupping and grading—discovering character and quality. *The Craft and Science of Coffee. India.* Capítulo 8, 181–203.
- LÓPEZ-GALILEA, I., ANDUEZA, S., LEONARDO, I. DI, PAZ DE PEÑA, M., CID, C. (2006). Influence of torrefacto roast on antioxidant and pro-oxidant activity of coffee. *Food Chemistry. España.* 94(1):75–80.
- LÓPEZ-GALILEA, I., DE PEÑA, M. P., CID, C. 2007. Correlation of Selected Constituents with the Total Antioxidant Capacity of Coffee Beverages: Influence of the Brewing Procedure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry. España.* 55(15): 6110–6117.
- MARTINEZ A. 2008. La cata de café. España. 8 p. [EN LINEA]: Fórumcafé, (https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f-35_la_cata_de_cafe.pdf , Biblioteca, 28 enero 2019).
- MAYER, F., CZERNY, M., GROSCH, W. 1999. Influence of provenance and roast degree on the composition of potent odorants in Arabica coffees. *European Food Research and Technology. Alemania.* 209(3-4): 242–250.
- MELO PEREIRA, G. V. DE, CARVALHO NETO, D. P. DE, MAGALHÃES JÚNIOR, A. I., VÁSQUEZ, Z. S., MEDEIROS, A. B. P., VANDENBERGHE, L. P. S., y SOCCOL, C. R. 2018. Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review. *Food Chemistry. Brasil.*
- MINAGRI (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO). 2019. Café peruano: Meta al 2021 es elevar a kilo y medio su consumo per cápita anual. [EN LÍNEA]: (<http://minagri.gob.pe/portal/publicaciones-y-prensa/noticias-2019/24578-cafe-peruano-meta-al-2021-es-elevar-a-kilo-y-medio-su-consumo-per-capita-anual>)
- MOON, J.-K., YOO, H. S., & SHIBAMOTO, T. 2009. Role of roasting conditions in the level of chlorogenic acid content in coffee beans: correlation with coffee acidity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry. USA.* 57(12): 5365–5369.
- MORENO, L. G., ALVARADO, G. 2000. La Variedad Colombia: Veinte años de adopción y comportamiento frente a nuevas razas de la roya del cafeto. CENICAFÉ. Colombia. 32 pág.

- MORENO, F. L., RAVENTÓS, M., HERNÁNDEZ, E., SANTAMARÍA, N., ACOSTA, J., PIRACHICAN, O., TORRES, L., RUIZ, Y. 2014. Rheological behaviour, freezing curve, and density of coffee solutions at temperatures close to freezing. *International Journal of Food Properties*. Colombia. 18(2): 426–438.
- MOUSSAOUI, K. A., VARELA, P. 2010. Exploring consumer product profiling techniques and their linkage to a quantitative descriptive analysis. *Food Quality and Preference*. España. 21(8): 1088–1099.
- MURRAY, J., DELAHUNTY, C., BAXTER, I. 2001. Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*. Irlanda. 34(6): 461–471.
- OBOH, H., OMOREGIE, I. 2011. Total phenolics and antioxidant capacity of some nigerian beverages. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences*. Nigeria. 19(1).
- ODŽAKOVI , B., DŽINI , N., KUKRI , Z., & GRUJI , 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.
- OLIVEIRA-NETO J. R., REZENDE S. G., DE FÁTIMA REIS C., BENJAMIN S. R., ROCHA M., DE SOUZA G. 2016. Electrochemical behavior and determination of major phenolic antioxidants in selected coffee samples. *Food Chemistry*. Brasil. 190:506–12.
- PACHECO, A. 2016. Estimación del tiempo de vida útil del café tostado tipo premium (*coffea arabica*) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 136 p.
- PALOMINO, A.C., LÓPEZ, B.C., ESPEJO, J.R., MANSILLA, S.R., QUISPE, V.J. 2014. Evaluation of the genetic diversity of the coffee (*Coffea arabica* L.) in Villa Rica (Perú). *Rev. Ecología Aplicada*, Perú. 13(2): 129-134
- PERALTA, E. 2018. Comprobación de los perfiles de taza de café de variedades resistentes y susceptibles a la roya, en dos estratos de altura; Esquipulas, Chiquimula. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 98 p.
- PÉREZ-HERNÁNDEZ L., CHÁVEZ-QUIROZ K., MEDINA-JUÁREZ L., GÁMEZ M. 2012. Phenolic characterization, melanoidins, and antioxidant activity of some

