

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**CALIDAD SENSORIAL, FENOLES TOTALES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, Y
COMPOSICIÓN MINERAL EN EL *Coffea arabica* (café) ADULTERADO CON
Oryza sativa L. (arroz blanco)**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

POMA JULCA, VICTOR ADRIÁN

Promoción 2020-II

Tingo María - Perú

2022



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

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 008-2022

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público en forma virtual a las 6:15 p.m. del día 19 de agosto del 2022, en el equipo: Sustentación de Tesis de Pregrado FIIA UNAS en la Plataforma Teams, para calificar la tesis presentada por el Bach. **VÍCTOR ADRIAN POMA JULCA**, titulada:

“CALIDAD SENSORIAL, FENOLES TOTALES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, Y COMPOSICIÓN MINERAL EN EL *Coffea arabica* (café) ADULTERADO CON *Oryza sativa* L. (arroz blanco)”

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

Tingo María, 19 de agosto del 2022


Ing. M.Sc. Gunter Daza Rengifo
Presidente


Ing. M.Sc. José Antonio Blas Matienzo
Miembro


Ing. M. Sc. Victor Elvis Condori Rondán
Miembro


Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gomez
Asesora

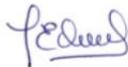

Ing. Darlym Reátegui Diaz
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
UNIVERSITARIO

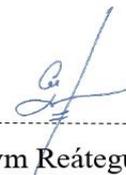
DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Título de Tesis : CALIDAD SENSORIAL, FENOLES TOTALES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, Y COMPOSICIÓN MINERAL EN EL *Coffea arabica* (café) ADULTERADO CON *Oryza sativa* L. (arroz blanco)
Autor : Bach. Víctor Adrián Poma Julca.
Asesores : Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gomez
: Ing. Darlym Reátegui Diaz
Escuela Profesional : Ingeniería en Industrias Alimentarias
Programa de Investigación : Ciencia y Tecnología de Alimentos
Línea (s) de investigación : Ciencia y Tecnología de Alimentos
Eje temático: : Gestión de Calidad
Lugar de ejecución : Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Duración : Fecha de inicio : Agosto 2021
: Fecha de término : Agosto 2022
Financiamiento : Recursos propios.
Monto : S/ 5.648,50

V° B°



Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gomez



Ing. Darlym Reátegui Diaz



Bach. Víctor Adrián Poma Julca

DEDICATORIA

A DIOS

Por concederme la vida, inteligencia, salud y fuerza necesaria para afrontar cada día con valentía y entereza las etapas en mi formación profesional.

A mis queridos padres

María Julca y Victor Poma, por haberme formado con valores y principios, además de su apoyo incondicional para lograr cada uno de mis objetivos propuestos durante esta etapa de mi vida, mi gratitud eterna.

A mis hermanas

Yolanda, Silvia y Yakeline Poma Julca, por su paciencia, preocupación, sabios consejos y apoyo incondicional para no decaer durante esta etapa de mi formación académica.

A mis amigos (as) y docentes

A cada uno de ellos por sus consejos, aprecio, confianza y por las anécdotas vividas durante mi formación profesional y cada una de las pichangas jugadas.

AGRADECIMIENTOS

- A mi alma mater, Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme las herramientas necesarias durante mi formación profesional.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, a todos los docentes por sus enseñanzas y consejos durante mi formación académica y personal.
- A mis asesores: Dra. Elizabeth Ordoñez Gómez y Ing. Darlym Reategui Diaz, por todo su apoyo, paciencia y dedicación a la investigación que me motivaron a seguir adelante.
- A mi familia, en especial a mi mamá María Asunciona Julca Aguirre y a mi hermana mayor Yolanda Poma Julca, por su apoyo incondicional y sus consejos que me permitieron concluir satisfactoriamente esta etapa de mi vida.
- Al Ing. Iván Zuñiga, Ing. José Zuñiga, Ing. Jady Coronel, Ing. Pedro Camasca, Ing. Erick Poma, por compartir su conocimiento, amistad y apoyo durante la ejecución de este proyecto de investigación.
- A los responsables de Laboratorio Central de Investigación (LCI), Ing. Miguel Sánchez, Ing. José Trujillo, por su apoyo y compartir su conocimiento en los análisis desarrollados durante la ejecución de la presente investigación.
- A los miembros del jurado: Ing. Gunter Daza Rengifo, Ing. Víctor Condori Rondan y al Ing. José Antonio Blas Matienzo, por su apoyo, confianza, disposición y aporte durante la investigación desarrollada.
- A mi amigo: Abdiel Jesús Martín y a toda mi promoción por sus consejos, apoyo moral e incondicional cuando más los necesitaba, durante la ejecución de la presente investigación y el desarrollo de mi vida universitaria.

ÍNDICE

| | Página |
|--|--------|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 2 |
| 2.1 Generalidades del café..... | 2 |
| 2.1.1 Definición..... | 2 |
| 2.1.2 Origen - procedencia | 2 |
| 2.1.3 Taxonomía..... | 3 |
| 2.1.4 Variedades | 3 |
| 2.1.4.1 Catimor..... | 3 |
| 2.1.4.2 Caturra | 3 |
| 2.1.4.3 Típica..... | 3 |
| 2.2 Generalidades del arroz..... | 4 |
| 2.2.1 Definición | 4 |
| 2.2.2 Taxonomía..... | 4 |
| 2.2.3 Producción de arroz en el Perú | 4 |
| 2.3 Aspectos generales de la calidad | 4 |
| 2.3.1 Definiciones..... | 5 |
| 2.3.1.1 Café tostado | 5 |
| 2.3.1.2 Café tostado molido..... | 5 |
| 2.3.2 Calidad en el café tostado molido..... | 6 |
| 2.3.3 Normas de calidad | 6 |
| 2.4 Fraude alimentario..... | 7 |
| 2.4.1 Generalidades | 7 |
| 2.4.2 Adulteración del café..... | 7 |
| 2.5 Micronutrientes | 8 |
| 2.5.1 Minerales | 8 |
| 2.5.1.1 Calcio..... | 8 |
| 2.5.1.2 Magnesio | 9 |
| 2.5.1.3 Potasio | 9 |
| 2.5.1.4 Sodio..... | 9 |
| 2.5.1.5 Hierro..... | 10 |
| 2.5.1.6 Zinc..... | 10 |
| 2.5.1.7 Manganeso..... | 10 |

| | Página |
|--|--------|
| 3.5.4.2 Evaluación de la calidad en taza..... | 21 |
| 3.5.5 Evaluación del color en el café puro y adulterado con arroz en el espacio CIE L*, a*, b* | 22 |
| 3.5.6 Determinación de fenoles totales en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz | 22 |
| 3.5.6.1 Preparación de la bebida de café | 23 |
| 3.5.6.2 Preparación de la curva estándar | 23 |
| 3.5.6.3 Análisis de fenoles totales | 23 |
| 3.5.7 Determinación de la capacidad antioxidante en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz | 23 |
| 3.5.7.1 Capacidad de inhibir el radical ABTS (2,2'-azino-bis (3- ettrylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)..... | 24 |
| 3.5.7.2 Capacidad de inhibir el radical libre DPPH (1,1-Diphenyl-2-picril- hydrazil)..... | 24 |
| 3.5.8 Determinación del contenido mineral (macro y micro) en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz | 25 |
| 3.5.8.1 Preparación de las bebidas..... | 25 |
| 3.5.8.2 Preparación del estándar y calibración del equipo | 25 |
| 3.5.9 Detección de la adulteración en el café tostado molido mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)..... | 27 |
| 3.5.9.1 Preparación de la muestra..... | 27 |
| 3.5.9.2 Técnica de análisis..... | 27 |
| 3.5.9.3 Lectura del espectro Infrarrojo | 27 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 28 |
| 4.1 Selección de la muestra de café..... | 28 |
| 4.2 Evaluación sensorial (atributos de catación y calidad en taza) en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz | 29 |
| 4.2.1 Evaluación de los atributos de catación..... | 29 |
| 4.2.2 Evaluación de la calidad en taza..... | 40 |
| 4.3 Evaluación del color en el café tostado molido puro y adulterado con arroz, en el espacio CIE L*, a*, b* | 41 |
| 4.4 Fenoles totales en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz..... | 42 |
| 4.5 Capacidad antioxidante en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz..... | 44 |

| | Página |
|---|--------|
| 4.6 Determinación del contenido mineral (macro y micro) en la bebida de café pura y adulterada con arroz..... | 46 |
| 4.7 Análisis de la adulteración en café tostado molido mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR - ATR)..... | 52 |
| V. CONCLUSIONES | 56 |
| VI. RECOMENDACIONES | 57 |
| VII. REFERENCIAS | 58 |
| ANEXOS | 84 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 1. | Requisitos de color para el café tostado molido | 6 |
| Tabla 2. | Denominación granulométrica para café tostado molido | 6 |
| Tabla 3. | Requisitos generales para el café tostado y molido | 7 |
| Tabla 4. | Ubicación de las muestras de café evaluadas | 18 |
| Tabla 5. | Composición de las mezclas para cada tratamiento | 20 |
| Tabla 6. | Escala de calidad de atributos de catación..... | 21 |
| Tabla 7. | Clasificación del café según su puntaje final en taza..... | 22 |
| Tabla 8. | Proporciones utilizadas para la preparación del multiestandar..... | 25 |
| Tabla 9. | Parámetros de longitud de onda, curva de calibración y coeficiente de correlación de los estándares | 26 |
| Tabla 10. | Puntaje de calidad en taza de café de diferentes caficultores | 28 |
| Tabla 11. | Resultado de la evaluación sensorial de los atributos de catación en las bebidas de café puras y con diferentes porcentajes de mezclas de café arábica variedad Catimor y arroz..... | 32 |
| Tabla 12. | Análisis de matriz de correlación/coeficientes-atributos en las bebidas de café tostado y molido puras (T ₀) y adulteradas con 5 % (T ₁) hasta un 60 % de arroz (T ₁₂). | 36 |
| Tabla 13. | Resultados de la calidad en taza de las bebidas de café adulterados con arroz | 40 |
| Tabla 14. | Resultados de la evaluación de color en mezclas de café con arroz tostado molido | 42 |
| Tabla 15. | Cuantificación de fenoles totales en las bebidas café puras y adulterado con arroz | 43 |
| Tabla 16. | Capacidad antioxidante de las bebidas de café puras y adulteradas con arroz | 45 |
| Tabla 17. | Composición mineral en las bebidas de café sin adulterar y adulteradas..... | 50 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1. | Representación radial de los atributos de catación en las bebidas de café adulterada con arroz..... | 33 |
| Figura 2. | Análisis de componentes principales de los atributos de catación | 38 |
| Figura 3. | Dendograma del tratamiento patrón y de las adulteraciones considerando los atributos de catación. | 39 |
| Figura 4. | Espectros ATR-FTIR del café tostado molido puro (T ₀), arroz tostado molido (T ₄) y sus adulteraciones al 95:5 % (T ₁), 90:10 % (T ₂), 85:15 % (T ₃). | 53 |
| Figura 5. | Espectros ATR-FTIR superpuestos del café tostado molido puro (T ₀), arroz tostado molido (T ₄) y sus adulteraciones al 95:5 % (T ₁), 90:10 % (T ₂), 85:15 % (T ₃). | 54 |

RESUMEN

Los granos y bebidas de café son reconocidos por su composición bioactiva y atributos sensoriales, sin embargo, la adulteración podría afectar dichas propiedades, en consecuencia, se estableció como objetivo evaluar la calidad sensorial, fenoles totales, capacidad antioxidante, y composición mineral en el *Coffea arabica* (café) adulterado con *Oryza sativa* L. (arroz blanco). Se utilizó la prueba de taza para calificar la adulteración con arroz comprendida desde 5 a 60 %, seleccionándose los tres mejores tratamientos. Según los resultados, la evaluación sensorial determinó que T₀ (100 % C), T₁ (95 % C + 5 % A), T₂ (90 % C + 10 % A) y T₃ (85 % C + 15 % A) presentaron mejores puntajes en atributos primarios, estableciéndose altas correlaciones. La evaluación colorimétrica permitió identificar que el valor de las coordenadas del T₀ (L*: 27,80; a*: 40,86 y b*: 11,37), se modificaron al adulterarse al 5 %. El testigo (T₀) presentó el mejor contenido de fenoles totales: $0,76 \pm 0,1$ mg EAG mL⁻¹, capacidad antioxidante (ABTS^{o+}: 23,79 y DPPH^{o+} 15,48 mmol TE 100 mL⁻¹) y menor contenido de K y Mg en comparación con las bebidas adulteradas; las bebidas presentaron una relación Na/ K entre 0,022 y 0,006. Se identificó diferencias en el espectro (IR) del café y sus adulteraciones, entre los picos 926 a 1 077 cm⁻¹ (carbohidratos), 1 510 a 1 633 cm⁻¹ (cafeína), 1 703 a 1 741 cm⁻¹ (lípidos), correlacionándose al café tostado molido (100 %), el T₁ un 98 %, el T₃ (90 %).

Palabra claves: Calidad sensorial, fenoles totales, antioxidantes, *Coffea arabica*, *Oryza sativa*.

ABSTRACT

Coffee beans and drinks are recognized for their bioactive composition and sensory attributes; notwithstanding, the adulteration of them could affect the aforementioned properties. As a result, the objective that was established was to evaluate the sensory quality, total phenols, antioxidant capacity, and mineral composition of *Coffea arabica* (coffee) adulterated with *Oryza sativa* L. (white rice). The cupping test was used to rate the [different] adulterations with rice, which ranged from five to sixty percent; selecting the three best treatments. According to the results of the sensory evaluation, it was determined that T₀ (100 % C), T₁ (95 % C + 5 % A), T₂ (90 % C + 10 % A), and T₃ (85 % C + 15 % A) presented the highest scores for the primary attributes, establishing high correlations. The evaluation of the colorimetry allowed for the identification that the value of the coordinates for T₀ (L*: 27,80; a*: 40,86; and b*: 11,37), were modified when adulterated at 5 %. The control (T₀) presented the highest total phenol content at $0,76 \pm 0,1$ mg EAG mL⁻¹, antioxidant capacity (ABTS^{o+}: 23,79 and DPPH^{o+} 15,48 mmol TE 100 mL⁻¹), and lowest K and Mg contents, in comparison to the adulterated drinks; the drinks presented a Na/K relationship between 0,022 and 0,006. Differences were identified on the IR spectroscopy for the coffee and its adulterations between the peaks of 926 and 1077 cm⁻¹ (carbohydrates), 1510 and 1633 cm⁻¹ (caffeine), 1703 and 1741 cm⁻¹ (lipids); which correlate to ground roasted coffee (100 %), T₁ at 98 %, and T₃ (90 %).

Keywords: Sensory quality, total phenols, antioxidants, *Coffea arabica*, *Oryza sativa*.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento del mercado de cafés especiales en el mundo, está relacionada con su potencial como alimento funcional y a la versatilidad que tiene para la preparación de distintas bebidas (Samoggia y Riedel, 2019). Al respecto, el café peruano es reconocido a nivel internacional por su calidad distintiva asociada a su acidez y sabor originado en los diferentes pisos altitudinales y microclimas, que propician condiciones favorables (Guevara et al., 2019), siendo la provincia de Leoncio Prado, ideal para el cultivo de cafés especiales (Egas et al., 2018) característicos por sus notas a frutos tropicales (Promperú, 2019).

Sin embargo, actividades como la adulteración del café tostado molido, que son muy frecuentes en el mercado nacional e internacional (Daniel et al., 2018), podrían afectar las propiedades de origen de los granos, siendo el principal motivo de la pérdida de identidad de los cafés cultivados en nuestra región, los adulterantes frecuentemente utilizados en la industria del café incluyen: El maíz, trigo, arroz, cebada, centeno y el azúcar caramelizado (Brondi et al., 2016) que al ser procesados, cuentan con una apariencia similar a los granos de café y su detección visual suele ser imperceptible (García et al., 2011).

Todo esto, asociado a la deficiente regulación y fiscalización en la composición de productos derivados del grano de café por parte del estado peruano (Díaz y Carmen, 2017), ha generado el interés de empresarios que por motivos económicos ven a la adulteración como una práctica rentable (Shaun y Kennedy, 2021; Vigo, 2017). Razón por la cual, se pretende evaluar si la adulteración del café tostado con granos de arroz, afecta las propiedades sensoriales, composición bioactiva y el contenido mineral en las bebidas de café. Para este estudio se eligió como adulterante *Oryza sativa* L. (arroz pulido), debido a que la región es productora de este alimento (Urioste et al., 2019), planteándose los siguientes objetivos:

- Evaluar la calidad sensorial (atributos de catación y calidad en taza) en las bebidas de café adulterado con arroz.
- Evaluar los parámetros de color en el café tostado molido adulterado con arroz, mediante el espacio CIE L*, a*, b*.
- Cuantificar el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante en las bebidas de café adulterado con arroz.
- Determinar el contenido mineral (macro y micro) en bebidas de café adulteradas con arroz.
- Analizar el espectro infrarrojo mediante la espectroscopía por transformada de Fourier (FTIR-ATR) de las muestras de café tostado molido puro y sus adulteraciones con arroz.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del café

Considerado como producto agrícola de importancia comercial en el mercado nacional e internacional, *Coffea arábica* L. (café) es cultivado en países tropicales y representa el pilar de sus economías que se encuentran en vías de desarrollo (Juárez et al., 2021). El Perú forma parte de los 10 países con mayor producción, siendo los tres primeros, Brasil (32 a 34 %), Vietnam (13 - 12 %) y Colombia (9 %), sin embargo, en los últimos años nuestro país se ha posicionado como segundo exportador de café orgánico de alta calidad (Dilas et al., 2021).

2.1.1 Definición

El fruto del cafeto es conocido también como café cerezo, se caracteriza por su aspecto brillante y superficie lisa, está compuesto por la cáscara o exocarpio, el mesocarpio denominado mucilago y el endocarpio conocido comúnmente como pergamino (Figuroa et al., 2015). El café almendra o endospermo es de color verde grisáceo, solo representa el 38,9 a 55,4 % del fruto y se encuentra recubierto por una película plateada denominada tegumento seminal (Fernández et al., 2020).

Los granos de café verde o almendra son obtenidos mediante el proceso de trillado, que consiste en eliminar el pergamino y la película plateada adherida a su superficie, debiendo contar con una humedad máxima de 10 a 12 % (Avalos y Mera, 2018). Son fuente importante de antioxidantes como los ácidos fenólicos, su concentración puede variar dependiendo de su especie y origen, otorgándole al café la calidad de alimento funcional (Llerena et al., 2018). Su principal forma de consumo es mediante infusión, es considerada como una de las bebidas más placenteras y apreciadas a nivel internacional, llegándose a consumir hasta 2 500 millones de tazas al día (Marin et al., 2018).

2.1.2 Origen - procedencia

El cafeto es originario del continente africano, específicamente de Etiopía en una de sus provincias llamada Kaffa, a partir de su descubrimiento el cultivo y consumo se extendió por todo el mundo, siendo los holandeses quienes dispersaron este cultivo por América Central y del Sur en el año 1 963 (Bastos et al., 2019). La primera plantación de café en Perú llegó a mediados del año 1 760 desde la ciudad de Guayaquil, sin embargo, algunos estudios indican que ya existían plantaciones de café en el distrito de Chinchao perteneciente a la región Huánuco, a partir de la cual los cultivos se distribuyeron en toda la selva central y demás regiones aledañas (Barzola et al., 2020).

2.1.3 Taxonomía

El café forma parte de la familia botánica Rubiaceae, que a su vez posee 500 géneros y más de 6 000 especies, sin embargo, las más importantes comercialmente pertenecen al género *Coffea*, entre estos podemos encontrar a especies como *Coffea arabica* Lineo y *Coffea canephora* Pierre Ex Froehner, comúnmente conocido como Robusta (Espinoza et al., 2017). El primero representa el 60 % de la producción mundial, caracterizado por un aroma suave, acidez brillante y menor contenido de cafeína, en comparación con este último que posee cuerpo pesado, además de ser resistente a enfermedades (plagas) y determina el 40 % de la comercialización (Enríquez et al., 2020).

Las principales regiones cafetaleras del país comprenden a San Martín, Amazonas, Cuzco, Cajamarca, Pasco y Huánuco, determinándose los mayores rendimientos y calidad en taza en la selva peruana (Minagri, 2017). Las principales variedades de café cultivadas son Typica (70 %), Caturra (20 %), Bourbon (10 %), Catimor y otros (10 %), el cultivo de estas variedades en distintas condiciones climáticas, permite obtener diferentes perfiles en el sabor, acidez y aroma (Cáceres y Vargas, 2019).

2.1.4 Variedades

2.1.4.1 Catimor

Esta variedad presenta granos de tamaño alargado y rojos, planta de porte bajo, excelente productividad y buena adaptabilidad en zonas entre 800 a 1 400 msnm; su calidad en taza es buena y presentan similar perfil organoléptico a las variedades Caturra, Catuaí y Bourbon, es considerado una variedad que tolera moderadamente a la roya, son exigentes en el manejo agronómico y requieren una adecuada nutrición durante su cultivo (Anacafé, 2019).

2.1.4.2 Caturra

Conocido por su alta productividad debido a su adaptabilidad en cuanto a altitud se refiere (600 a 1 300 msnm), esta variedad produce frutos de color amarillo y rojo, siendo de tamaño mediano (malla 16), presentan maduración prematura derivando en una excelente calidad de taza, es de porte bajo y no es tolerante a la roya (Icafé, 2011).

2.1.4.3 Típica

Es denominado como variedad de porte alto, caracterizado por su fruto alargado de color rojo intenso durante la madurez, desarrolla todo su potencial en el aspecto físico y sensorial cuando es cultivado a una altura media o alta comprendida entre 1 300 hasta 1 800 msnm, esta variedad es susceptible a plagas como la roya y es de bajo rendimiento, sin embargo, se caracteriza por su excelente calidad en taza con un aroma floral, y un cuerpo pesado, que son expresados cuando es cultivado y procesado adecuadamente (Anacafé, 2019).

2.2 Generalidades del arroz

A nivel nacional, *Oryza sativa* L. (arroz) es el cultivo que más áreas sembradas posee, 422 000 hectáreas, siendo importante para la seguridad alimentaria por su elevado grado nutricional y valor energético (Figuerola et al., 2019). Sin embargo, su precio se ve alterado por la oferta de producción, afectando a los agricultores que experimentan reducciones considerables, esta situación puede ser aún más caótica si las temporadas de cosecha coinciden con los demás países exportadores, lo que desencadena una sobreoferta (Acuña et al., 2017).

2.2.1 Definición

El grano de arroz o la cariósida (arroz integral) al ser recolectado se encuentra cubierto por una cáscara formada por dos hojas que representa el 20 % del peso bruto. La cariósida está conformando por el pericarpio (capas de afrecho), la semilla o endospermo almidoso y el germen (Bienvenido y Tuaño, 2019). El arroz blanco o pulido es resultado de eliminar las capas que recubren el grano como la cáscara, el salvado y el germen, esta separación reduce sus características nutricionales, sin embargo, en el aspecto sensorial tiene mejores características a lo que se debe su popularidad (Mir et al., 2020). La mayoría de los compuestos bioactivos, vitaminas y minerales se encuentran en el salvado, mientras que el endospermo se encuentra conformado en su mayoría por almidón (Liu et al., 2017).

2.2.2 Taxonomía

El arroz es considerado como entidad vegetal altamente variable genéticamente debido a procesos naturales y al trabajo del hombre por mejorar estas variedades mediante procesos biotecnológicos (Wei y Huang, 2019). Sin embargo, investigadores establecieron que pertenece a la familia de las Gramíneas, subfamilia (Panicoideas), Tribu (*Oryzae*), subtribu (*Oryzineas*), género (*Oryza*) y especie *Sativa* (Degiovanni et al., 2010). En la actualidad dos son las especies que se cultivan a nivel internacional *Oryza sativa* L., que es originario de Asia y *Oryza glaberrima* S., de procedencia africana, siendo el primero el responsable de la expansión de este cultivo por todos los continentes (Choi et al., 2017).

2.2.3 Producción de arroz en el Perú

El país ha adoptado este cultivo en gran parte de su dieta, se consideran regiones productoras de arroz, la costa 53 % y selva 47 %, siendo las regiones de Lambayeque, La Libertad y San Martín, las de mayor capacidad. La producción de este cultivo se da durante todo el año en la amazonia con un rendimiento promedio de 7 451 Kg ha⁻¹ (Minagri, 2017).

2.3 Aspectos generales de la calidad

La calidad de los alimentos se puede definir desde varios puntos de vista, desde el aspecto organoléptico, la salubridad del producto, los requisitos legales pertinentes, hasta de su

valor nutricional (Yousef et al., 2019). Sin embargo, el sistema de gestión de calidad e inocuidad alimentaria ISO 22000:2018 explica este término de forma general, como el grado en el que un conjunto de características inherentes a un producto, cumple con los requisitos o normas establecidas por las autoridades competentes.

2.3.1 Definiciones

Los granos de café verde, se caracterizan por poseer un sabor y aroma herbal, haciendo necesario el proceso de tostado para desarrollar sus características sensoriales, que son expresadas por compuestos químicos como la trigonelina, la cafeína, ácidos clorogénicos (De Luca et al., 2016). Dichos compuestos pueden ser transferidos a una fase líquida mediante un proceso de molienda y extracción prudente (Schenker y Rothgeb, 2017). Este proceso se realiza con dos objetivos, el primero es establecer el aroma y sabor de los granos de café, controlando parámetros como tiempo y temperatura, sin embargo, otro aspecto importante está relacionado con mantener los compuestos bioactivos sin comprometer el sabor (Bolka y Emire, 2020).

2.3.1.1 Café tostado

Es el resultado de someter a un proceso térmico a los granos de café verde, durante el tostado ocurren cambios físicos, químicos y sensoriales, generando la degradación y formación de compuestos bioactivos (Jeszka et al., 2015). En general se pueden distinguir cuatro etapas, la primera es endotérmica conocida también como de secado, donde se evapora el agua libre disponible en el grano. La segunda etapa es denominada la fase de caramelización, pues se funden la mayoría de los azúcares, el tercer periodo o denominado también como de transición térmica desarrolla la cocción de los granos y se puede percibir mediante el primer crac. Finalmente, en la cuarta etapa se genera la mayor expansión del grano y la emisión de gases como el CO₂ (Castillo et al., 2016). Durante el proceso de tueste, el color de los granos de café es una variable que sufre cambios complejos, en primera instancia varía desde verde azulado hasta un amarillento, para luego tomar un color marrón claro hasta que finalmente obtiene una tonalidad de marrón definido (Lazcano et al., 2015). El cambio más notorio se identifica cuando inicia la reacción de Millard o pardeamiento no enzimático, produciéndose los melanoides que son los principales responsables del color en el café tostado (Pérez et al., 2016).

2.3.1.2 Café tostado molido

Producto que es obtenido luego de aplicar fuerza mecánica de compresión o fricción sobre el café tostado para convertirlo en pequeñas partículas, las cuales presentan una amplia superficie de poros abiertos que aumenta el área de extracción entre la

muestra sólida y el agua (Fermín et al., 2012). La molienda es una variable crítica pues tiene un impacto clave en la composición de la bebida, es decir mientras más grandes sean las partículas se tendrá mayor fluidez y el filtrado será más rápido, sucede lo contrario cuando la molienda del grano es excesivamente fina, las sustancias solubles son liberadas rápidamente proporcionando un cuerpo pesado, seco y aumentando el tiempo de percolación, pues los filtros suelen saturarse (Von Blittersdorff y Klatt, 2017).

2.3.2 Calidad en el café tostado molido

La calidad del café es una variable que puede evaluarse desde el punto de vista físico y organoléptico, la primera es realizada en los granos verdes para determinar el color, rendimiento de beneficio, uniformidad, tamaño, humedad y posible presencia de defectos (Rosas et al., 2008). Los granos de café, aunque puedan tener buen aspecto visual general, la impresión de su sabor ya sea agradable o desagradable debido a contaminación durante su beneficio no se puede saber a simple vista, es por ello necesario utilizar un panel sensorial entrenado y con experiencia para su evaluación (Sobreira et al., 2015). Estas propiedades dependen de varios procesos que permiten su desarrollo y conservación, viéndose expresados a través sus atributos sensoriales (Parada et al., 2017). Factores como la especie, genética, método de cosecha, factores ambientales, procesamiento y composición química, son los que definen su valor en el mercado comercial (Isquierdo et al., 2012).

2.3.3 Normas de calidad

Tabla 1. Requisitos de color para el café tostado molido

| Grado de Tueste | Colorímetro Valor (Agtron) | Luminosidad (L*) |
|-----------------|----------------------------|------------------|
| Claro | 95 – 75 | > 38 |
| Medio | 65 – 55 | 30 - 34 |
| Oscuro | 45 -25 | ≤ 20 |

Fuente: (NTE 1123, 2014; Cho et al., 2013).

Tabla 2. Denominación granulométrica para café tostado molido

| Molienda | Diámetro promedio | Preparación | Tiempo de contacto (minutos) |
|----------|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Gruesa | 701 µm - 900 µm | Ollas, pistón | 6 a 9 |
| Media | 501 µm - 700 µm | Colador de tela y papel filtro | 4 a 6 |
| Fina | 350 µm - 500 µm | Expreso domestico e institucional | 0,5 a 4 |

Fuente: (COVENIN 46, 2017).

Tabla 3. Requisitos generales para el café tostado y molido

| Requisitos generales | Observaciones |
|---|--|
| <p>Café verde</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpio de impurezas y sustancias extrañas. 2. Tamaño de grano \geq malla 12. 3. Humedad: 13 %. | <p>Impurezas: Fragmentos de cáscara, pedazos de pergamino y cerezo seco (NTP-ISO 3509)</p> |
| <p>Café tostado</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Café al 100 %. 2. No se permite la presencia de sustancias extrañas (origen vegetal, animal o mineral). | <p>Sustancias extrañas: No mezclas con cereales como cebada, trigo, maíz y especias.</p> |
| <p>Café tostado molido</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Debe presentar color uniforme, que permita expresar el grado de tueste como: claro, medio, oscuro. 2. Humedad máxima de 4 % | <p>Valores superiores de humedad al 4 % confiere propiedades elásticas, disminuyendo su capacidad de retención de compuestos aromáticos (NTP-ISO 3726)</p> |
| <p>Rotulado</p> <p>Indicaciones de NTP 209.038</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Origen de la materia prima 2. Especie y grado de tueste 3. Grado de molienda | <p>Se debe declarar si el producto es saborizado o mezclado, especificando la proporción y el nombre del sustituyente utilizado.</p> |

Fuente: (NTP 209.028, 2015).

2.4 Fraude alimentario

2.4.1 Generalidades

El fraude en alimentos es descrito como la tergiversación intencional realizada por una persona u organización con el objetivo de que un individuo se desprenda erróneamente del valor intrínseco de un producto (Manning, 2016). Las manipulaciones durante la cadena alimentaria están asociadas a la integridad del producto es decir su autenticidad, del proceso y la veracidad de la información en el etiquetado que acompaña al alimento (Spink et al., 2015).

2.4.2 Adulteración del café

Considerado como una de las bebidas con más altos índices de consumo debido a su sabor refrescante y estimulante, el café representa importancia económica para los países que se dedican a su producción, exportación o importación (Milani et al., 2020). Sumado

al valor comercial que posee, hace crucial determinar su pureza y la posible presencia de materias extrañas en su composición, existiendo referencias donde se afirma que su calidad puede verse comprometida (Sezer et al., 2018). La adulteración del café se puede llevar a cabo de dos formas, mediante adición de granos de calidad inferior (especies, origen o defectos) y por la agregación intencionada de materias primas de bajo costo para disminuir gastos de producción, afectando propiedades intrínsecas (Domingues et al., 2014). Los principales adulterantes reportados en la literatura, incluyen al trigo, la cebada, el arroz, la soja y el centeno; que, al ser sometidos a procesos de tostado, luego a molienda, su tamaño de partícula y textura aceitosa favorece su incorporación a los productos de café tostado y molido (Pauli et al., 2014).

2.5 Micronutrientes

Compuestos de importancia encargados del soporte y equilibrio de las necesidades energéticas y funciones biológicas que se realizan en el cuerpo humano durante la actividad diaria, no pueden ser sintetizados por el organismo, siendo su único medio la dieta alimentaria (Hans y Jana, 2018). En el grupo de los micronutrientes esenciales, que ayudan al buen funcionamiento del sistema inmunológico podemos encontrar a los antioxidantes, vitaminas (A, B₆, B₁₂, C, D, E) y minerales (Cu, Fe, Se, Ca, Mg y Zn), su ingesta tiene que estar asociado a una dieta variada y equilibrada con alimentos de origen vegetal y animal (Kaur et al., 2019). A pesar de su existencia en los alimentos, existe una gran parte de la población que tiene deficiencia de micronutrientes, la principal causa está asociada a su absorción, requiriéndose procesos tecnológicos adecuados para mejorar su biodisponibilidad (Akeem et al., 2019).

2.5.1 Minerales

Denominados elementos naturales no orgánicos, son esenciales para el organismo como constituyentes estructurales y reguladores de procesos corporales, representan el 4 al 5 % del peso corporal, estos micronutrientes pueden ser clasificados según la cantidad necesaria en dos grupos. Los macrominerales, llamados también principales incluyen al calcio (Ca), magnesio (Mg), el potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl), fósforo (P) y azufre (S), en tanto los minerales traza u oligoelementos son aquellos que se necesitan en menores cantidades, pero no dejan de ser fundamentales, en este grupo se encuentran el yodo (I), zinc (Zn), selenio (Se), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), cobalto (Co), molibdeno (Mo), fluoruro (F), cromo (Cr) y boro (B) (Gharibzahedi y Jafari, 2017).

2.5.1.1 Calcio

Elemento sustancial en la composición del esqueleto proporcionando resistencia y estructura, siendo también fundamental en la contracción muscular y transmisión del impulso nervioso (Carmeliet et al., 2015). La cantidad óptima de calcio, viene determinada

por las necesidades de desarrollo, que son distintas a lo largo de la vida, sin embargo, el departamento de agricultura de los Estados Unidos recomienda una ingesta mínima de 700 a 1 200 mg día, las principales fuentes de este macromineral están en los productos lácteos, pescado y verduras como el brócoli (Vannucci et al., 2018).

2.5.1.2 Magnesio

Considerado como el cuarto mineral más abundante en el cuerpo, participa en la activación de enzimas, siendo fundamental en la regulación de la función celular, la síntesis de ADN y ARN (Uwitonze y Razzaque, 2018). Los alimentos con más alto contenido de este mineral incluyen a las verduras, las nueces y cereales integrales, sin embargo, ninguno individualmente es capaz de abastecer lo que se necesita a diario, la cantidad recomendada es de 300 a 420 mg día que ayuda a reducir la posibilidad de desarrollar enfermedades crónicas (Dinicolantonio et al., 2018). Distintos métodos utilizados durante el procesamiento de alimentos, como el blanqueo y la cocción de vegetales, reducen hasta en un 80 % el contenido de este mineral (Devika y Tanumihardjo, 2016).

2.5.1.3 Potasio

Electrolito intracelular esencial que participa de varias funciones biológicas como la síntesis de proteínas, activación de enzimas y regulación de la presión arterial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) sugiere una ingesta mínima de 3 510 mg día siendo las principales fuentes frutas, hortalizas, productos cárnicos, papas, cereales y ciertos productos lácteos (Górska et al., 2019). Este micronutriente tiene una interacción sub aditiva con el sodio pues ambos son responsables de la presión arterial, el consumo adecuado de potasio disminuye las reacciones negativas relacionadas con un elevado consumo de sodio, siendo una alternativa para mejorar la salud (Trieu et al., 2017).

2.5.1.4 Sodio

Macromineral que contribuye al equilibrio de los fluidos corporales, la organización mundial de la salud, recomienda una ingesta máxima de 2,3 g día equivalente a 5,8 g de sal, reduciendo el riesgo de desarrollar hipertensión y enfermedades cardiovasculares (Borelli et al., 2019). Los alimentos procesados como las papas fritas, salsas, comidas rápidas y aperitivos salados son las principales fuentes de suministro en países industrializados que presentan altos índices de consumo comprendidos entre 18 a 20 g día (Nguyen y Wismer, 2019). Se han desarrollado estrategias para reducir el consumo elevado de esta sal, sin embargo, esto provoca cambios significativos en la percepción sensorial de los alimentos ya que el sodio es considerado como un potenciador de sabor (Inguglia et al., 2017).

2.5.1.5 Hierro

Representa el cuarto elemento más abundante en el planeta e interviene en la mayoría de procesos biológicos como la producción de energía y el transporte de oxígeno, este micromineral se encuentra en dos formas en los alimentos, la primera como hierro hemo que su principal fuente es las carnes rojas y el hígado, la segunda forma es denominada hierro no hemo y está presente en alimentos de origen vegetal (Lynch et al., 2018). La disponibilidad de este mineral está relacionada con los componentes del alimento en el que se encuentra, que en ciertas ocasiones no permiten su absorción, un claro ejemplo de ello son los polifenoles que se encuentran en bebidas como el té y café (Petry et al., 2013). La ingesta mínima es de 20 mg día para tener en equilibrio la cantidad de glóbulos rojos en el organismo y evitar el desarrollo de anemia (Wing et al., 2019).

2.5.1.6 Zinc

Oligoelemento abundante en la naturaleza, caracterizado por sus actividades catalíticas, estructurales y reguladoras, más del 90 % de este mineral está distribuido entre los músculos y los huesos (Hara et al., 2017). Las principales fuentes de suministro incluyen a alimentos de origen animal y vegetal, siendo este primero el más asimilable ya que la absorción de esta mineral está condicionada por el hierro, calcio y ciertas proteínas dietéticas (Bel et al., 2014). La Sociedad Alemana de Nutrición (DGE), recomienda una ingesta de 16 mg día en personas adultas, esta concentración puede variar dependiendo de la dieta que lleva cada individuo (Haase et al., 2020).

2.5.1.7 Manganeso

Elemento ampliamente distribuido en el agua, suelo y alimentos de origen vegetal como los cereales integrales, el arroz y frutos secos, su absorción se realiza en el tracto gastrointestinal, un exceso en la dieta puede causar toxicidad alterando la concentración de otros metales en la sangre, el hígado y cerebro, originando enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson (Kwakye et al., 2015). La ingesta máxima recomendada por la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) es de 3 mg día para personas adultas (Martins et al., 2020).

2.5.2 Minerales en el café

La bebida de café es comúnmente apreciada por su efecto estimulante, en la actualidad su masivo consumo está asociado con las propiedades funcionales que presenta, ciertamente no suele denominarse como una fuente rica de minerales, sin embargo, debido a la frecuencia de consumo, puede servir como complemento de la dieta diaria para abastecer la proporción necesaria de estos micronutrientes (Poole et al., 2017). La cantidad presente de

minerales en la infusión está determinada principalmente por el origen, que determina los elementos presentes en el lugar de cultivo, es decir el suelo; otro factor influyente en la composición, es el método de preparación, que establece la cantidad de agua y café utilizado (Severini et al., 2017). Se ha determinado a través de investigaciones que este brebaje puede considerarse una buena fuente de potasio y magnesio, además de ciertos microelementos con propiedades antioxidantes como el manganeso, zinc, cobre, hierro (Olechno et al., 2021).

2.6 Fenoles y capacidad antioxidante

Metabolitos secundarios de origen natural, los fenoles son sintetizados únicamente por las plantas a través de dos vías, mediante la ruta del ácido shikímico o la vía del ácido acético, caracterizados por su fuerte capacidad antioxidante, se encuentran presentes en frutas, verduras, granos de café, hojas de té, además de los cereales (Singla et al., 2018). Químicamente los fenoles pueden tener al menos un anillo aromático (fenólico) y uno o más componentes hidroxilos, pudiéndose clasificar por su distribución natural, función biología o por su estructura química; la clasificación utilizada está basada en la cantidad de anillos fenólicos y los elementos estructurales que los unen (Belscak et al., 2018). Se pueden distinguir a los ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, lignanos y otros (Grosso et al., 2014).

2.6.1 Ácidos fenólicos

Compuestos aromáticos caracterizados por impartir color, sabor y astringencia, generando las propiedades organolépticas del alimento, se clasifican en función a sus dos estructuras de carbono y a la ubicación-cantidad de los grupos hidroxilos, en ácidos hidroxibenzoicos (ácido gálico, salicílico y elágico) que poseen siete átomos de carbono siendo los más simples y los ácidos hidroxicinámicos (ácido cafeico, quínico y ácido ferúlico) que tienen nueve carbonos en su estructura, su capacidad antioxidante está determinada por la cantidad de grupos hidroxilos (Rashmi y Negi, 2020).

2.6.2 Flavonoides

Polifenoles ampliamente distribuidos en los alimentos y son los más estudiados, todos poseen una estructura básica que consiste en una cadena fenilpropanoide de 15 carbonos, formando dos anillos aromáticos denominados A y B unidos por un anillo heterocíclico de pirano (Kopustinskiene et al., 2020). Las variaciones en su estructura química, grado oxidación e insaturación de la cadena de enlace, permiten clasificar a los flavonoides en 6 grupos: isoflavonoides, flavanonas, flavanoles, flavonoles, flavonas y antocianidinas. Los flavonoides también pueden presentarse conjugados con azúcares o ácidos orgánicos (Durazzo et al., 2019).

2.6.3 Estilbenos

Caracterizados por sus beneficios en la salud, los estilbenos pertenecen a la familia de los no flavonoides y su estructura está constituida por 14 carbonos que forman dos anillos de benceno unidos por un puente de etileno, debido a la ubicación central del puente es decir entre los dos anillos aromáticos, estos compuestos pueden existir en forma cis y trans, siendo esta última la forma más habitual en la naturaleza, el resveratrol es el estilbeno más conocido y estudiado, debido a sus propiedades bioactivas (Valletta et al., 2021).

2.6.4 Lignanós

Metabolitos secundarios de alto interés por sus propiedades antioxidantes, forma parte también de la familia de los no flavonoides, su estructura básica está formada por dos fragmentos de propilbenceno interconectados entre los átomos de carbono número ocho de la cadena, se encuentran disponibles en la mayoría de cereales, frutos secos y verduras, siendo sintetizados por la vía del ácido shikímico, resultando en la biosíntesis de la Lignina, un polímero vegetal (Yashin et al., 2018).

2.7 Fenoles totales en el café

La bebida del café, considerada como fuente de compuestos bioactivos por el contenido de fenoles, específicamente de la familia de los ácidos fenólicos que incluyen a los ácidos clorogénicos presentes en los granos verdes y a los generados durante el tostado, como el ácido cafeico, ferúlico y p-curámico, además de los taninos; siendo valorados por su capacidad antioxidante (Benigno et al., 2018). La cantidad de polifenoles está directamente relacionada por la variedad, tipo de beneficio, el procesamiento y la forma de preparación de la bebida a partir de los granos de café cultivados en el campo (Hernández et al., 2015).

2.7.1 Ácidos clorogénicos

Denominados ésteres de ácidos hidroxicinámicos, se presentan en altas concentraciones en las bebidas del café, su estructura está compuesta por un conjugado entre el ácido cafeico y quínico, encontrándose ambos en la familia de los ácidos fenólicos, poseen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Farah y Lima, 2019).

2.7.2 Taninos

Compuestos fenólicos complejos ampliamente distribuidos en la naturaleza, su estructura química está compuesta por 12 a 16 grupos fenólicos y de cinco a siete anillos aromáticos, pudiendo también presentar varios grupos hidroxilos que les confiere la capacidad de formar complejos con proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos, adquiriendo propiedades de solubilidad en disolventes acuosos (Fraga et al., 2021).

2.8 Capacidad antioxidante

Está determinada por la actividad de ciertos metabolitos secundarios como los antioxidantes, que son compuestos encargados de neutralizar la reacción en cadena de la oxidación generado por radicales libres en las células biológicas, debido al desequilibrio entre las sustancias prooxidantes y los antioxidantes (Cekic et al., 2013). Pueden actuar como donantes o aceptores de hidrógeno de los radicales libres, volviéndolos estables, importantes para la prevención y el tratamiento de enfermedades generadas por especies reactivas del oxígeno, lo cual hace necesario medir la capacidad antioxidante que presentan los alimentos en su composición (Munteanu y Apetrei, 2021). Esta capacidad, esta influenciada por muchos factores como la estructura química del antioxidante, características del sustrato susceptible a la oxidación, la concentración y su localización en el sistema (Zorzi et al., 2020).

2.8.1 Métodos para medir la capacidad antioxidante

La prueba más representativa está determinada por la capacidad antioxidante expresada en equivalente trolox (TEAC) caracterizado por su practicidad, se fundamenta en la capacidad de los antioxidantes presentes en los extractos preparados de distintos alimentos, para neutralizar radicales libres como el ABTS (2,2'-azino-bis (3- ettrylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) y el DPPH (1,1-Diphenyl-2-picril-hidrazil) (Siddeeg et al., 2021).

2.8.1.1 Prueba de captación del radical ABTS (2,2'-azino-bis (3- ettrylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)).

Este método se fundamenta en la oxidación del radical ABTS, hasta su forma de radical catiónico $ABTS^{0+}$, mediante reacción química con persulfato de potasio, logrando una solución de color azul verdoso; la capacidad antioxidante se mide por una reducción en la absorbancia que se genera al entrar en contacto la sustancia antioxidante y el radical catiónico, viéndose a través de una reducción del color de la solución (Gulcin et al., 2010). Estas reducciones en el color y la absorbancia, dependen de la concentración de la muestra y de su actividad antioxidante intrínseca, así como también del tiempo estimado para la reacción (Sideeg et al., 2021). La lectura del radical catiónico $ABTS^{0+}$ en medio acuoso se realiza a una longitud de onda de 734 nm y en medio etanólico a 730 nm, estos parámetros de lectura son importantes porque minimizan la interferencia de distintos componentes de absorción (Munteanu y Apetrei, 2021). Este radical es muy versátil, permite determinar la capacidad antioxidante considerando los compuestos hidrofílicos y lipofílicos presentes en el analito, debido a su solubilidad en agua y disolventes orgánicos (Magalhaes et al., 2008).

2.8.1.2 Prueba de secuestro del radical libre DPPH (1,1-Diphenyl-2-picril-hydrazil):

El desarrollo de esta prueba implica la utilización de un radical nitrogenado color azul, el cual puede ser diluido en solventes orgánicos (metanol o etanol) excepto en agua, pero si en mezclas acuosas, donde este último no debe exceder el 60 % (Mishra et al., 2012). La deslocalización de un electrón de este radical con etanol o metanol, origina una solución de color violeta caracterizada por una banda de absorción a 517 nm, dicho radical al reaccionar con una sustancia antioxidante, se reduce haciendo que la solución se vuelva incolora (Alam et al., 2013). Este método se fundamenta en la reducción del radical DPPH, por ende, se determina el poder reductor del antioxidante, que al ceder un átomo de hidrogeno se oxida (Gulcin, 2020). La sensibilidad del método puede verse afectada por factores como la frescura del reactivo, el tipo y la cantidad de disolventes (Shahidi y Zhong, 2015).

2.9 Evaluación sensorial y calidad en taza del café

La evaluación sensorial mediante el perfil de taza, es una herramienta de gran apoyo para caracterizar cuantitativa y cualitativamente las distintas muestras de café, mediante la utilización de catadores o jueces entrenados denominados Q-graders que poseen aptitudes gustativas para evaluar los diez atributos que incluyen la fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, dulzor y taza limpia (Tolessa et al., 2015). Este protocolo fue denominado prueba de “Cupping” y propuesto por la Specialty Coffee Association of America, siendo el más utilizado a nivel internacional (Cheng et al., 2016).

Según la Scaa (2015), en primera instancia se debe evaluar la fragancia/aroma en la muestra, en un tiempo no mayor a 15 minutos después de haber realizado la molienda, la fragancia se evalúa en seco y el aroma en húmedo luego de la adición de agua a 93 °C en proporción de 8,25 g de café molido por cada 150 mL de agua. Posteriormente se espera a que la infusión alcance los 70 °C para empezar con la evaluación del sabor y sabor residual mediante la aspiración por la boca, seguidamente se procede a evaluar la acidez, el cuerpo y el balance, cuando la temperatura de la infusión esta próxima a la del ambiente, se valora el dulzor, la uniformidad y taza limpia que son indicadores de la calidad del café durante su procesamiento, finalmente la evaluación se da por concluida cuando la bebida alcanza los 21 °C y el evaluador emite su apreciación general como “puntaje del catador” (Gutiérrez y Barrera, 2015). Al terminar la evaluación, el puntaje final es calculado sumando las cuentas individuales asignadas para cada atributo que van de 0 a 10 puntos, seguidamente si se identificara la presencia de algún defecto estos son restados a la cuenta general, lo cual determinará el puntaje final y su clasificación de especialidad (Evangelista et al., 2014).

- **Fragancia/aroma:** La fragancia es entendida como el conjunto de olores que desprende el café recientemente molido, en tanto el aroma representa los gases aromáticos desprendidos de los granos al entrar en contacto con el agua, la calificación de este atributo expresa la sensación en base seca y húmeda en conjunto (Asioli et al., 2015).
- **Sabor:** Representa la caracterización global del café, generado a partir de la primera impresión percibida a través de los aromas retronasales que recorren desde la cavidad bucal hacia la nariz, la calificación es positiva cuando se detecta la presencia de notas frutales, especias y dulces (Kreuml et al., 2013).
- **Sabor residual:** Está relacionado con la persistencia o durabilidad del sabor en el paladar después de haber probado la bebida de café, cuando se rescata una sensación dulce la puntuación es buena, sin embargo, sensaciones residuales amargas y duraderas son poco valoradas (Paima, 2017).
- **Acidez:** Atributo primario que es originado por la disolución de ciertos ácidos orgánicos como el cítrico, tartárico o málico en la bebida, que son percibidos en la parte lateral de la lengua, a menudo se describe como brillante cuando es propicia, siendo desagradable cuando es agria y dominante (Scaa, 2015).
- **Cuerpo:** Denominado como la percepción de la textura en la bebida al entrar en contacto con la lengua y paladar, la calidad está asociada con un cuerpo mediano y cremoso, sensaciones de pesadez, astringencia e inconsistencia reducen la apreciación (Folmer et al., 2017).
- **Balance:** Expresa la integración y armonía de todos los atributos que componen el sabor como el aroma, fragancia, acidez y el cuerpo, la calificación es buena cuando se puede percibir cada uno de estos, sin que uno enmascare a otro (Osorio, 2021).
- **Uniformidad:** Define la igualdad de sabores percibidos en cada taza preparada de una misma muestra, en total se asignan diez puntos que se distribuyen en cinco tazas, la detección de desigualdad desencadena reducción en el puntaje de este atributo (Thomas et al., 2017).
- **Dulzor:** Atributo asociado con la disposición de carbohidratos como la fructuosa en granos de café que alcanzaron una maduración óptima, a mayor altura de cultivo esta propiedad es más brillante y suele asociarse con granos de alta calidad (Rodríguez et al., 2012).
- **Taza limpia:** Calidad asociada a la ausencia de olores o sabores extraños al café en ninguna de las tazas de una misma muestra, las percepciones negativas están relacionadas con un deficiente beneficio post cosecha o contaminación cruzada durante el almacenamiento y transporte (Lingle y Menon, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), propiamente en el laboratorio central de investigación (LCI), Análisis de alimentos y la escuela de catación y análisis sensorial de cafés especiales de la empresa “Puro Aroma”, ubicados en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco a una altitud de 660 m.s.n.m; 09° 17' 08" de Latitud sur, 75° 59' 52" de latitud oeste, caracterizado por su clima tropical húmedo, humedad relativa media 84 % y una temperatura promedio anual de 26 ± 1 °C. Así mismo la evaluación del color de las muestras se desarrolló en el laboratorio de análisis instrumental perteneciente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

3.2 Muestras

La variedad de café utilizado fue “catimor”, proveniente del fundo del caficultor Berrios Venturo, Emilio. Ubicado en el centro poblado “Shianca”, distrito de Monzón, provincia de Huamalíes en la región Huánuco a una altitud de 1 130,23 m.s.n.m; 9° 16' 45" de latitud sur, 76° 17' 48" de latitud oeste, caracterizado por su clima caluroso (promedio 28,5 °C) y con una humedad media de 77 %.

El arroz empleado fue de la variedad “ferón”, adquirido de la parcela del Sr. Vásquez Ruiz, Israel. Ubicado en el centro poblado “Pacota”, distrito de Nuevo Progreso, provincia de Tocache de la región San Martín a una altitud de 490 m.s.n.m; 8° 24' 14,5" de latitud sur, 76° 17' 55,5" de latitud oeste, caracterizado por su clima cálido (promedio 29 °C) y una humedad relativa media de 93 %.

3.3 Equipos, materiales de laboratorio y reactivos

3.3.1 Equipos (marca, modelo, país)

Medidor de humedad portátil GEHAKA G610i, precisión: $\pm 0,25$ %, resolución: 0,1 %, Brasil; pilador-pulidor IMSA, modelo LAB, capacidad 250 g. café perg h⁻¹, Perú; tostadora de laboratorio IMSA, modelo T-200 N° 103, capacidad 2 tambores c/u 100 g. batch, Perú; molino de discos, INOX 304 semi-industrial, IMSA SV-100, Perú; balanza analítica Balpesac, modelo RS-232, capacidad 3 kg x 0,1 g, Perú; hervidor eléctrico OSTER, modelo BVSTKT3100, capacidad 2 L., EE.UU; termómetro de aguja - DELTATRAK 11063, precisión $\pm 0,4$ °C, resolución 0,1 °C; colorímetro Cónica Minolta, modelo CR-400, frecuencia: 50-60 Hz, temporizador: 3 segundos, origen: Japón; espectrofotómetro (Genesys 150, EE. UU); centrifuga refrigerada Hettich Mikro 22R, velocidad máxima: 18 000 rpm, Países bajos; micropipetas de transferencia Merck (1-10 μ L, 10-100 μ L, 20-200 μ L); espectrofotómetro de

emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), (Última Expert - Horiba); balanza analítica Pioneer - Ohaus (capacidad máxima: 210 g, sensibilidad: $\pm 0,0001$ g); espectrofotómetro infrarrojo con transformada de Fourier (INFRALUM FT08 - Alumex).

3.3.2 Materiales (Modelo, marca y país)

Tamiz de laboratorio, marca: Filtra vibración, estándar Tyler N° 20 (apertura: 0,850 mm), origen: España; cronómetro digital Biocare PS-360, 4 groups timer, dimensiones 54,5 x 24,5 mm. recipiente pírrex de porcelana, Kitchen Craft, capacidad 150 mL; formato de catación SCAA; papel filtro Whatman, grado 4, diámetro 125 mm; cubetas marca Fisherbrand de poliestireno (1 x 1 x 4,5 cm), longitud de onda UV-Visible, capacidad: 1,6 mL; gradillas de polipropileno autoclavable para cubetas, 42 (6x7); vasos de precipitación (Hirschman) 50, 100, 250 y 500 mL; probetas graduadas de vidrio pyrex (10, 100 y 250 mL); pisetas de polietileno transparente IsoLab (100 y 250 mL), embudos de vidrio para filtración Brand™; termómetro de inmersión parcial Brannan™ (Intervalo de lectura -10 a 300 °C, precisión: ± 2 °C).

3.3.3 Reactivos

Ácido gálico monohidratado ($C_7H_6O_5$) al 98 %, central drug house; folin - ciocalteu phenol reagent - Himedia (2,1 N); carbonato de sodio al 7,5 % (Na_2CO_3) (Scharlau C. - España); 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) ABTS, (Sigma, Aldrich, Merck - USA); persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$), (Emsure, Merck - Germany); etanol (C_2H_6O) al 96 % v/v, (Millipore-USA); reactivo de trolox ($C_{14}H_{18}O_4$), (Calbiochem, Merck-Germany); 1,1-diphenyl-2-picril-hydrazil DPPH, (Sigma Aldrich, Merck - USA); estándar de calcio "Ca", sodio "Na", potasio "K", magnesio "Mg", hierro "Fe", zinc "Zn" y manganeso "Mn" (1 000 ppm, CertiPUR, Merck-Germany); agua destilada (H_2O); gas argón 5,0 (99,99 % de pureza).

3.4 Métodos de análisis

- Análisis sensorial (Taza de Excelencia): Método recomendado por Buendía et al. (2021); Duicela et al. (2018); Scaa (2015).
- Determinación del color: Método utilizado por Benítez y Campo (2018) mediante un colorímetro Konica Minolta CR-400.
- Fenoles totales: Método espectrofotométrico folin ciocalteu, recomendado por Díaz et al. (2020); Oliveira et al. (2016); Vega et al. (2017).
- Capacidad antioxidante: Método espectrofotométrico UV/VIS, sobre el radical $ABTS^{O+}$ (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) descrito por Atavillos (2020);

Delgado et al. (2018) y el radical DPPH⁰⁺ (1,1-Diphenyl-2-picril-hydrazil) citado por Ordoñez et al. (2019).

- Composición mineral: Método espectrofotómetro de emisión óptica acoplado con plasma inductivamente (ICP-OES), descrito por Mite et al. (2010); Zagula et al. (2017).
- Análisis espectroscópico: Método espectroscopia infrarroja (IR) por transformada de Fourier, mediante reflectancia total atenuada (FTIR-ATR), desarrollado por Reis et al. (2017); Bahamon et al. (2018).

3.5 Metodología experimental

3.5.1 Selección de café, mediante calidad en taza

3.5.1.1 Preparación de las muestras

Los granos de café pergamino fueron adquiridos de tres socios caficultores Tabla 4, los cuales se trasladaron hasta las instalaciones de la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria para realizar el análisis de humedad. Luego se procedió a realizar el trillado y tamizado de los granos con malla N°16, utilizándose para el análisis los granos que quedaron en la parte superior del tamiz.

Tabla 4. Ubicación de las muestras de café evaluadas

| Muestra | Humedad (%) | Ubicación | Altura (m.s.n.m) | Coordenadas geográficas | |
|---------|-------------|--------------------------------------|------------------|-------------------------|--------------|
| M1-FC | 10,20 | Ugarteche (Hermilio Valdizán) | 1 322,55 | 9° 11' 60"S | 75° 49' 17"O |
| M2-EB | 10,40 | Shianca (Monzón) | 1 130,23 | 9° 16' 45"S | 76° 17' 48"O |
| M3-SD | 10,20 | Simón Bolívar (Hermilio Valdizán) | 1 461,10 | 9° 14' 34"S | 75° 84' 22"O |

3.5.1.2 Evaluación sensorial de calidad en taza

Este análisis fue desarrollado por dos catadores Q-grader y un catador semi entrenado, para lo cual se utilizó el protocolo oficial de la Scaa (2015) y el formato “Taza de Excelencia”, establecido por la misma entidad (Anexo-I), la ficha consideró diez atributos (fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia, dulzor y puntaje de catador) siendo evaluados mediante una escala que recorre teóricamente desde un valor mínimo de cero hasta un valor máximo de diez puntos. La suma de cada uno de

estos atributos, derivan en el puntaje final de la taza, clasificándola como sigue: < 80 (No especial); 80-84,99 (Especial-muy bueno); 85-89,99 (Especial-excelente); 90-100 (Especial-excepcional) (Duicela et al., 2018; Scaa, 2015).

La evaluación, siguió el método recomendado por Buendía et al. (2021) con ligeras variaciones debido a las condiciones del laboratorio. Se utilizaron 120 g de café verde oro por muestra, los cuales se añadieron a la tostadora previamente calentada a 160 °C, siguiendo el proceso de tostado por un tiempo de ocho minutos; los granos fueron enfriados y envasados en bolsas de polipropileno. El análisis se desarrolló después de 24 horas de realizado el tueste, para ello se utilizó cinco tazas (pírex) por muestra, en las cuales se pesaron 11 g de café para posteriormente molerlos, el primer atributo analizado fue la fragancia (en seco).

Luego se procedió a preparar la infusión, adicionando 200 mL de agua a 93 °C, sobre cada uno de los pírexs y se dejó reposar por cuatro minutos, para evaluar el aroma de la bebida mediante la ruptura de taza, que consistió en deslizar con una cuchara la costra formada en la infusión. Para la evaluación del sabor, se esperó a que la bebida alcance los 70 °C (12 a 14 minutos), los catadores procedieron a limpiar la taza, para aspirar la bebida con la boca hasta empapar la mayor parte del paladar superior y la lengua logrando así evaluar el sabor y sabor residual, luego de esto la bebida continuó enfriándose y se pasó a evaluar la acidez, el cuerpo y el balance. Cuando la infusión alcanzó la temperatura ambiente, se evaluó el dulzor, uniformidad y taza limpia, seguidamente los catadores calificaron cada taza dando su apreciación general, se terminó la evaluación de atributos cuando la infusión alcanzó 21 °C. Finalmente se determinó la calidad en taza, sumando los puntajes individuales evaluados.

3.5.2 Preparación de las muestras

Se adquirieron 5 kg de café pergamino perteneciente a la muestra M4-EB. Fueron trillados para separar la cascarilla (pergamino) del grano verde (endospermo), seguidamente se realizó el tamizado con malla N°16 (6,3 mm de diámetro), trabajándose con los granos que quedaron en la parte superior. El tueste se realizó según los parámetros de Navarro et al. (2021) con algunas modificaciones debido al tipo de tostador, se utilizó un tostador tipo tambor rotatorio de capacidad de 120 g; en primer lugar se calentó el cilindro hasta una temperatura de 160 °C, para luego adicionar los granos de café oro, pasado siete minutos se percibió un falso crac, siendo el verdadero a los siete minutos con catorce segundos (195 °C), posteriormente se controló el color de los granos hasta llegar a un tueste medio (Scaa, 2015), culminando el tostado a los nueve minutos (204 °C) para ser enfriados y almacenados en un recipiente de vidrio oscuro para conservar sus propiedades (Castillo et al., 2016).

Los granos de arroz blanco (pulido) fueron tostados siguiendo las especificaciones de Shi et al. (2018), una vasija esférica de barro con capacidad de 200 g fue calentada a 150 °C, los granos se adicionaron y se removieron durante todo el proceso, después de ocho minutos se bajó la intensidad de la flama para llegar al mismo nivel de tueste del café. Este proceso finalizó a los 12 minutos, para finalmente enfriar la muestra y almacenarla en recipientes de vidrio oscuro con tapa hermética.

3.5.3 Preparación de los tratamientos

Una vez tostado los granos de café y arroz por separado, se dejó reposar por 24 horas. Los tratamientos fueron preparados en base a 100 g tal como se puede apreciar en la Tabla 5. Posteriormente las mezclas de cada tratamiento fueron molidas conjuntamente a nivel medio (501 - 701 μm), pasando el 70 % de las partículas a través de la malla estándar Tyler N° 20 (Scaa 2015), se realizó una purga entre cada tratamiento (Sezer et al., 2018).

Tabla 5. Composición de las mezclas para cada tratamiento

| Tratamiento | Café (%) | Arroz (%) | Tratamiento | Café (%) | Arroz (%) |
|--|----------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| T ₀ : Café tostado molido 100 % | | | | | |
| T ₁ | 95 | 5 | T ₇ | 65 | 35 |
| T ₂ | 90 | 10 | T ₈ | 60 | 40 |
| T ₃ | 85 | 15 | T ₉ | 55 | 45 |
| T ₄ | 80 | 20 | T ₁₀ | 50 | 50 |
| T ₅ | 75 | 25 | T ₁₁ | 45 | 55 |
| T ₆ | 70 | 30 | T ₁₂ | 40 | 60 |

3.5.4 Evaluación sensorial (atributos de catación y calidad en taza) en las bebidas de café puras y adulterado con arroz

La evaluación fue desarrollada por tres jueces expertos en catación, dos certificados como Q-grader speciality of Coffee, Ing. José Manuel Zúñiga Martínez, Ing. Jady Coronel Alarcón y un experto en catación Ing. Iván Zúñiga Martínez; para esta evaluación se siguió los lineamientos establecidos por la Scaa (2015) y el formato “Taza de excelencia” (Anexo-I), la cual considera 10 atributos que fueron evaluados en una escala de calidad que recorre un valor teórico de 0 a 10 puntos.