- commercial coffees from *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. J. Mex. Chem. Soc. México. 56(4): 355 – 100.
- PÉREZ-MARTÍNEZ, M., CAEMMERER, B., DE PEÑA, M. P., CID, C., KROH, L. W. 2010. Influence of brewing method and acidity regulators on the antioxidant capacity of coffee brews. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Alemania. 58(5): 2958–2965.
- PCM (PRESIDENCIA DEL COSEJO DE MINISTROS). 2013. Obras. Obras por departamento. Huánuco. [En línea]: PCM, (<http://www.pcm.gob.pe/obras/obras-por-departamentos/huanuco/>, 30 mar. 2019).
- PUERTA-QUINTERO, G. 1996. Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café verde *Coffea arabica*, procesado por vía húmeda. Rev. Cenicafé. Colombia. 47(4): 231-234.
- PUERTA-QUINTERO, G. 1998. Calidad en taza de las variedades de *coffea arabica* L cultivadas en Colombia. Rev. Cenicafé. Colombia. 49(4): 265-278.
- PUERTA-QUINTERO, G. 2000. Influencia de los granos de café cosechados verdes, en la calidad física y organoléptica de la bebida. Rev. Cenicafé. Colombia. 51(2):136-150.
- RAFAEL, C. 2019. Evaluación de la calidad física, fisicoquímica y sensorial de granos de café verde oro (*Coffea arábica* L.) de diferentes zonas—Leoncio Prado. Tesis Ing. En Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú. 133 p.
- RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., RICE-EVANS, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine. Londres. 26(9-10): 1231–1237.
- RODRIGUES, C. I. I., HANSON, C. M., NOGUEIRA, J. M. F. 2012. Coffees and industrial blends aroma profile discrimination according to the chromatic value. Coffee Science, Lavras. Brasil. V. 7, n. 2, p. 167-176.
- RODRIGUES, NP, SALVA, T. DE JG Y BRAGAGNOLO, N. 2015. Influence of coffee genotype on bioactive compounds and the in vitro capacity to scavenge reactive oxygen and nitrogen species. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Brasil. 63 (19):4815–4826.

- SAMAYOA, R. 2011. Caracterización de cuatro variedades de cafeto (*coffea arabica* L.) trabajo de graduación realizado en la finca Chichaj, municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad De San Carlos De Guatemala. Guatemala. 126 p.
- SANTOS, E. 2010. Perfil sensorial e aceitabilidade do consumidor para blends de bebidas de café preparadas com grãos arábica (*Coffea arabica*) e conilon (*Coffea canephora*). Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. Brasil. 83 p
- SCAA (Specialty Coffee Association of American). 2011. Café verde Arabica. Manual de defectos. Mimeografiado. 30 p.
- SCAA (Specialty Coffee Association of American). 2015. SCAA Protocols. 10 p.
- SCAN (RED DE ASISTENCIA DE PRODUCTOS BÁSICOS SOSTENIBLE). 2015. Evaluación sensorial de café. Manual de evaluación. Mimeografiado. 37 p.
- SCHENKER, S., HEINEMANN, C., HUBER, M., POMPIZZI, R., PERREN, R., ESCHER, R. 2002. Impact of roasting conditions on the formation of aroma compounds in coffee beans. *J. of Food Sci.* 67(1), 60–66
- SCHOLZ, M. B., KITZBERGER, C. S., PRUDENCIO, S. H., SILVA, R. S. 2018. The typicity of coffees from different terroirs determined by groups of physico-chemical and sensory variables and multiple factor analysis. *Food Research International*. Brasil. 114: 72–80.
- SCHENKER, S., ROTHGEB, T. 2017. The Roast—Creating the Beans' Signature. *The Craft and Science of Coffee*. 3:245–271.
- SONG, J. L., ASARE, T. S., KANG, M. Y., y LEE, S. C. 2018. Changes in Bioactive Compounds and antioxidant capacity of Coffee under Different Roasting Conditions. *Korean J. Plant Res. Korea*. 31(6):704-713.
- SOMPORN, C., KAMTUO, A., THEERAKULPISUT, P., SIRIAMORNUN, S. 2011. Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of Arabica coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). *International J. of Food Sci & Technology*. Taylandia. 46(11): 2287–2296.
- SUMMA, C. A., DE LA CALLE, B., BROHEE, M., STADLER, R. H., & ANKLAM, E. 2007. Impact of the roasting degree of coffee on the in vitro radical scavenging