3.5.4.1 Evaluación de los atributos de catación

Mediante el método recomendado por Scaa (2015), se utilizaron cinco tazas pírex para cada tratamiento, pesándose 11 g de muestra en cada taza, evaluándose la

fragancia (seco), seguidamente se preparó la infusión con la adición de 200 mL de agua inodora a 93 °C dejándola reposar por cinco minutos, luego se rompió la costra formada en la parte superior de la taza con una cuchara mientras se evaluó el aroma (húmedo), determinando así la puntuación del atributo fragancia/aroma. Posteriormente se realizó la limpieza de taza y se esperó que la infusión alcanzará los 70 °C (15 minutos) para sorber el licor por la boca evaluándose así el sabor y sabor residual. La bebida continuó enfriándose hasta 60 °C y se evaluaron la acidez, cuerpo y balance, cuando la infusión se aproximó a temperatura ambiente, se evaluaron el dulzor, uniformidad y taza limpia. Finalmente, los catadores dieron su apreciación a cada taza mediante el “puntaje del catador”, se terminó la evaluación cuando la bebida alcanzó los 21 °C. La evaluación de cada atributo fue establecida a través de una escala de 16 puntos que representan los niveles de calidad con incrementos de (0,25 puntos) entre valores comprendidos de 6 hasta 9,75; como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Escala de calidad de atributos de catación

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

Fuente: (SCAA, 2015).

Análisis estadístico: Con los puntajes establecidos a cada atributo (fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, dulzor, uniformidad, taza limpia y puntaje del catador) se desarrolló el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), así mismo los puntajes para cada atributo de los tratamientos, fueron analizados mediante un diseño completo al azar (DCA), donde hubo diferencia estadística significativa, se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Los Resultados del análisis sensorial fueron evaluados mediante el análisis multivariado de componentes principales (ACP), con el objetivo de describir la variación principal de los datos sensoriales y obtener perfiles descriptivos graficando su respuesta en un cluster (dendograma) y sus correlaciones. El cálculo se realizó mediante el programa de InfoStat 2019P. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

3.5.4.2 Evaluación de la calidad en taza

El puntaje final de taza, fue cuantificado sumando los puntos individuales asignados para cada uno de los atributos primarios, la existencia de defectos fue restados a la

cuenta del puntaje final. El “puntaje final” permitió diferenciar las bebidas de café evaluadas, como se aprecia en la Tabla 7.

Tabla 7. Clasificación del café según su puntaje final en taza

| Puntaje total | Descripción de la especialidad | Clasificación |
|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| 90 – 100 | Excepcional | |
| 85 - 89,99 | Excelente | Especial |
| 80 - 84,99 | Muy bueno | |
| < 80 | Debajo de la calidad especial | No especial |

Fuente: (SCAA, 2015)

Análisis estadístico: A partir de los puntajes finales obtenidos para cada una de las bebidas de los tratamientos, se realizó el cálculo del promedio de la calidad en taza, los resultados fueron analizados mediante un diseño completamente al azar (DCA), realizándose la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos que tuvieron diferencia estadística significativa, mediante el programa estadístico SAS V9.4-2018.

3.5.5 Evaluación del color en el café puro y adulterado con arroz en el espacio CIE

L*, a*, b*

Se realizó siguiendo la metodología indicada por Benitez y Campo (2018) con ligeras modificaciones, el color en los cuatro mejores tratamientos elegidos a través de la evaluación sensorial T₀ (100 % C), T₁ (95 % C + 5 % A), T₂ (90 % C + 10 % A) y T₃ (85 % C + 15 % A) se evaluó mediante un colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400 acoplado a una computadora. Previo al análisis se calibró el equipo con una placa blanca, para luego pesar 3 g de cada tratamiento y depositarlo sobre una cubeta oscura. Las muestras fueron analizadas mediante el modelo CIE Lab, con el software Spectra Magic™ NX instalado, a partir del cual se obtuvieron los valores de las coordenadas L*, a* y b* para cada muestra.

Análisis estadístico: A partir de los valores de cada una de las coordenadas (L*, a* y b*) obtenidos por tratamiento, se determinaron los promedios y los resultados fueron analizados mediante un diseño completo al azar (DCA), realizándose la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos que tuvieron diferencia estadística significativa, se utilizó el programa estadístico SAS V9.4-2018. SAS Instituto, Universidad Estatal de Carolina del Norte.

3.5.6 Determinación de fenoles totales en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz

3.5.6.1 Preparación de la bebida de café

El brebaje se acondicionó según la metodología de Oliveira et al. (2016), se pesaron 11 g de cada muestra en una taza pírrex, para luego añadir 210 mL de agua a 93 °C, agitándose por 10 minutos; finalmente las bebidas se filtraron (Whatman N° 4/diámetro de poro 125 mm) y se almacenaron en refrigeración. Previo al análisis, se tomó 1 µL de infusión (52 mg mL⁻¹) de cada tratamiento y se llevó a centrifugar (10 000 rpm/10 min a 4 °C).

3.5.6.2 Preparación de la curva estándar

Tomándose en cuenta los lineamientos indicados por Diaz et al. (2020), se preparó una solución madre de ácido gálico a 1 000 µg mL⁻¹, a partir de ella se elaboró cinco concentraciones (1; 2,5; 5,0; 7,5 y 10 µg mL⁻¹); de cada concentración se tomó 100 µL y se colocó en una cubeta de poliestireno, adicionalmente se consideró una cubeta con 100 µL de agua destilada (blanco); luego se incorporó 500 µL de solución Folin Ciocalteu 1/10 agitándose levemente, se procedió a incubar por 8 minutos a temperatura ambiente, evitando el contacto directo con la luz. Las reacciones se neutralizaron con 400 µL de Na₂CO₃ al 7,5 % incubándose por 2 h, la lectura de las absorbancias se realizó en un espectrofotómetro UV/VIS a 740 nm. Con los resultados de concentración vs absorbancia (Anexo-IIa), se determinó el modelo de la ecuación de primer orden y el coeficiente de correlación R² (Anexo-IIIb).

3.5.6.3 Análisis de fenoles totales

Las bebidas (52 mg mL⁻¹) de cada tratamiento, se diluyeron FDM 1:15 (1 µL de bebida + 14 µL de agua destilada), luego se acondicionó 100 µL de cada tratamiento en una cubeta diferente, se siguió la misma reacción aplicada para la curva estándar. La lectura de las absorbancias se realizó mediante la metodología reportada por Vega et al. (2017) a través de un espectrofotómetro UV/VIS a 740 nm, siendo reemplazado en la ecuación de la curva estándar, para determinar la concentración de fenoles totales, expresado en mg EAG mL⁻¹.

Análisis estadístico: Los resultados del contenido de fenoles totales en las bebidas de café adulteradas y sin adulterar, fueron analizados mediante un diseño completo al azar (DCA), a los tratamientos que presentaron diferencia estadística significativa se le aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizándose el programa estadístico SAS V9.4-2018. SAS Instituto, Universidad Estatal de Carolina del Norte.

3.5.7 Determinación de la capacidad antioxidante en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz

3.5.7.1 Capacidad de inhibir el radical ABTS (2,2'-azino-bis (3-etrylbenzothiazoline-6-sulfonic acid).

- **Preparación del radical ABTS^{o+}:** El radical estable, se acondicionó a 7 mM (0,088 g de ABTS en 10 mL de agua destilada) para seguidamente hacerla reaccionar con 200 μ L de persulfato de potasio y llevarla a incubar por 16 horas a temperatura ambiente. Habiéndose formado el radical ABTS^{o+}, se colectó 1 mL de este para diluirlo con 50 mL de alcohol 96 %, originándose una solución a 140 μ M con una absorbancia de 0,7.
- **Preparación de curva estándar:** Se utilizó solución de Trolox a 2 mM (0,05 g en 100 mL de agua destilada) a partir del cual se prepararon 5 concentraciones entre 1 a 15 μ M, en una cubeta se adicionó 10 μ L para cada concentración y una con 10 μ L de alcohol (blanco); en seguida sobre cada cubeta se incorporó 990 μ L de radical ABTS^{o+} (Atavillos et al., 2020). La lectura se realizó a través de en un espectrofotómetro UV/VIS a 734 nm, con los resultados de concentración vs absorbancia, se determinó la curva de calibración (Anexo-IIIa). A partir de las bebidas (52 mg mL⁻¹) de T₀ .. T₃ se prepararon las concentraciones de trabajo diluyendo en razón 1/8, en una cubeta se colocó 10 μ L de la dilución y se agregó 990 μ L de ABTS^{o+}, la lectura se realizó al cabo de 30 minutos en un espectrofotómetro a 734 nm, expresándose los resultados en mmol TE 100 mL⁻¹ (Delgado et al., 2018).

3.5.7.2 Capacidad de inhibir el radical libre DPPH (1,1-Diphenyl-2-picril-hydrazil)

- **Preparación del radical DPPH^{o+}:** Se preparó una solución stock a 1 mM de DPPH^{o+} (0,039 g de DPPH con 100 mL de etanol al 96 %), almacenándose a 4 °C sin exposición a la luz. A partir de esta solución, se preparó 50 mL a una concentración de 100 μ M.
- **Determinación de la curva de calibración:** Se utilizó una solución stock de vitamina E o comúnmente llamado Trolox a 2 mM (0,05g en 100 mL de agua destilada), a partir de esta, se prepararon 5 concentraciones diferentes entre 1 a 40 μ M. De cada concentración se acondicionó 25 μ L en una cubeta y una diferente con 25 μ L de alcohol (blanco), haciéndose reaccionar con 975 μ L de DPPH^{o+}, la lectura de las absorbancias se realizó en un espectrofotómetro UV/VIS a 515 nm, obteniéndose la ecuación y el coeficiente de correlación (Anexo-IIIb). La capacidad antioxidante se determinó a través de la metodología descrita por Ordoñez et al. (2019), la concentración inicial (52 mg mL⁻¹) en las bebidas, se diluyó en proporción de 1:8, posteriormente se agregaron 25 μ L de esta solución en una cubeta con 975 μ L de DPPH^{o+} a 100 μ M, la lectura se realizó pasado 30 minutos en un espectrofotómetro UV/VIS a 515 nm, expresados en mmol ET 100 mL⁻¹.

Análisis estadístico: Los resultados de la capacidad antioxidante para las bebidas de café medidas mediante los radicales libres ABTS^{o+} y DPPH^{o+} fueron analizados estadísticamente con un diseño completo al azar (DCA), a los tratamientos que presentaron diferencia significativa se le aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizándose el programa estadístico SAS V9.4-2018. SAS Instituto, Universidad Estatal de Carolina.

3.5.8 Determinación del contenido mineral (macro y micro) en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz

3.5.8.1 Preparación de las bebidas

Se acondicionó, según la metodología de Andrade et al. (2017) con algunas modificaciones debido a las condiciones del laboratorio, la bebida se preparó en proporción de 11 g de muestra (T₀, T₁, T₂ y T₃) con 210 mL de agua destilada a 93 °C, agitándose por diez minutos, luego se filtró con papel Whatman N° 4 (diámetro de poro 125 mm), la bebida resultante a concentración de 52 mg mL⁻¹ se almacenó en envases de vidrios en refrigeración hasta realizar el análisis.

3.5.8.2 Preparación del estándar y calibración del equipo

Se preparó estándares de multi elementos Ca, Na, K, Mg, Fe, Zn y Mn a partir de la concentración de 1 000 ppm (Tabla 8), para cada elemento se consideró tres concentraciones denominadas S₁, S₂ y S₃ y su respectivo volumen, tomándose en cuenta las recomendaciones de Mite et al. (2010).

Tabla 8. Proporciones utilizadas para la preparación del multiestandar

| Estándar (Minerales) | | S ₁ | | S ₂ | | S ₃ | |
|----------------------------------|----|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|
| | | C ₂ mg L ⁻¹ | V ₁ mL | C ₂ mg L ⁻¹ | V ₁ mL | C ₂ mg L ⁻¹ | V ₁ mL |
| Macro 1000 mg L ⁻¹ | Ca | 1 | 0,05 | 50 | 2,5 | 200 | 10 |
| | Na | 0,1 | 0,005 | 1 | 0,05 | 10 | 0,5 |
| | K | 1 | 0,05 | 150 | 7,5 | 280 | 14 |
| | Mg | 1 | 0,05 | 40 | 2 | 80 | 4 |
| Micro 1000 mg L ⁻¹ | Fe | 0,1 | 0,005 | 1 | 0,05 | 10 | 0,5 |
| | Zn | 0,1 | 0,005 | 1 | 0,05 | 5 | 0,25 |
| | Mn | 0,1 | 0,005 | 1 | 0,05 | 10 | 0,5 |
| Sub total | | | 0,175 | | 12,25 | | 29,85 |
| Aforo | | | 50 | | 50 | | 50 |

Se programó las concentraciones S_1 , S_2 y S_3 de cada estándar en el software ICP *Neo* instalado en el equipo de cómputo del espectrofotómetro de emisión óptica acoplado con plasma inductivamente (ICP-OES), las condiciones de instrumentación del equipo fueron, gas Argón 5,0 (99,99 % de pureza) a flujo constante de 12 L min^{-1} para la formación del plasma (1 000 watts) y purga del equipo, velocidad de la bomba peristáltica (30 rpm), nebulizador tipo Sea spray (2 L min^{-1}), estabilización 15 segundos, sistema óptico: radial - axial (Zagula et al., 2017); seguidamente se realizó la lectura de los estándares con la finalidad de obtener la curva de calibración y el coeficiente de correlación, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Parámetros de longitud de onda, curva de calibración y coeficiente de correlación de los estándares

| Elementos | Longitud de onda (nm) | Coefficiente de correlación (R^2) | Límite de detección ($\mu\text{g L}^{-1}$) | Linealidad | |
|------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|------------|---------------------------|
| Macro minerales | Ca | 422,673 | 0,99956 | 13,281 | $y = 0.0008598x - 1.508$ |
| | Na | 588,995 | 0,99729 | 14,991 | $y = 0.0006673x - 4.538$ |
| | K | 766,490 | 0,99971 | 135,000 | $y = 1.715x - 1.109$ |
| | Mg | 285,213 | 0,99743 | 0,149 | $y = 0.0003448x - 0.825$ |
| Micro minerales | Fe | 249,773 | 0,99999 | 26,988 | $y = 0.0009223x - 0.4294$ |
| | Zn | 213,857 | 0,99074 | 0,129 | $y = 0.001419x - 0.5286$ |
| | Mn | 279,482 | 0,99877 | 0,843 | $y = 0.0004328x - 0.1377$ |

El proceso de ionización sucede al ingresar nuestra muestra través del auto muestreador AS 500, siendo aspirada por la bomba peristáltica a través de un sistema de mangueras, la cual la dirige al nebulizador donde es transformada en aerosol tras la interacción con el gas. Seguidamente mediante la cámara de pulverización, el líquido pulverizado es orientado al tubo inyector para desembocar en la parte interna del plasma formado en la antorcha, permitiendo la liberación de átomos, en longitudes de ondas establecidas, realizando la cuantificación por un detector HDD system; los resultados se expresaron en mg L^{-1} .

Estadística: Los resultados del contenido de macro y microminerales en las bebidas, se analizaron por un diseño completo al azar (DCA), a los tratamientos que presentaron diferencia estadística significativa se le aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizándose el programa estadístico SAS V9.4-2018. SAS Instituto, Universidad Estatal de Carolina del Norte.

3.5.9 Detección de la adulteración en el café tostado molido mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

3.5.9.1 Preparación de la muestra

Se siguió el lineamiento de la metodología descrita por Bahamon et al. (2018), las muestras de café y arroz tostado fueron T₀ (100 % C), T₁ (95 % C + 5 % A), T₂ (90 % C + 10 % A), T₃ (85 % C + 15 % A) y T₄ (100 % A), de cada muestra se pesó 11 g, y se molió hasta un nivel de finura de 350 a 500 μm (Argyrí et al., 2010), con la finalidad de conseguir homogeneidad en las muestras.

3.5.9.2 Técnica de análisis

Se desarrollaron por el método de Reflectancia Total Atenuada (ATR) descrito por Reis et al. (2017). Se tomó 1g de muestra, depositándose sobre la ventana de seleniuro de zinc que posee el accesorio de muestreo PIKE (MIRcale), seguidamente se presionó ligeramente la muestra sobre el cristal para mayor contacto, la ventana vacía se utilizó para el fondo (blanco). La lectura de los espectros se realizó en un espectrofotómetro infrarrojo con transformada de Fourier (INFRALUM FT08 - Alumex) en rango medio, comprendido entre 700 a 4 000 cm^{-1} , con una resolución de 4 cm^{-1} y 20 barridos, siendo sometidos a una extracción de fondo (espectros de la atmósfera). Las condiciones de operatividad para evitar la interferencia fue temperatura 20 °C y humedad relativa 35 % (Craig et al., 2012).

3.5.9.3 Lectura del espectro Infrarrojo

La gráfica en el espectro IR medio (bandas de absorción), se realizó a partir de las máximas intensidades de absorción en el eje “Y” y el número de onda a la que se produjeron en el eje “X” (cm^{-1}) para cada compuesto característico, mediante el software *Inferloom* FT08 Spectroloom. La identificación de los compuestos funcionales en el espectro infrarrojo se realizó a través de las bibliotecas virtuales disponibles para los distintos grupos funcionales, comparando los intervalos de frecuencia de absorción (Bahamon et al., 2018).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Selección de la muestra de café

Esta evaluación se realizó por un panel de 3 catadores certificados como Q-grader speciality of Coffee, Ing. José Manuel Zúñiga Martínez, Ing. Jady Coronel Alarcón y un experto en catación Ing. Iván Zúñiga Martínez, quienes calificaron los atributos sensoriales de la bebida, hasta obtener un puntaje final (Marquéz et al., 2020). El perfil sensorial es un instrumento útil para poder caracterizar cualitativa y cuantitativamente las distintas variedades de café (Ladino et al., 2016).

En la Tabla 10 se presentan los puntajes de calidad en taza de las cuatro muestras evaluadas (Anexo-IVa); y se encontró diferencia estadística significativa (Anexo-IVb), comparando los promedios mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), la muestra M4-EB presentó el mayor puntaje ($86,83 \pm 0,17$) con una clasificación “especial-excelente” y el menor con una puntuación M1-FC ($82,17 \pm 0,17$) “especial-muy bueno”, cabe aclarar que la variedad de las cuatro muestras fue Catimor y el proceso de beneficio fue húmedo (lavado), la diferencia puede deberse a lo indicado por Alomía y Untiveros (2021), quienes estudiaron la influencia de los métodos de beneficio (húmedo y seco) en la calidad en taza de café variedad Catimor, obteniéndose un puntaje en taza de 81,15 (húmedo-lavado), 82,74 (semi-húmedo) y natural (84,44). Así mismo, la muestra que tuvo el mayor puntaje correspondió a la zona de Shianca, cuya altitud fue 1 130,23 m.s.n.m; según la Asociación Nacional de Cafetaleros en Guatemala (2019), la variedad de café Catimor, presenta una buena adaptabilidad, alta productividad y calidad de taza con denominación “muy buena” en zonas bajas o medias comprendidas entre 800 a 1 400 m.s.n.m. De las muestras evaluadas se seleccionó como materia prima el café codificado como M4 - EB.

Tabla 10. Puntaje de calidad en taza de café de diferentes caficultores

| Muestra | Puntaje de calidad en taza |
|---------|----------------------------|
| M1 - FC | $82,17 \pm 0,17^c$ |
| M2 - EB | $84,50 \pm 0,14^b$ |
| M3 - SD | $84,33 \pm 0,36^b$ |
| M4 - EB | $86,83 \pm 0,17^a$ |

Los datos representan (promedio \pm error estándar) del experimento (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$).

4.2 Evaluación sensorial (atributos de catación y calidad en taza) en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz

4.2.1 Evaluación de los atributos de catación

En la Tabla 11 y Figura 1 se presenta los resultados de los atributos de catación de café con diferentes porcentajes de mezclas entre café arábica variedad Catimor y arroz. El atributo **fragancia/aroma** según Duicela et al. (2017) la fragancia es representada por el olor del café recientemente tostado molido y el aroma, Scamilla et al. (2015) explica que es la percepción olfativa de las sustancias volátiles del café desprendidas por la adición de agua en ebullición. Según los resultados (Tabla 11; Figura 1-A) se encontró diferencia estadística significativa (Anexo-Va) y según la comparación de Tukey ($p \leq 0,05$) fueron estadísticamente similares los tratamientos comprendidos entre 100 % café y una mezcla con 25 % de arroz; Al respecto Amecca et al. (2021) indica que la impresión de estos atributos en el café tostado molido puede verse afectado significativamente por una sustitución mayor o igual al 25 % con distintos ingredientes (cereales) o materias extrañas.

Los tratamientos T₀ (100 % C), T₁, T₂, T₃, T₄ y T₅ (75 % C + 25 % A) obtuvieron puntajes entre 8,3 a 7,3 con un calificativo entre “muy bueno” y “excelente”. Benitez y Campo (2018) obtuvieron similar calificación comprendida entre 7,0 y 8,0 puntos para cafés de variedad bourbon, atribuyéndose a la posible acumulación de azúcares que son expresadas en la infusión por notas dulces y una acidez brillante. Además, los compuestos formados durante la fermentación y expresados durante el proceso de tueste contribuyen a este atributo (León et al., 2019).

De los resultados se destaca que a partir de una adulteración superior al 25 % hasta 60 % de arroz (Tabla 11), las bebidas tuvieron un puntaje comprendido entre 7,2 hasta 6,1 con calificativo de “muy bueno” y “bueno”. Este comportamiento también fue detectado en el estudio de Gordillo et al. (2017), indicando que el atributo fragancia/aroma del café son dependientes del contenido de carbohidratos y lípidos, que al ser afectado la composición por el mezclado con adulterantes molidos a diferentes proporciones utilizadas, este se ve afectado. Barahona et al. (2019), evaluó las propiedades sensoriales de 18 cafés comerciales tostado y molido en Colombia, la fragancia fue calificada en un rango de 6,00 a 7,75 con denominación “bueno” y “muy bueno”, en tanto el aroma entre 4,50 a 6,50 indicando que las muestras ya no se encuentran dentro de la escala de calidad. Finalmente, Pereira et al. (2021), indican que los granos de café antes de ser tostados son fuente importante de sustancias orgánicas como hidratos de carbono, proteínas, cafeína y taninos, los cuales se encuentran disponibles también en cereales como el maíz, el centeno, arroz y la cebada.

Respecto al atributo **sabor**, Duicela et al. (2020), lo definen como el efecto conjugado de las sensaciones gustativas y aromas retronasales propios del café. Debiendo ser evaluado por la combinación de su intensidad y complejidad Marin (2013). Los resultados del análisis estadístico indican diferencia estadística significativa (Anexo-Vb), según el ordenamiento de los promedios (Tabla 11; Figura 1-A) los tratamientos comprendidos entre T₀ (100 % C) a T₃ (85% C + 15 % A) tuvieron puntajes entre 8,3 a 7,5 siendo estadísticamente iguales ($p \leq 0,05$), calificándose como “excelente” y “muy bueno”. Puerta et al. (2016) reportó calificaciones similares comprendidas entre 8,3 y 7,5 con denominación “muy bueno” y “excelente” que corresponde a cafés de calidad superior con notas a frutal, dulce, almendras y cítrico, siendo dichas características del sabor afectadas significativamente cuando la bebida de café fue adulterada con un 20 % de maíz a un nivel de tueste medio.

Al realizar adulteraciones superiores al 15 % hasta 60 % de arroz, las infusiones tuvieron puntaje comprendido entre 7,3 y 6,2 con calificaciones de “muy bueno” y “bueno” (Tabla 11), la misma tendencia presentaron los resultados determinados por Torma et al. (2019) quienes evaluaron el atributo sabor en mezclas de Coffee arábica con cebada tostada al 53 %, disminuyendo la puntuación desde 7,0 hasta 6,3 con denominación “bueno” con ligeras notas a cereales tostados, esta disminución es fundamentada por Leobet (2014) indicando que en la industria del café sabores a cereales son poco valorados siendo relacionados con cafés planos y conllevan a una disminución en la apreciación del atributo. Finalmente, las adulteraciones realizadas, concuerdan con lo indicado por Sunarharum et al. (2014) que el procesamiento comercial de los granos de café verde influye de manera significativa en la complejidad del atributo sabor de la bebida.

El **sabor residual**, es definido por la Scaa (2015) como la duración de la sensación y las notas que se perciben en el paladar luego de haber expulsado la infusión de la boca, que según Cañarte et al. (2021) debe ser valorado positivamente cuando la percepción es dulce, refrescante y duradera. Según los resultados obtenidos en el análisis estadístico se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo-Vc), ordenando los promedios, los mayores puntajes lo presentaron los tratamientos T₀ (100% C), T₁, T₂ y T₃ (85 % C + 15 % A) con puntajes entre 7,9 a 7,3 y calificación de “muy bueno” (Tabla 11; Figura 1-A), siendo estadísticamente iguales ($p \leq 0,05$). Calificaciones similares fueron determinadas por Cheserek et al. (2020) entre 7,9 y 7,6 puntos “muy bueno” en mezclas de cafés comerciales entre dos genotipos de “Coffea arábica” que se caracterizaban por un sabor residual a maní tostado prolongado, según Giacalone et al. (2019) este atributo es afectado por el aumento de la

temperatura y tiempo de tueste ocasionando astringencia y amargor. Dichas prácticas son utilizadas para enmascarar adulterantes en el café tostado molido (Polari et al., 2015).

Adulteraciones superiores al 15 % hasta el 60 % de arroz (Tabla 11) originaron puntajes comprendidos entre 7,1 y 6,0 con denominaciones de “muy bueno” y “bueno”, estos datos coinciden con lo reportado por Gallego y Rodríguez (2021) para el atributo sabor residual con 6,0 puntos en cafés adulterados al 30 % con granos reposados, de igual forma De Moura et al. (2017) indican que la presencia de adulterantes entre 30 % y 60 % con similar apariencia al café tostado, causa efectos indeseables en términos de sabor y sabor residual.

El atributo **acidez** es descrito por García et al. (2019), como la cantidad y tipo de ácidos orgánicos presentes en la bebida. Puede ser brillante cuando se encuentra equilibrado y desfavorable cuando es muy agria o dominante (Santos et al., 2015). Mediante el análisis estadístico se encontró diferencia significativa (Anexo-Vd). Por otro lado, fueron estadísticamente similares ($p \leq 0,05$) los tratamientos comprendidos entre T₀ (100 % C) con 7,9 puntos hasta el T₃ (85 % C + 15 % A) con 7,3 puntos y una calificación “muy bueno” (Tabla 11; Figura 1-A). El resultado encontrado fue similar a los reportado por Navarro et al. (2021) en café comercial variedad Catimor entre 7,15 y 7,55 con denominación “muy bueno”, al respecto Borém et al. (2016) atribuyen estas calificaciones cuando la acidez resalta la vivacidad y el dulzor en la bebida. Siendo los principales responsables de esta percepción el ácido cítrico (lima) y el ácido málico (manzana y vinoso) originados por un buen beneficio (Toledo et al., 2016).

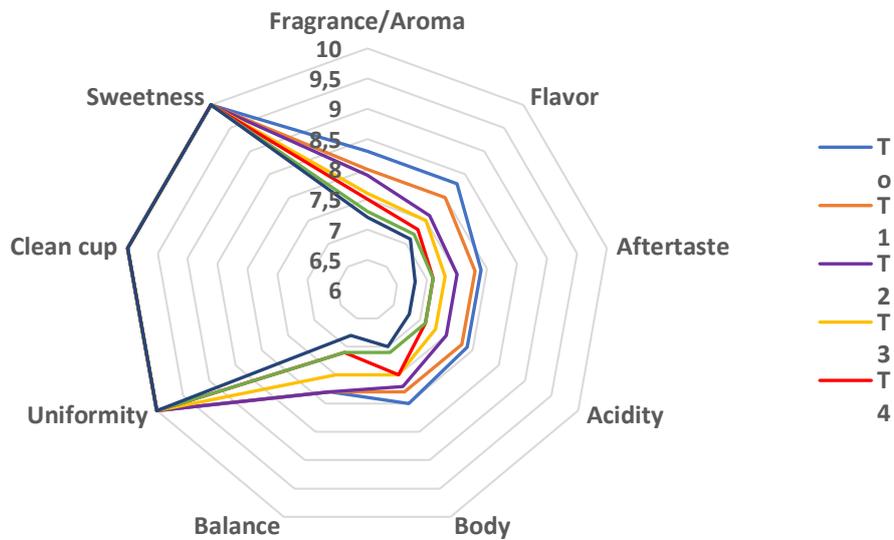
Cuando las adulteraciones con arroz fueron superiores al 15 % hasta 60 %, se obtuvieron calificaciones comprendidas entre 7,1 y 6,0 siendo denominadas “muy bueno” y “bueno” (Tabla 11), Meza (2019) determinó puntajes para el atributo acidez entre 5,0 y 5,75 en café, considerándolo como fuera de grado especial; de igual forma Rodríguez et al., (2020) determinaron un puntaje de 5,3 para café comercial con una acidez cítrica baja apenas perceptible. La afectación muy marcada sobre este atributo es explicada por Batali et al., (2021) indicando que la acidez percibida es componente e influye en la calificación de otros atributos como el sabor y el equilibrio de la bebida.

Tabla 11. Resultado de la evaluación sensorial de los atributos de catación en las bebidas de café puras y con diferentes porcentajes de mezclas de café arábica variedad Catimor y arroz.

| | Tratamientos | Fragancia Aroma | Sabor | Sabor residual | Acidez | Cuerpo | Balance |
|-----------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| T₀ | (100 % C) | 8,3 ± 0,1 ^a | 8,3 ± 0,2 ^a | 7,9 ± 0,1 ^a | 7,9 ± 0,1 ^a | 8,0 ± 0,0 ^a | 7,8 ± 0,3 ^a |
| T₁ | (95 % C + 5 % A) | 8,0 ± 0,0 ^{ab} | 8,00 ± 0,0 ^{ab} | 7,8 ± 0,0 ^{ab} | 7,8 ± 0,0 ^{ab} | 7,8 ± 0,3 ^{ab} | 7,8 ± 0,1 ^a |
| T₂ | (90 % C + 10 % A) | 7,9 ± 0,1 ^{ab} | 7,6 ± 0,2 ^{abc} | 7,5 ± 0,0 ^{abc} | 7,5 ± 0,0 ^{abc} | 7,7 ± 0,1 ^{abc} | 7,8 ± 0,0 ^a |
| T₃ | (85 % C + 15 % A) | 7,6 ± 0,1 ^{abc} | 7,5 ± 0,0 ^{abcd} | 7,3 ± 0,1 ^{abc} | 7,3 ± 0,1 ^{abc} | 7,5 ± 0,0 ^{abc} | 7,5 ± 0,0 ^{ab} |
| T₄ | (80 % C + 20 % A) | 7,5 ± 0,0 ^{abc} | 7,3 ± 0,1 ^{bcde} | 7,1 ± 0,1 ^{bcd} | 7,1 ± 0,1 ^{bcd} | 7,5 ± 0,0 ^{abc} | 7,1 ± 0,1 ^{bc} |
| T₅ | (75 % C + 25 % A) | 7,3 ± 0,1 ^{abc} | 7,2 ± 0,1 ^{bcdef} | 7,1 ± 0,1 ^{bcd} | 7,1 ± 0,1 ^{bcd} | 7,1 ± 0,1 ^{bcd} | 7,1 ± 0,1 ^{bc} |
| T₆ | (70 % C + 30 % A) | 7,2 ± 0,2 ^{bc} | 7,1 ± 0,1 ^{cdef} | 6,8 ± 0,2 ^{cde} | 6,8 ± 0,2 ^{cde} | 7,0 ± 0,0 ^{cd} | 6,8 ± 0,2 ^{cd} |
| T₇ | (65 % C + 35 % A) | 6,8 ± 0,3 ^{cd} | 6,8 ± 0,3 ^{cdefg} | 6,4 ± 0,2 ^{def} | 6,4 ± 0,2 ^{def} | 6,5 ± 0,3 ^{de} | 6,6 ± 0,1 ^{cde} |
| T₈ | (60 % C + 40 % A) | 6,8 ± 0,3 ^{cd} | 6,8 ± 0,3 ^{cdefg} | 6,3 ± 0,3 ^{ef} | 6,3 ± 0,3 ^{ef} | 6,7 ± 0,2 ^{de} | 6,4 ± 0,1 ^{def} |
| T₉ | (55 % C + 45 % A) | 6,8 ± 0,3 ^{cd} | 6,7 ± 0,2 ^{defg} | 6,2 ± 0,2 ^{ef} | 6,2 ± 0,2 ^{ef} | 6,6 ± 0,1 ^{de} | 6,1 ± 0,1 ^{ef} |
| T₁₀ | (50 % C + 50 % A) | 6,8 ± 0,3 ^{cd} | 6,5 ± 0,3 ^{efg} | 6,3 ± 0,1 ^{ef} | 6,3 ± 0,1 ^{ef} | 6,2 ± 0,2 ^e | 6,2 ± 0,2 ^{ef} |
| T₁₁ | (45 % C + 55 % A) | 6,7 ± 0,2 ^{cd} | 6,4 ± 0,2 ^{fg} | 6,2 ± 0,2 ^{ef} | 6,2 ± 0,2 ^{ef} | 6,2 ± 0,2 ^e | 6,0 ± 0,0 ^f |
| T₁₂ | (40 % C + 60 % A) | 6,1 ± 0,1 ^d | 6,2 ± 0,2 ^g | 6,00 ± 0,0 ^f | 6,00 ± 0,0 ^f | 6,1 ± 0,1 ^e | 6,0 ± 0,0 ^f |

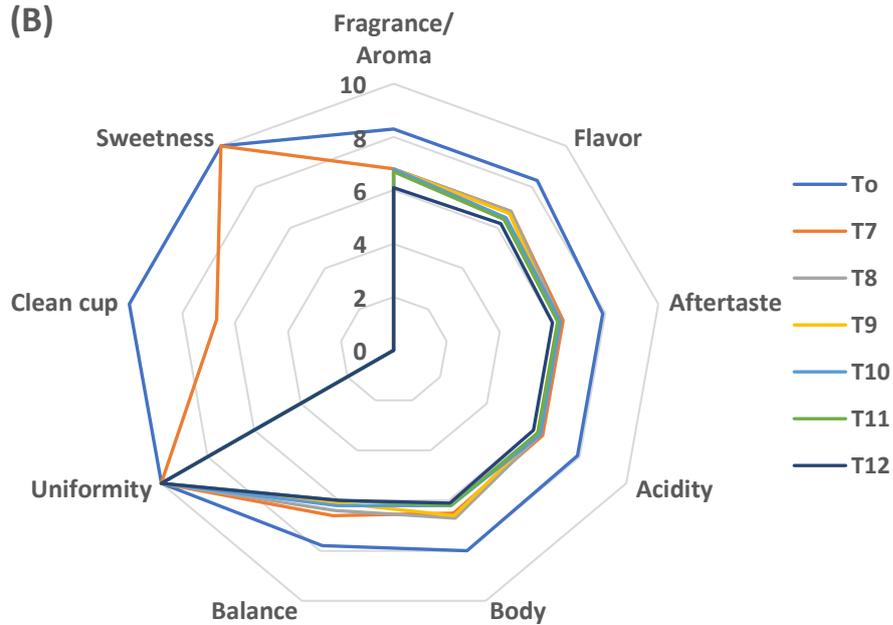
Los valores representan (promedio ± DS) los datos provienen del experimento (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos, ($p \leq 0,05$). C (Café tostado molido) A (Adulterante).

(A)



T₀: (100% C); T₁: (95% C + 5% A); T₂: (90% C + 10% A); T₃: (85% C + 15% A); T₄: (80% C + 20% A); T₅: (75% C + 25% A);
T₆: (70% C + 30% A).

(B)



T₀: (100% C); T₇: (65% C + 35% A); T₈: (60% C + 40% A); T₉: (55% C + 45% A); T₁₀: (50% C + 50% A); T₁₁: (45% C + 55% A); T₁₂:
(40% C + 60% A).

Figura 1. Representación radial de los atributos de catación en las bebidas de café adulterada con arroz.

El atributo **cuerpo**, es definido por Livio y Hodhod (2018), como la sensación táctil percibida al poner en contacto la bebida entre la lengua y el paladar, pudiendo ser ligero o cremoso. Según el análisis estadístico se encontró diferencia significativa (Anexo-Ve) y mediante el ordenamiento de los promedios por la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) fueron similares los promedios de los tratamientos T_0 , T_1 , T_2 , T_3 y T_4 comprendidos entre 100 % de café y una adulteración de 20 % de arroz, con puntajes entre 8 a 7,5 calificados como “excelente” y “muy bueno” (Tabla 11; Figura 1-A); Abubakar et al. (2020) determinaron puntajes similares entre 8,25 y 7,80 en mezclas (10 % y 20 %) de café Robusta y Arábica, con denominación “excelente” y “muy bueno”; Díaz et al. (2016) reportaron un puntaje de 8,0 en mezclas de café colombiano comercial express con cuerpo completo y una acidez media-baja; este rango de puntajes es atribuido a la presencia de polisacáridos que contribuyen en la percepción de un cuerpo equilibrado en cafés de calidad especial (Poisson et al., 2017).

En las muestras con más del 20 % de adulteración, hasta 60 % de arroz, tuvieron calificaciones entre 7,1 a 6,1 puntos “muy bueno” y “bueno” (Tabla 11). Córdova et al. (2020) determinaron puntajes entre 6,60 y 5,58 para este atributo en café de calidad regular adulterado, caracterizado por un cuerpo áspero y acuoso. Jarata (2015), indica que la propiedad del cuerpo es originada también por la cantidad y tipo de partículas disueltas en la bebida lo cual determina la concentración de la misma, al respecto Rodríguez et al. (2020) indican que la harina de arroz pulido posee propiedad espesante natural, lo cual originó un cuerpo demasiado pesado, áspero e inconsistente en la bebida.

El atributo **balance** es definido como la complementariedad o sinergia entre los atributos primarios del café (Lingle y Menon, 2017). Mediante el análisis estadístico se encontró diferencia estadística significativa (Anexo-Vf), según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) fueron estadísticamente iguales los tratamientos T_0 (100 % C), T_1 , T_2 y T_3 (15 % A) (Tabla 11; Figura 1-A) estos tratamientos tuvieron un calificativo “muy bueno”. Gutiérrez et al. (2014), determinaron puntajes similares entre 7,75 y 7,25 en cafés tostado molidos comerciales colombianos denominados premium, alta montaña y origen Huila. De igual forma Isnidayu et al. (2020) determinaron en cafés arábica comerciales Java Preanger y Cianjur puntajes de 7,88 y 7,75. Dichos calificaciones son atribuidas cuando se puede percibir la interacción entre el sabor, sabor residual, la acidez y el cuerpo en la bebida (Di Donfrancesco et al., 2014).

Tratamientos con adulteraciones superiores al 15 % hasta 60 % tuvieron calificaciones entre 7,1 a 6,0 denominados como “muy bueno” y “bueno” (Tabla 11). Similares puntajes 6,49 y 6,38 denominados “bueno” fueron determinados por Luna et al. (2019) en mezclas de café fuera de grado especial, variedad Catimor que se caracterizaban por su sabor

marcado a cereales. Al respecto Rodríguez et al. (2012) indican que una muestra de café tendrá menor puntaje si un atributo es muy predominante enmascarando la percepción de otro y Cortés et al. (2011) argumentan que los cafés con una puntuación entre 6,0 a 6,9 para este atributo, pueden ser utilizados para el mercado nacional.

El atributo **uniformidad** destaca la coherencia del sabor en cada una de las tazas que se evalúa de una misma muestra, una dispersión entre el sabor de la misma muestra, reduce la calificación (Geeraert et al., 2019). Las doce muestras evaluadas desde 100 % de café hasta una adulteración de 60 % de arroz (Figura 1-A y B), fueron calificados con 10 puntos, no presentando diferencia estadística. Según Duicela et al. (2016) los puntajes máximos se atribuyen a la adecuada preparación de la muestra previo al análisis. De igual forma se determinó 10 puntos para el atributo uniformidad en tres variedades de café cultivados a altura media 1 000 m.s.n.m (Navarro et al., 2021), lo cual coincide con lo indicado por Estrella (2014) que para este atributo siempre se suele obtener 10 puntos.

Taza limpia, según Lingle y Menon (2017), es un atributo relacionado con la calidad del beneficio que reciben los granos. El cual indica ausencia de olores y sabores extraños al café (Scaa, 2015). Según el análisis descriptivo cuantitativo QDA (Figura 1-A) los tratamientos comprendidos entre T₀ (100 % C) y T₆ (70 % C + 30 % A), obtuvieron 10 puntos siendo denominados “extraordinario”. Al respecto Rabelo et al. (2020) indican que puntajes de 10 están relacionados con impresiones positivas percibidas desde la primera ingesta de la infusión. Así mismo, Ramos (2019) determinó un puntaje de 10 en taza limpia en mezclas de café arábica. La adulteración con 35 % tuvo un puntaje de 6,7 denominado como “bueno” y mayores porcentajes, tuvieron puntajes de cero calificado como “fuera de la escala de calidad”, Meza (2019) determinó similar calificación “fuera de la escala de calidad” para este atributo en muestras de café adulterado con defectos y Puerta et al. (2016) indican que la calidad y limpieza de la bebida está determinada por la no presencia de defectos y materias extrañas al café.

El atributo **dulzor** según Scaa (2015) representa el sello de un buen café y Azevedo et al. (2015) indican que el dulzor se debe a la presencia de carbohidratos que incursionan en el sabor agradable. Los resultados presentados en la (Figura 1-A y B) indican un puntaje de 10 denominado como “excelente” en muestras de café al 100 % y con adulteración hasta 35 % (T₀ a T₇) al respecto Peña et al. (2013) determinaron puntajes iguales en granos de café con maduración óptima y un beneficio húmedo, esto concuerda con lo indicado por Sunarharuma et al. (2014) que un mayor contenido de azúcar determina una mejor calidad de taza. Los tratamientos con una adulteración superior al 35 % presentaron puntajes iguales a cero denominado “fuera de la escala de calidad” (Figura 1-B). Similar resultado fue determinado por

Rodriguez et al. (2020) para el dulzor de una muestra de café comercial molido. Esta baja puntuación se debe a la presencia de sabores agrios, astringentes o verdes, lo cual reduce significativamente la percepción del dulzor en la bebida (Rivera, 2019).

- **Correlación entre los atributos de catación**

Según Martinez et al. (2009) el coeficiente correlación indica el grado de asociación que existe entre dos variables, pudiendo tomar valores entre -1; 0; +1. Un valor de “0” denota que no existe correlación, valores negativos explican que al aumentar una variable la otra disminuye, en tanto un valor positivo indica una relación directa (Roy et al., 2019). En la Tabla 12 se muestran los resultados del análisis de correlación entre los atributos de catación, se puede observar que todos los valores son positivos y presentan alta correlación, de igual forma lo realizó De Carvalho et al. (2016) concluyendo que todos los atributos sensoriales del café son responsables de la calidad final.

Tabla 12. Análisis de matriz de correlación/coeficientes-atributos en las bebidas de café tostado y molido puras (T₀) y adulteradas con 5 % (T₁) hasta un 60 % de arroz (T₁₂).

| Matriz de correlación - coeficiente | | | | | | |
|--|--------------------|-------------|-------------------|-------------|--------|---------|
| Fuente | Fragancia Aroma | Sabor | Sabor residual | Acidez | Cuerpo | Balance |
| Fragancia Aroma | 1,00 | - | - | - | - | - |
| Sabor | 0,98 | 1,00 | - | - | - | - |
| Sabor residual | 0,98 | 0,98 | 1,00 | - | - | - |
| Acidez | 0,98 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | - | - |
| Cuerpo | 0,96 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 1,00 | - |
| Balance | 0,95 | 0,96 | 0,98 | 0,98 | 0,96 | 1,00 |

Referente al atributo fragancia/aroma con el sabor se determinó una correlación positiva muy alta $r = 0,98$ este resultado fue levemente mayor a lo reportado por Chavez y Ordoñez (2021) que obtuvieron 0,91; de igual forma Abdulmajid (2015) determinó una correlación de 0,92 para estos atributos. Esta asociación muy marcada se origina porque los componentes aromáticos son los principales responsables de la experiencia que se tiene con el sabor durante la evaluación de la infusión (Bhumiratana et al., 2011). Los cuales son desarrollados conjuntamente mediante complejas reacciones químicas como Maillard, caramelización y la pirolisis, durante el proceso de tostado (Hameed et al., 2018).

De igual forma los atributos sabor y sabor residual presentaron una correlación de 0,98. Al respecto Díaz (2020) determinó un valor de relación directa menor 0,88 y Cheserek et al. (2020) obtuvieron un valor de 0,95 en mezclas de genotipos de "*Coffea arábica* L.". La asociación de estos atributos está determinada por la complejidad percibida en el sabor, que influirá en la sensación del paladar después de expulsar la bebida (Jaimes et al., 2015).

Los atributos acidez y balance presentaron también una correlación significativa con un valor de 0,98; de igual forma Atavillos et al. (2020) determinaron una correlación de 0,95. Este valor determinado fue igual (0,95) a lo reportado por Gimase et al. (2014) en mezclas de café arábica y robusta. Al respecto Batali et al. (2021) mencionan que la acidez influye en la percepción y equilibrio de los atributos primarios del café. La "acidez" también presentó una correlación muy alta con el sabor ($r = 0,98$), concordando con lo mencionado por Gonzales (2017) quienes fundamentan que la acidez presenta una relación directa con el sabor, es decir una mejor acidez deriva en un sabor más complejo.

- **Componentes principales de los atributos de catación**

Los atributos de catación se estudiaron mediante componentes principales (Anexo-VIa) y (Anexo-VIb), en la Figura 2, se aprecia el biplot de variables obtenidos para el (CP1) caracterizado por la fragancia/aroma, sabor, sabor residual y la acidez, representando el 97,7 % de la variabilidad, lo que ayudó a diferenciar la muestra patrón (T_0) y los tratamientos con 5, 10 y 15 % de adulteración. Similar tendencia determinó Rabelo et al. (2020) donde el CP1 explico el 90,46 % de variabilidad, tratamientos con mayor porcentaje de adulteración se situaron en un cuadrante opuesto a la muestra de café especial caracterizada por la acidez, cuerpo, sabor residual y el dulzor. Al respecto Echeverri et al. (2005), fundamentan que la fragancia/aroma es la primera sensación que se percibe y el sabor representa la unificación de los atributos primarios. La intensidad y tipo de estos atributos determinan la calidad del café (Scca, 2015).

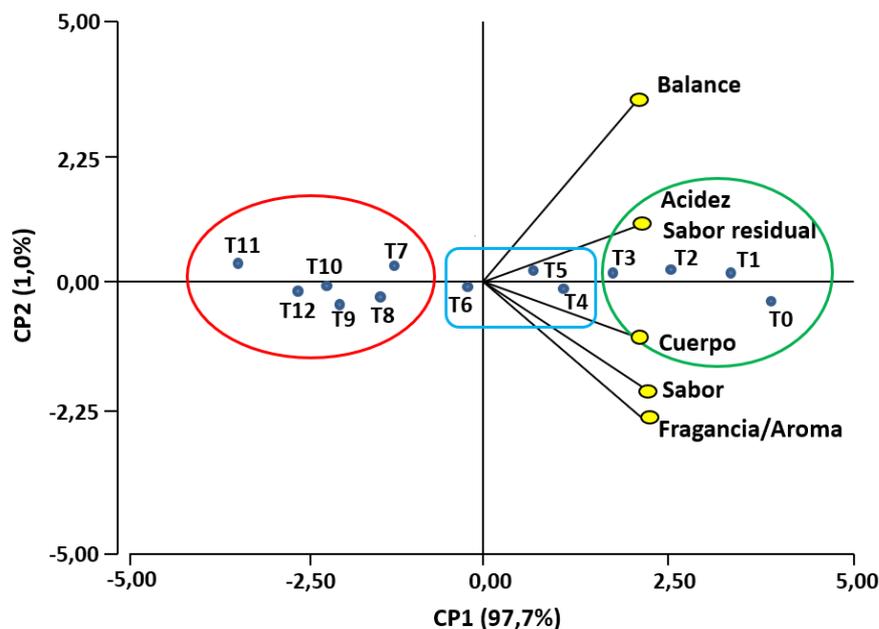


Figura 2. Análisis de componentes principales de los atributos de catación

En contraste el atributo sensorial que caracterizó el CP2 fue el balance, representando el 1 % de la variabilidad, al respecto Estrella (2014) explica que representa el sinergismo entre la acidez, sabor y cuerpo, en otras palabras, es lo que se piensa del café en general. Este atributo es propio en muestras de café limpias y sanas Huaccha (2016). Esto explica la poca correlación y la ubicación opuesta de los vectores (atributos) con los tratamientos comprendidos entre T₇ (65 % C + 35 % A) hasta T₁₂ (40 % C + 60 % A). En general el blipote de las variables “atributos” explican el 99 % de la variabilidad (97,7 % CP1 y 1,0 % CP2), esto tiene relación con lo citado por Barbosa et al. (2019) que la calidad de los atributos generados depende de las reacciones que se producen durante su procesamiento.

- **Dendograma de los atributos de catación**

A todos los tratamientos desde T₀ (100 % C) hasta T₁₂ (40 % C + 60 % A), se le realizó un análisis estadístico mediante conglomerados, esto permitió distinguir tres grupos entre los tratamientos (Figura 3). El primero estaba compuesto por la muestra sin adulterar (T₀) y los tratamientos con 5 % hasta 15 % de adulterante (T₁, T₂ y T₃) que representan el 31 % del total de muestras, estos tuvieron las mejores calificaciones entre “muy bueno” y “excelente” para atributos como la fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo y balance. Además, ninguno presentó defectos debido a que el dulzor, la uniformidad y taza limpia fueron evaluados con “10” puntos, denominados como extraordinario. La alta calidad del café es descrita como una sensación armoniosa entre el sabor, cuerpo y acidez, en ausencia de defectos, siendo el sabor, parámetro más importante para el consumidor (Sunarharum et al., 2014).

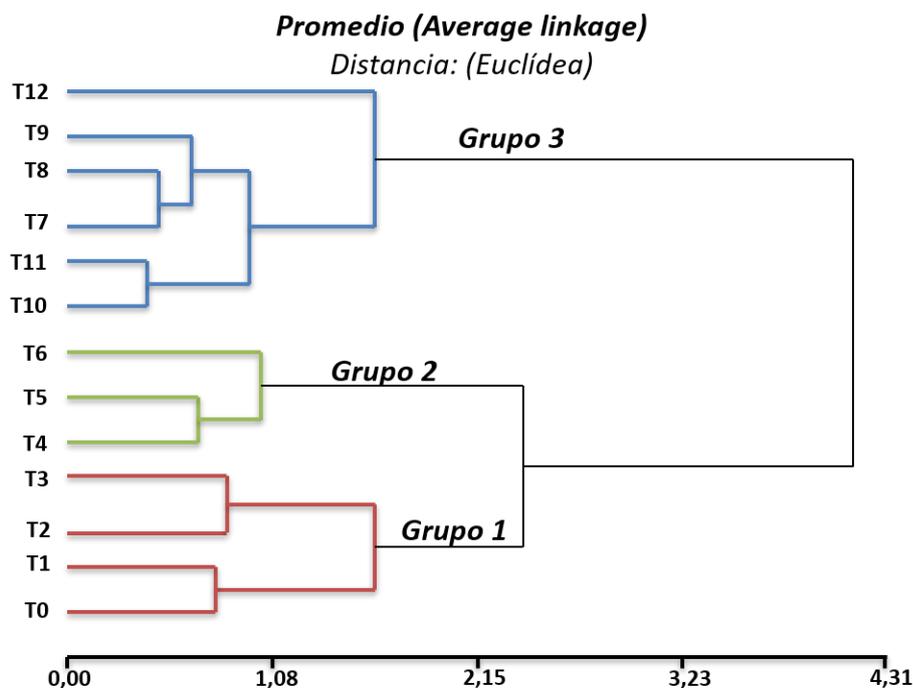


Figura 3. Dendrograma del tratamiento patrón y de las adulteraciones considerando los atributos de catación.

El segundo grupo representó el 23 % de los tratamientos comprendidos entre T₄ (80 % C + 20 % A) hasta T₆ (70 % C + 30 % A). Las tres muestras presentaron calificaciones de “muy bueno” para los atributos primarios, a excepción de la muestra T₆ que para los atributos sabor residual, acidez y balance, la denominación fue “bueno”, según Fernandes et al. (2014) la acidez es una característica deseable del sabor, que al ser muy pronunciada puede clasificar al café como de baja calidad. Finalmente, la uniformidad, taza limpia y el dulzor, fueron calificados con 10 puntos denominados como “extraordinario”. Al respecto Calderon (2021) explica que, si la bebida está equilibrada, no presenta defectos y sus atributos no son complejos, puede ser considerada de calidad estándar o aceptable.

El grupo que presentó las más bajas calificaciones fue el tercero, representando el 46 % de los tratamientos con una adulteración comprendida desde el 35 % hasta 60 % (T₇, T₈, T₉, T₁₀, T₁₁ y T₁₂) obtuvieron una denominación “bueno” para los atributos fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo y balance, mientras que la uniformidad fue calificada como “extraordinaria”. A partir del tratamiento T₈ (60 % C + 40 % A) hasta T₁₂ (40 % C + 60 % A) la taza limpia y el dulzor de la bebida fueron descalificados con una puntuación de “cero” que indica su ausencia Scaa (2015). Estos atributos representan la plenitud agradable del sabor y la ausencia sabores distintos al café (CañaS et al., 2012). Finalmente, esta significativa

disminución en la calidad de los atributos del café, concuerda con lo indicado por Craig et al. (2015) que la adición de materias extrañas en altas concentraciones superiores al 20 % sobre el café de buena calidad puede cambiar su estado sensorial.

4.2.2 Evaluación de la calidad en taza

La calidad en taza permite determinar las características especiales asociadas a la calidad del café, mediante un grupo de evaluadores profesionales que asignan calificaciones a cada atributo para luego determinar un puntaje final para su clasificación (Oyola et al., 2017).

Tabla 13. Resultados de la calidad en taza de las bebidas de café adulterados con arroz

| Tratamientos | Puntaje Total | Descripción de especialidad (Clasificación) | Puntaje promedio |
|--|---------------------------|--|-------------------------|
| T₀: 100 % C | 86,4 ± 0,4 ^a | Excelente | 85,00 - 89,99 |
| T₁: 95 % C + 5 % A | 85,2 ± 0,2 ^a | Especial | |
| T₂: 90 % C + 10 % A | 83,8 ± 0,1 ^{ab} | | 80,00 - 84,99 |
| T₃: 85 % C + 15 % A | 82,2 ± 0,1 ^{abc} | Muy bueno | |
| T₄: 80 % C + 20 % A | 80,8 ± 0,4 ^{bc} | Especial | |
| T₅: 75 % C + 25 % A | 80,2 ± 0,3 ^{bc} | | |
| T₆: 70 % C + 30 % A | 78,8 ± 0,7 ^c | | < 80,00 |
| T₇: 65 % C + 35 % A | 72,7 ± 0,9 ^d | | |
| T₈: 60 % C + 40 % A | 55,4 ± 1,2 ^e | | |
| T₉: 55 % C + 45 % A | 54,5 ± 1,0 ^e | Debajo de la calidad Especial | |
| T₁₀: 50 % C + 50 % A | 54,2 ± 1,2 ^e | | |
| T₁₁: 45 % C + 55 % A | 53,6 ± 0,8 ^e | | |
| T₁₂: 40 % C + 60 % A | 52,3 ± 0,3 ^e | | |

Los valores representan (promedio ± DS) los datos provienen del experimento (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos, ($p \leq 0,05$). C (Café tostado molido) A (Adulterante).

Las calificaciones para la calidad en taza de los tratamientos evaluados, se presentan en la Tabla 13., determinándose que existe diferencia estadística entre tratamientos

(Anexo-VII), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) se estableció que el mejor puntaje de calidad en taza fue para T_0 : (100 % C) con $86,4 \pm 0,4$ denominado “excelente especial” y la menor calificación fue para T_{12} : (40 % C + 60 % A) con $52,3 \pm 0,3$ encontrándose debajo de la calidad especial, como lo determina la Asociación Americana de Cafés Especiales (Scaa). La misma tendencia de reducción en la calidad de taza, fue determinada por Almeida (2014) en adulteraciones de café molido con maíz tostado (40 % y 50 %) que causo modificaciones significativas en los atributos sensoriales.

Los tratamientos comprendidos desde T_0 (100 % C) hasta T_5 (75 % C + 25 % A), obtuvieron puntajes comprendidos entre 86,4 a 80,2 encontrándose dentro de la escala de calidad especial con denominación de “excelente” y “muy bueno”. Atavillos et al. (2020) determinaron calificaciones entre 82,25 y 80,08 en muestras de café comerciales tostado molido. De igual forma Cheserek et al. (2020) evaluaron la calidad en taza en mezclas de café comerciales entre dos genotipos de “Coffea arábica” con calificaciones de 83,4 hasta 81,1 puntos. Según Maldonado (2011) los cafés con puntuaciones comprendidas entre 80,0 a 84,99 son denominados de buena calidad.

Distinto fue el caso de los tratamientos con una adulteración \geq al 30 % (T_6) hasta 60 % (T_{12}) que fueron denominados “debajo de la calidad especial” pues sus calificaciones oscilaban entre 78,8 y 52,3. Lo cual es fundamentado por Mendonca et al. (2009) afirmando que los adulterantes interfieren en la formación del aroma y sabor del café, lo cual compromete la satisfacción del consumidor, causando una marcada disminución en la calidad de taza.

4.3 Evaluación del color en el café tostado molido puro y adulterado con arroz, en el espacio CIE L^* , a^* , b^*

Los resultados del color (Tabla 14) están expresados en la escala CIE L^* , a^* , b^* . Según Carvajal et al. (2011), L^* representa la coordenada acromática (luminosidad) que determina la oscuridad o claridad, expresados en valores desde 0 (negro) a 100 (blanco). Mediante el análisis estadístico se determinó que los valores de L^* presentaron diferencia estadística significativa (Anexo-VIIIa) y la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) determinó que el T_3 (85 % C + 15 % A) obtuvo el mayor valor con $31,68 \pm 0,20$ y el menor fue para T_0 (100 % C) con $27,80 \pm 0,44$ indicando que la adición de adulterante al café tostado molido, hace que pierda su oscuridad típica. Rodríguez et al. (2020) determinaron $L^* = 25,21$ en café de calidad con tueste medio. Almeida (2014) observó el mismo comportamiento al adulterar café con maíz tostado, volviéndose la muestra más clara desde $L^* = 20,80$ hasta 26,31. Díaz (2020) estableció un rango de L^* entre 32,50 a 34,25 para tueste medio.

La coordenada a^* determina la desviación del punto acromático hacia el color rojo si el valor es positivo o verde siendo negativo (Valerio et al., 2016). El análisis estadístico, indica que existe diferencia (Anexo-VIIIb) entre los tratamientos, a través de la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) se determinó el mayor valor T_0 (100 % C) con $10,86 \pm 0,13$ y el menor obtuvo $10,33 \pm 0,09$ para T_3 (85 % C + 15 % A) identificándose que las muestras presentan tendencia mínima a color rojo débil; así mismo, cuando se realiza una adulteración hasta 5 % de arroz este cromatismo no se ve afectado. Torma et al. (2019) determinaron valores entre 9,1 y 10,1 para a^* en mezclas de café y cebada tostada. De igual forma Atavillos et al. (2020) establecieron valores de 8,82 y 7,07 para cafés tostado molido comercial con tueste medio. Lo cual concuerda con Bicho et al. (2012) que mencionan que un café con tueste medio presenta un color marrón rojizo. Según Rattanarat et al. (2021) un tueste medio ayuda a disminuir el contenido de acrilamida, que alcanza su máxima concentración en los primeros minutos del proceso.

Tabla 14. Resultados de la evaluación de color en mezclas de café con arroz tostado molido

| | Tratamientos | L^* | a^* | b^* |
|----------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| T₀ | 100 % C | $27,80 \pm 0,44^a$ | $10,86 \pm 0,13^a$ | $11,37 \pm 0,45^a$ |
| T₁ | 95 % C + 5 % A | $29,28 \pm 0,12^b$ | $10,53 \pm 0,10^{ab}$ | $8,63 \pm 0,36^b$ |
| T₂ | 90 % C + 10 % A | $31,02 \pm 0,17^c$ | $10,39 \pm 0,09^b$ | $8,49 \pm 0,27^b$ |
| T₃ | 85 % C + 15 % A | $31,68 \pm 0,20^c$ | $10,33 \pm 0,09^b$ | $8,27 \pm 0,30^b$ |

Los valores representan (promedio \pm DS) los datos provienen del experimento (n=8) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos, ($p \leq 0,05$). C (Café tostado molido) A (Adulterante).

El análisis estadístico del canal cromático b^* , afirma que existe diferencia estadística (Anexo-VIIIc) entre los tratamientos y mediante Tukey ($p \leq 0,05$) se identificó el mayor valor en T_0 (100 % C) con $11,37 \pm 0,45$ y con adulteraciones de 5 % a más de arroz, este cromatismo es afectado grandemente T_1 , T_2 y T_3 , Al respecto Jokanović et al. (2012) indicaron que esta coordenada representa la variación entre amarillo para valores desde 60 ($b > 0$) y azul a partir de - 60 ($b < 0$). López et al. (2006) determinaron valores entre 10,39 y 11,15 para cafés tostado molido comercial en Colombia. De igual forma Kim et al. (2018) establecieron valores de 10,98 para la coordenada b^* , para tueste medio. Finalmente, Rettig y Hen (2014) fundamentan la importancia del estudio en el color de los alimentos, ya que es el primer atributo que se juzga, pudiendo determinar su rechazo o aceptación.

4.4 Fenoles totales en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz

Los resultados de la cuantificación de fenoles totales en las bebidas de café de los cuatro mejores tratamientos se muestran en la Tabla 15; estos se calcularon reemplazando la

absorbancia en la ecuación de primer orden determinada por la curva estándar. Bai et al. (2021) indican que los resultados de fenoles totales se expresan en equivalentes de ácido gálico porque es un compuesto fenólico ampliamente distribuido en el reino vegetal, pudiendo ser sintetizado química y biológicamente. Según el análisis estadístico (Anexo-IX) se determinó que existe diferencia entre los tratamientos y mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) realizada a los promedios, se pudo distinguir que la bebida del T₀ (100 % C) presentó el mayor contenido de fenoles $0,76 \pm 0,005$ mg EAG mL⁻¹, al respecto Díaz et al. (2018) obtuvieron un valor de $0,75$ mg EAG mL⁻¹ en bebidas de café tostadas por 9 minutos. Fonseca et al. (2014) determinaron un rango de valores entre $0,56$ a $1,06$ mg EAG mL⁻¹ en bebidas de café especial elaborado en Colombia. El contenido de fenoles totales en bebidas de café comerciales fue determinado en un rango de $0,98$ hasta $1,34$ mg EAG mL⁻¹ (Atavillos et al., 2020). Estas diferencias encontradas pueden deberse al grado de tostado, que origina la degradación de compuestos bioactivos como los ácidos clorogénicos que son altamente termolábiles a temperaturas superiores de 80°C (Król et al., 2019). Los bajos contenidos de fenoles en las bebidas, también son consecuencia de una deficiencia de micronutrientes como el zinc en la nutrición de la planta, puesto que ciertos minerales actúan como cofactores de compuestos antioxidantes (Lacerda et al., 2018). Así mismo, la disposición de los fenoles totales en un alimento está asociado con el sabor y la astringencia, pudiendo también influir la adulteración en el color y las notas aromáticas de la bebida (Issaoui et al., 2021).

Tabla 15. Cuantificación de fenoles totales en las bebidas café puras y adulterado con arroz

| Tratamientos | | Fenoles totales (mg EAG mL ⁻¹) |
|----------------|-----------------|---|
| T ₀ | 100 % C | $0,76 \pm 0,005^a$ |
| T ₁ | 95 % C + 5 % A | $0,72 \pm 0,005^b$ |
| T ₂ | 90 % C + 10 % A | $0,71 \pm 0,003^b$ |
| T ₃ | 85 % C + 15 % A | $0,71 \pm 0,006^b$ |

Los valores representan (promedio \pm DS) los datos provienen del experimento (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos, ($p \leq 0,05$). C (Café tostado molido) A (Adulterante).