- capacity and content of acrylamide. *LWT - Food Science and Technology*, 40(10): 1849–1854.
- SUNARHARUM, W., WILLIAMS, D., SMYTH, H. 2014. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, Australia. 62: 315–325.
- SUNARHARUM, W. 2016. The compositional basis of coffee flavour. Thesis Doctor Estudio de Alimentos. Universidad de Queensland. Australia. Pág. 114 – 115.
- TOLEDO, P., PEZZA, L., PEZZA, H. R., TOCI, A. T. 2016. Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Sao Paulo – Brasil. 15 (4): 705–719.
- TORRES, L. M. 2014. Compostos bioativos, ácidos orgânicos, atividade antioxidante e suas correlações com a qualidade da bebida de café arábica. Universidade Federal de Lavras. Tesis de maestria. Brazil. 93 pag.
- WANG, N. 2012. Physicochemical changes of coffee beans during roasting. Tesis Master in Food Science. Universidad de Guelph. Canadá. 100 p.
- WANG N, LIM L-T. 2012. Fourier transform infrared and physicochemical analyses of roasted coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Canadá. 60(21):5446–53.
- WANG, X., LIM, L.-T. 2015. Physicochemical Characteristics of Roasted Coffee. *Coffee in Health and Disease Prevention*. Canadá. Pag. 247–254.
- WANG, S., MECKLING, K. A., MARCONE, M. F., KAKUDA, Y., & TSAO, R. (2011). Synergistic, additive, and antagonistic effects of food mixtures on total antioxidant capacities. *J. of Agri. and Food Chem.*. Canadá. 59(3): 960–968.
- WERMELINGER, T., D'AMBROSIO, L., KLOPPROGGE, B., YERETZIAN, C. (2011). Quantification of the robusta fraction in a coffee blend via raman spectroscopy: proof of principle. *J. of agri and food chem*. Suiza. 59(17): 9074-9079.
- WEI, F., TANOKURA, M. 2015. Chemical changes in the components of coffee beans during roasting. *Coffee in health and disease prevention*. Japan. pag. 83–91.

ANEXOS

A-I. Formulario de catación



Specialty Coffee Association of America Coffee Cupping Form

Directions: (1) Mark the relative darkness of the sample. (2) Mark the intensity of fragrance/aroma of the dry, crust and break on the vertical scale. (3) Rate the quality of fragrance/aroma on the horizontal scale. (4) Upon tasting the liquor, evaluate *intensity* of acidity and *level* of body. (5) Mark the *quality* of the flavor attribute on the horizontal 1-10 scale. If the score changes, note the change with an arrow. Mark any taints or defects found, along with the number of cups in which it was found. (6) Enter the final quality score of each flavor component in the upper right box. (7) Add all component scores together. (8) Subtract defects and taints to get final sample score.

Quality scale:	5- Average
10- Exceptional	4- Fair
9- Outstanding	3- Poor
8- Excellent	2- Very poor
7- Very good	1- Unacceptable
6- Good	0- Not present

Sample #	Roast Level of Sample	Fragrance/Aroma Score: 0-10	Acidity Score: 0-10	Body Score: 0-10	Flavor Score: 0-10	Clean Cup Score: 0-10	Uniformity Score: 0-10	Overall Score: 0-10	Total Score
		Dry Qualities: Break	Intensity high Low	Level: heavy light	Sweetness	Balance	Aftertaste	Defects (subtract) Taint=2 # cups Intensity Fault=4 <input type="text"/> X <input type="text"/> = <input type="text"/>	
Notes:									Final Score