Las bebidas de café que tuvieron adulteración al 5, 10 y 15 % ($0,72 \pm 0,005$ a $0,71 \pm 0,006$ mg EAG mL⁻¹) presentaron menores promedios comparado a la bebida con 100 % C ($0,76$ mg EAG mL⁻¹ $\pm 0,1$). Gandra et al. (2017) reportaron similar tendencia en bebidas de café adulteradas con cascara de café, pergamino y maíz tostado, reduciendo el contenido de fenoles totales desde $2,46$ mg EAG mL⁻¹ hasta $1,59$; $1,55$ y $1,23$ mg EAG mL⁻¹ respectivamente. Vega

et al. (2017) determinaron un rango de 0,56 a 0,68 mg GAE mL⁻¹ en bebidas de café comerciales adulterado con maíz tostado en el mercado de Panamá. Djeziri et al. (2021), determinaron el impacto de la adición de adulterantes como el maíz y la soja en la composición bioactiva del café en el mercado de Argelia, el contenido de fenoles totales en las bebidas estuvo en un rango de 0,58 a 0,91 mg EAG mL⁻¹. Shang et al. (2017) fundamentan esta reducción en la composición bioactiva de las bebidas como consecuencia de la sustitución parcial en la composición del café tostado molido, el grado de tueste y el método de preparación de la bebida. Finalmente, Trandafir et al. (2014) indican que esta variabilidad en el contenido de fenoles totales en una bebida de café, puede utilizarse como una alternativa en el control de calidad.

4.5 Capacidad antioxidante en las bebidas de café puras y adulteradas con arroz

La importancia de la actividad antioxidante en una matriz alimentaria se fundamenta en el papel de estos compuestos naturales para reducir los efectos adversos generados por las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (Pisoschi et al., 2015). En términos generales, la acción de un antioxidante sobre un radical libre, induce la pérdida de un electrón que convierte a la molécula en un radical libre estable, no tóxico e incapaz de propagar la reacción (Della y Campagnone, 2018). La actividad antioxidante puede ser determinada por diferentes pruebas, que se clasifican según los mecanismos de reacción en la transferencia de átomos de hidrógeno o de un solo electrón (Igor et al., 2018; Magalhaes et al., 2009). Mediante el análisis estadístico aplicado a los promedios, se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo-Xa) y mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), se identificó que el T₀ (100 %) poseía la mayor capacidad de inhibición frente al radical ABTS⁰⁺ con 23,79 mmol TE 100 mL⁻¹. Bosso et al. (2021) destacaron la contribución de antioxidantes por parte de las bebidas de café, siendo los compuestos fenólicos más representativos los ácidos clorogénicos e hidroxycinámico y aquellos que se forman durante el tostado como las melanoidinas y productos de la reacción de Maillard. Acidri et al. (2020) identificaron un rango desde 22,07 hasta 32,05 mmol TE 100 mL⁻¹ para la capacidad antioxidante en bebidas de café arábica originario de Indonesia. Ormaza et al. (2022) evaluaron la actividad antioxidante en bebidas de café arábica variedad Castillo preparadas por dos métodos, para las pruebas de goteo el rango estuvo entre 25 y 32,2 mmol TE 100 mL⁻¹ y la preparación por inmersión directa desde 18,0 hasta 32,2 mmol TE 100 mL⁻¹. Según Perez et al. (2010) las variaciones en la capacidad antioxidante del café, se asocian a parámetros como la variedad de grano, tipo de tueste, grado de molienda y la tecnología utilizada en la preparación de la bebida.

Las bebidas preparadas con la adulteración de 5; 10 y 15 % de arroz presentaron disminución en su capacidad antioxidante sobre el radical ABTS⁰⁺, estando comprendidas entre

22,84 hasta 20,78 mmol TE 100 mL⁻¹, siendo el menor valor el correspondiente al mayor porcentaje de adulteración. Podio et al. (2015) determinaron similar tendencia al analizar la capacidad antioxidante con el radical ABTS⁰⁺ en bebidas de café arábica 100 % (23,4 mmol TE 100 mL⁻¹) y en la mezcla de café con achicoria, la actividad disminuyó hasta 11,5 mmol TE 100 mL⁻¹. Niseteo et al. (2012) identificaron en bebidas de café arábica mezcladas con leche atomizada que la capacidad antioxidante disminuyó desde 24,38 hasta 14,23 mmol ET L⁻¹, asociándose a una interacción entre los polifenoles y las proteínas de la leche. Por otro lado, es importante tener en cuenta que la capacidad antioxidante es afectada por el nivel de sustitución del café tostado molido y la proporción de agua utilizada para la preparación de la bebida (Lopez et al., 2006) y la composición del arroz pulido, ya que el arroz integral conserva las capas del salvado donde se concentra la mayor parte de los compuestos bioactivos (Shen et al., 2009).

Tabla 16. Capacidad antioxidante de las bebidas de café puras y adulteradas con arroz

| Tratamientos | Capacidad Antioxidante | | |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| | ABTS ⁰⁺ | DPPH ⁰⁺ | |
| | (mmol TE 100 mL ⁻¹) | (mmol TE 100 mL ⁻¹) | |
| T0 | 100 % C | 23,79 ± 0,08 ^a | 15,48 ± 0,05 ^a |
| T1 | 95 % C + 5 % A | 22,84 ± 0,11 ^b | 14,13 ± 0,18 ^b |
| T2 | 90 % C + 10 % A | 21,72 ± 0,25 ^c | 12,23 ± 0,12 ^c |
| T3 | 85 % C + 15 % A | 20,78 ± 0,17 ^d | 11,50 ± 0,14 ^d |

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). C (Café tostado molido) A (Adulterante).

El método para determinar capacidad antioxidante de las bebidas sobre el radical DPPH se fundamenta en la donación de electrones y átomos de hidrogeno para la neutralización de la reacción, este evento se visualiza a través de una reducción del color de la solución DPPH leída a 517 nm (Apak et al., 2013). Los resultados analizados mediante pruebas estadísticas determinaron diferencia significativa (Anexo-Xb) y por la prueba de Tukey (p ≤ 0,05) se reconoció que el T₀ (100 % C) presentó la mayor capacidad antioxidante frente al radical DPPH con 15,48 ± 0,13 mmol ET 100 mL⁻¹; cuyo resultado estuvo comprendido en el rango reportado por Castillo et al. (2021) quienes estudiaron la actividad antioxidante en 12 bebidas de café especial arábicas de las variedades Pacamara y Bourbon con resultados entre 15,6 y 18,5 mmol TE 100 mL⁻¹. De igual manera Brezova et al. (2009) en bebidas de café tostado molido

comercial en Colombia, determinaron un rango entre 15,0 a 21,2 mmol TE 100 mL⁻¹. La variación encontrada en la capacidad antioxidante frente al radical DPPH^{o+} puede estar relacionado con el protocolo utilizado (periodo de reacción y la solubilidad del radical) (Mishra et al., 2013) y la temperatura de tostado (Optiz et al., 2014).

La capacidad antioxidante frente al radical DPPH^{o+} fue similar al ABTS^{o+} para los tratamientos T₁ (5 %), T₂ (10 %) y T₃ (15 %) se observó disminución a medida que se aumenta el porcentaje de arroz, reduciéndose desde 15,48 ± 0,13 hasta 11,50 mmol TE 100 mL⁻¹. De igual forma Odzakovic et al. (2016) evidenciaron una reducción en la capacidad antioxidante sobre el radical DPPH^{o+} para bebidas de café excelsas adulterada con 6 % de granos negros, desde 20,13 hasta 17,64 mmol TE 100 mL⁻¹ y Seremet et al. (2022) reportaron en bebidas de café robusta (100 %) tenían una actividad de 40,62 mmol TE 100 mL⁻¹ y con sustituciones al 50 y 70 % con granos arábicas disminuyó hasta 27,61 mmol TE 100 mL⁻¹. Finalmente, Díaz et al. (2018) determinaron relación directa entre el contenido de fenoles totales en el café y la capacidad antioxidante sobre los radicales libres ABTS y DPPH; lo cual concuerda con nuestro estudio, pues el T₀ tuvo el mayor contenido de fenoles totales en comparación con las bebidas adulteradas con arroz T₁, T₂, y T₃.

4.6 Determinación del contenido mineral (macro y micro) en la bebida de café pura y adulterada con arroz

Los nutrientes minerales son esenciales para la excelente funcionalidad del organismo, participan en las actividades fisiológicas y bioquímicas, teniendo cada elemento una función específica, lo cual hace importante estudiar su biodisponibilidad en los alimentos (Quintaes y Garcia, 2015).

Los resultados del contenido de macroelementos K, Mg, Ca y Na, en las bebidas, se muestran en la Tabla 17., los cuales se expresaron en mg L⁻¹. Mediante el análisis estadístico se determinó diferencia significativa (Anexo-XIa) para el contenido de potasio “K” entre las bebidas elaboradas y a través de la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) realizada a los promedios, se precisó que el mayor contenido de este elemento, se obtuvo en el T₃ (85 % C + 15 % A) con 1 275,70 ± 0,63 mg L⁻¹. Oliveira et al. (2012) determinaron concentraciones entre 1 193,15 a 1 798,25 mg L⁻¹ de potasio, en bebidas de café mezcladas con cebada y centeno al 20 %. Los incrementos en la concentración de este mineral, están asociados a la disposición en los granos de arroz pulidos alrededor de 700 a 2 000 mg g⁻¹ (Runge, 2019). Al respecto Houston (2011) destaca la importancia de este macroelemento en la regulación de la presión arterial, que es la principal causa de enfermedades cardiovasculares. Aburto et al. (2013) refieren que una ingesta adecuada de potasio entre 3 800 mg día, es necesaria para atenuar el efecto del consumo de altas

concentraciones de sodio. Al respecto Ferruzzi et al. (2020) indican que 1 taza de café (150 mL) proporciona el 5 % de las necesidades diarias. A raíz de esto, se puede afirmar que la concentración de potasio en el T₃ representa una buena fuente, siempre que su consumo sea significativo; esto confirma porque el café y sus sustitutos, son denominados alimentos con alta biodisponibilidad natural de potasio (Bolton et al., 2019).

La menor concentración de potasio se determinó en la bebida elaborada con 100 % de café (T₀) con 844,89 mg L⁻¹. Janda et al. (2020) de igual forma, determinaron el contenido de potasio en bebidas de café arábica preparadas por infusión simple, reportando un contenido de 887,4 mg L⁻¹. Sin embargo, estas concentraciones son superiores a las reportadas en infusiones de hierbas medicinales en un rango desde 113 a 456 mg L⁻¹ (Winkler et al., 2020). Existe diferentes antecedentes afirmando que el agua utilizada en la preparación de las bebidas, proporciona ciertas cantidades de micronutrientes (Stelmach et al., 2014). Al respecto, la presencia de potasio en el agua mineralizada, poco mineralizada y de mesa, se encuentra en un rango entre 1,83 a 7,41 mg L⁻¹ (Presta et al., 2021), siendo notoriamente menor a las concentraciones de potasio presentes en las bebidas de T₀: 844,89 ± 0,24 hasta T₂: 1 159,72 ± 0,52. Finalmente, todas las bebidas evaluadas se encuentran en el rango de la cantidad máxima recomendada de potasio 4 700 mg día para una persona adulta (Banga et al., 2019).

La concentración de magnesio “**Mg**” en las bebidas, se evaluó mediante un análisis estadístico, presentando diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo-XIb) y mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) se determinó que la bebida con 15 % de adulteración presentó el mayor contenido de dicho macroelemento con 71,57 ± 0,19. Alder et al. (2019) precisaron similares resultados en la concentración de magnesio, entre un rango de 68,93 a 73,80 mg L⁻¹ en bebidas de café turco elaborado en Oriente Medio. Runge et al. (2019) en su investigación, determinaron que el magnesio es el segundo macromineral más abundante en granos de arroz pulido (blanco), con una concentración entre 430 a 450 mg kg⁻¹, con porcentajes de extracción entre 45,8 a 89,7 %. Nielsen (2015) recalca la importancia de este elemento en la salud humana, ya que actúa como cofactor en las reacciones enzimáticas, como la síntesis de ADN y ARN. Según la Efsa (2016) la ingesta mínima de 375 mg día es necesario para prevenir enfermedades cardiovasculares. Gogoasa et al. (2016) relacionan que 150 mL de bebida proporciona 3,22 mg de magnesio equivalente al 0,9 a 6,4 % de las necesidades diarias; con esta relación se puede afirmar que el T₃ (85 % C + 15 % A) puede ser considerado como una buena fuente de este mineral, si su consumo es significativo.

Las bebidas de los tratamientos comprendidos desde T₀ (100 % C) hasta T₂ (90 % C + 10 % A), presentaron las menores concentraciones de magnesio entre 63,03 a 68,73 mg L⁻¹

¹. Szymczycha et al. (2015) determinaron similar concentración de este mineral en un rango de 53,2 a 69,2 mg L⁻¹ para bebidas de café, elaboradas por el método de infusión simple, en ocho muestras de café tostado molido comerciales. Las cantidades de magnesio reportadas para estos tratamientos, son aún superiores a las determinadas en infusiones de té negro y verde que están en un rango de 36,2 a 50,4 mg L⁻¹ (Olivier et al., 2012). De igual forma la cantidad que proporcionan las bebidas deportivas procesadas en Corea de este macroelemento es de 13,1 mg L⁻¹, siendo muy inferiores a los determinados en los T₀, T₁ y T₂ (Choi et al., 2020). Según la Efsa (2016) se recomienda una ingesta máxima tolerable de 350 mg día para el magnesio de origen farmacológico. Al respecto Beckstrand y Pickens (2011) destacan que los alimentos de origen vegetal suplen el 50 % de las necesidades diarias de magnesio, siendo gran parte consumido como bebidas de café y vino, lo cual confirma que nuestras bebidas, pueden utilizarse como parte de la dieta para el suministro de forma natural.

El calcio “Ca” es un micronutriente de importancia para varios sistemas biológicos, como para la mineralización de los huesos, siendo crítico asegurar una ingesta equilibrada (Hodges et al., 2019). Los productos lácteos fueron la fuente de suministro por excelencia, sin embargo, hoy en día las bebidas de origen vegetal pueden ser una alternativa para la población intolerante a la lactosa (Singhal et al., 2019). Mediante un análisis estadístico se estableció diferencias significativas (Anexo-XIc) en la concentración de calcio en las bebidas elaboradas con una adulteración igual o superior al 10 % y mediante Tukey ($p \leq 0,05$) aplicado a los promedios, se estableció el mayor contenido de calcio para la bebida T₀ 100 % de café con 40,84 mg L⁻¹ ± 0,01. Grembecka et al. (2007) determinaron una concentración similar de calcio 50,5 mg L⁻¹ en bebidas de café preparadas por vertido de agua caliente a 95 °C. Según la Efsa (2016) las necesidades diarias de calcio en personas adultas sanas están entre 750 a 950 mg día. Gogosa et al. (2016) indican que una taza de café (150 mL) puede aportar entre 2,07 a 5,24 mg, que son equivalentes al 0,2 hasta 0,6 % de las necesidades diarias. Wikoff et al. (2017) afirman que la cafeína influye negativamente en la absorción intestinal de calcio. En consecuencia, las bajas concentraciones de calcio en el café y la poca simbiosis con compuestos propios como la cafeína, permite asegurar que las bebidas de café, no representan buena fuente de calcio, concordando con lo afirmado por (Olechno et al., 2021).

La concentración de calcio en las bebidas adulteradas con 10 y 15 %, estuvieron comprendidas entre 36,79 mg L⁻¹ ± 0,42 y 32,91 mg L⁻¹ ± 0,35 estas fueron disminuyendo según el porcentaje de adulteración. Stelmach et al. (2016) observaron similar tendencia para las concentraciones de calcio en bebidas de café arábica natural 100 % que se redujeron desde 50,3 y 64,0 mg L⁻¹ hasta 28,3 y 29,3 mg L⁻¹, cuando se sustituyeron con 5 % de extractos aromáticos

de vainilla y 15 % de granos de café verdes. Danrong et al. (2009) afirman que el contenido de calcio en infusiones de café puede ser menor que del agua con la que se elaboró, debido a la formación de complejos con distintos compuestos orgánicos. Vannuci et al. (2018) al respecto, determinaron que las aguas minerales son una fuente rica de calcio altamente biodisponible, reportando en promedio $67,0 \text{ mg L}^{-1}$. Lavrinenko et al. (2021) determinaron concentraciones entre $47,8$ y $50,56 \text{ mg L}^{-1}$ en infusiones de hierbas medicinales. Finalmente, se puede deducir que el agua mineral y ciertas infusiones de hierbas medicinales a diferencia del café, pueden contribuir a alcanzar los requerimientos diarios de este macroelemento.

El sodio “**Na**” es considerado como micronutriente esencial para la salud y la fisiología cardiovascular, cuando su ingesta es adecuadamente saludable (Donnell et al., 2020). La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, Efsa (2016) recomienda una ingesta menor de $2\ 300 \text{ mg día}$ en personas sanas; dosis mayores se asocian al aumento de la presión arterial y enfermedades cardiovasculares (Mancia et al., 2017). Mediante el análisis estadístico aplicado a los tratamientos se determinó que existe diferencias significativas (Anexo-XId) y por Tukey ($p \leq 0,05$), se pudo diferenciar que la bebida del T_0 (100 % C) presentó la mayor concentración de sodio con $18,74 \pm 0,15 \text{ mg L}^{-1}$. Janda et al. (2020) precisaron similares concentraciones de sodio para bebidas de café arábica preparadas por simple infusión $27,8 \text{ mg L}^{-1}$ y por método de goteo $24,7 \text{ mg L}^{-1}$. Grembecka et al. (2007) indican que la forma de preparar café por adición de agua caliente es la más popular y que 1 taza de 150 mL aporta $0,18 \text{ mg}$, equivalente al $0,21 \%$ de las necesidades diarias. Al respecto Olechno et al. (2021) refirieron que las bebidas de café no son consideradas como fuente significativa de sodio y su consumo no se asocia con la ingesta excesiva, en una dieta normal. Finalmente, Surna et al. (2021) refieren que el 45% de la población en el mundo padecen de problemas de hipertensión y su incidencia aumenta con la edad; en consecuencia, podemos afirmar que nuestras bebidas, pueden ser una alternativa para personas que buscan regular la ingesta de sodio diaria.

La adulteración de los tratamientos con 5, 10 y 15 % de arroz, originó que la concentración de sodio disminuya entre $13,41 \pm 0,1$ hasta $8,34 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,1$. Oliveira et al. (2012) de igual forma, determinaron una concentración de $67,2 \text{ mg L}^{-1}$ para el sodio, en bebidas de café adulteradas con 25 % de semilla de achicoria y 25 % cebada. Ravaglia et al. (2019) precisaron altas concentraciones de sodio entre $130,4$ y $197,1 \text{ mg L}^{-1}$ en bebidas procesadas de naranja y limón, vendidas en Brasil. Las altas concentraciones de sodio en bebidas procesadas, están asociados a la utilización de aditivos como el benzoato y citrato de sodio, originando a una ingesta alta en la población (Frizoli et al., 2012); en consecuencia, la adulteración menor o igual al 15 %, no origina que las bebidas superen los límites de ingesta diaria de sodio.

Bailey et al. (2015), enfatizan que la relación entre el sodio y potasio (Na/K) en un alimento es considerado como un índice fiable para evaluar el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares. Al respecto se determinó la relación Na/K en cada tratamiento (bebidas), siendo las siguientes T₀:0,022; T₁:0,012; T₂:0,009 y T₃:0,007. Janda et al. (2020) indican que las concentraciones de sodio y potasio en bebidas de café arábica preparadas por cuatro métodos, la relación estuvo entre 0,027 y 0,019. Prasad (2018) determinó la relación Na/K, en bebidas naturales a base de frutas (0,061), sabor artificial (0,65), bebidas carbonatadas (0,92) y en rehidratantes para deportistas (2,03). Según la Organización Mundial de la Salud, la relación ideal Na/K en una dieta saludable debe ser \leq a 0,5 siendo aceptable hasta 1,0 para prevenir enfermedades cardiovasculares (Mirmiran et al., 2021). En síntesis, nuestro tratamiento patrón, es decir el café sin adulterar y los adulterados con 5, 10 y 15 % presentan un equilibrio en las cantidades de Na/K disponible.

Tabla 17. Composición mineral en las bebidas de café sin adulterar y adulteradas

| Elementos | | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ |
|---|------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | 100 % C | 95 % C + 5 A % | 90 % C + 10 A % | 85 % C + 15 A % |
| Macro elementos (mg L ⁻¹) | K | 844,89 ± 0,24 ^d | 1093,84 ± 0,14 ^c | 1159,72 ± 0,52 ^b | 1275,70 ± 0,63 ^a |
| | Mg | 63,03 ± 0,19 ^d | 65,39 ± 0,12 ^c | 68,73 ± 0,54 ^b | 71,57 ± 0,19 ^a |
| | Ca | 40,84 ± 0,01 ^a | 40,38 ± 0,07 ^a | 36,79 ± 0,42 ^b | 32,91 ± 0,35 ^c |
| | Na | 18,74 ± 0,15 ^a | 13,41 ± 0,09 ^b | 11,39 ± 0,09 ^c | 8,34 ± 0,11 ^d |
| Relación | Na/K | 0,022 | 0,012 | 0,009 | 0,007 |
| Micro elementos (mg L ⁻¹) | Mn | 1,90 ± 0,01 ^a | 1,61 ± 0,01 ^b | 1,26 ± 0,01 ^c | 1,15 ± 0,00 ^d |
| | Fe | 0,29 ± 0,00 ^a | 0,13 ± 0,00 ^b | 0,11 ± 0,00 ^c | 0,09 ± 0,00 ^d |
| | Zn | 0,07 ± 0,00 ^a | 0,03 ± 0,00 ^b | 0,02 ± 0,00 ^c | 0,01 ± 0,00 ^d |

Los valores representan (promedio ± DS) los datos provienen del experimento (n=3) valores de una misma fila con superíndices diferentes son significativos, (p ≤ 0,05). C (Café tostado molido) A (Adulterante).

El oligoelemento manganeso “**Mn**” es conocido por su papel principal en la activación de enzimas y la función inmunitaria, sin embargo, a niveles elevados de exposición contribuyen en la generación de especies reactivas de oxígeno (Martínez et al., 2013). El agua y alimentos como las legumbres, cereales, hojas de té y ciertos vegetales son fuentes naturales de suministro (Sachse et al., 2019). Mediante el análisis estadístico, se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo-XIe) y a través de la prueba de Tukey (p ≤ 0,05) se identificó que el T₀ (100 % C) presentó la mayor concentración de manganeso 1,90

$\pm 0,01 \text{ mg L}^{-1}$. Ozdestan (2013) precisó la presencia de manganeso entre 1,45 a 4,5 mg L^{-1} en bebidas de café vendidas en el mercado de Turquía. Al respecto Mehra y Baker (2007) detectaron altas concentraciones de manganeso comprendidas entre 11,8 y 5,5 mg L^{-1} en ocho infusiones de té comercializadas en países como India y China, asociándose a una toxicidad a largo plazo. La Efsa (2016) recomienda una ingesta adecuada y segura de 2,5 a 3,0 mg día . Según Jeszka et al. (2016), una taza de 150 mL de café proporciona 0,023 mg de manganeso, lo que representa el 0,8 % de la ingesta diaria recomendada; con estos antecedentes podemos afirmar inclusive, que las bebidas de los tratamientos T₁ (1,61 mg L^{-1}), T₂ (1,26 mg L^{-1}) y T₃ (1,15 mg L^{-1}) pueden ser una alternativa segura de este micronutriente. Cabe destacar que el agua potable presenta bajas concentraciones de manganeso (0,089 a 0,261 mg L^{-1}), lo cual sugeriría complementar su ingesta a través de bebidas con café o sus sustitutos (Khan, 2011).

La concentración de hierro “**Fe**” se determinó en las bebidas, a través del análisis estadístico se identificó diferencias significativas (Anexo-XIf) y mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), se evidenció que el T₀ (100 % C) obtuvo la mayor concentración con 0,29 mg L^{-1} . Swietlik y Trojanowska (2014) precisaron un rango similar de 0,24 a 0,34 mg L^{-1} en tres bebidas de café comerciales (Jacobs Kronung, Prima y Tchibo Exclusive). Gozzelino et al. (2019) detallan la importancia del hierro para la síntesis de ADN y el metabolismo energético, su ingesta adecuada contribuye en la defensa contra radicales libres, también Nedzarek et al. (2013) indican que la fuente de hierro hemo se absorbe mejor, presente en carnes rojas y el hierro no hemo en productos vegetales. Al respecto Alder et al. (2019) indican bajos porcentajes de extracción entre 4,9 a 13,2 % para el hierro en café tostado molido, siendo su absorción perjudicada por la presencia de compuestos fenólicos. Chibueze et al. (2017) determinaron contenidos reducidos de 0,08 a 0,61 mg L^{-1} en bebidas no alcohólicas consumidas en Nigeria. En síntesis, con las concentraciones de hierro determinadas también en el T₁, T₂ y T₃ (0,13; 0,11 y 0,09 mg L^{-1}) podemos afirmar que el café no puede considerarse como una fuente de hierro, porque asocia la inhibición del café a la absorción de la misma, por la presencia del ácido clorogénico en su composición (Olencho et al., 2021).

El micronutriente zinc “**Zn**” es importante para el desarrollo cerebral y la funcionalidad del sistema nervioso, su absorción a partir de alimentos origen vegetal se inhibe por la presencia de ftalatos, siendo los de origen animal la fuente con mayor biodisponibilidad (Flora et al., 2021). Mediante análisis estadístico, se determinó diferencia significativa entre los tratamientos (Anexo-XIg) y a través de la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) se evidencio en el T₀ (100 % C) la mayor concentración con 0,07 mg L^{-1} . Da Silva et al. (2017) precisaron concentraciones desde 0,09 a 2,58 mg L^{-1} en bebidas de café arábica provenientes de la región Alto Paranaíba

en Brasil. La Efsa (2016) recomienda una adecuada ingesta entre 11 a 14 mg día. Según Janda et al. (2020) una taza de 150 mL de café contiene de 0,02 a 0,04 mg de zinc, que aporta entre 0,18 a 0,36 % de las necesidades diarias. Inclusive nuestras bebidas con 5, 10 y 15 % de adulterante presentaron menores concentraciones entre 0,03 a 0,01 mg L⁻¹. Al respecto Brnic et al. (2018) refieren en relación a estas cantidades, que el café no debe considerarse como una buena fuente de zinc, pues su absorción se inhibe al igual que el caso del hierro. Sin embargo, bebidas de origen vegetal hechas de nueces y soja presentan concentraciones ligeramente mayores entre 3,91 a 8,32 mg L⁻¹ y podrían ser una mejor alternativa (Silva et al., 2020).

4.7 Análisis de la adulteración en café tostado molido mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR - ATR)

La globalización en la cadena de suministro de alimentos, ha destacado la vulnerabilidad del sistema cuando se trata de detectar adulteraciones, en tal sentido las técnicas basadas en la espectroscopia infrarroja representan una gran alternativa, ofreciendo un método de detección rápido, fácil y fiable (Valand et al., 2019). Esta técnica se fundamenta en medir la absorbancia de la radiación IR por parte de los enlaces dipolares que existen entre las moléculas de los compuestos funcionales (Ali et al., 2018). La intensidad de la radiación provoca que los electrones entre los enlaces se exciten hasta un estado de vibración superior, provocando estiramientos, que en el espectro (IR) representan los picos de absorción (Guerrero y Patience, 2019). Cada molécula tiene una longitud de onda concreta a la que absorbe la radiación, que provoca cambios en los estados vibracionales (Yaman y Velioglu, 2019). Los resultados de los espectros (FTIR-ATR) se muestran en la Figura 4, se puede observar que el café puro (T₀) y los T₁, T₂ y T₃ comparten similares picos entre 926 a 1 077 cm⁻¹ que están asociados a la vibración de enlaces glucosídicos, de igual forma Reis et al. (2017) detectaron bandas nítidas de 991 y 1 020 cm⁻¹ relacionándolo con vibraciones estructurales de enlaces glucosídicos propios del almidón, sin embargo, el T₄ (arroz tostado molido) presentó mayor vibración. Al respecto Kalschne et al. (2020) ubicaron bandas de absorción en el espectro infrarrojo predominantes entre 1 080 y 1 150 cm⁻¹ en el arroz beneficiado-pulido, las cuales lo asoció al estiramiento de enlaces glucosídicos y al alto contenido de almidón. Otros picos de absorción característicos de los cafés tostados molidos que se determinaron están entre 1 510 y 1 633 cm⁻¹ para el T₀ y una menor intensidad lo presentaron los tratamientos T₁, T₂ y T₃ (mezclas de café arroz). Al respecto, Ribeiro et al. (2010) asociaron una banda de 1 661 cm⁻¹ a la presencia de cafeína, estableciendo mayor absorbancia en café tostado molido al 100 %, en comparación con muestras adulteradas. Srinuttrakul et al. (2021) estudiaron el espectro IR en arroz pulido de Tailandia, no determinó la presencia de ningún pico representativo a esta longitud de onda.

También se detectó la presencia de picos en $1\ 703$ y $1\ 741\ \text{cm}^{-1}$ para T_0 , T_1 y T_2 . Craig et al. (2014) identificaron un pico similar a $1\ 747\ \text{cm}^{-1}$ relacionándolo con la presencia de lípidos; en el adulterante arroz tostado molido (T_4) no se detectó este pico, como se detalla en la Figura 4. Al respecto Wei et al. (2021) evaluaron la calidad en granos de arroz blanco por IR, informando que carecían de picos característicos relacionados con el estiramiento de lípidos en esta longitud de onda. Finalmente, los picos de $2\ 852$ y $2\ 920\ \text{cm}^{-1}$ fueron propios del tratamiento café puro (T_0) y sus adulteraciones T_1 , T_2 y T_3 en contraste con el arroz tostado molido. Wang y Lim, (2012) determinaron picos de $2\ 850$ y $2\ 920\ \text{cm}^{-1}$, asociándolo al estiramiento de enlaces (C-H) propios de lípidos. Lo cual está relacionado con la difusión de los aceites desde el núcleo del grano hasta su superficie (tostado) (Schenker et al., 2002).

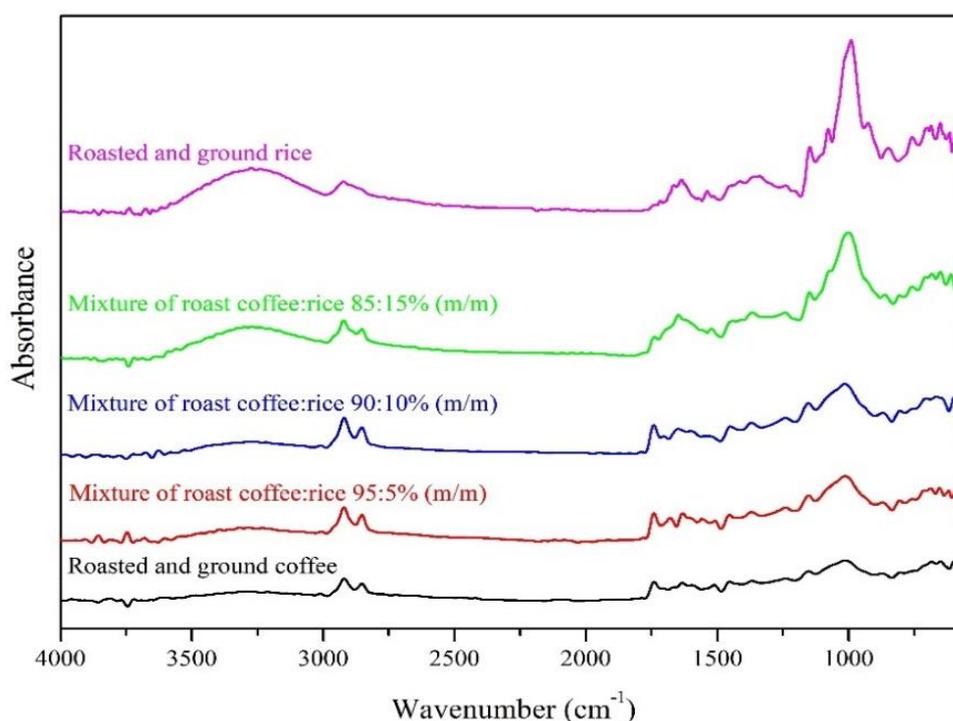


Figura 4. Espectros ATR-FTIR del café tostado molido puro (T_0), arroz tostado molido (T_4) y sus adulteraciones al 95:5 % (T_1), 90:10 % (T_2), 85:15 % (T_3).

Para dilucidar los cambios entre la composición química del café tostado molido puro y las adulteraciones con 5, 10 y 15 % de arroz tostado molido, se superpusieron los espectros IR como se observa en la Figura 5.

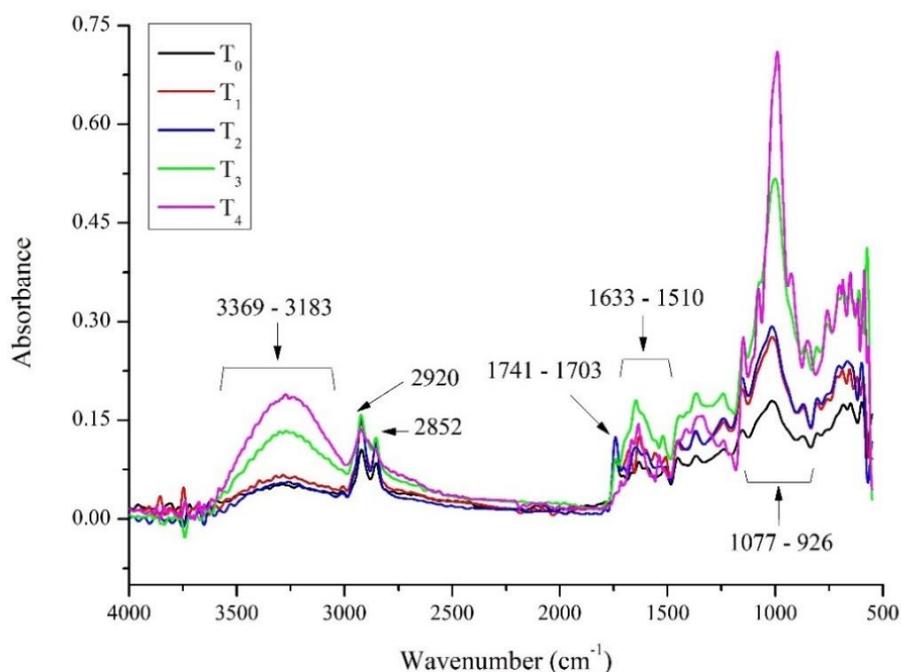


Figura 5. Espectros ATR-FTIR superpuestos del café tostado molido puro (T₀), arroz tostado molido (T₄) y sus adulteraciones al 95:5 % (T₁), 90:10 % (T₂), 85:15 % (T₃).

Los picos comprendidos en el rango 926 y 1 077 cm⁻¹ presentan mayores absorbancias para los tratamientos con adulteración T₁, T₂ y T₃ comparado con la muestra de 100 % café tostado (T₀). Reis et al. (2017) atribuyen estas variaciones a los diferentes polisacáridos presentes en el café y los adulterantes utilizados, los primeros presentan enlaces β-glicosídicos (arabinogalactanos, galactomananos y celulosa) y Khatun et al. (2019) indican que los granos de arroz están compuestos por almidón (amilosa y amilopectina) con enlaces α-glicosídicos. Respecto a los picos entre 1 510 y 1 633 cm⁻¹, Kurniawan et al. (2017) indican que están relacionados con los grupos hidroxilos (O-H) característicos en fenoles y ácidos carboxílicos, que a través del tostado generan aldehídos y cetonas (1 698 cm⁻¹) contribuyendo a la capacidad antioxidante en el café, como los ácidos clorogénicos con picos entre 1 450 y 1 491 cm⁻¹ (Ribeiro et al., 2011). Con respecto a los picos 1 703 y 1 741 cm⁻¹ en la Figura 5 se logra diferenciar que los tratamientos T₁, T₂ y T₃ presentan ligeros desplazamientos en comparación con el café tostado 100 % puro (T₀), estos posiblemente están relacionados con la vibración del grupo carbonilo (C=O) en los lípidos o esteres alifáticos ubicados entre 1 740 y 1 755 cm⁻¹ (Assis et al., 2018), lo contrario sucedió con el arroz tostado molido (T₄) que no posee este pico y se observa una caída en el espectro. Al respecto Srinuttrakul et al. (2021) indicaron 3 picos representativos en los espectros para granos de arroz pulidos, el primero está asociado

a polisacáridos ($1\ 030$ y $1\ 100\ \text{cm}^{-1}$), segundo a proteínas ($1\ 640\ \text{cm}^{-1}$) y el tercero a $2\ 930\ \text{cm}^{-1}$ indica el estiramiento simétrico de CH_2 asociado a la presencia de lípidos; este último pico concuerda con el espectro superpuesto (Figura 5), porque a $2\ 920\ \text{cm}^{-1}$ se observa una banda compartida entre T_1 , T_2 , T_3 y T_4 . Finalmente, los picos determinados entre la región $3\ 000$ a $3\ 500\ \text{cm}^{-1}$ presentaron mayor absorbancia para el arroz tostado molido (T_4) y siendo mucho menor para el café puro (T_0). Correira et al. (2016) relacionaron estos picos con la distorsión axial de los enlaces (O-H), estando asociada con el contenido de humedad de las muestras.

En él estudió también se correlacionó los espectros determinados para cada tratamiento, en comparación con la muestra de café 100 % tostado molido (T_0), para el T_1 (95 % C + 5 % A) fue 98 %; T_2 (90 % C + 10 % A): 97 %; T_3 (85 % C + 15 % A): 90 % y el arroz tostado molido (T_4) un 71 % de similitud.

V. CONCLUSIONES

- Mediante la evaluación sensorial y el análisis de componentes principales (ACP), se determinó que T₀ (100 % C), T₁ (95 % C + 5 % A), T₂ (90 % C + 10 % A) y T₃ (85 % C + 15 % A) presentaron mejores puntajes para los atributos fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo y balance con calificaciones entre “muy bueno” y “excelente”; la uniformidad, taza limpia y el dulzor fueron denominados “extraordinario”, estableciéndose correlaciones entre fragancia/aroma - sabor (0,98), sabor - sabor residual (0,98) y la acidez - balance (0,98).
- Se determinó que el valor de las coordenadas del color en el café tostado molido al 100 % (L*:27,80; a*: 40,86 y b*: 11,37), fueron modificadas cuando se adulteraron mínimamente con un 5 % de arroz.
- La bebida elaborada con 100 % de café obtuvo el mayor contenido de fenoles totales (0,76 ± 0,1 mg EAG mL⁻¹) y capacidad antioxidante frente a los radicales ABTS^{o+} (23,79 mmol TE 100 mL⁻¹) y DPPH^{o+} (15,48 mmol TE 100 mL⁻¹) comparado a las bebidas adulteradas con arroz al 5, 10 y 15 %.
- Se determinó que la bebida de café sin adulterar se caracteriza por su menor contenido de K (844,89 mg L⁻¹) y Mg (63,03 mg L⁻¹) en comparación con las bebidas adulteradas con 5 hasta un 15 % que presentaron un aumento de K: 1275,70 mg L⁻¹ y Mg: 71,57 mg L⁻¹, destacándose también las concentraciones de Ca (40,84 mg L⁻¹), Na (18,74 mg L⁻¹), Mn (1,90 mg L⁻¹), Fe (0,29 mg L⁻¹) y Zn (0,07 mg L⁻¹) en la bebida autentica; la relación Na/K estuvo entre 0,022 y 0,006 indicando que no se superan los límites permisibles.
- Se identificó diferencias en el espectro infrarrojo (IR) del café tostado molido (T₀) y sus adulteraciones (T₁, T₂ y T₃) y arroz tostado molido (T₄), en los picos 926 a 1 077 cm⁻¹ asociado a carbohidratos, 1 510 e 1 633 cm⁻¹ a cafeína, 1 703 e 1 741 cm⁻¹ a lípidos, correlacionándose al café tostado molido (100 %), el T₁ un 98 % y T₂ (97 %), descartándose al T₃ (90 %).

VI. RECOMENDACIONES

- Generar mayor evidencia sobre el impacto y la variabilidad en la composición bioactiva y propiedades sensoriales en la bebida de café cuando se realizan adulteraciones con mínimas cantidades de distintos cereales que tengan un impacto negativo para la salud.
- Realizar investigaciones referentes al impacto de la inclusión de granos de café defectuosos (negros, agrios y partidos) en distintas proporciones, sobre la composición bioactiva (fenoles totales y minerales) de las bebidas de café.
- Investigar si el perfil sensorial de consumo de cafés en la región está asociada a la presencia de adulterantes, mediante la evaluación de un panel no entrenado conformado por ciudadanos de consumo frecuente.
- Diseñar un producto o bebida funcional a base de café con un máximo de sustitución de 10 % con arroz tostado molido, para personas con hipertensión que necesitan una dieta equilibrada, debido a que esta proporción de sustitución no afecta significativamente las propiedades sensoriales y nutricionales del grano.
- Desarrollar investigaciones utilizando la técnica de espectroscopia infrarroja IR por transformada de Fourier (FTIR) y Raman para la caracterización o identificación de impurezas en la composición de alimentos con alto valor comercial.
- Realizar estudios sobre la caracterización de compuestos bioactivos (flavonoides, cafeína, flavononas) por espectroscopia infrarroja de las distintas variedades de café producidas en nuestro país.
- Analizar la presencia de minerales traza en la composición de las distintas variedades de café y arroz blanco cultivadas en nuestra región.

VII. REFERENCIAS

- Abdulmajid, A. 2015. Sensory evaluation of beverage characteristics and biochemical: components of Coffee genotypes. *Revista International Scholars Journals*, 2(12):281-288.
- Abubakar, Y., Gemasih, T., Muzaiifa, M., Hasni, D., Sulaiman, M. 2020. Efecto del porcentaje de mezcla y el grado de tostado sobre la calidad sensorial de la mezcla de café arábica-robusta. *Serie de conferencias IOP: Ciencias de la tierra y el medio ambiente*, 425(1):1-8.
- Aburto, N., Hanson, S., Gutierrez, H., Hooper, L., Elliott, P., Cappuccio, P. 2013. Effect of increased potassium intake on cardiovascular risk factors and disease: systematic review and meta-analyses. *Journal BJM*. p 346-349.
- Acidri, R., Sawai, Y., Sugimoto, Y., Handa, T., Sasagawa, D., Masunaga, T., Yamamoto, S., Nishihara, E. 2020. Phytochemical Profile and Antioxidant Capacity of Coffee Plant Organs Compared to Green and Roasted Coffee Beans. *Journal Antioxidants*, 9(2):93-111.
- Acuña, J., Cajahuanca, P., Rivera, H., Trelles, F. 2017. Planeamiento estratégico del Arroz en el Perú. Tesis Mg. En Administración de Empresas. Pontificia Universidad Católica del Perú. p 120-125.
- Adler, G., Nedzarek, A., Tórz, A. 2019. Concentrations of Selected Metals (Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Al, Ni, Pb, Cd) in Coffee. *Journal Zdr. Varst.*, 58(4):187-193.
- Akeem, S., Kolawole, F., José, J., Kayode, R., Akintoya, O. 2019. Técnicas tradicionales de procesamiento de alimentos y biodisponibilidad de micronutrientes de alimentos vegetales y de origen vegetal: una revisión. *Annals Food Science and Technology*. 20(1):30-41.
- Alam, N., Bristi, N., Rafquzzaman, M. 2013. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Journal Saudi Pharm*, 21:143-152
- Ali, S., Bahadar, S., Ullah, L., Farooq, A., Ajtar, K., Asiri, A. 2018. Fourier Transform Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Application in Functional Groups and Nanomaterials Characterization. *Handbook of Materials Characterization*, 9(1):317-344.
- Almeida, V. 2014. Adulterantes em café (*Coffea arabica* L) torrado e moído e suas implicações na qualidade físico-química y sensorial da bebida. Tese Doutorado, Universidade Federal de Lavras. p 70-73.

- Alomía, J., Untiveros, C. 2021. Benefits with washing, honey and natural grains of (*Coffea arabica* L.) catimor variety in physical and organoleptic quality, Satipo - Perú. *Revista de Investigación Agraria*, 3(2):27-42.
- Ameca, C., Sánchez, L., Ramón, L., Herrera, J., Cuervo, V., Quetz, E., Rodríguez, J., Cabal, A., Ramírez, E. 2021. A modified version of the sensory Pivot technique as a possible tool for the analysis of food adulteration: A case of Coffee. *Journal of Sensory Studies*, 36(6): 1-10.
- ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café). 2019. Guía de variedades de café de Guatemala. 2da Edición. p 22-25. Disponible en: <https://www.anacafe.org/PDF/uploads/file/-variedades.pdf>.
- Andrade, D., Pereira-Filho, E., Konieczynski, P. 2017. Comparison of ICP OES and LIBS analysis of medicinal herbs rich in flavonoids from eastern Europe. *Journal Braz. Chem. Soc.*, 28(5):838-847.
- Apak, R., Gorinstein, S., Bohm, V., Schaich, K., Ozyurek, M., Guclu, K. 2013. Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity/activity (IUPAC Technical Report). *Journal Pure and Applied Chemistry*, 85(5):957-998.
- Argyri, A., Panagou, E., Tarantilis, P., Polysiou, M., Nychas, G. 2010. Rapid qualitative and quantitative detection of beef fillets spoilage based on Fourier transform infrared spectroscopy data and artificial neural networks. *Journal Sensors and Actuators B: Chemical*, 145(1):146-154.
- Asioli, D., Naes, T., Ovrum, A., Almli, V., 2015. Comparison of rating-based and choice based conjoint analysis models. A case study based on preferences for iced coffee in Norway. *Food Quality and Preference*, 48(1):174-184.
- Assis, C., Vinicius, H., Silva, V., Augusti, R., Soares, L., Martins, M. 2018. Combining mid infrared spectroscopy and paper spray mass spectrometry in a data fusion model to predict the composition of coffee blends. *Journal Food Chemistry*, 281(30):71-77.
- Atavillos, C., Reátegui, D., Ordñez, E. 2020. Fenoles totales, actividad antioxidante y evaluación sensorial del café tostado. *Agroindustrial Science*, 10(3):241-248.
- Ávalos, D., Mera, J. 2018. Evaluación de los niveles de ácido clorogénico en granos de café (*Coffea robusta*) verde cultivado en Ecuador. Tesis Ing. Química y Farmacéutica. Guayaquil, Ecuador. Universidad de Guayaquil. p 15-20.
- Azevedo, B., Schnidt, F., Bolini, H. 2015. High intensity sweeteners in espresso coffee: ideal and equivalent sweetness and time intensity analysis. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 1374-1381.

- Bahamon, A., Parrado, L., Gutiérrez, N. 2018. ATR-FTIR For discrimination of expresso and americano coffee pods. *Journal Coffee Science*, 13(4):550-558.
- Bai, J., Zhang, Y., Tang, C., Hou, Y., Ai, X., Chen, X., Zhang, Y., Wang, X., Meng, X. 2021. Gallic acid: Pharmacological activities and molecular mechanisms involved in inflammation-related diseases. *Journal Biomedicine & Pharmacotherapy*, 133:1-14.
- Bailey, R., Parker, E., Rhodes, D., Goldman, J., Clemens, J., Moshfegh, A., Thuppal, S., Weaver, C. 2015. Estimating sodium and potassium intakes and their ratio in the American diet: data from the 2011-2012 Nhanes. *Journal of Nutrition*, 146(4):745-50
- Banga, S., Kumar, V., Suri, S., Kaushal, M., Prasad, Kaur, S. 2019. Nutraceutical Potential of Diet Drinks: A Critical Review on Components, Health Effects, and Consumer Safety. *Journal of the American College of Nutrition*, 39(3):1-15.
- Barahona, I., Sanmiguel, E., Yang, J. 2019. Sensory attributes of Coffee beverages and their relation to price and package information: A case study of Colombian customers' preferences. *Food Science & Nutrition*, 1:1-14.
- Barbosa, G., Scholz, M., Kitzberger, C., Benassi, M. 2019. Correlation between the Composition of Green Arabica Coffee Beans and the Sensory Quality of Coffee Brews. *Food Chemistry*, 292: 275-280.
- Barzola, A., Quiñones, L., Vásquez, B., Pérez, I., Díaz, M. 2020. Estimation of pergamine Coffee moisture using an automated solar dryer, by mathematical models in Jaén-Perú. *Journal Tecnica*, 30(1):107-113.
- Bastos, L., Salazar, R., Mora, C., Duarte, M. 2019. Analysis of trends in the production and consumption of coffee internationally. *Journal of International Business and Borders*, 1(1):26-30.
- Batali, M., Cotter, A., Frost, S., Ristenpart, W., Guinard, J. 2021. Titratable Acidity, Perceived Sourness, and Linking of Acidity in Drip Brewed Coffee. *Acs Food Science & Technology*, 1(4): 559-569.
- Beckstrand, R., Pickens, J. 2011. Beneficial effects of magnesium supplementation. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine* 16(1):181-189.
- Bel, S., Stammers, A., Warthon, M., Hall, V., Iglesia, I., Hermoso, M., Moreno, L., Lowe, N. 2014. Factors that affect zinc bioavailability and losses in adult and elderly populations. *Nutrition Reviews*, 72(5):334-352.
- Belščak, A., Durgo, K., Huđek, A., Bačun, V., Komes, D. 2018. Overview of polyphenols and their properties. *Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications*, 3-44.

- Benigno, M., Fong, L., Biju, D., Muharram, A., Davis, I., Vela, K., Rios, D., Camacena, E., Kaur, B., Rojas, S., Forester, S. 2018. The impact of the roast levels of coffee extracts on their potential anticancer activities. *Journal Food and Science*, 83(4):1125-1130.
- Benitez, O., Campo, D. 2018. Evaluation of roast coffee quality using digital image processing tools. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 30: 32-43.
- Bhumiratana, N., Adhikari, K., Chambers, E. 2011. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed Coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 44:2185-2192.
- Bicho, N., Leitão, A., Ramalho, J., Lidon, F. 2012. Use of colour parameters for roasted coffee assessment. *Food Science and Technology*, 32(3): 436-442.
- Bienvenido, J., Tuaño, A. 2019. Gross structure and composition of the rice grain. *Journal Rice Chemistry and Technology*, 4(1):31-53.
- Bolka, M., Emire, S. 2020. Effects of coffee roasting technologies on cup quality and bioactive compounds of specialty coffee beans. *Journal Food Science & Nutrición*, 8(1):1-11.
- Bolton, K., Trieu, K., Woodward, M., Nowson, C., Webster, J., Dunford, E., Bolam, B., Grimes, C. 2019. Dietary Intake And Sources Of Potassium In A Cross Sectional Study of Australian Adults. *Journal Nutrients*, 14(7):2996-3007.
- Borém, F., Figueiredo, L., Ribeiro, F., Taveira, J., Giomo, G., Salva, T. 2016. The relationship between organic acids, sucrose and the quality of specialty coffees. *African Journal of Agricultural Research*. 11(8): 709-717.
- Borrelli, S., Provenzano, M., Gagliardi, I., Ashour, M., Liberti, M., De Nicola, L., Conte, G., Garofalo, C., Andreucci, M. 2019. Sodium Intake and Chronic Kidney Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(13):4744-4757.
- Bosso, H., Barbalho, S., De Alves, R., Machado, A. 2021. Green coffee: economic relevance and a systematic review of the effects on human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 10:1-17.
- Brezova, V., Slebodova, A., Stasko, A. 2009. Coffee as a source of antioxidants: An EPR study. *Journal Food Chemistry*, 114(3):859-868.
- Brnic, M., Wegmuller, R., Zeder, C., Senti, G., Hurrell, R. 2014. Influence of phytase, EDTA, and polyphenols on zinc absorption in adults from porridges fortified with zinc sulfate or zinc oxide. *Journal Nutrición*, 144(9): 1467-1473.
- Brondi, A., Torres, C., García, J., Trevisan, M. 2016. Differential Scanning Calorimetry and Infrared Spectroscopy Combined with Chemometric Analysis to the Determination of Coffee Adulteration by Corn. *Sociedade Brasileira de Química*, 28(7):1308-1314.

- Buendía, J., Maldonado, R., Amador, L., Álvarez, M. 2021. Identificación de elementos discriminatorios para caracterizar el *Coffea arabica* L. empleando componentes principales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(1):1-12.
- Caceres, A., Vargas, H. 2019. Factores determinantes de la oferta exportable del café en las principales regiones cafetaleras del Perú. Tesis Lic. Economía. Trujillo, Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. p 10-13.
- Calderon, H. 2021. La caficultura convencional, tradicional, especial frente a la nueva tendencia “café de alta calidad con enfoque social” en Colombia. Tesis Ing. Agrónomo. La Plata Huila, Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. p 32-35.
- Cañarte, C., Valverde, Y., Mero, J. 2021. Sensory characteristics of coffe (*coffea arabica*) with different wet-benefit treatments. *Revista Polo del Conocimiento*, 6(1): 445-463.
- Cañas, R., Dávila, J., Fundes, G., Villa, M. 2012. Manual de catadores de Cafés Especiales. 1. Ed. Lima, Perú. p 45-48.
- Carmeliet, G., Dermauw, V., Bouillon, R. 2015. Vitamin D signaling in calcium and bone homeostasis: A delicate balance. *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metable*, 29(1): 621-631.
- Carvajal, J., Aristizábal, I., Oliveiros, C., Mejía, J. 2011. Colorimetría del fruto de café (*Coffea arabica* L.) durante su desarrollo y maduración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(2):6229-6240.
- Castillo, M., Muñoz, M., Engler, F. 2016. Manual básico de buenas prácticas para el tostado del café. Editorial Swisscontact, Ministerio de Industria y productividad. Loja, Ecuador. 24 p.
- Castillo, U., Joachin, E., Martínez, M., Velásquez, E., Pacas, L., Núñez, M. 2021. Antioxidant capacity and caffeine content in specialty coffees from El Salvador. *Revista Minerva*, 4(2):75-84.
- Cekic, S., Centinkaya, A., Avan, A., Apak, R. 2013. Correlation of Total Antioxidant Capacity with Reactive Oxygen Species, Consumption Measured by Oxidative Conversion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(22): 5260-5270.
- Chávez, A., Ordoñez, E. 2021. Influencia de la altitud en la calidad y estabilidad térmica de granos de *Coffea arabica* L. *Agroindustria Science*, 11(1):07-16.
- Cheng, B., Furtado, A., Heather, E., Henry, R. 2016. Influence of genotype and environment on coffee quality. *Trends in Food Science & Technology*, 57:20-30.

- Cheserek, J., Ngugi, K., Wanjohi, J., Ogutu, C. 2020. Assessment of Arabusta coffee hybrids [Coffea arabica L. X Tetraploid Robusta (Coffea canephora)] for green bean physical properties and cup quality. *African Journal of Food Science*, 14(5): 119-127.
- Chibueze, S., Reuben, I., Tariwari, C., Peace, I. 2017. A Review of Heavy Metal Concentration and Potential Health Implications of Beverages Consumed in Nigeria. *Journal Toxics*, 5(1):1-15.
- Cho, A., Park, K., Kim, K., Kim, S., Han, J. 2013. Influence of roasting conditions on the antioxidant characteristics of Colombian Coffee (Coffea arabica) beans. *Journal of Food Biochemistry*, 38:271-280.
- Choi, J., Platts, A., Fuller, D., Hsing, Y., Wing, R., Purugganan, M. 2017. The rice Paradox: multiple origins but single domestication in Asian rice. *Journal Molecular Biology and Evolution*, 34(1):969-979.
- Choi, M., Jung, Y., Hyun, M. 2020. Nutritional evaluation of processed beverages sold in Korea focusing on calcium, potassium, magnesium and boron contents. *Journal of Food and Nutrition Research*, 59(3):233-240.
- COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN:46). 2017. Café tostado y molido elaborado. 4ta Revisión, Fondo de Desarrollo para la Normalización, Calidad, Certificación y Metrología. Caracas, Venezuela. p 3-8.
- Cordoba, N., Fernandez, M., Moreno, F., Ruiz, Y. 2020. Coffee Extraction: A Review of Parameters and Their Influence on the Physicochemical Characteristics and Flavour of Coffee Brews. *Trends in Food Science and Technology*, 45-60.
- Correia, R., Loureiro, L., Rodrigues, R., Costa, H., Oliveira, B., Filgueiras, P., Thompson, C., Lacerda, V., Romao, W. 2016. Chemical profiles of Robusta and Arabica coffee by ESI - FT-ICR MS and ATR-FTIR: a quantitative approach. *Journal Analytical Methods*, 42(8):7678-7688.
- Cortés, N., Silvestre, A., Ibarra, T. 2011. Caracterización de fincas cafeteras por calidad de la bebida y algunas condiciones ambientales y agronómicas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(2):9-17.
- Craig, A., Franca, A., Oliveira, L. 2012. Evaluation of the potential of FTIR and chemometrics for separation between defective and non-defective coffees. *Journal Food Chemistry*, 132(1):1368-1374.
- Craig, A., Franca, A., Oliveira, L., Irudayaraj, J., Ileleji, K. 2015. Fourier transform infrared spectroscopy and near infrared spectroscopy for the quantification of defects in roasted Coffee. *Talanta*, 134:379-386.

- Da Silva, S., Mendes, F., Reis, M., Regina, F., De Carvalho, A., Rocha, K., Pinto, F. 2017. Determination of heavy metals in the roasted and ground coffee beans and brew. *African Journal of Agricultural*, 12(4): 221-228.
- Daniel, D., Lopes, F., Dos Santos, V., Do Lago, C. 2018. Detection of coffee adulteration with soybean and corn by capillary electrophoresis- tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 243:305-310.
- Danrong, Z., Yuqiong, C., Dejiang, N. 2009. Effect of water quality on the nutritional components and antioxidant activity of green tea extracts. *Food Chemistry*, 113(1):110-114.
- De Carvalho, A., De Rezende, J., Rezende, T., Ferreira, A., Rezende, R., Mendes, A., Carvalho, G. 2016. Relationship between the sensory attributes and the quality of coffee in different environments. *African Journal of Agricultural Research*, 11(38):3607-3614.
- De Luca, S., De Filippis, M., Bucci, R., Magri, A., Magri, L., Marini, F. 2016. Characterization of the effects of different roasting conditions on Coffee samples of different origins HPLC-DAD, NIR and chemometrics. *Microchemical Journal*, 129:348-361.
- De Moura, Boralle, N., Redigolo, H., Pezza, L., Toci, A. 2017. Authenticity of Roasted Coffee using ¹H NMR Spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 57:24-30.
- Degiovanni, V., Berrío, L., Enrique, R. 2010. Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). 4 edición. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), p. 35-39.
- Della, F., Compagnone, D. 2018. Nanomaterial-Based Sensing and Biosensing of Phenolic Compounds and Related Antioxidant Capacity in Food. *Journal sensors*, 18(2):462-490.
- Devika, S., Tanumihardjo, S. 2016. Efectos de diferentes métodos de procesamiento en el contenido de micronutrientes y fitoquímicos del maíz: de la A a la Z. *Compr. Rev. ciencia de los alimentos - seguridad alimentaria*, 15(1):912-926.
- Di Donfrancesco, B., Gutierrez, N., Chambers, E. 2014. Comparison of results from cupping and descriptive sensory analysis of colombian brewed Coffee. *Journal of Sensory Studies*, 29(4): 301-311.
- Dias, R., Benassi, M. 2015. Discrimination between Arabica and Robusta Coffes Using Hydrosoluble Compounds: Is the Efficiency of the Parameters Dependen ton the Roast Degree. *Beverages*, 1(3):127-139.
- Díaz, C., Carmen, M. 2017. Línea de base del sector café en el Perú. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú. Programa de commodities verdes. Lima, Perú. p 50-55.

- Díaz, F., Mejía, L., León, L. 2016. Development of espresso from mixtures of Colombian Coffee. *Vitae*, 23(1):310-315.
- Díaz, F., Ormaza, A., Rojano, B. 2018. Efecto de la toción del café (*Coffea arabica* L. var. Castillo) sobre el perfil de taza, contenido de compuestos antioxidantes y la actividad antioxidante. *Revista de Información Tecnológica*, 29(4):31-42.
- Díaz, M. 2020. Evaluación sensorial, capacidad antioxidante y polifenoles totales de mezclas de café arábica variedad caturra y catimor. Tesis Mg. Ingeniería Agroindustrial. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. p 40-45.
- Dilas, O., Diaz, J., Torres, J., Mendoza, J., Tamayo, C. 2021. Peruvian coffee production, prices and export dynamics. *Revista de investigación científica y tecnológica*, 2(4):99-109.
- Dinicolantonio, J., Keefe, J., Wilson, W. 2018. Subclinical magnesium deficiency: a principal driver of cardiovascular disease and a public health crisis. *Journal Open Heart*, 5(1):668-175.
- Djeziri, M., Belfadel, O., Boudriche, L. 2021. Antioxidant activity evaluation and the physico-chemical composition of some Algerian commercial coffees (threatened environment). *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 10(10):20-28.
- Domingues, D., Pauli, E., De Abreu, J., Massura, F., Cristiano, V., Santos, M., Nixdorf, S. 2014. Detection of roasted and ground coffee adulteration by HPLC by amperometric and by postcolumn derivatization UV-Vis detection, *Food Chemistry*, 146:353–362.
- Donnell, M., Mente, A., Alderman, M., Brady, A., Díaz, R., Gupta, R., Jaramillo, P., Luft, F., Sliwa, K., Staessen, J., Yancy, C., Yusuf, S. 2020. Salt and cardiovascular disease: insufficient evidence to recommend low sodium intake. *European Heart Journal*, 0:1-11.
- Duicela, L., Andrade, J., Farfán, D., Velásquez, S. 2018. Calidad organoléptica, métodos de beneficio y cultivares de café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) en la amazonia del Ecuador. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(2):1-15.
- Duicela, L., Farfán, D., García, E. 2016. Calidad organoléptica del café (*Coffea arabica* L.) en las zonas centro y sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 244: 15-34.
- Duicela, L., Loor, R., Portillo, E., Chilán. 2020. Influencia de la enzima pectina-transeliminasa en los tiempos de fermentación y en la calidad organoléptica del café robusta. *Revista Facultad Agronomía*. 37:29-50.

- Duicela, L., Velásquez, S., Farfán, D. 2017. Calidad organoléptica de cafés arábigos en relación a las variedades y altitudes de las zonas de cultivo, Ecuador. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18(1): 67-77.
- Durazzo, A., Lucarini, M., Souto, E., Cicala, C., Caiazzo, E., Izzo, A., Novellino, E., Santini, A. 2019. Polyphenols: A concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. *Phytotherapy Research*, 33(9):2221-2243.
- Echeverri, D., Buitrago, L., Montes, F., Mejía, I., Gonzáles, M. 2005. Café para cardiólogos. *Revista Colombiana de Cardiología*, 11(8):357-365.
- Egas, C., Gálvez, R., García, C., Granda, L. 2018. Planteamiento estratégico para el café en el Perú. Tesis de maestría, Facultad de Administración de Negocios Globales. Pontificia Universidad Católica del Perú. 170 p.
- Enriquez, J., Retes, R., Vásquez, E. 2020. Genetics, evolution and importance of coffee in Honduras and worldwide. *INNOVARE Revista de Ciencia y Tecnología*, 9(3):150-155.
- Escamilla, E., Ruiz, O., Zamarripa, A., Gonzáles, V. 2015. Calidad en variedades de café orgánico en tres regiones de México. *Revista de Geografía Agrícola*, 55: 45-55.
- Espinoza, K., Toapanta, M., García, J., Vásquez, H., Jiménez, J. 2017. Evaluación agronómica de la calidad de plantas de café (*coffea arábica* l) mediante injerto hipocotiledonar, en Caluma, Ecuador. *Revista de Investigación Talentos*, 4:87-94.
- Estrella, L. 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. Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín Tarapoto. p 65-28.
- Evangelista, S., Ferreira, C., Pedrozo, M., De Souza, C., Marques, A., Ferreira, W., Freitas, R. 2014. Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. *Food Research International*, 61:183-195.
- Farah, A., Lima, J. 2019. Consumption of Chlorogenic Acids through Coffee and Health Implications. *Beverages*, 5(1):11-40.
- Fermín, N., Galán, H., García, J., Bracho, N. 2012. Physical-chemical and sensory quality evaluation of three commercial brands of roasted and grounded coffee. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2):428-439.
- Fernández, M., Da Silva, A., Oliveira, N., Miranda, J. 2014. The Influence of peeling and type of drying on chemical and sensorial análisis of organic coffe. *Food Science and Technology*, 34(2):230-234.