Sample #	Roast Level of Sample	Fragrance/Aroma Score: 0-10	Acidity Score: 0-10	Body Score: 0-10	Flavor Score: 0-10	Clean Cup Score: 0-10	Uniformity Score: 0-10	Overall Score: 0-10	Total Score
		Dry Qualities: Break	Intensity high Low	Level: heavy light	Sweetness	Balance	Aftertaste	Defects (subtract) Taint=2 # cups Intensity Fault=4 <input type="text"/> X <input type="text"/> = <input type="text"/>	
Notes:									Final Score

Sample #	Roast Level of Sample	Fragrance/Aroma Score: 0-10	Acidity Score: 0-10	Body Score: 0-10	Flavor Score: 0-10	Clean Cup Score: 0-10	Uniformity Score: 0-10	Overall Score: 0-10	Total Score
		Dry Qualities: Break	Intensity high Low	Level: heavy light	Sweetness	Balance	Aftertaste	Defects (subtract) Taint=2 # cups Intensity Fault=4 <input type="text"/> X <input type="text"/> = <input type="text"/>	
Notes:									Final Score

A – IIa. ANVA del color (L*) de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	209,185	12,305	48,63	<0,0001
Error experimental	36	9,10946	0,25304		
Total	53	218,29			

$R^2 = 0,96$ C.V. = 1,49 M.S.E. = 2,03 Media = 33,76

A – IIb. ANVA del color (a*) de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	20,191	1,18771	25,88	<0,0001
Error experimental	36	1,6521	0,04589		
Total	53	218,29			

$R^2 = 0,95$ C.V. = 0,17 M.S.E. = 0,008 Media = 4,78

A – IIc. ANVA del color (b*) de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	275,808	16,224	84,77	<0,0001
Error experimental	36	6,8904	0,1914		
Total	53	282,69			

$R^2 = 0,95$ C.V. = 0,17 M.S.E. = 0,008 Media = 4,78

A – IIIa. ANVA del pH de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	0,05	0,00	43,62	<0,0001
Error experimental	36	0,00	0,00		
Total	53	11,50			

$R^2 = 0,95$ C.V. = 0,17 M.S.E. = 0,008 Media = 4,78

A – IIIb. ANVA de la acidez de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	0,28	0,02	11,87	<0,0001
Error experimental	36	0,05	0,00		
Total	53	11,50			

$R^2 = 0,85$ C.V. = 3,41 M.S.E. = 0,037 Media = 1,09

A – IIIc. ANVA del °Brix de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	0,72	0,04	17,68	<0,0001
Error experimental	36	0,09	0,00		
Total	53	0,81			

$R^2 = 0,89$ C.V. = 3,41 M.S.E. = 0,049 Media = 1,44

A – IVa. ANVA del atributo fragancia/aroma en catación de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	3,07	0,18	2,30	0,0105
Error experimental	54	4,23	0,08		
Total	71	7.30			

$R^2 = 0,4203$ C.V. = 3,7809 M.S.E. = 0,28 Media = 7,4063

A – IVb. ANVA del atributo sabor en catación de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	4,39	0,26	4,960	<0,0001
Error experimental	54	2,81	0,05		
Total	71	7,20			

$R^2 = 0,6096$ C.V. = 3,1150 M.S.E. = 0,2282 Media = 7,3264

A – IVc. ANVA del atributo sabor residual en catación de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	5,13	0,30	3,14	0,0007
Error experimental	54	5,19	0,09		
Total	71	10,32			
R ² = 0,4973 C.V. = 4,2588 M.S.E. = 0,3099 Media = 7,28					

A – IVd. ANVA del atributo acidez en catación de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	1,76	0,10	1,73	0,0660
Error experimental	54	3,23	0,06		
Total	71	4,99			
R ² = 0,3521 C.V. = 3,3138 M.S.E. = 0,2447 Media = 7,3854					

A – IVe. ANVA del atributo cuerpo en catación de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	5,92	0,35	5,15	<0,0001
Error experimental	54	3,66	0,07		
Total	71	9,58			
R ² = 0,62 C.V. = 3,5652 M.S.E. = 0,2602 Media = 7,2986					