- Fernández, Y., Sotto, K., Vargas, L. 2020. Impactos ambientales de la producción del café y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Revista de Producción + Limpia*, 15(1):93-110.
- Ferruzzi, M., Tanprasertsuk, J., Kris-Etherton, P., Weaver, C., Johnson, E. 2020. Perspective: The Role of Beverages as a Source of Nutrients and Phytonutrients. *Advances in Nutrition*, 11(3):507-523.
- Figueroa, E., Pérez, F., Godínez, L. 2015. La producción y el consumo del café. PhD. GARCIA, M. 1 ed. Madrid, España. ECORFAN. p 7-15.
- Figueroa, L., Diez, R., Gómez, R., Linares, A. 2019. Economic benefits of certified seeds in rice production (*Oryza sativa*) in Perú. *Journal Anales Científicos*, 80(2): 437-451.
- Flora, R., Fajar, N., Febry, F., Yuliarte, Y., Yuliana, I., Nurlaili, N., Slamet, S., Tanjung, R., Agusik, A., Zulkarnain, M. 2021. Zinc Intake, Zinc Serum Levels, and Intelligence in School Children in Rural Areas. *Journal of Medical Sciences*, 25(9):394-397.
- Folmer, B., Blank, I., Hofmann, T. 2017. Chapter 17 - Crema Formation, Stabilization, and Sensation. *Journal The Craft and Science of Coffee*. p 409-413.
- Fonseca, L., Calderón, L., Rivera, M. 2014. Antioxidant capacity and total phenol content in coffee and coffee by-products produced and market in norte de Santander (Colombia). *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 21(3):228-236.
- Fraga, M., Otero, P., Echave, J., Garcia, P., Carpena, M., Jarboui, A., Nuñez, B., Simal, J., Prieto, M. 2021. By-Products of Agri-Food Industry as Tannin-Rich Sources: A Review of Tannins' Biological Activities and Their Potential for Valorization. *Foods*, 10(1):137-159.
- Frizoli, T., Schmieder, R., Grodzicki, T., Messerli, F. 2012. Salt and Hypertension: Is Salt Dietary Reduction Worth the Effort?. *The American Journal of Medicine*, 125(5):433-439.
- Gallego, C., Rodriguez, N. 2021. Identificación de algunas variables fisicoquímicas y microbiológicas asociadas con el defecto reposo en el café. *Revista Cenicafé*, 7(2): 76-93.
- Gandra, F., Lima, A., Ferreira, E., Pereira, M., Alvarenga, R. 2015. Adding Adulterants to Coffee Reduces Bioactive Compound Levels and Antioxidant Activity. *Journal of Food and Nutrition Research*, 5(5):313-319.
- García, A., Gordillo, F., Zárate, F. 2011. Determination of Adulterants in Ground Roasted Coffee Using Photoacoustic Technique. *Revista Colombiana de Física*, 44(3):278-282.

- García, J., Elizarraraz, M., Sosa, M., Gómez, J., Cerón, A. 2019. Caracterización colorimétrica y propiedades fisicoquímicas en bebidas a base de café soluble. *Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos*, 4: 907-913.
- 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*, 231:282-288.
- Gharibzahedi, S., Jafari, S. 2017. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 62(1):119-132.
- Giacalone, D., Kreuzfeldt, T., Yang, N., Liu, C., Fisk, I., Münchow, M. 2019. Common roasting defects in coffee: Aroma composition, sensory characterization and consumer perception. *Food Quality and Preference*, 71: 463-474.
- Gimase, J., Thagana, W., Kirubi, D., Gichuru, E., Kathurima, C. 2014. Beverage quality and biochemical attributes of arabusta Coffee (*C. arabica* L. x *canephora* Pierre) and their parental genotypes. *African Journal of Food Science*, 8(9):456-464.
- Gogoasa, I., Sipos, L., Negrea, A., Alda, L., Costescu, C., Rada, M., Velimirovici, D., Draghici, G., Ostan, M., Bordean, D. 2016. Study regarding coffee brew metal content. In 22nd International Symposium on Analytical and Environmental Problems. University of Szeged, Department of Inorganic and Analytical Chemistry: Szeged, Hungary. p 164-167.
- Gonzales, W. 2017. Influencia de la edad del cafeto (*Coffea arabica* L.) var. Catimor y tipo de beneficio en la calidad física y organoléptica en Villa Rica. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. p 33-40.
- Gordillo, F., García, A., Mejía, C. 2017. Identification of soy, vean and barley adulterants in roasted and ground Coffee using FTIR-PAS. *Revista de temas agrarios*, 17(1):52-59.
- Górska, H., Rejman, K., Laskowski, W., Kowalcze, K. 2019. Food Sources of Potassium in the Average Polish Diet. *Journal Nutrients*, 11(12):2905-2920.
- Gozzelino, R., Poli, M., Arosio, P. 2019. Iron as Therapeutic Target in Human Diseases. *Journal pharmaceuticals*, 12(4):178-187.
- Grembecka, M., Malinowska, E., Szefer, P. 2007. Differentiation of market coffee and its infusions in view of their mineral composition. *Science of the total environmet*, 383(1):59-69.

- Grosso, G., Stepaniak, U., Topor-Madry, R., Szafraniec, K., Pajak, A., 2014. Estimated dietary intake and major food sources of polyphenols in the polish arm of the HAPIEE study. *Nutrition*, 30(12): 1398-1403.
- Guerrero, O., Patience, G. 2019. Experimental methods in chemical engineering: Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 98(1):25-33.
- Guevara, M., Del Águila, B., Saavedra, J., Owaki, J. 2019. Effect of altitude on coffee (*Coffea arabica* L.) quality: comparison between mechanical and traditional drying. *Scientia Agropecuaria*, 10(4):505-510.
- Guevara, R., Castaño, J. 2005. Caracterización granulométrica del café colombiano tostado y molido. *Cenicafe*, 56:5-18.
- Gulcin, I. 2020. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of Toxicology*, 94:651-715.
- Gulcin, I., Bursal, E., Sehitoglu, H., Bilsel, M., Goren, A. 2010. Polyphenol contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum. *Food and Chemical Toxicology*, 48:2227-2238.
- Gutiérrez, N., Barrera, O. 2015. Panel selection and training in the sensory análisis of *Coffea Arabica* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(3):77-87.
- Gutiérrez, N., Murgueitio, J., Peña, N. 2014. Sensory análisis in espresso coffee brewed. A comparison between International Judges. *Revista de Ingeniería y Región*, 11:101-105.
- Haase, H., Ellinger, S., Linseisen, J., Neuhauser, M., Richter, M. 2020. Revised D-A-CH-reference values for the intake of zinc. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 61(1):1-8.
- Hameed, A., Ammar, S., Umair, M., Ullah, S., Pasha, I., Rasul, H. 2018. Farm to Consumer: Factors Affecting the Organoleptic Characteristics of Coffee. II: Postharvest Processing Factors. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17:1185-1237.
- Hans, B., Jana, T. 2018. Micronutrients in the life cycle: Requirements and sufficient supply. *NFS Journal*, 11(1):1-11.
- Hara, T., Takeda, T., Takagishi, T., Fukue, K., Kambe, T., Fukada, T. 2017. Physiological roles of zinc transporters: molecular and genetic importance in zinc homeostasis. *The Journal of Physiological Sciences*, 67(2):283-301.
- Hernández, R., Anaya, M., Marante, O., Duarte, C., Llera, L. 2015. Actividad antioxidante de la infusión de café mezclado con chícharo (*Pisum sativum* L.) como sucedáneo. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 25(1):18-21.

- Hodges, J., Cao, S., Cladis, D., Weaver, C. 2019. Lactose Intolerance and Bone Health: The Challenge of Ensuring Adequate Calcium Intake. *Journal Nutrients*, 11(4):718-735.
- Houston, M. 2011. The Importance of Potassium in Managing Hypertension. *Current hypertension reports*, 13(1):309-317.
- Huaccha, C. 2016. Efecto del grado de tostado en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y calidad en taza de café, variedad típica y bourbon. Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. p 26-29.
- ICAFÉ (Instituto del Café de Costa Rica). 2011. Guía Técnica para el Cultivo del Café. 1ra Edición. p 21-25. Disponible en: <http://www.icafe.cr/content/uploads/cicafe/PDF/Guia-Técnica.pdf>.
- Igor, R., Vladímir, B., Irina, A. 2018. Tres enfoques basados en cationes radicales ABTS⁺ para la evaluación de la actividad antioxidante: comportamiento antioxidante de reacción rápida y lenta. *Química Papilla*. 72(1):1917-1925.
- Inguglia, E., Zhang, Z., Tiwari, B., Kerry, J., Burgess, C. 2017. Salt reduction strategies in processed meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 59(1):70-78.
- Isnidayu, A., Sukartiko, A., Ainuri, M. 2020. Consumer perception on sensory attributes of selected local Indonesian Coffee. *Malays. Appl. Biol.*, 49(3): 53-59.
- Isquierdo, E., Borém, F., Oliveira, P., Siqueira, V., Alves, G. 2012. Quality of natural Coffee subjected to different rest periods during the drying process. *Ciencia e Agrotecnología*, 36(4):439-445.
- Issaoui M., Delgado, A., Caruso, G., Micali, M., Barbera, M., Atrous, H., Ouslati, A., Chammem, N. 2021. Phenols, Flavors, and the Mediterranean Diet. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 103(4): 915-924.
- Jaimes, E., Torres, I., Villareal, H. 2015. Sensory evaluation of commercial coffee brands in Colombia. *International Journal of Business and Systems Research*, 9(3): 196-213.
- Janda, K., Jakubczyk, K., Baranowska, I., Kapczuk, P., Kochman, J., Rebacz, E., Gutowska, I. 2020. Mineral Composition and Antioxidant Potential of Coffee Beverages Depending on the Brewing Method. *Journal Foods*, 9(2):121-137.
- Jarata, E. 2015. Evaluación de los perfiles de taza en tres zonas productoras de café (*Coffea arábica*) variedad Catimor en el valle del distrito de Ayapata-Carabaya. Tesis Ing. Agroindustrial. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. p 30-35.

- Jeszka, M., Stanisz, E., De Peña, M. 2016. Relationship between antioxidant capacity, chlorogenic acids and elemental composition of green coffee. *Journal LWT*, 73(1):243-250.
- Jeszka, M., Zgola, A., Grzésekowiak, T. 2015. Métodos analíticos aplicados para la caracterización y determinación de compuestos bioactivos en el café. *Investigación y tecnología alimentaria europea*, 240(1):19-31.
- Jokanović, M., Džinić, N., Cvetković, B., Grujić, S., Odžaković, B. 2012. Changes of physical properties of coffee beans during roasting. *Acta Periodica Technologica*, 43:21-31.
- Juárez, T., Maldonado, Y., Gozáles, R., Ramírez, M., Álvarez, P., Salazar, R. 2021. Caracterización fisicoquímica y sensorial de café de la montaña de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6):1057-1069.
- Kalschne, D., Buzanello, R., Byler, A., Scremin, F., Martins, A., Canan, C. 2019. Rice and rice bran from different cultivars: physicochemical, spectroscopic, and thermal analysis characterization. *Journal Foods Sciences*, 41(6):3081-3092.
- Kaur, H., Rana, B., Tomar, D., Kaur, S., Jena, K. 2021. Fundamentals of ATR-FTIR Spectroscopy and Its Role for Probing In-Situ Molecular-Level Interactions. *Journal Modern Techniques of Spectroscopy*, 13(1):31-37.
- Kaur, K., Sculley, D., Wallace, J., Turner, A., Ferraris, C., Veysey, M., Lucock, M., Beckett, E. 2019. Micronutrients and bioactive compounds in oral inflammatory diseases. *Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism*, 18(1):1-7.
- Khan, T. 2011. Trace Elements in the Drinking Water and Their Possible Health Effects in Aligarh City, India. *Journal of Water Resource and Protection*, 3(1):522-530.
- Khatun, A., Waters, D., Liu, L. 2019. A Review of Rice Starch Digestibility: Effect of
- Kim, S., Ko, J., Kang, B., Park, J. 2018. Prediction of key aroma development in coffees roasted to different degrees by colorimetric sensor array. *Food Chemistry. Korea*, 240:808-816.
- Kopustinskiene, D., Jakstas, V., Savickas, A., Bernatoniene, J. 2020. Review: Flavonoids as Anticancer Agents. *Nutrients*, 12(2):457-481.
- Kreuml, M., Majchrzak, D., Ploederl, B., Koenig, J. 2013. Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. *Journal Food Science & Nutrition*, 1(4):267-272.
- Król, K., Gantner, M., Tatarak, A., Hallmann, E. 2019. The content of polyphenols in coffee beans as roasting, origin and storage effect. *European Food Research and Technology*, 246:33-39.

- Kurniawan, M., Andarwulan, N., Wulandari, N., Rafi, M. 2017. Metabolomic approach for understanding phenolic compounds and melanoidin roles on antioxidant activity of Indonesia robusta and arabica coffee extracts. *Journal Food Science Biotechnology*, 26(1): 1475-1480
- Kwakye, G. F., Paoliello, M., Mukhopadhyay, S., Bowman, A., Aschner, M. 2015. Manganese Induced Parkinsonism and Parkinson Disease: Shared and Distinguishable Features. *Int. J. Environ. Res Public Health*, 12(7):7519-7540.
- Lacerda, J., Martinez, H., Pedrosa, A., Clemente, P., Santos, R., Oliveira, G., Jifon, J. 2018. Importance of Zinc for Arabica Coffee and Its Effects on the Chemical Composition of Raw Grain and Beverage Quality. *Journal Crop Science*, 58(3):1360-1370.
- Ladino, W., Cortés, E., Gutiérrez, N., Amorocho, C. 2016. Coffee (*Coffea arabica* L.) cup quality processed by semi-dry method. *Agronomía Colombiana*, 34(1):281-283.
- Lavrinenko, Y., Plieva, A., Zinicovscaia, I., Hristozova, G., Frontasyeva, M., Tkachenko, K., Dogadkin, D., Gromyak, I., Kolotov, V. 2021. Elemental Composition of Infusions of Herbs (Tisanes) of North Ossetia (the Caucasus). *Journal Agriculture*, 11(1):841-860.
- Lazcano, E., Trejo, A., Vargas, G., Pascual, S. 2015. Contenido de fenoles, cafeína y capacidad antioxidante de granos de café verdes y tostados de diferentes estados de México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2):293-298.
- Leobet, E. 2013. Influência dos parâmetros de processo na formação do aroma e sabor indesejado de cereal em café aglomerado. *Dissertação de mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná*. p 73-76.
- León, A., Palacio, J., Sierra, J. 2019. Management and traceability plan for the control of quality variables during the Benefit of special coffees. *Revista Espacios*, 40(32): 1-9.
- Lingle, T., Menon, S. 2017. Cata y clasificación: descubrimiento del carácter y la calidad. *El oficio y la ciencia del café*, 8:181-203.
- Liu, K., Zheng, J., Chen, F. 2017. Relationships between degree of milling and loss of Vitamin B, minerals, and change in amino acid composition of brown rice. *LWT-Food Science and Technology*, 82(1):429-436.
- Livio, J., Hodhod, R. 2018. "AI Cupper: Un sistema experto difuso para la evaluación sensorial de los atributos del grano de café para derivar la puntuación de calidad". *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 26(6):3418-3427.
- Llerena, J., Solís, C., Guerrero, H. 2018. Use of green coffee grain (*Coffea arabica*) in the preparation of a refreshing drink. *Revista científica Ciencia y Tecnología*, 18(19):125-132.

- Lopez, I., Andueza, S., Di Leonardo, I., De Peña, M., Cid, C. 2006. Influence of torrefacto roast on antioxidant and pro-oxidant activity of coffee. *Journal of Food Chemistry*, 94(1):75-80.
- López, I., Andueza, S., Di Leonardo, I., Paz, M., Cid, C. 2006. Influence of torrefacto roast on antioxidant and pro-oxidant activity of Coffee. *Food Chemistry*, 94:75-78.
- Luna, A., Macías, A., Taboada, R., Morales, V. 2019. Cup quality attributes of Catimors as affected by size and shape of coffee bean (*Coffea arabica* L.). *International Journal of Food Properties*, 22(1):758-767.
- Lynch, S., Pfeiffer, C., Georgieff, M., Brittenham, G., Fairweather, S., Hurrell, R., Mcardle, H., Raiten, D. 2018. Biomarkers of Nutrition for Development BOND - Iron Review. *The Journal of Nutrition*, 148(1):1001-1011.
- Magalhaes, L., Santos, M., Segundo, M., Reis, S., Lima, J. 2009. Flow injection based methods for fast screening of antioxidant capacity. *Talanta* 77(1):1559-1566.
- Magalhaes, L., Segundo, M., Reis, S., Lima, J. 2008. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. *Analytica Chimica Acta*, 613(1):1-19.
- Maldonado, B. 2011. Determinación del tiempo de fermentación del café pergamino, en tres diferentes pisos altitudinales y su influencia en la calidad en taza, en el cantón Olmedo. Tesis Ing. Administración y Producción Agropecuaria. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. p 53-55.
- Mancia, G., Oparil, S., Whelton, P., Mckee, M., Dominiczak, A., Luft, F., Lanas, F., Damasceno, A., Narula, J. 2017. The technical report on sodium intake and cardiovascular disease in low- and middleincome countries by the joint working group of the World Heart Federation, the European Society of Hypertension and the European Public Health Association. *European Heart Journal*, 38(10):712-719.
- Manning, L. 2016. Fraude alimentario: política y cadena alimentaria. Opinión actual en ciencia de los alimentos. *Current Opinion in Food Science*, 10(1):16-21.
- Marin, G. 2013. Control de calidad del café. 1ra ed. Manual técnico. Deposito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú. p 31-35.
- Marín, T., Gómez, F., Aguilar, N., Murgía, J., Trejo, L., Pastelín, M., Castañeda, O. 2018. Bioactive composition of Coffee leaves during an anual cycle. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4):365-372.
- Márquez, F., Quispe, P., Molleapaza, N., Cabrera, S., Peña, J. 2020. Relationship between soil characteristics and altitude with the sensory quality of coffee grown under agroforestry systems in Cusco, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 11(4):529-536.

- Martinez, E., Gavin, C., Aschner, M., Gunter, T. 2013. Manganese neurotoxicity and the role of reactive oxygen species. *Free Radical Biology and Medicine*, 62(1):65-75.
- Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A., Cánovas A. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habana ciencia médica*, 8(2):1-19.
- Martins, A., Krum, B., Queirós, L., Tinkov, A., Skalny, A., Bowman, A., Aschener, M. 2020. Manganese in diet: bioaccessibility, adequate intake and neurotoxicological effects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(46):12893-12903.
- Mehra, A., Baker, C. 2007. Leaching and bioavailability of aluminium, copper and manganese from tea (*Camellia sinensis*). *Food Chemistry*, 100(1):1456-1463.
- Mendonca, J., Franca, A., Oliveira, L. 2009. Physical characterization of non-defective and defective Arabica and Robusta coffees before and after roasting. *Journal of Food Engineering*, 92:474-479.
- Meza, M. 2019. Factores que inciden en las características físicas y organolépticas del café fuera de grado comparada al café especial. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. p 60-64.
- Milani, M., Rossini, E., Catelani, T., Pezza, L., Toci, A., Redigolo, H. 2020. Authentication of roasted and ground coffee samples containing multiple adulterants using NMR and a chemometric approach. *Food Control*, 112:1-7.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2017. Informe del Arroz. Dirección General de Políticas Agrarias, 1ra Ed. Disponible en: <http://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico>.
- MINAGRI, 2017. Línea base del sector Café en el Perú. Sector de café en el Perú. Documento de trabajo. Programa de Green Commodities. p 10-12.
- Mir, S., Shah, M., Bosco, S., Sunooj, K., Farooq, S. 2020. A review on nutritional properties, health aspects, shelf life and consumption of brown rice in comparison to white rice. *Cereal Chemistry*, 97(1):895-903.
- Mirmiran, R., Gaeini, Z., Bahadoran, Z., Ghasemi, A., Norouzirad, R., Tohidi, M., Azizi, F. 2021. Urinary sodium-to-potassium ratio: a simple and useful indicator of diet quality in population-based studies. *European Journal of Medical Research*, 26(1):3-8.
- Mishra, K., Ojha, H., Chaudhury, N. 2012. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chemistry*, 130(1):1036-1043.
- Mishra, K., Ojha, H., Kumar, N. 2013. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Journal Food Chemistry*, 130(4):1036-1043.

- Mite, F., Carillo, M., Durango, W. 2010. Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador. Actas XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. p 17-19.
- Munteanu, I., Apetrei, C. 2021. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7):3380-3410.
- Munteanu, I., Apetrei, C. 2021. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7):3380-3410.
- Navarro, E., Pezo, M., García, M. 2021. Quantification of caffeine and its effect on sensory quality in three varieties of coffee (*Coffea arabica* L.), according to altitudinal level in the San Martín Region. *Revista Agrotecnologica Amazónica, Perú*. 1(2):4-14.
- Nedzarek, A., Tórz, A., Karakiewicz, B., Clark, J., Laszczynska, M., Kaleta, A., Adler, G. 2013. Concentrations of heavy metals (Mn, Co, Ni, Cr, Ag, Pb) in coffee. *Journal Acta Biochim. Pol.*, 60(4):623-627
- Nguyen, H., Wismer, W. 2019. A comparison of sensory attribute profiles and liking between regular and sodium-reduced food products. *Food Research International*, 123(1):631-641.
- Nielsen, F. 2015. Importance of plant sources of magnesium for human health. *Journal Crop & Pasture Science*, 66(1):1259-1264.
- Niseteo, T., Komes, D., Belcsek, A., Horizic, D., Budec, M. 2012. Bioactive composition and antioxidant potential of different commonly consumed coffee brews affected by their preparation technique and milk addition. *Journal Food Chemistry*, 134(4):1870-1877.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (NTE 1123). 2014. Café tostado en grano o molido - Requisitos. 2da Revisión, Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito, Ecuador. 11 p.
- NORMA TÉCNICA PERUANA (NTP 209.028). 2015. Café tostado en grano o molido, requisitos - Guía de Implementación. 1ra Edición, Instituto Nacional de Calidad. Lima, Perú. p 7 – 10.
- Odzakovic, B., Dzinic, N., Kukric, Z., Grujic, S. 2016. Effect of roasting degree on the antioxidant activity of different arabica coffee quality classes. *Acta Scientiarum. Pol. Technology Alimentaria*, 15(4):409-417.
- Olechno, E., Puscion, A., Socha, K., Elzbieta, M. 2021. Coffee Brews: Are They a Source of Macroelements in Human Nutrition?. *Journal foods*, 10(1):1328-1354.

- Olechno, E., Puscion, A., Socha, K., Elzbieta, M. 2021. Coffee Infusions: ¿Can They, Be a Source of Microelements with Antioxidant Properties? *Journal Antioxidants*, 10(1):1709-1738.
- Oliveira, M., Casal, S., Morais, S., Alves, C., Dias, F., Ramos, S., Mendes, E., Delerue-Matos, C., Oliveira, B. 2016. Intra- and interspecific mineral composition variability of commercial coffees and coffee substitutes. Contribution to mineral intake. *Food Chemistry*, 130(1):702-709.
- Olivier, J., Symington, E., Jonker, C., Rampedi, I., Eeden, T. 2012. Comparison of the mineral composition of leaves and infusions of traditional and herbal teas. *South African Journal of Science*, 108(1):2-7.
- Optiz, S., Smrke, S., Goodman, B., Keller, M., Schenker, S., Yeretjian, C. 2014. Antioxidant Generation during Coffee Roasting: A Comparison and Interpretation from Three Complementary Assays. *Journal Foods*, 3(4):586-604.
- Ormaza, A., Díaz, F., Riojano, B. 2022. Efecto de la preparación fría de café (*Coffea arabica* L. var. Castillo) sobre la capacidad antioxidante y la calidad sensorial. *Información Tecnológica*, 33(1):57-60.
- Osorio, V. 2021. La calidad del Café. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Guía más agronomía, más productividad, más calidad. 3ra edición, revista Cenicafé. p 219-234.
- Oyola, T., Trujillo, B., Gutiérrez, G.N. 2017. Aplicación del proceso analítico jerárquico AHP para definir la mejor taza en evaluación de cafés especiales. *Rev. Coffee Science*, 12(3):374-380.
- Ozdestan, O. 2014. Evaluation of bioactive amine and mineral levels in Turkish coffee. *Food Research International*, 61(1):167-175.
- Paima, J. 2017. Influencia de tres pisos altitudinales en las características físicas y organolépticas del café (*Coffea arábica* L.) variedad Catimor en los distritos de Lamas y Alonso de Alvarado Roque. Tesis Ing. Agroindustrial. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. p 24-27.
- Parada, M., Caballero, L., Rivera, M. 2017. Características fisicoquímicas de tres variedades de café tostado y molido cultivados en el norte de Santander. *Ciencia y tecnología alimentaria*, 15(1):66-76.
- Pauli, E., Barbieri, F., García, P., Madeira, T., Acquaro, V., Scarminio, I., Nixdorf, S. 2014. Detection of ground roasted coffee adulteration with roasted soybean and wheat. *Food Research International*, 61:112-119.

- Peña, N., Barrera, O., Guitiérrez, N. 2013. Effects of fermentation time on Coffee (*Coffea arabica*) beverage quality. *Revista Ingeniería y Región*, 10:111-116.
- Pereira, L., Catelani, T., Costa, E., García, J., Trevisan, M. 2021. Coffee adulterant quantification by derivative thermogravimetry and chemometrics analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 1: 1-10.
- Pérez, M., Aquino, E., Chávez, J. 2016. Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante en café cosechado y comercializado en Coatepec y Xalapa, Veracruz. *Compendio de Investigaciones Científicas en México*, 434-442.
- Perez, M., Caemmerer, B., Paz, M., Cid, C., Kroh, L. 2010 Influence of Brewing Method and Acidity Regulators on the Antioxidant Capacity of Coffee Brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1):2958-2965.
- Petry, N., Egli, I., Champion, B., Nielsen, E., Hurrell, R. 2013. Genetic Reduction of Phytate in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seeds Increases Iron Absorption in Young Women. *The Journal of Nutrition*, 143(8):1219-1224.
- Pisoschi, A., Cimpeanu, C., Predoi, G. 2015. Electrochemical Methods for Total Antioxidant Capacity and its Main Contributors Determination: A review. *Open Chemistry*, 13(1):824-856.
- Podio, N., López, R., Ramírez, E., Bertrand, L., Baroni, M., Perez, M., Cortes, M., Wunderlin, D. 2015. Matching in vitro bioaccessibility of polyphenols and antioxidant capacity of soluble coffee by Boosted Regression Trees. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(43):9572-9582.
- Poisson, L., Blank, I., Dunkel, A., Hofman, T. 2017. The Chemistry of Roasting - Decoding Flavor Formation. *El oficio y la ciencia del café*, 12:273-309.
- Polari, U., Ferreira, M., Vieira, H., Santos, A., Da Silva, W., Goncalves, P., Ugolino, M., Cirino, E. 2015. Identification of adulteration in ground roasted coffees using UV-Vis spectroscopy and SPA-LDA. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2): 1037-1041.
- Poole, R., Kennedy, O., Roderick, P., Fallowfield, J., Hayes, P., Parkes, J. 2017. Coffee consumption and health: Umbrella review of meta-analyses of multiple health outcomes. *Journal BMJ*, 359:24-50.
- Prasad, R. 2018. Sodium and Potassium Intake through Juices and Low Alcohol Beverages in Fiji. *Journal of Natural and Applied Sciences*, 36(2):46-53.
- Presta, V., Ambrosini, L., Carubbi, C., Masselli, E., Mirandola, P., Arcari, M., Gobbi, G., Vitale, M. 2021. Different Waters for Different Performances: ¿Can We Imagine Sport-Related Natural Mineral Spring Waters? *Journal Water*, 13(2):166-182.

- PROMPERÚ (Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo). 2019. Aromas y sabores, el mapa del café peruano. Aza Graphic Perú. p 28-30.
- Puerta, I., González, F., Correa, A., Álvarez, I., Ardilla, J., Girón, O., Ramírez, C., Baute, J., Sánchez, P., Santamaría, M., Fabián, D. 2016. Diagnóstico de la calidad del café según altitud, suelo y beneficio en varias regiones de Colombia. *Revista Cenicafé*, 67(2): 15-51.
- Quintaes, K., Garcia, W. 2015. The importance of minerals in the human diet. *Handbook of Mineral Elements in Food, First Edition*. p 4-8.
- Rabelo, M., Borém, F., De Lima, R., Alves, A., Pinheiro, A., Ribeiro, D., Dos Santos, C., Pereira, R. 2020. Impacts of quaker beans over sensory characteristics and volatile composition of specialty natural coffees. *Food Chemistry*, 342:2-10.
- Ramos, E. 2019. Comparación de calidad de café (*Coffea arabica* L.) en San Juan del Oro, Puno - Perú y La Paz - Bolivia. Tesis Ing. Agrónomo. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. p 65-70.
- Rashmi, H., Negi, P. 2020. Phenolic acids from vegetables: A review on processing stability and health benefits. *Food Research International*, 136:1-14.
- Rattanarat, P., Chindapan, N., Devahastin, S. 2021. Comparative evaluation of acrylamide and polycyclic aromatic hydrocarbons contents in Robusta coffee beans roasted by hot air and superheated steam. *Food Chemistry*, 341(1):1-7.
- Ravaglia, L., Freitas, D., Ricci, T., Nazario, C., Alcantara, G. 2019. Sodium quantitation in soft drinks: A rapid methodology by q NMR. *Magn Reson Chemistry*, 58(2):186-190.
- Reis, N., Botelho, B., Franca, A., Oliveira, L. 2017. Simultaneous Detection of Multiple Adulterants in Ground Roasted Coffee by ATR-FTIR Spectroscopy and Data Fusion. *Food Analytical Methods*, 10(1):2700-2709.
- Ribeiro, J., Salva, T., Ferreira, M. 2010. Chemometric studies quality control of processed Brazilian coffees using DRIFTS. *Journal of Food Quality*, 33(1):212-227.
- Rivera, J. 2019. The Science of Coffee Roasting. A Brief Overview of Chemical Changes. *The book of roast - Grupo Alcanno*, 1:3-35.
- Rodríguez, E., Suárez, J., Vega, G. 2012. Atributos sensoriales de taza en sistemas agroforestales de café (*Coffea arábica* L.) en el Sur de Colombia. *Ingenierías & Amazonia*, 5(2):80-88.
- Rodríguez, E., Valdés, M., Iñiguez, C., Martínez, I., Hernández, O., Débora, Y., Gonzáles, D. 2020. Utilización de harina de arroz como extensor de queso análogo. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 30(2): 19-23.

- Rodriguez, Y., Calderón, K., Hernández, J. 2020. Comparison of sensory attributes and chemical markers of the infrared spectrum between defective and non-defective Colombian coffee sample. *Coffee Science*, 10:25-35.
- Rosas, J., Escamilla, E., Ruiz, O. 2008. Relationship of Soil Nutrients to Physical and Sensorial Characteristics of Organic Coffee. *Revista Terra Latinoamericana*, 26(1):375-384.
- Roy, I., Rivas, R., Pérez, M., Palacios, L. 2019. Correlation: not all correlation entails causality. *Revista Alergia de México*, 66(3):354-360.
- Runge, J., Heringer, O., Ribeiro, J., Biazati, L. 2019. Multi-element rice grains analysis by ICP OES and classification by processing types. *Journal Food Chemistry*, 271(1): 419-424.
- Sachse, B., Kolbaum, A., Ziegenhagen, R., Berg, K., Dusemun, B., Lampen, A., Schafer, B. 2019. Dietary Manganese Exposure in the Adult Population in Germany-What Does it Mean in Relation to Health Risks? *Molecular Nutrition Food Research*, 1(1):1-29.
- Samoggia, A., Riedel, B. 2019. Consumers' Perceptions of Coffee Health Benefits and Motives for Coffee Consumption and Purchasing. *Journal nutrients*, 11(3):653-674.
- Santos, R., Lopo, M., Rangel, A., Lopez, J. 2015. Exploiting near infrared spectroscopy as an analytical tool for on line monitoring of acidity during coffee roasting, *Food Control*, 60: 408-415.
- SCAA (Asociación de Cafés Especiales de América). 2015. Specialty Coffee Association of American. Protocols. Disponivel em: <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>.
- 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. *Journal Food Science*, 67 (1):60-66.
- Schenker, S., Rothgeb, T. 2017. The Roast - Creating the Beans' Signature. *The Craft and Science of Coffee*. 1(11):245-271.
- Seremet, D., Fabecic, P., Vojvodic, A., Mandura, A., Pudic, R., Komes, D. 2022. Antioxidant and Sensory Assessment of Innovative Coffee Blends of Reduced Caffeine Content. *Journal molecules*, 27(2):448-466.
- Severini, C., Degrossi, A., Ricci, I., Fiore, A., Caporizzi, R. 2017. How Much Caffeine in Coffee Cup? Effects of Processing Operations, Extraction Methods and Variables. In *The Question of Caffeine*. 3ra Ed., London, UK, p 45-85.
- Sezer, B., Apaydin, H., Bilge, G., Boyaci, I.H. 2018. Coffee arabica adulteration: Detection of wheat, corn and chickpea. *Food Chemistry*, Turkey. 264:142-148.

- Shahidi, F., Zhong, Y. 2015. Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 18:757-781.
- Shang, Y., Xu, J., Lee, W., Um, B. 2017. Antioxidative polyphenolics obtained from spent coffee grounds by pressurized liquid extraction. *South African Journal of Botany*, 109(1):75-80.
- Shaun, P., Kennedy. 2021. Chapter 2 - History of food fraud and development of mitigation requirements and standards, USA. *Food Fraud*. 9-22.
- Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y., Bao, J. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *Journal of Cereal Science*, 49(1):106-111.
- Shi, Y., Wang, L., Fang, Y., Wang, H., Tao, H., Pei, F., Li, P., Xu, B., Hu, Q. 2018. A comprehensive analysis of aroma compounds and microstructure changes in brown rice during roasting process. *LWT-Food Science and Technology*, 98:613-621.
- Siddeeg, A., Alkehayez, N., Abu-Hiamed, H., Al-Sanea, E., Al-Farga, A. 2021. Mode of action and determination of antioxidant activity in the dietary sources: An overview. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(3):1633-1644.
- Silva, J., Rebellato, A., Carames, E., Greiner, R., Pallone, J. 2020. In vitro digestion effect on mineral bioaccessibility and antioxidant bioactive compounds of plant-based beverages. *Journal Food Research International*, 130(1): 2-10.
- Singhal, S., Baker, R., Baker, S. 2017. A comparison of the nutritional value of cow's milk and nondairy beverages. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutritions*, 64(1):799-805.
- Singla, R., Dubey, A., Garg, A., Sharma, R., Fiorino, M., Ameen, S., Haddad, M., Al-Hiary, M., 2019. Natural Polyphenols: Chemical Classification, Definition of Classes, Subcategories, and Structures. *Journal of AOAC International*, 102(5):1397-1400.
- Sobreira, F., Oliveira, A., Pereira, A., Sakiyama, N. 2015. Potential of Híbrido de Timor germplasm and its derived progenies for coffee quality improvement. *Australian Journal of Crop Science*, 9(4):289-295.
- Spink, J., Moyer, D., Park, H., Wu, Y., Fersht, V., Shao, B., Hong, M., Paek, S., Edelev, D. 2015. Introduction to Food Fraud including translation and interpretation to Russian, Korean and Chinese languages. *Food Chemistry*, 189:102-107.
- Srinuttrakul, W., Mihailova, A., Islam, M., Liebisch, B., Maxwell, F., Cannavan, A. 2021. Geographical Differentiation of Hom Mali Rice Cultivated in Different Regions of Thailand Using FTIR-ATR and NIR Spectroscopy. *Journal Foods*, 10(1): 1951-1962.

- Stelmach, E., Pohl, P., Szymczycha-Madeja, A. 2014. Evaluation of the bioaccessability of Ca, Fe, Mg and Mn in ground coffee infusions by in vitro gastrointestinal digestion. *J. Braz. Chem. Soc.*, 25(1): 1993-1999.
- Sunarharum, W., Williams, D., Smyth, H. 2014. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, 62: 315-325.
- Surna, S., Romańczyk, M., Witalińska, J., Czerniuk, M., Labuzek, K., Filipiak, K. 2021. Periodontitis, Blood Pressure, and the Risk and Control of Arterial Hypertension: Epidemiological, Clinical, and Pathophysiological Aspects. *Current Hypertension Reports*, 23(1):27-41.
- Swietlik, R., Trojanowska, M. 2014. Physical Speciation of heavy metals in Coffee infusions. *Journal Bromat. Chem. Toksykol*, 1:82-88.
- Szymczycha, A., Pohl, P., Welna, M., Stelmach, E., Jedryczko, D. 2015. The evaluation of the suitability of different alternative sample preparation procedures prior to the multi-elemental analysis of brews of ground roasted and instant coffees by FAAS and ICP OES. *Food Research International*, 83(2): 958-966.
- Thomas, E., Puget, S., Valentín, D., Songer, P. 2017. Sensory Evaluation and Profiling and Preferences - Chapter 17. *Journal The Craft and Science of Coffee*, pp 440-445.
- Toledo, P., Pezza, L., Pezza, H., Toci, A. 2016. Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4): 705-719.
- Tolessa, K., Rademaker, M., De Baets, B., Boeckx, P. 2015. Prediction of specialty coffee cup quality based on near infrared spectra of green beans, *Talanta*. 74:150-367.
- Torma, A., Orbán, C., Bodor, Z., Benedek, C. 2019. Evaluation of sensory and antioxidant properties of commercial coffee substitutes. *Acta Alimentaria*, 48(3): 297-305.
- Trandafir, I., Violeta, N., Ionica, V. 2014. Antioxidant capacity, phenolic acids and caffeine contents of some commercial coffees available on the Romanian market. *Revista Latinoamericana de Nutrición*, 63(1):87-94.
- Trieu, K., McMahon, E., Santos, J., Bauman, A., Jolly, K., Bolam, B., Webster, J. 2017. Revisión de las intervenciones de cambio de comportamiento para reducir el consumo de sal de la población. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(17):1-15.
- Urioste, S., Marín, D., Andrade, R., Graterol, E., Labarta, R. 2019. Boletín informativo del sector arrocero Perú 2 005 - 2 018. p 6.

- Uwitonze, A., Razzaque, M. 2018. Role of Magnesium in Vitamin D Activation and Function. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 118(3):181-189.
- Valand, R., Tanna, S., Lawson, G., Bengtstrom, L. 2019. A review of Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy used in food adulteration and authenticity investigations. *Journal Food Additives & Contaminants: Part A.*, 37(1):1-20.
- Valerio, O., Vargas, G., Abarca, R., Barboza, L., Carmona, G. 2016. Color kinetics for roasted Coffee using image análisis imagej. *Tecnología de Poscosecha y Agroindustria*, 12:1-6.
- Valleta, A., Iozia, L., Leonelli, F. 2021. Impact of Environmental Factors on Stilbene Biosynthesis. *Plants*, 10(1):1-28.
- Vannucci, L., Fossi, C., Quattrini, S., Guasti, L., Pampaloni, B., Gronchi, G., Giusti, F., Romagnoli, C., Cianferotti, L., Marcucci, G., Brandi, M. 2018. Calcium Intake in Bone Health: A Focus on Calcium-Rich Mineral Waters. *Journal Nutrients*, 10(12):1930-1942.
- Vega, A., De León, J., Reyes, S. 2017. Determinación del Contenido de Polifenoles Totales, Flavonoides y Actividad Antioxidante de 34 Cafés Comerciales de Panamá. *Información Tecnológica*, 28(4):29-38.
- Vigo, R. 2017. Plan de negocio para la producción y comercialización de café orgánico em grano de la hacienda castillo en el distrito del progreso. Tesis Lic. Administración de empresas. Cajamarca. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. p 22-26.
- Von Blittersdorff1, M., Klatt, C. 2017. El arte y la ciencia del café, la molienda: partículas y particularidades. 3ra Edición. p 311-328.
- Wang, N., Lim, L. 2012. Fourier Transform Infrared and Physicochemical Analyses of Roasted Coffee. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(21):5446-5453.
- Wei, L., Ma, F., Du, C. 2021. Application of FTIR-PAS in Rapid Assessment of Rice Quality under Climate Change Conditions. *Journal Foods*, 10(1):159-173
- Wei, X., Huang, X. 2019. Origin, taxonomy, and phylogenetics of rice. *Chemistry and Technology*. 4 ed. Rice - AACC International. p 20-25.
- Wikoff, D., Welsh, B., Henderson, R., Brorby, G., Britt, J., Myers, E., Goldberger, J., Lieberman, H., Brien, C., Peck, J. 2017. Systematic review of the potential adverse effects of caffeine consumption in healthy adults, pregnant women, adolescents, and children. *Journal Food Chemistry Toxicol*, 109(1):585-648
- Wing, S., Norwitz, S., Norwitz, E. 2019. The Impact of Iron Overload and Ferroptosis on Reproductive Disorders in Humans: Implications for Preeclampsia. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(13):3283-3306.

- Winkler, A., Wolf, M., Sterba, J., Wobrauschek, P., Streli, C., Turyanskaya, A. 2020. Txf analysis of elemental composition of herbal infusions and teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(11):4226-4236.
- Yaman, N., Velioglu, S. 2019. Use of Attenuated Total Reflectance - Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) Spectroscopy in Combination with Multivariate Methods for the Rapid Determination of the Adulteration of Grape. *Journal Foods*, 8(7):231-243
- Yashin, A., Yashunskii, D., Vedenin, A., Nifantev, N., Nemzer, B., Yashin, I. 2018. Chromatographic Determination of Lignans (Antioxidants) in Food Products. *Journal of Analytical Chemistry*, 73(5):399-406.
- Yousefi, H., Su, H., Imani, S., Alkhaldi, K., Filipe, C., Didar, T. 2019. Intelligent Food Packaging: A Review of Smart Sensing Technologies for Monitoring Food Quality. *Journal Sensors ACS*, 4(1):808-821.
- Zagała, G., Fabisiak, A., Bajcar, M., Czernick, M., Saletni, B., Puchalski, C. 2016. Mineral components analysis of selected dried herbs. *Econtechmod and International Quarterly Journal*, 5(1):127-132.
- Zorzi, M., Gai, F., Medana, C., Aigotti, R., Morello, S., Peiretti, P. 2020. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Small Berries. *Foods*, 9(5):623-636.

ANEXOS

Anexo-I. Ficha de catación (Taza de excelencia).



La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación

Nombre: _____

Fecha: _____ Mesa: _____ Session: _____

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

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------------|-----------------|-------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|---------------------|---|-----------------|---------------|------|
| Muestra # | El Nivel de tueste | Fragancia/Aroma | | Sabor | | Acidez | | Cuerpo | | Uniformidad | | Taza Limpia | | Puntaje Catador | | Suma |
| | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | |
| | | Seco | Cualidades: | Espuma | Sabor Residual | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Balance | Dulzor | Defectos (sustraer) | Ligero=2 | # Tazas | Intensidad | |
| | | | | | Total: _____ | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Total: _____ | Total: _____ | Rechazo=4 | <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> | = | | |
| Notas: | | | | | | | | | | | | | | | Puntaje Final | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------------|-----------------|-------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|---------------------|---|-----------------|---------------|------|
| Muestra # | El Nivel de tueste | Fragancia/Aroma | | Sabor | | Acidez | | Cuerpo | | Uniformidad | | Taza Limpia | | Puntaje Catador | | Suma |
| | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | |
| | | Seco | Cualidades: | Espuma | Sabor Residual | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Balance | Dulzor | Defectos (sustraer) | Ligero=2 | # Tazas | Intensidad | |
| | | | | | Total: _____ | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Total: _____ | Total: _____ | Rechazo=4 | <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> | = | | |
| Notas: | | | | | | | | | | | | | | | Puntaje Final | |

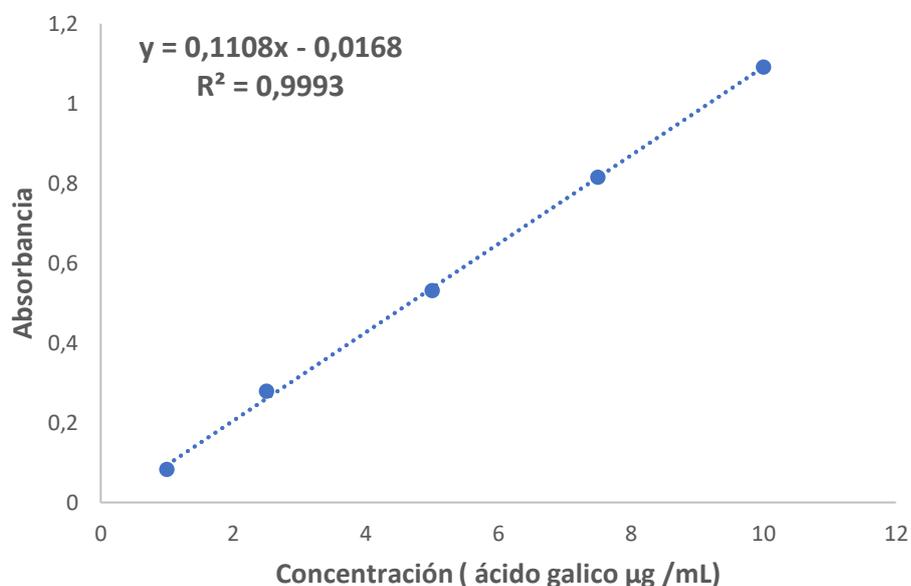
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------------|-----------------|-------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|---------------------|---|-----------------|---------------|------|
| Muestra # | El Nivel de tueste | Fragancia/Aroma | | Sabor | | Acidez | | Cuerpo | | Uniformidad | | Taza Limpia | | Puntaje Catador | | Suma |
| | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | |
| | | Seco | Cualidades: | Espuma | Sabor Residual | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Balance | Dulzor | Defectos (sustraer) | Ligero=2 | # Tazas | Intensidad | |
| | | | | | Total: _____ | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Total: _____ | Total: _____ | Rechazo=4 | <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> | = | | |
| Notas: | | | | | | | | | | | | | | | Puntaje Final | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------------|-----------------|-------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|---------------------|---|-----------------|---------------|------|
| Muestra # | El Nivel de tueste | Fragancia/Aroma | | Sabor | | Acidez | | Cuerpo | | Uniformidad | | Taza Limpia | | Puntaje Catador | | Suma |
| | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | Total: _____ | | |
| | | Seco | Cualidades: | Espuma | Sabor Residual | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Intensidad Alto | Balance | Dulzor | Defectos (sustraer) | Ligero=2 | # Tazas | Intensidad | |
| | | | | | Total: _____ | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Intensidad Bajo | Total: _____ | Total: _____ | Rechazo=4 | <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> | = | | |
| Notas: | | | | | | | | | | | | | | | Puntaje Final | |

Anexo-IIa. Lectura de absorbancias en las concentraciones de trabajo para la curva estándar de fenoles totales.

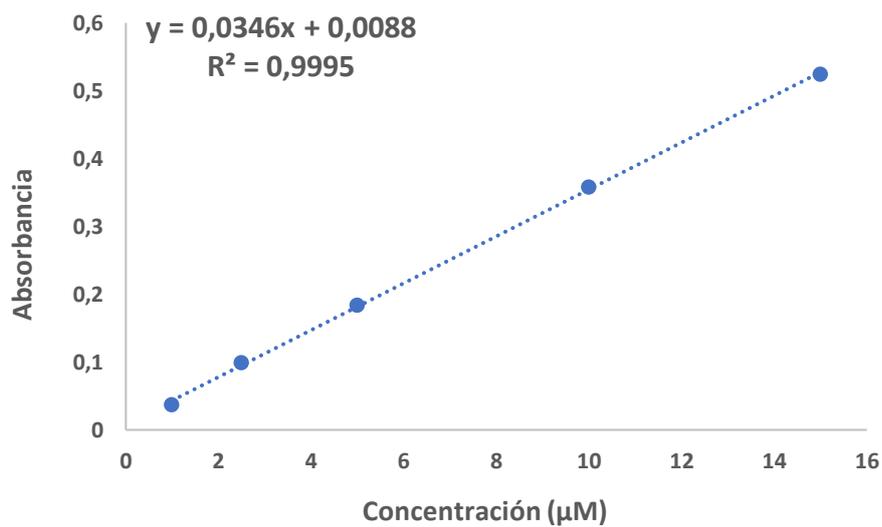
| Concentración ($\mu\text{g EAG/mL}$) | Absorbancia (740 nm) |
|---|----------------------|
| 1 | 0,083 |
| 2,5 | 0,278 |
| 5 | 0,53 |
| 7,5 | 0,815 |
| 10 | 1,091 |

Anexo-IIb. Tendencia de la curva estándar concentración vs absorbancia de ácido gálico para la determinación de fenoles totales



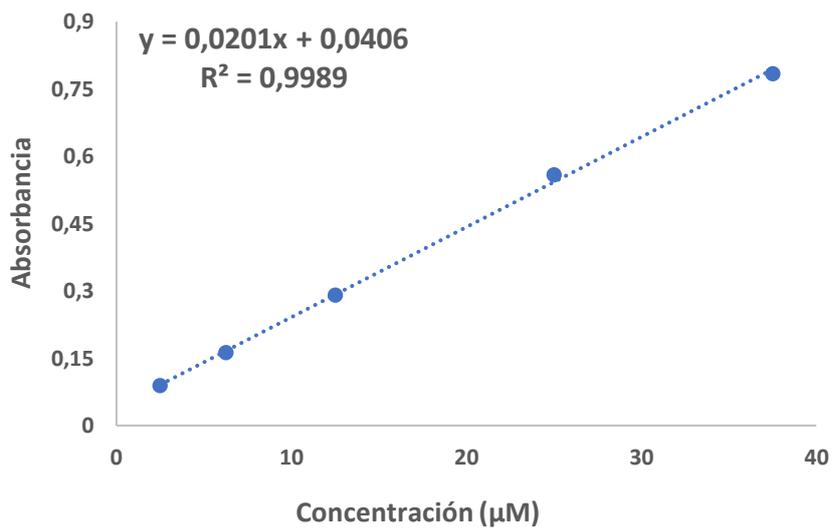
Anexo-IIIa. Concentraciones y curva estándar de Trolox para inhibir el radical ABTS^{O^+} .

| Concentración μM | Absorbancia inhibida (734 nm) |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 15 | 0,524 |
| 10 | 0,358 |
| 5 | 0,184 |
| 2,5 | 0,099 |
| 1 | 0,037 |



Anexo-IIIb. Concentraciones y curva estándar de Trolox para inhibir el radical DPPH^{O^+} .

| Concentración μM | Absorbancia inhibida (515 nm) |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 37,5 | 0,784 |
| 25 | 0,559 |
| 12,5 | 0,290 |
| 6,25 | 0,163 |
| 2,5 | 0,089 |



Anexo-IVa. Resultado de atributos de catación para selección de la muestra de café.

| Atributos | M1 – FC | M2 - EB | M3 - SD | M4 - EB |
|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Fragancia-Aroma | 7,5 ± 0,0 ^b | 7,7 ± 0,1 ^b | 7,7 ± 0,1 ^b | 8,1 ± 0,1 ^a |
| Sabor | 7,5 ± 0,0 ^b | 7,8 ± 0,1 ^b | 7,8 ± 0,0 ^b | 8,3 ± 0,1 ^a |
| Sabor residual | 7,3 ± 0,1 ^c | 7,8 ± 0,0 ^b | 7,7 ± 0,1 ^b | 8,0 ± 0,0 ^a |
| Acidez | 7,5 ± 0,0 ^b | 7,8 ± 0,0 ^b | 7,7 ± 0,1 ^b | 8,2 ± 0,1 ^a |
| Cuerpo | 7,4 ± 0,1 ^c | 7,8 ± 0,0 ^b | 8,0 ± 0,0 ^{ab} | 8,1 ± 0,1 ^a |
| Balance | 7,5 ± 0,0 ^b | 7,8 ± 0,1 ^a | 7,8 ± 0,1 ^a | 8,0 ± 0,0 ^a |
| Uniformidad | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Taza limpia | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| Dulzor | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |

Anexo-IVb. Análisis de varianza del puntaje de calidad en taza

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|-----|--------------|---------|----------------|---------|-----------------|
| Tratamientos | 3 | 32,7292 | 10,9097 | 69,82 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 8 | 1,2500 | 0,1563 | | | |
| Total | 11 | 33,9792 | | | | |
| R ² = 0,9632 | | C.V = 0,4680 | | M.S.E = 0,3953 | | Media = 84,4583 |

Anexo-Va. Análisis de varianza del atributo fragancia/aroma en catación

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|-----------|----------------|---------------|----------------|-------------------|----------------|
| Tratamientos | 12 | 13,9423 | 1,1619 | 10,07 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 26 | 3,0000 | 0,1154 | | | |
| Total | 38 | 16,9423 | | | | |
| R ² = 0,8229 | | C.V = 4,7103 | | M.S.E = 0,3397 | | Media = 7,2115 |

Anexo-Vb. Análisis de varianza del atributo sabor en catación

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|-----|--------------|--------|----------------|---------|----------------|
| Tratamientos | 12 | 14,7436 | 1,2286 | 14,47 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 26 | 2,2083 | 0,0849 | | | |
| Total | 38 | 16,9519 | | | | |
| R ² = 0,8697 | | C.V = 4,1069 | | M.S.E = 0,2914 | | Media = 7,0962 |

Anexo-Vc. Análisis de varianza del atributo sabor residual en catación

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|----------------|------------|------------------|--------------|------------------|-------------|
| Tratamientos | 12 | 15,8109 | 1,3176 | 23,49 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 26 | 1,4583 | 0,0561 | | | |
| Total | 38 | 17,2692 | | | | |
| $R^2 = 0,9156$ | $C.V = 3,4691$ | | $M.S.E = 0,2368$ | | $Media = 6,8269$ | |

Anexo-Vd. Análisis de varianza del atributo acidez en catación

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|----------------|------------|------------------|--------------|------------------|-------------|
| Tratamientos | 12 | 15,8109 | 1,3176 | 23,49 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 26 | 1,4583 | 0,0561 | | | |
| Total | 38 | 17,2692 | | | | |
| $R^2 = 0,9156$ | $C.V = 3,4691$ | | $M.S.E = 0,2368$ | | $Media = 6,8269$ | |

Anexo-Ve. Análisis de varianza del atributo cuerpo en catación

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|----------------|------------|------------------|--------------|------------------|-------------|
| Tratamientos | 12 | 15,8077 | 1,3173 | 22,22 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 26 | 1,5417 | 0,0593 | | | |
| Total | 38 | 17,3494 | | | | |
| $R^2 = 0,9111$ | $C.V = 3,4914$ | | $M.S.E = 0,2435$ | | $Media = 6,9744$ | |

Anexo-Vf. Análisis de varianza del atributo balance en catación

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|----------------|------------|------------------|--------------|------------------|-------------|
| Tratamientos | 12 | 17,6314 | 1,4693 | 39,86 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 26 | 0,9583 | 0,0369 | | | |
| Total | 38 | 17,3494 | | | | |
| $R^2 = 0,9484$ | $C.V = 2,8017$ | | $M.S.E = 0,1920$ | | $Media = 6,8526$ | |

Anexo-VIa. Matriz correlación-probabilidad (atributos en mezclas de café tostado y molido)

| Matriz de correlación-probabilidad | | | | | | |
|---|----------------------------|--------------|---------------------------|---------------|---------------|----------------|
| | Fragancia Aroma | Sabor | Sabor residual | Acidez | Cuerpo | Balance |
| Fragancia | | | | | | |
| Aroma | | | | | | |
| Sabor | <0,0001 | | | | | |
| Sabor residual | <0,0001 | <0,0001 | | | | |
| Acidez | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | | | |
| Cuerpo | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | | |
| Balance | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | |

Anexo-VIb: Análisis de componentes principales en atributos de catación

| Autovalores | | | | |
|--------------------|--------------|-------------------|------------------------|--|
| Lambda | Valor | Proporción | Prop. Acumulada | |
| 1 | 5,86 | 0,98 | 0,98 | |
| 2 | 0,06 | 0,01 | 0,99 | |
| 3 | 0,04 | 0,01 | 0,99 | |
| 4 | 0,02 | 3,50E-03 | 1,00 | |
| 5 | 0,01 | 2,40E-03 | 1,00 | |
| 6 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | |

| Autovectores | | | |
|---------------------|----------------------|--|----------------------|
| Variables | e¹ | | e² |
| Fragancia/Aroma | 0,41 | | -0,49 |
| Sabor | 0,41 | | -0,42 |
| Sabor Residual | 0,41 | | 0,22 |
| Acidez | 0,41 | | 0,22 |
| Cuerpo | 0,41 | | -0,20 |
| Balance | 0,41 | | 0,67 |

Correlación con las variables originales

| Variables | CP1 | CP2 |
|------------------|------------|------------|
| Fragancia/Aroma | 0,99 | -0,12 |
| Sabor | 0,99 | -0,10 |
| Sabor Residual | 1,00 | 0,05 |
| Acidez | 1,00 | 0,05 |
| Cuerpo | 0,98 | -0,05 |
| Balance | 0,98 | 0,16 |

Anexo-VII. ANVA del puntaje de calidad en taza de los tratamientos

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|
| Tratamientos | 12 | 7251,0609 | 604,2551 | 285,65 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 26 | 55,0000 | 2,1154 | | | |
| Total | 38 | 7306,0609 | | | | |

$R^2 = 0,9925$ C.V = 2,0556 M.S.E = 1,4544 Media = 70,7564

Anexo-VIIIa. ANVA del color (L*) en mezclas de café y arroz tostado

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|
| Tratamientos | 3 | 73,5076 | 24,5025 | 44,49 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 28 | 15,4196 | 0,5507 | | | |
| Total | 31 | 88,93 | | | | |

$R^2 = 0,8266$ C.V = 2,4782 M.S.E = 0,7421 Media = 29,9444

Anexo-VIIIb. ANVA del color (a*) en mezclas de café y arroz tostado

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|-------------|
| Tratamientos | 3 | 1,3529 | 0,4509 | 5,17 | 0,0057 | ** |
| Error experimental | 28 | 2,4428 | 0,0872 | | | |
| Total | 31 | 3,7957 | | | | |

$R^2 = 0,3564$ C.V = 2,8061 M.S.E = 0,2954 Media = 10,5259

Anexo-VIIIc. ANVA del color (b*) en mezclas de café y arroz tostado

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|---------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| Tratamientos | 3 | 51,1055 | 17,0352 | 17,14 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 28 | 27,8251 | 0,9938 | | | |
| Total | 31 | 78,9306 | | | | |
| $R^2 = 0,6475$ | | C.V = 10,8492 | | M.S.E = 0,9969 | | Media = 9,1884 |

Anexo-IX. ANVA del contenido de fenoles totales en las bebidas de café adulterado con arroz.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|--------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| Tratamientos | 3 | 0,0039 | 0,0013 | 52,53 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 8 | 0,0002 | 0,0002 | | | |
| Total | 11 | 33,9792 | | | | |
| $R^2 = 0,9517$ | | C.V = 0,6910 | | M.S.E = 0,0050 | | Media = 0,7243 |

Anexo-Xa. ANVA Capacidad antioxidante de las bebidas sobre el radical ABTS^{o+}.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|--------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Tratamientos | 3 | 15,5022 | 5,1674 | 63,21 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 8 | 0,6540 | 0,0818 | | | |
| Total | 11 | 16,1562 | | | | |
| $R^2 = 0,9595$ | | C.V = 1,2832 | | M.S.E = 0,2859 | | Media = 22,2817 |

Anexo-Xb. ANVA Capacidad antioxidante de las bebidas sobre el radical DPPH^{o+}.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|--------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Tratamientos | 3 | 29,4370 | 9,8123 | 192,05 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 8 | 0,4087 | 0,0511 | | | |
| Total | 11 | 29,8457 | | | | |
| $R^2 = 0,9863$ | | C.V = 1,6950 | | M.S.E = 0,2260 | | Media = 13,3350 |

Anexo-XIa. ANVA del contenido de potasio (K) en las bebidas de café adulterado con arroz.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|--------------|------------|----------------|----------------|------------------|
| Tratamientos | 3 | 298171,8784 | 99390,6261 | 24774,5 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 8 | 32,0945 | 4,0118 | | | |
| Total | 11 | 298203,9729 | | | | |
| $R^2 = 0,9998$ | | C.V = 0,1832 | | M.S.E = 2,0029 | | Media = 1093,536 |

Anexo-XIb. ANVA de contenido de magnesio (Mg) en bebidas de café adulterado con arroz.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|--------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Tratamientos | 3 | 126,3198 | 42,1066 | 146,17 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 8 | 2,3046 | 0,2880 | | | |
| Total | 11 | 128,6244 | | | | |
| $R^2 = 0,9821$ | | C.V = 0,7989 | | M.S.E = 0,5367 | | Media = 67,1792 |

Anexo-XIc. ANVA del contenido de calcio (Ca) en las bebidas de café adulterado con arroz.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|--------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Tratamientos | 3 | 122,3756 | 40,7919 | 173,58 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 8 | 1,8801 | 0,2350 | | | |
| Total | 11 | 124,2557 | | | | |
| $R^2 = 0,9849$ | | C.V = 1,2849 | | M.S.E = 0,4848 | | Media = 37,7292 |

Anexo-XId. ANVA del contenido de calcio (Na) en las bebidas de café adulterado con arroz.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|--------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Tratamientos | 3 | 172,1037 | 57,3679 | 1441,71 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 8 | 0,3183 | 0,0398 | | | |
| Total | 11 | 124,2557 | | | | |
| $R^2 = 0,9982$ | | C.V = 1,5377 | | M.S.E = 0,1995 | | Media = 12,9725 |

Anexo-XIe. ANVA de manganeso (Mn) en las bebidas de café adulterado con arroz.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|--------------|------------|----------------|----------------|--------------|
| Tratamientos | 3 | 1,0497 | 0,3499 | 2099,33 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 8 | 0,0013 | 0,0002 | | | |
| Total | 11 | 1,0510 | | | | |
| $R^2 = 0,9987$ | | C.V = 0,8722 | | M.S.E = 0,0129 | | Media = 1,48 |

Anexo-XIf. ANVA del contenido de hierro (Fe) en las bebidas de café adulterado con arroz.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|------------|--------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| Tratamientos | 3 | 0,0732 | 0,0244 | 1723,96 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 8 | 0,0001 | 0,0000 | | | |
| Total | 11 | 0,0733 | | | | |
| $R^2 = 0,9985$ | | C.V = 2,4735 | | M.S.E = 0,0038 | | Media = 0,1522 |

Anexo-XIg. ANVA del contenido de zinc (Zn) en las bebidas de café adulterado con arroz.

| F.V | G.L | S.C | C.M | F cal | p-valor | Sig. |
|---------------------------|----------------|------------|------------------|--------------|------------------|-------------|
| Tratamientos | 3 | 0,0052 | 0,0017 | 830,12 | <0,0001 | ** |
| Error experimental | 8 | 0,0000 | 0,0000 | | | |
| Total | 11 | 0,0052 | | | | |
| $R^2 = 0,9968$ | $C.V = 4,7979$ | | $M.S.E = 0,0014$ | | $Media = 0,0301$ | |