A – IVf. ANVA del atributo balance en catación de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	6,28	0,37	3,82	<0,0001
Error experimental	54	5,22	0,1		
Total	71	11,50			
R ² = 0,5461 C.V. = 4,2920 M.S.E. = 0,3109 Media = 7,2431					

A-V. Análisis de matriz de correlación / Probabilidades – atributos

BALANCE	FR/ AROMA	SABOR	S. RESIDUAL	ACIDEZ	CUERPO	BALANCE
FR/ AROMA						
SABOR	<0,0001					
S. RESIDUAL	0,0001	<0,0001				
ACIDEZ	<0,0001	0,0003	0,0006			
CUERPO	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001		
BALANCE	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001	

A-VI. Análisis de matriz de correlación / Probabilidades – atributos

Autovalores				
Lambda	Valor	Proporción	Prop. Acumulada	
1	5,07	0,84	0,84	
2	0,32	0,05	0,90	
3	0,23	0,04	0,94	
4	0,20	0,03	0,97	
5	0,09	0,02	0,99	
6	0,09	0,01	1,00	
Autovectores				
Variables		e ¹	e ²	
Fragancia/ aroma		0,41	-0,02	
Sabor		0,42	-0,09	
Sabor residual		0,41	-0,36	
Acidez		0,38	0,89	
Cuerpo		0,41	-0,08	
Balance		0,42	-0,26	
Correlación con las variables originales				
Variables		CP ¹	CP ²	
fragancia/ aroma		0,91	-0,01	
sabor		0,95	-0,05	
sabor residual		0,93	-0,20	
acidez		0,86	0,50	
cuerpo		0,92	-0,05	
balance		0,95	-0,15	

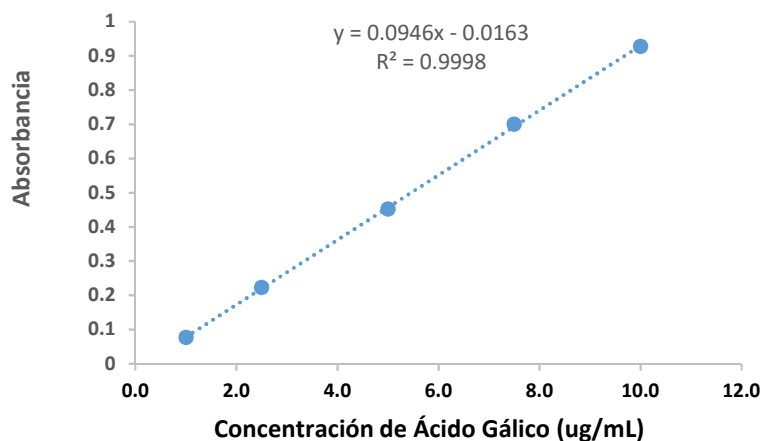
Correlación cofonética = 0,992

A – VII. ANVA de la evaluación de calidad de taza de mezclas de café caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	189,23	11,13	6,40	<0,0001
Error experimental	54	93,89	1,73		
Total	71	283,1			

$R^2 = 0,91$ C.V. = 1,71 M.S.E. = 0,57 Media = 33,08

A – VIII. Curva estándar para la cuantificación de polifenoles



A – IXa. ANVA de la cuantificación de polifenoles totales de mezclas de café caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	119,41	7,02	21,72	<0,0001
Error experimental	36	11,64	0,32		
Total	53	0,24			

$R^2 = 0,91$ C.V. = 1,71 M.S.E. = 0,57 Media = 33,08

A – IXb. ANVA de la cuantificación de DPPH de mezclas de café caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	0,19	0,01	9,04	<0,0001
Error experimental	36	0,05	0,00		
Total	53	0,24			
$R^2 = 0,81$ C.V. = 2,5 M.S.E. = 0,035 Media = 1,41					

A – IXc. ANVA de la cuantificación de ABTS⁰⁺ de mezclas de café caturra y catimor.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	. F cal	P valor
Tratamiento	17	0,038	0,002	10,24	<0,0001
Error experimental	36	0,008	0,000		
Total	53	0,046			
$R^2 = 0,83$ C.V. = 7,9 M.S.E. = 0,015 Media = 0,19					